

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.993.5

(02/2019)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Цифровые участки и система цифровых линий –
Сети доступа на металлических кабелях

**Подавление FEXT (векторизация)
для использования с приемопередатчиками
VDSL2**

Рекомендация МСЭ-Т G.993.5

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархической скоростью передачи, основанной на скорости передачи 2048 кбит/с	G.920–G.929
Цифровые линейные системы передачи по кабелю с неиерархической скоростью передачи	G.930–G.939
Цифровые линейные системы, обеспечиваемые службами передачи данных с ЧРК	G.940–G.949
Цифровые линейные системы	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Волоконно-оптические подводные кабельные системы	G.970–G.979
Оптические линейные системы для местных сетей и сетей доступа	G.980–G.989
Сети доступа на металлических кабелях	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Подавление FEXT (векторизация) для использования с приемопередатчиками VDSL2

Резюме

Векторизация – это метод передачи, при котором используется координация линейных сигналов для уменьшения уровней перекрестных помех и улучшения характеристик работы. Степень улучшения зависит от характеристик канала. Векторизация может быть выгодна одному или нескольким пользователям.

Сфера применения Рекомендации МСЭ-Т G.993.5 конкретно ограничена подавлением собственных перекрестных помех на дальнем конце (собственных помех FEXT) в нисходящем и восходящем направлениях. В данной Рекомендации определяется единственный метод подавления собственных помех FEXT, в котором устраняются помехи FEXT, создаваемые группой приемопередатчиков ближнего конца и причиняющие помехи приемопередатчикам дальнего конца той же группы. Это подавление происходит между приемопередатчиками цифровой абонентской линии с очень высокой скоростью 2 (VDSL2), но необязательно одного и того же профиля. Настоящая Рекомендация предназначена для выполнения совместно с Рекомендацией МСЭ-Т G.993.2.

В данную версию этой Рекомендации включены все поправки и исправления, внесенные в версию 2.0 Рекомендации МСЭ-Т G.993.5 2015 года.

В настоящей версии Рекомендации МСЭ-Т G.993.5 исправлены или добавлены следующие функциональные возможности:

- исправление опечатки в пункте 8.2 (Исправление 1);
- обобщение сегментации сообщений SOC в пункте 10.4.2.2 для векторизации профиля 35b (Исправление 1);
- состояние O-DEACTIVATING приемопередатчика (Поправка 1);
- Приложение А. Ослабление сильных помех FEXT (Поправка 2);
- Приложение В. Векторизованные линии VDSL2 большой дальности (Поправка 2);
- кодирование R-P-VECTOR-2 в режиме LR при работе с длинным шлейфом (Приложение В) (Исправление 2);
- исправление в отношении линии VDSL2 большой дальности, касающееся MAXNOMATP (новое).

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждена	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т -Т G.993.5	22.04.2010 года	15-я	11.1002/1000/10414
1.1	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Испр. 1	22.06.2011 года	15-я	11.1002/1000/11128
1.2	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Попр. 1	16.12.2011 года	15-я	11.1002/1000/11396
1.3	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Испр. 2	13.06.2012 года	15-я	11.1002/1000/11643
1.4	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Попр. 2	29.10.2012 года	15-я	11.1002/1000/11796
1.5	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Попр. 3	22.04.2013 года	15-я	11.1002/1000/11889
1.6	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Попр. 4	29.08.2013 года	15-я	11.1002/1000/11993
1.7	МСЭ-Т G.993.5 (2010) Попр. 5	04.04.2014 года	15-я	11.1002/1000/12095
2.0	МСЭ-Т G.993.5	13.01.2015 года	15-я	11.1002/1000/12372
2.1	МСЭ-Т G.993.5 (2015) Испр. 1	13.11.2016 года	15-я	11.1002/1000/13089
2.2	МСЭ-Т G.993.5 (2015) Попр. 1	22.12.2016 года	15-я	11.1002/1000/13121
2.3	МСЭ-Т G.993.5 (2015) Попр. 2	07.12.2017 года	15-я	11.1002/1000/13307
2.4	МСЭ-Т G.993.5 (2015) Испр. 2	16.03.2018 года	15-я	11.1002/1000/13529
3.0	МСЭ-Т G.993.5	22.02.2019 года	15-я	11.1002/1000/13748

Ключевые слова

Подавление перекрестных помех, большая дальность, VDSL2, векторизация.

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL-адрес <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2019

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочные документы	1
3 Определения	2
3.1 Термины, определенные в других документах	2
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации	2
4 Сокращения и акронимы	3
5 Эталонные модели	5
5.1 Общие положения.....	5
5.2 Векторизация в нисходящем направлении.....	7
5.3 Векторизация в восходящем направлении	8
6 Требования к стороне ОС в векторной группе.....	8
6.1 Общие положения.....	8
6.2 Требования к VTU-O в отношении векторизации в нисходящем направлении	9
6.3 Требования к VTU-O в отношении векторизации в восходящем направлении	15
6.4 Требования к VCE	15
7 Требования к стороне СР в векторной группе	15
7.1 Общие положения.....	16
7.2 Требования к VTU-R в отношении векторизации в нисходящем направлении	17
7.3 Требования к VTU-R в отношении векторизации в восходящем направлении	27
7.4 Требования к системе NT.....	29
8 Связанные с векторизацией сообщения еос	30
8.1 Сообщения еос для настройки обратного канала	31
8.2 Команда и ответ по обновлению пилотной последовательности	34
8.3 Команды и ответы по управлению электропитанием	36
9 Активация и деактивация пар в векторной группе	37
9.1 Событие упорядоченного отключения	37
9.2 Событие аварийного отключения	37
10 Инициализация векторной группы.....	38
10.1 Обзор.....	38
10.2 Фаза квитирования согласно ITU-T G.994.1	41
10.3 Фаза раскрытия канала.....	47
10.4 Фаза настройки	57
10.5 Фаза анализа канала и обмена	66
10.6 Переход от инициализации к рабочему режиму.....	67
10.7 Процедуры режима диагностики шлейфа	68
11 Параметры конфигурации и контролируемые параметры.....	69
11.1 Параметры конфигурации.....	70

	Стр.
11.2 Контролируемые параметры.....	71
Приложение А Ослабление сильных помех FEXT.....	76
A.1 Введение	76
A.2 Параметры управления для минимизации скорости передачи служебных данных сообщения (поправка к пункту 9.5.4 [ITU-T G.993.2]).....	76
A.3 Усеченные выборки ошибок.....	76
A.4 Команды OLR.....	77
A.5 Фаза квитирования согласно ITU-T G.994.1 (поправка к пункту 10.2)	78
A.6 Функциональные возможности TIGAV	79
A.7 Поправки к основному тексту, связанные с MREFPSD	88
A.8 Управление	99
Приложение В Векторизация VDSL2 большой дальности	102
B.1 Введение	102
B.2 Обзор процедуры инициализации.....	102
B.3 Фаза квитирования согласно ITU-T G.994.1	104
B.4 Сигналы, передаваемые VTU-O в фазах раскрытия канала и настройки.....	109
B.5 Сигналы, передаваемые VTU-R в фазах раскрытия канала и настройки.....	112
B.6 Обмен сигналами O/R-P-PROBING-LR.....	114
B.7 Обмен сигналами O/R-P-TRAINING-LR.....	120
B.8 Фаза раскрытия канала и фаза настройки согласно ITU-T G.993.5 при работе с длинным шлейфом.....	128
B.9 Определение масок предельной PSD	130
B.10 Управление	131
B.11 Номинальная совокупная мощность передачи (NOMATP) (взамен пункта 10.3.4.2.1 [ITU-G.993.2]).....	133
Дополнение I Моделирование канала перекрестных помех	134
I.1 Сфера применения.....	134
I.2 Назначение	134
I.3 Модель А канала перекрестных помех MIMO.....	134
I.4 Модель С канала перекрестных помех MIMO.....	134
Дополнение II Примеры процесса инициализации под управлением VCE при активации нескольких линий в векторной группе.....	138
II.1 Введение	138
II.2 Работа VCE с двумя группами инициализируемых линий.....	138
II.3 VCE, использующий возможности квитирования.....	141
Дополнение III Метод оценки FEXT-канала на основе SNR.....	142
III.1 Инструменты	142
III.2 Оценка FEXT-каналов от новой линии в существующих линиях	142
III.3 Оценка FEXT-каналов от существующих линий в новой линии	148
Библиография	152

Подавление FEXT (векторизация) для использования с приемопередатчиками VDSL2

1 Сфера применения

Векторизация – это метод передачи, при котором используется координация линейных сигналов для уменьшения уровней перекрестных помех и улучшения характеристик работы. Степень улучшения зависит от характеристик канала. Векторизация может быть выгодна одному или нескольким пользователям.

Сфера применения настоящей Рекомендации конкретно ограничена подавлением собственных перекрестных помех на дальнем конце (собственных помех FEXT) в нисходящем и восходящем направлениях. В данной Рекомендации определяется единственный метод подавления собственных помех FEXT, в котором устраняются помехи FEXT, создаваемые группой приемопередатчиков ближнего конца и причиняющие помехи приемопередатчикам дальнего конца той же группы. Это подавление происходит между приемопередатчиками цифровой абонентской линии с очень высокой скоростью 2 (VDSL2), но необязательно одного и того же профиля. Настоящая Рекомендация предназначена для выполнения совместно с Рекомендацией [ITU-T G.993.2]. В сочетании с векторизацией может быть реализовано соединение нескольких цифровых абонентских линий (DSL) (см. [b-ITU-T G.998.1], [b-ITU-T G.998.2] и [b-ITU-T G.998.3]).

Методы, описываемые в этой Рекомендации, обеспечивают средства снижения собственных помех FEXT, создаваемых приемопередатчиками в многопарном кабеле или кабельной стяжке. Методы подавления собственных помех FEXT особенно эффективны при короткой длине кабелей (< 1 км) и ограниченных уровнях перекрестных помех на ближнем конце (NEXT), фоновому шуму и помех FEXT от систем, не входящих в векторную группу (посторонний шум). Возможная степень улучшения рабочих характеристик благодаря снижению собственных помех FEXT определяется отношением уровня постороннего шума к уровню собственных помех FEXT. Другим важным фактором является то, в какой мере система подавления собственных помех FEXT имеет доступ к мешающим парам в составе кабеля. Максимальное усиление достигается, когда система подавления собственных помех FEXT имеет доступ ко всем парам кабеля, несущего широкополосные сигналы. Для кабелей из нескольких стяжек возможно обеспечить существенное усиление, когда система подавления собственных помех FEXT имеет доступ ко всем парам группы (групп) стяжек, в пределах которой (которых) она реализуется, и способна подавить по крайней мере большинство доминирующих источников собственных помех FEXT в данной стяжке. Когда в кабеле из нескольких стяжек реализуются несколько систем подавления собственных помех FEXT без управления стяжками, результирующий эффект может быть существенно снижен.

2 Справочные документы

В перечисленных ниже Рекомендациях МСЭ-Т и других справочных документах содержатся положения, которые посредством ссылок на них в этом тексте составляют основные положения данной Рекомендации. На момент опубликования действовали указанные редакции документов. Все Рекомендации и другие справочные документы являются предметом корректировки, в связи с чем пользователям данной Рекомендации настоятельно рекомендуется изыскать возможность для использования самых последних изданий Рекомендации и других справочных документов, перечисленных ниже. Регулярно публикуется перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т. Ссылка на документ в рамках этой Рекомендации не дает ему как отдельному документу статуса Рекомендации.

[ITU-T G.993.2] Рекомендация МСЭ-Т G.993.2 (2019 г.), *Приемопередатчики сверхскоростной цифровой абонентской линии 2 (VDSL2)*.

- [ITU-T G.994.1] Рекомендация МСЭ-Т G.994.1 (2018 г.), *Процедуры установления соединения для приемопередатчиков цифровых абонентских линий (DSL)*.
- [ITU-T G.997.1] Рекомендация МСЭ-Т G.997.1 (2019 г.), *Управление на физическом уровне для приемопередатчиков цифровой абонентской линии*.
- [ITU-T G.998.4] Рекомендация МСЭ-Т G.998.4 (2018 г.), *Улучшенная защита приемопередатчиков цифровой абонентской линии (DSL) от импульсных помех*.
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3-2018, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*.

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации приняты определения [ITU-T G.993.2].

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определены следующие термины:

3.2.1 Обратный канал (backchannel): Канал, по которому VTU-R передает усеченные выборки ошибок объекту управления векторизацией (VCE). Обратный канал может быть реализован как часть встроенного операционного канала (eoc) или как часть потока данных Ethernet от VTU-R к VTU-O.

3.2.2 Округление вверх (ceiling): Округление до ближайшего большего целого числа, обозначается как $\lceil x \rceil$.

3.2.3 Матрица каналов (channel matrix): Для конкретной линии в группе линий матрица каналов характеризует FEXT-перекрестные связи на каждой частоте поднесущей между данной линией и всеми другими линиями в группе.

3.2.4 Усеченная выборка ошибок (clipped error sample): Представление нормализованной выборки ошибок в формате дополнения до двух длиной $(B_{\max} + 1)$ битов, полученное путем умножения каждого компонента на $2^{N_{\max}-1}$, округления вниз и усечения до интервала $[-2^{B_{\max}}, 2^{B_{\max}} - 1]$ (где $N_{\max}$ – постоянная величина, а $B_{\max}$ – величина, регулируемая VCE).

3.2.5 Ожидаемая пропускная способность (expected throughput (ETR)): см. пункт 3.2 [ITU-T G.998.4].

3.2.6 Флаговые тона (flag tones): Все поднесущие символа синхронизации с индексами $10n + 1$ или $10n + 7$, где n – целое. Флаговые тона используются для сигнализации об OLR-переходах в рабочем режиме.

3.2.7 Округление вниз (flooring): Округление до ближайшего меньшего целого числа, обозначается $\lfloor x \rfloor$.

3.2.8 Нормализованная выборка ошибок (normalized error sample): Комплексная ошибка, измеряемая VTU-R и представляющая собой расстояние между вектором принимаемого сигнала и точкой совокупности решений, указывающей на вход дескремблера совокупности, выраженная в единицах, равных половине расстояния между двумя соседними точками совокупности.

3.2.9 Пилотная последовательность (pilot sequence): Двоичная последовательность, установленная VCE. Когда пилотная последовательность передается во время инициализации и в рабочем режиме, каждый бит пилотной последовательности определяет, модулирует ли VTU-O (для пилотной последовательности в нисходящем направлении) или VTU-R (для пилотной последовательности в восходящем направлении) все испытательные тона конкретного символа синхронизации соответственно НУЛЯМИ или ЕДИНИЦАМИ.

3.2.10 Испытательные тона (probe tones): Все поднесущие символа синхронизации с индексами $10n$, $10n + 2$, $10n + 3$, $10n + 4$, $10n + 5$, $10n + 6$, $10n + 8$ или $10n + 9$, где n – целое число. Испытательные тона используются для передачи пилотных последовательностей.

3.2.11 Флаг синхронизации (Syncflag): Символ синхронизации, в котором биты кадра синхронизации, модулирующие флаговые тона, инвертируются относительно кадра синхронизации, модулирующего последний переданный символ синхронизации (т.е., если предыдущий кадр синхронизации состоял из одних НУЛЕЙ, модулирующих флаговые тона, то Syncflag будет соответствовать кадру синхронизации из одних ЕДИНИЦ, модулирующих флаговые тона, и наоборот). Флаг синхронизации используется для сигнализации о переходах реконфигурации в режиме онлайн.

3.2.12 Векторная группа (vectored group): Набор линий, по которым передача из узла доступа (AN) может быть скоординирована путем предварительной компенсации (векторизация в нисходящем направлении), или по которым прием в AN может быть скоординирован посредством последующей компенсации (векторизация в восходящем направлении), или тех и других. В зависимости от конфигурации векторной группы могут быть разрешены векторизация в нисходящем направлении, векторизация в восходящем направлении, обе векторизации или ни одна из них.

3.2.13 Векторизация (vectoring): Скоординированная передача и/или скоординированный прием сигналов нескольких приемопередатчиков DSL с использованием методов смягчения неблагоприятного влияния перекрестных помех для улучшения рабочих характеристик.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются сокращения, определяемые в [ITU-T G.993.2]. Кроме того, в настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

ACTATP	Actual Aggregate Transmit Power	Фактическая совокупная мощность передачи
AFE	Analogue Front End	Аналоговый входной блок
AN	Access Node	Узел доступа
ATP	Aggregate Transmit Power	Совокупная мощность передачи
BDR	Backchannel Data Rate	Скорость передачи данных по обратному каналу
CO	Central Office	Центральная станция
CO-MIB	Central Office-Management Information Base	Информационная база управления центральной станции
CO-side	End of the line nearer to the Central Office	Окончание линии вблизи центральной станции
CP	Customer Premises	Помещение абонента
CP-side	End of the line nearer to the Customer Premises	Окончание линии вблизи помещения абонента
DMT	Discrete Multi-Tone	Дискретный многотональный сигнал
DSE	Disorderly Shutdown Event	Событие аварийного отключения
DSL	Digital Subscriber Line	Цифровая абонентская линия
EC	Echo Cancellor	Эхоподавитель
eoc	Embedded Operation Channel	Встроенный операционный канал
ERB	Error Report Block	Блок сообщения об ошибках
ETR	Expected Throughput	Ожидаемая пропускная способность
FEXT	Far-end crosstalk	Перекрестные помехи на дальнем конце

HDLC	High-Level Data Link Control	Высокоуровневый протокол управления каналом передачи данных высокого уровня
IDFT	Inverse Discrete Fourier Transform	Обратное дискретное преобразование Фурье
L2+	Ethernet Layer 2 and above	Стандарт Ethernet уровня 2 и выше
ME	Management Entity (или Mean Error)	Объект управления (или средняя ошибка)
MIMO	Multiple Input Multiple Output	Многоканальный вход – многоканальный выход
NEXT	Near-end crosstalk	Перекрестные помехи на ближнем конце
NDR	Net Data Rate	Эффективная скорость передачи данных
NMS	Network Management System	Система управления сетью
NOMAT Pds	Nominal Aggregate Transmit Power in downstream	Номинальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении
NOMAT Pus	Nominal Aggregate Transmit Power in upstream	Номинальная совокупная мощность передачи в восходящем направлении
NT	Network Termination	Оконечная станция сети
PCB	Power Cut-Back	Снижение мощности
PDF	Probability Density Function	Функция плотности вероятности
PDM	Physical Medium Dependent	Зависящий от физической среды
PSD	Power Spectral Density	Спектральная плотность мощности
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Квадратурная амплитудная модуляция
OLR	On-Line Reconfiguration	Реконфигурация в режиме онлайн
ONU	Optical Network Unit	Блок оптической сети
QLN	Quiet Line Noise	Шум тихой линии
RT	Remote Terminal	Удаленный терминал
RTX	Retransmission	Повторная передача
SC	Segment Code	Код сегмента
SNR	Signal-to-Noise Ratio	Отношение сигнал/шум
SOC	Special Operations Channel	Канал для особых операций
SOS	Save Our Showtime	"Спасите наш рабочий режим"
SRA	Seamless Rate Adaptation	Плавная адаптация скорости
SSC	Sync Symbol Counter	Счетчик символов синхронизации
TA	Timing Advance	Упреждение синхронизации
TEQ	Time Domain Equalizers	Эквалайзеры временной области

TID	TIGAV identification number	Идентификационный номер TIGAV
TIGAV	Transmitter Initiated Gain Adjustment for VDSL2	Регулировка усиления по инициативе передатчика для VDSL2
UPBO	Upstream Power Back Off	Сброс мощности в восходящем направлении
VBB	Vectored Band Block	Блок векторных полос
VCE	Vectoring Control Entity	Объект управления векторизацией
VDSL2	Very high-bit-rate Digital Subscriber Line 2	Сверхскоростная цифровая абонентская линия 2
VDSL2-LR	Long Reach mode for Vectored VDSL2	Режим дальнего действия векторной линии VDSL2
VME	VDSL2 Management Entity	Объект управления VDSL2
VTU	Very high-speed digital subscriber line Transceiver Unit	Приемопередающий блок сверхскоростной цифровой абонентской линии
VTU-O	VTU at the ONU (or central office, exchange, cabinet, etc., i.e., operator end of the loop)	VTU, расположенный в ONU (или на центральной станции, коммутаторе, в шкафу и т. п., т. е. операторский конец шлейфа)
VTU-R	VTU at the Remote site (i.e., subscriber end of the loop)	VTU в удаленном месте (т. е. абонентский конец шлейфа)
XTU-C	X digital subscriber line Transceiver Unit at the Central office	Приемопередающий блок цифровой абонентской линии типа X на центральной станции
XTU-R	X digital subscriber line Transceiver Unit at the Remote end	Приемопередающий блок цифровой абонентской линии типа X на удаленном конце

5 Эталонные модели

5.1 Общие положения

Эталонная модель векторной системы показана на рисунке 5-1. В векторной системе узел доступа (AN), расположенный на центральной станции (CO), в удаленном терминале (RT) или в другом месте, передает и принимает сигналы от нескольких оконечных станций сети (NT). Общим элементом всех форм векторизации является скоординированная передача (векторизация в нисходящем направлении) или скоординированный прием (векторизация в восходящем направлении) сигналов из линий в векторной группе на уровне узла AN. Таким образом, сигналы могут быть представлены в виде вектора, каждый компонент которого является сигналом в одной из этих линий. Такая координация становится возможной благодаря интерфейсу между высокоскоростным цифровым приемопередающим устройством абонентской линии (VTU) в ONU (VTU-O) (далее обозначаемый как VTU-O-1) и всеми другими VTU-O (далее обозначаемыми как VTU-O- n , $n = 2 \dots N$, где N – количество линий в векторной группе, которая далее обозначается как ε -1- n), что указывает на наличие координации между линией 1 и линией n .

Скоординированное управление линиями осуществляется системой управления сетью (NMS), причем управляющая информация передается в объект управления (ME) через Q-интерфейс (см. пункт 11). Определения NMS и ME даны в [ITU-T G.997.1]. Внутри AN объект ME дополнительно передает управляющую информацию для конкретной линии (через интерфейс, далее обозначаемый как ε -m) объектам управления векторизацией (VCE) той группы векторизации, к которой принадлежит эта

линия. Каждый VCE управляет одной векторной группой и управляет устройством VTU-O- n (подключенным к линии n в векторной группе) через интерфейс, далее обозначаемый как ε -с- n . VTU-O- $n1$ и VTU-O- $n2$ обмениваются данными прекодера через интерфейс, далее обозначаемый как ε - $n1$ - $n2$.

На рисунке 5-1 показана эталонная модель векторной системы (показана только линия 1 векторной группы из N линий). Блоки PHY представляют физический уровень интерфейса AN в направлении сети и интерфейса NT в направлении помещения абонента (CP). Эти блоки показаны для полноты картины потока данных, но в настоящей Рекомендации они не рассматриваются. Блоки Ethernet уровня 2 и выше (L2+) соответствуют функциональным возможностям Ethernet уровня 2 и выше, реализованным в узлах AN и NT. Эти блоки показаны для полноты картины потока данных, но в данной Рекомендации они не рассматриваются, за исключением блоков инкапсуляции (в NT) и декапсуляции (в AN) обратного канала (см. пункт 7.4.1).

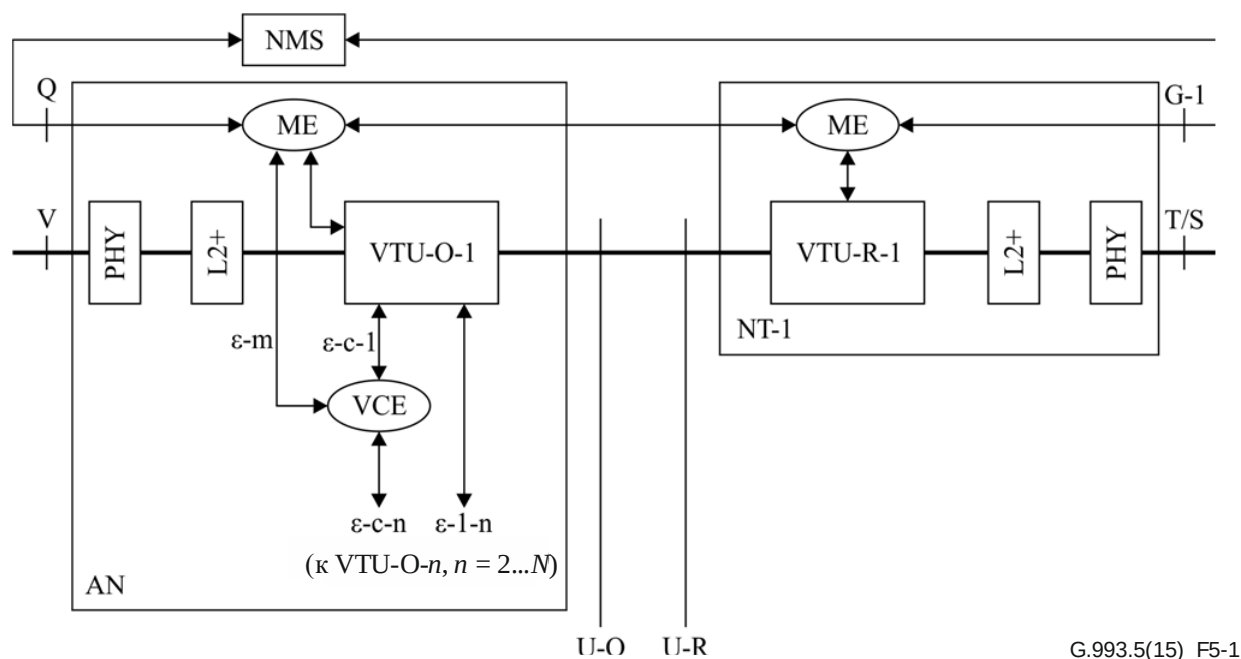


Рисунок 5-1 – Эталонная модель векторной системы (показана линия 1 векторной группы из N линий)

Используя [b-ITU-T G.998.1], [b-ITU-T G.998.2] и [b-ITU-T G.998.3], можно повысить скорость передачи данных, вводя в действие несколько линий к одному и тому же помещению абонента – метод, называемый соединением (bonding), когда запускается механизм передачи данных с использованием нескольких параллельных пар.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Векторизация – не то же самое, что соединение; технология соединения может использоваться наряду с векторизацией или без нее. Векторизацию по соединяемым линиям часто называют векторизацией соединения или DSL с многоканальным входом и многоканальным выходом (MIMO).

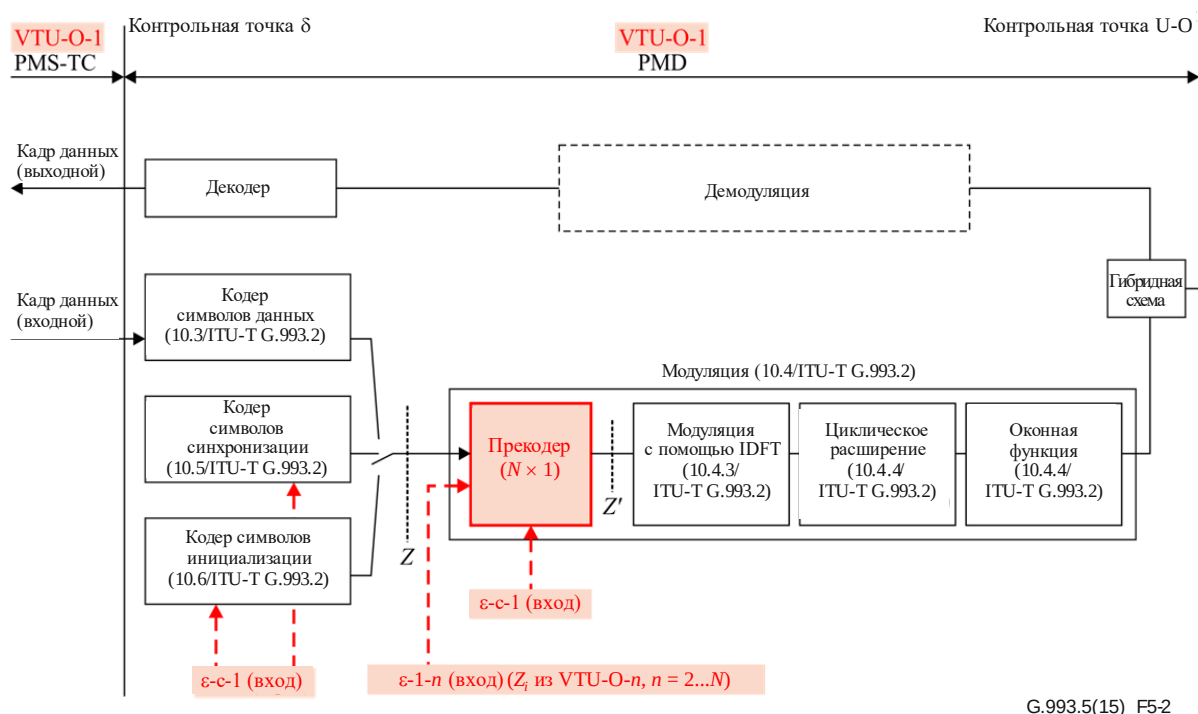
В настоящей Рекомендации основное внимание уделяется использованию векторизации для несоединенных линий, хотя это не исключает использования векторизации для соединенных линий.

Векторная система VDSL2 улучшает свои рабочие характеристики благодаря совместной обработке сигналов в нисходящем направлении (скоординированная передача) или в восходящем направлении (скоординированный прием), что позволяет подавлять собственные FEXT (т. е. FEXT, генерируемые линиями векторной группы). Источники шума, внешние по отношению к группе векторных пар в векторной системе (например, перекрестные помехи от линий, эксплуатируемых другим поставщиком услуг, помехи от АМ-радиовещательных каналов, помехи от передатчиков любительской радиосвязи (HAM) выше диапазона АМ-радиовещания и т. п.), снижают полезный эффект от подавления FEXT и улучшения рабочих характеристик, обеспечиваемый векторной системой.

5.2 Векторизация в нисходящем направлении

При относительно коротких линиях и в широкополосных системах, таких как VDSL, собственные помехи FEXT ограничивают скорость передачи данных в нисходящем направлении. В настоящей Рекомендации определяется предварительное кодирование нескольких линий в узле AN для снижения FEXT в нисходящем направлении с использованием "предварительного вычитания" или "предварительной компенсации" FEXT с одновременным соблюдением ограничений по передаваемой мощности. Чтобы приспособиться к такому предварительному кодированию, уровень, зависящий от физической среды (PMD), согласно [ITU-T G.993.2] изменяется, как показано на рисунке 5-2 (взято из рисунка 10-1 Рекомендации [ITU-T G.993.2], отличия показаны затенением). На рисунке 5-2 изображена функциональная модель VTU-O для линии 1 векторной группы из N линий. Для каждой линии векторной группы подуровень PMD включает в себя прекодер $N \times 1$. N прекодеров для каждой из N линий в векторной группе составляют прекодер подавления FEXT, показанный на рисунке 6-1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Прекодер может быть реализован в том же физическом устройстве, что и другие функциональные блоки, показанные на рисунке 5-2, но это не обязательно.



G.993.5(15)_F5-2

Рисунок 5-2 – Функциональная модель VTU-O подуровня PMD с использованием прекодера $N \times 1$ для векторизации в нисходящем направлении (показана для линии 1 в векторной группе из N линий)

Функциональная модель VTU в удаленном узле (VTU-R) подуровней PMD та же, что показана на рисунке 10-1 в [ITU-T G.993.2], с добавлением связанных с векторизацией управляющих сигналов, подаваемых на кодер символов синхронизации и кодер символов инициализации для модуляции символов синхронизации пилотной последовательностью, аналогичных тем, что показаны на рисунке 5-2 (см. пункты 10.3 и 10.4).

5.3 Векторизация в восходящем направлении

Векторизация в восходящем направлении в основном является функцией приемника на конце линии, ближайшем к центральной станции (сторона СО), и, следовательно, ее реализация остается на усмотрение поставщика. В настоящей Рекомендации определяются только требования к передатчику VTU-R для более успешного подавления FEXT в восходящем направлении на стороне СО (например, передача пилотной последовательности в восходящем направлении с управлением синхронизацией и контентом со стороны VCE).

6 Требования к стороне СО в векторной группе

В этом разделе описывается поведение стороны СО в установившемся состоянии для обеспечения работы векторной группы из N пар.

6.1 Общие положения

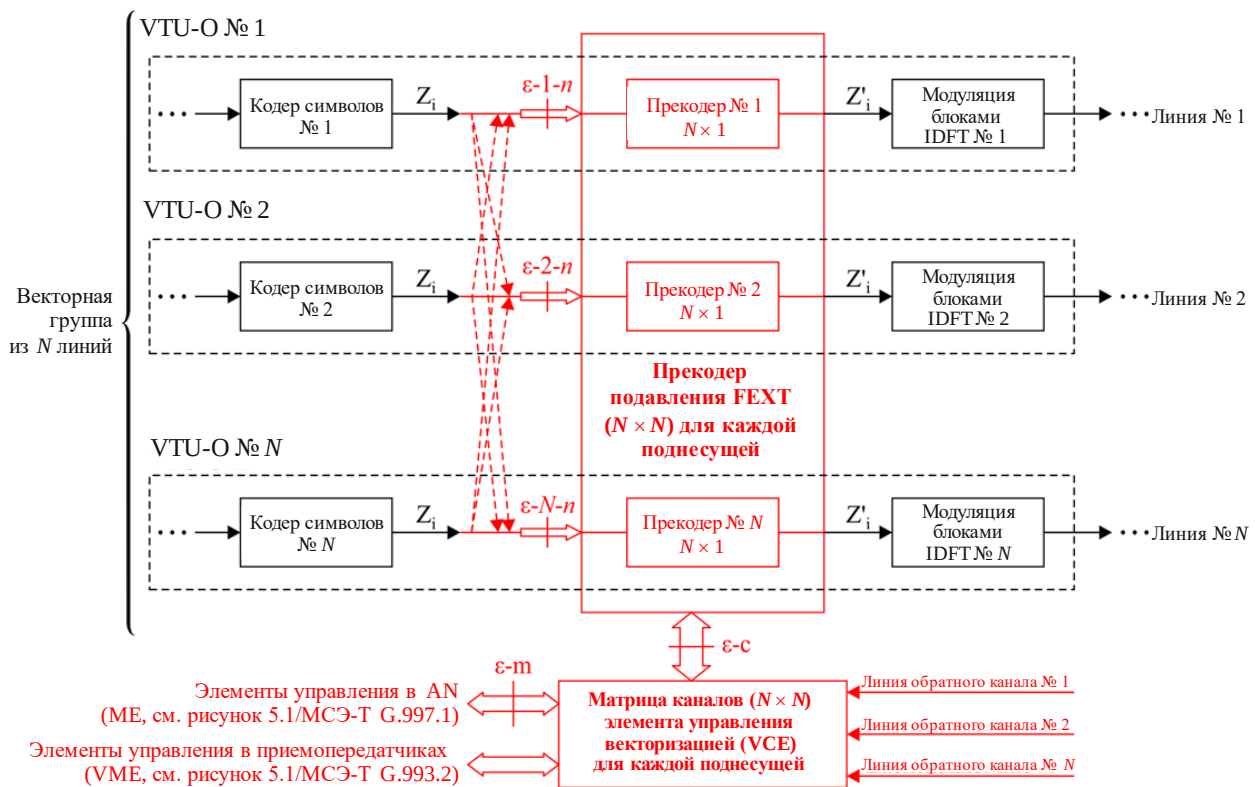
На рисунке 6-1 показана функциональная модель включения предварительного кодирования для подавления FEXT в нисходящем направлении в AN для всех линий векторной группы в качестве обобщения рисунка 5-2 с точки зрения обработки сигналов. Эта модель отражает только часть группы кодеров символов в нисходящем направлении (которые представляют собой кодеры символов данных, синхронизации или инициализации, показанные на рисунке 5-2) и устройств модуляции функциональными блоками обратного дискретного преобразования Фурье (IDFT) в VTU-O с прекодером подавления FEXT, введенным между кодерами символов и устройствами модуляции блоками IDFT.

VCE векторной группы распознает и управляет матрицами каналов каждой векторной поднесущей в соответствии с характеристиками канала управляемой группы линий. В функциональной модели, представленной на рисунке 6-1, матрица каналов для каждой векторной поднесущей имеет размерность $N \times N$, где N – количество линий в векторной группе.

Из матрицы каналов можно получить матрицу прекодеров FEXT и использовать ее для компенсации FEXT от каждой линии векторной группы. В функциональной модели, представленной на рисунке 6-1, это иллюстрируется матрицей прекодеров подавления FEXT размерностью $N \times N$ на каждую векторную поднесущую. Эта матрица прекодеров подавления FEXT может быть "разреженной" (см. примечание). Зная символы передачи в каждом канале, создающем помехи, прекодер предварительно компенсирует фактический символ передачи, так что на входе приемника на дальнем конце линии перекрестные помехи значительно ослабляются.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В типичных случаях некоторые из коэффициентов прекодера могут быть установлены в 0 по соображениям реализации или потому, что коэффициенты перекрестных помех пренебрежимо малы.

Предполагается, что матрица каналов и результирующая матрица прекодера подавления FEXT полностью управляемы внутри AN. В каждой векторной линии необходим обмен информацией между VTU-O и VTU-R для распознавания, отслеживания и поддержания матрицы каналов и связанной с ним матрицы прекодера подавления FEXT (см. определения обратного канала в пункте 7 и инициализации в пункте 10). Фактические алгоритмы для обработки этой информации с целью получения матрицы каналов и генерирования прекодера подавления FEXT остаются на усмотрение поставщика. В зависимости от реализации VCE может непосредственно определять матрицу прекодера подавления FEXT и осуществлять лишь неявное распознавание матрицы каналов.



Кодер символов представляет собой кодер символов данных, синхронизации или инициализации, показанный на рисунке 5-2.

G.993.5(15)_F6-1

Рисунок 6-1 – Функциональная модель векторной группы подуровня PMD с использованием прекодера размерностью $N \times N$ для векторизации в нисходящем направлении

Блок VTU-O должен поддерживать векторизацию в нисходящем направлении (см. пункт 6.2) и может поддерживать векторизацию в восходящем направлении (см. пункт 6.3).

VTU-O должен поддерживать плавную адаптацию скорости ((SRA), реконфигурацию в режиме онлайн (OLR) типа 3) в нисходящем и восходящем направлениях, включая обязательную поддержку в рамках SRA:

- динамической реконфигурации перемежителя (изменение D_p);
- реконфигурации кадрирования (изменение T_p , G_p и B_{p0}),

как определяется в пункте 13.1 [ITU-T G.993.2].

Если применение [ITU-T G.998.4] разрешено в определенном направлении, то VTU-O также должен поддерживать плавную адаптацию скорости (SRA, OLR типа 5) в этом же направлении, включая обязательную поддержку в рамках SRA всех конфигураций, указанных в пункте C.3.2 [ITU-T G.998.4].

6.2 Требования к VTU-O в отношении векторизации в нисходящем направлении

VTU-O должен соответствовать [ITU-T G.993.2] с учетом исключений и дополнительных требований, содержащихся в настоящей Рекомендации.

Для того чтобы VCE решал задачи, описываемые в пункте 6.1, VTU-O должен соответствовать требованиям этого и следующих за ним разделов.

6.2.1 Синхронный режим

Все блоки VTU-O векторной группы при управлении со стороны VCE должны использовать одинаковое разнесение поднесущих и скорость передачи символов и начинать передачу дискретных многотональных (DMT) символов одновременно по всем линиям векторной группы. Тактовые импульсы передачи символов должны быть синхронизированы по фазе во всех блоках VTU-O векторной группы с максимально допустимой фазовой погрешностью 1 мкс в контрольной точке U-O2

(определяется на рисунке 5-4 [ITU-T G.993.2]).

6.2.2 Позиция символа синхронизации

VTU-O должен иметь возможность передавать символы синхронизации, как это определяется в пункте 10.2 [ITU-T G.993.2]. Временные позиции символа синхронизации в нисходящем направлении определяются VCE. VCE может настроить все блоки VTU-O векторной группы на передачу символов синхронизации в нисходящем направлении в одних и тех же временных позициях или использовать разные временные позиции для одного или нескольких VTU-O векторной группы.

VTU-O должен поддерживать работу счетчика символов синхронизации (SSC) в нисходящем направлении (MODULO N_{SSC}), непрерывно ведущего отсчет в рабочем режиме. Значение N_{SSC} выбирается VCE и передается во время инициализации в VTU-R в сообщении O-SIGNATURE (см. пункт 10.3.2.1). Значение счетчика для первого символа синхронизации в нисходящем направлении, переданного после входа в рабочий режим, устанавливается VCE и передается в VTU-R в поле First SSC команды Error Feedback (см. таблицу 8-3).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Эта настройка в начале рабочего режима синхронизирует счетчик символов синхронизации в нисходящем направлении с VTU-R (см. пункт 7.3.3).

6.2.3 Модуляция пилотной последовательности

Блок VTU-O должен иметь возможность модулировать указанной объектом VCE пилотной последовательностью в нисходящем направлении все испытательные тона символов синхронизации в нисходящем направлении в режиме инициализации (см., например, пункт 10.3.3.1) и все испытательные тона символов синхронизации в нисходящем направлении в рабочем режиме (см. пункт 3.2.10). Пилотная последовательность в нисходящем направлении определяется по усмотрению поставщика, создается VCE и представляет собой двоичную строку длиной N_{pilot_ds} (с битами, индексированными от 0 до $N_{pilot_ds} - 1$, причем бит с индексом 0 передается первым). Если установлен признак "длина пилотной последовательности кратна 4" (см. пункт 10.2), то все действительные значения N_{pilot_ds} кратны 4 и находятся в диапазоне от 8 до 512. В противном случае действительными значениями N_{pilot_ds} будут все степени 2 в диапазоне от 8 до 512. Пилотная последовательность циклически повторяется после битов N_{pilot_ds} , за исключением случая, когда VCE изменяет пилотную последовательность в нисходящем направлении. VCE может изменять биты пилотной последовательности в нисходящем направлении в любое время без уведомления VTU-R с сохранением длины пилотной последовательности. В режиме инициализации VTU-O может модулировать все флаговые тона символов синхронизации в нисходящем направлении, либо пилотной последовательностью в нисходящем направлении (так же, как модулируются испытательные тона), либо последовательностью из одних ЕДИНИЦ.

В рабочем режиме первая позиция символа синхронизации в нисходящем направлении должна быть такой, как определено в пункте 10.6. Каждый символ синхронизации модулируется пилотной последовательностью, которая может быть зависящей или не зависящей от частоты.

Модуляция испытательных тонов символов синхронизации частотно-независимой пилотной последовательностью означает, что биты кадра синхронизации, модулирующие испытательные тона, состоят из одних НУЛЕЙ (если бит пилотной последовательности равен НУЛЮ) или из одних ЕДИНИЦ (если бит пилотной последовательности равен ЕДИНИЦЕ) (т. е. 1 бит управления на символ синхронизации).

Модуляция испытательных тонов символов синхронизации частотно-зависимой пилотной последовательностью означает, что биты кадра синхронизации, модулирующие испытательный тон, устанавливаются в значение 00 (если бит пилотной последовательности для этого испытательного тона равен НУЛЮ) или в значение 11 (если бит пилотной последовательности для этого же тона равен ЕДИНИЦЕ). Периодичность бита пилотной последовательности поверх тонов конкретного символа синхронизации составляет 10 тонов (с учетом как испытательных, так и флаговых тонов).

Биты кадра синхронизации, модулирующие флаговые тона (см. пункт 3.2.6), используются для передачи флага синхронизации, как определено в пункте 10.5.3 [ITU-T G.993.2]. Кадр синхронизации модулирует символ синхронизации, как определено в пункте 10.5 [ITU-T G.993.2] (включая скремблирование квадрантов всех поднесущих MEDLEY, будь то флаговый или испытательный тон).

6.2.4 Предварительное кодирование

Блок VTU-O, когда разрешена векторизация в нисходящем направлении, должен поддерживать предварительное кодирование для подавления FEXT, как показано на рисунках 5-2 и 6-1. Коэффициентами предварительного кодирования для каждого отдельного блока VTU-O управляет VCE (см. пункт 6.1).

6.2.5 Состояния приемопередатчика и диаграмма состояний приемопередатчика (взамен пункта 12.1.2 [ITU-T G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Этот пункт заменяет пункт 12.1.2 [ITU-T G.993.2] применительно к VTU-O. Требования к состояниям и диаграмме состояний приемопередатчика, применимые к VTU-R, остаются неизменными.

Диаграммы состояний приведены на рисунке 6-2 для VTU-O и на рисунке 12-3 [ITU-T G.993.2] для VTU-R. Состояния обозначены овалами, внутри которых указаны их названия. Диаграммы состояний определяются в таблице 6-1 для VTU-O и в таблице 12-2 [ITU-T G.993.2] для VTU-R. Переходы между состояниями обозначены стрелками, а рядом со стрелкой указано событие, обусловившее переход. Все состояния обязательны.

На каждой диаграмме состояний приведены примеры ряда команд "хост-контроллера" (события, которым предшествуют символы "с:_" и "г:_"), иллюстрирующие определенные события и переходы между состояниями. Способ реализации этих событий оставлен на усмотрение поставщика.

На диаграмме состояний VTU-O состояние O-IDLE соответствует тихому режиму, который позволяет прекратить обслуживание или выполнить определенные тесты (например, как определено в [ITU-T G.996.2]).

Функция самоконтроля на диаграмме состояний VTU-R желательна, но поставщик/клиент может определять, когда происходит этот самоконтроль (например, при каждом включении питания или только под управлением VTU-O) и какой переход выполнять после успешного завершения самоконтроля (например, переход в режим R-IDLE или R-SILENT).

IDLE – это состояние, в котором VTU предоставляется для услуг, нужных оператору, через интерфейс управления. В этом состоянии VTU не передает никаких сигналов. VTU, получающий сигнал высокого уровня на проведение активации (с: _L0_request для VTU-O или г: _L0_request для VTU-R), использует процедуру инициализации, определяемую в пункте 12.3, для перевода линии из состояния L3 в состояние L0. VTU, обнаруживший сигналы процедуры инициализации в контрольной точке U, если он включен, отвечает, используя процедуру инициализации. Если VTU выключен, он остается в состоянии IDLE.

После успешного завершения процедуры инициализации, когда оба VTU находятся в состоянии SHOWTIME (рабочий режим), линия переходит в состояние L0. VTU-O после операции управления электропитанием (с: _L3_request, см. пункт 11.2.3.9) или повторной инициализации, запущенной Режимом повторной инициализации (см. пункт 12.1.4), возвращается в состояние O-SILENT. VTU-R после операции управления электропитанием (г: _L3_request, см. пункт 11.2.3.9) или повторной инициализации, запущенной Режимом повторной инициализации (см. пункт 12.1.4), возвращается в состояние R-SILENT. В первом случае VTU-R устанавливает AUTO_init = OFF, чтобы запретить автономный переход в состояние R_INIT/HS. В последнем случае VTU-R устанавливает AUTO_init = ON, чтобы разрешить автономный переход в состояние R_INIT/HS.

В случае отказа типа Persistent LOS и/или LOF (см. пункт 12.1.4) приемный блок VTU выходит из состояния SHOWTIME. Это подразумевает, что если какие-либо события high_BER-hs или high_BER-fs еще не привели к изменению состояния приемного VTU, то наличие отказа типа LOS и/или LOF позволит передающему VTU обнаружить состояние отказа LOS или LOF до изменения состояния приемного VTU благодаря индикаторным битам.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Событие High_BER-fs связано с быстрым запуском, что требует дальнейшего изучения (см. пункт 12.5).

Приемный VTU также меняет состояние в случае события high_BER (см. пункт 12.1.4). Это событие относится к функциональным примитивам и счетчикам на ближнем и/или дальнем концах, для которых можно настроить пороговые уровни с помощью CO-MIB, чтобы при пересечении такого уровня объявлялось событие high_BER.

VTU-O переходит в состояние O-SILENT через состояние O-DEACTIVATING после операции управления электропитанием (с: L3_request) или повторной инициализации, вызванной Режимом повторной инициализации.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Установка длительности O-DEACTIVATING в нуль (по усмотрению поставщика) приводит к немедленному переходу из состояния O-SHOWTIME в состояние O-SILENT.

Когда VTU-O переходит из состояния O-SHOWTIME в состояние O-DEACTIVATING с последующим переходом в состояние O-SILENT, VTU-R обнаруживает отказ типа Persistent LOS. При его обнаружении VTU-R переходит в состояние R-SILENT, за которым следует состояние R-INIT/HS, и начинает передачу сообщения R-TONES-REQ максимум в течение 6 с с момента перехода VTU-O в состояние O-SILENT.

Когда VTU-O переходит из состояния O-INIT/TRAIN в состояние O-DEACTIVATING с последующим переходом в состояние O-SILENT, VTU-R обнаруживает отказ в процессе настройки. При обнаружении этого отказа VTU-R переходит в состояние R-SILENT с последующим переходом в состояние R-INIT/HS.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Прямой переход из состояния O-INIT/TRAIN в состояние O-SILENT показан на рисунке 6-2 как переход через состояние O-DEACTIVATING, длительность которого определяется поставщиком и может составлять нуль символов DMT.

Когда VTU-R переходит из состояния R-SHOWTIME в состояние R-SILENT, VTU-O обнаруживает отказ типа Persistent LOS. При его обнаружении VTU-O переходит в состояние O-DEACTIVATING с последующим переходом в состояние O-SILENT, за которым следует ожидание для приема запроса R-TONES-REQ (HS по инициативе VTU-R) или состояние O-INIT/HS (HS по инициативе VTU-O).

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Пока VTU-O находится в состоянии O-DEACTIVATING, VCE может обновить коэффициенты подавления FEXT между линиями, находящимися в рабочем режиме.

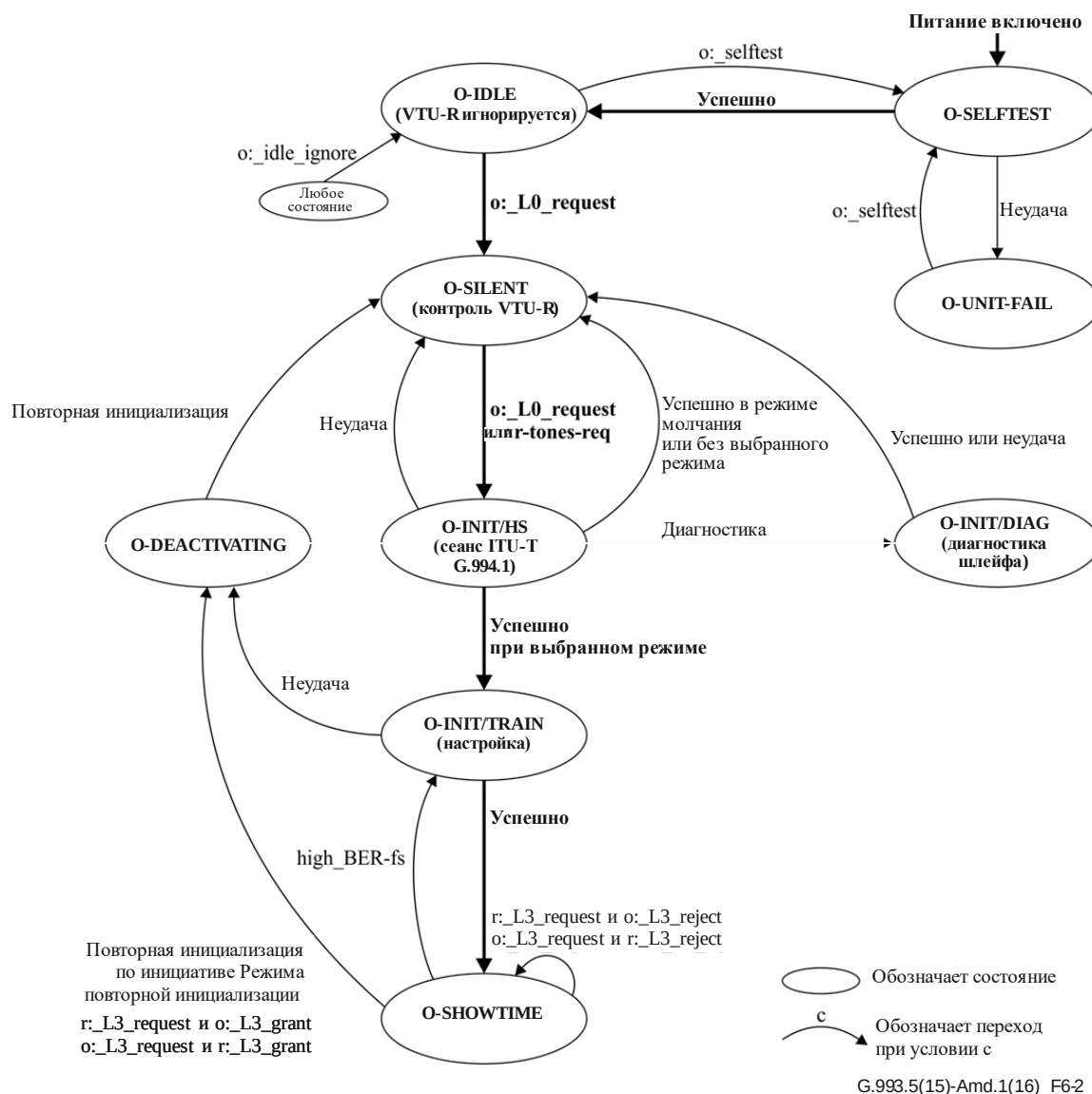


Рисунок 6-2 – Диаграмма состояний для VTU-O

Таблица 6-1 – Определение состояний VTU-O

Наименование состояния	Описание
O-SELFTEST (обязательное)	- Временное состояние после включения питания, в котором VTU выполняет самоконтроль - Передатчик выключен (QUIET на интерфейсе U-O) - Приемник выключен (нет ответа на сигнал R-TONES-REQ) - Нет ответа по каналу управления хостом - Если самоконтроль выполнен успешно, то переход в состояние O-IDLE - Если самоконтроль не выполнен, то переход в состояние O-UNIT-FAIL
O-UNIT-FAIL (обязательное)	- Установившееся состояние после неудачного самоконтроля VTU - Передатчик выключен (QUIET на интерфейсе U-O) - Приемник выключен (нет ответа на сигнал R-TONES-REQ) - По возможности контроль канала управления хостом (позволяет хост-контроллеру восстанавливать результаты самоконтроля)

Таблица 6-1 – Определение состояний VTU-O

Наименование состояния	Описание
O-IDLE (обязательное)	- Установившееся состояние после успешного самоконтроля - Передатчик выключен (QUIET на интерфейсе U-O) - Приемник выключен (нет ответа на сигнал R-TONES-REQ) - Контроль канала управления хостом
O-SILENT (обязательное)	- Установившееся состояние, определенное в [ITU-T G.994.1], введенное по команде хост-контроллера - Передатчик выключен (QUIET на интерфейсе U-O) - Приемник включен (контроль сигнала R-TONES-REQ; если он обнаружен, то переход в состояние O-INIT/HS) - Контроль канала управления хостом
O-INIT/HS (обязательное)	- Временное состояние, введенное для выполнения фазы инициализации ITU-T G.994.1 - Передатчик включен (начинается с передачи сигнала C-TONES) - Приемник включен (начинается с контроля сигнала R-SILENT0) - Контроль канала управления хостом - Если выбран период молчания или режим не выбран, то переход в состояние O-SILENT1 - Если выбран режим циклической диагностики шлейфа, то переход в состояние O-INIT/DIAG - Если выбран рабочий режим, то переход в состояние O-INIT/TRAIN
O-INIT/TRAIN (обязательное)	- Временное состояние, введенное для выполнения других фаз инициализации - Передатчик включен (начинается с O-P-QUIET1) - Приемник включен (начинается с контроля для R-P-QUIET1) - Если инициализация выполнена успешно, то переход в состояние O-SHOWTIME - Если инициализация не удалась, то переход в состояние O-DEACTIVATING - Контроль канала управления хостом
O-INIT/DIAG (обязательное)	- Временное состояние, введенное для выполнения других фаз инициализации в режиме диагностики шлейфа - Передатчик включен (начинается с O-P-QUIET1) - Приемник включен (начинается с контроля для R-P-QUIET1) - Переход в состояние O-SILENT - Контроль канала управления хостом
O-SHOWTIME (обязательное)	- Установившееся состояние, в котором один или несколько несущих каналов активны - В этом состоянии происходят реконфигурации в режиме онлайн - При условиях, удовлетворяющих Режиму повторной инициализации ($Ripolicy_n$), происходит переход в состояние O-DEACTIVATING - Если разрешен переход линии в состояние L3, то происходит переход в состояние O-DEACTIVATING - Контроль канала управления хостом

Таблица 6-1 – Определение состояний VTU-O

Наименование состояния	Описание
O-DEACTIVATING (обязательное)	- Временное состояние, вводимое при переходе линии в состояние L3. Продолжительность этого состояния зависит от поставщика и может быть равна нулю - Передачик включен: VTU-O не передает прямой сигнал (т. е. $Z_i = 0$ для всех поднесущих), но может передавать сигнал предварительной компенсации Z_i' в нисходящем направлении - Приемник может быть включен: VTU-O может принимать сигналы в восходящем направлении для поддержки подавления FEXT в восходящем направлении - VCE может обновлять коэффициенты подавления FEXT в нисходящем и восходящем направлениях - VTU-O переходит в состояние O-SILENT под управлением VCE

6.3 Требования к VTU-O в отношении векторизации в восходящем направлении

Реализация на стороне СО остается на усмотрение поставщика, за исключением обязательной возможности передавать временные параметры символов синхронизации и параметры управления векторизацией в восходящем направлении от VCE к концу линии, ближайшему к помещению клиента (сторона СР). Эти требования определяются в пункте 10 и применяются к каждому VTU-O в составе векторной группы.

VTU-O должен соответствовать [ITU-T G.993.2] с учетом исключений и дополнительных требований, содержащихся в настоящей Рекомендации.

Во время инициализации каждый VTU-O в векторной группе имеет возможность передавать в VTU-R метку времени, указывая, какие символы совпадают по времени с символами синхронизации Showtime в активных линиях. Метод модуляции такой метки времени в этих символах определяется в пункте 10.3.3.5.

VTU-O имеет возможность передавать от VCE в сторону СР параметры управления векторной группы в восходящем направлении, определяемые в пунктах 7 и 10.

Если разрешена векторизация в восходящем направлении, то VTU-O должен поддерживать работу и в том случае, если не все испытательные тона символа синхронизации в восходящем направлении имеют одинаковый знак, но комбинация знаков тонов символа синхронизации имеет периодичность 10 тонов (с учетом испытательных и флаговых тонов).

6.4 Требования к VCE

VCE должен поддерживать векторизацию в нисходящем направлении.

Должна быть предусмотрена возможность управления VCE со стороны МЕ по интерфейсу ε -m (показан на рисунке 5-1) при использовании условия $B_{\min} = 0$ (см. определение в таблице 7-1 и допустимые значения $B_{\min}$ в таблице 7-2).

7 Требования к стороне СР в векторной группе

В этом разделе описывается поведение в установившемся состоянии на стороне СР в рамках векторной группы из N пар.

7.1 Общие положения

VTU-R передает в VCE векторной группы усеченные выборки ошибок (см. определение в пункте 7.2.1) по обратному каналу (см. определение в пунктах 7.2.2–7.2.4). VTU-R должен поддерживать инкапсуляцию информации обратного канала в протокол Ethernet уровня 2 (см. определение в пункте 7.4.1) и в протокол встроенного операционного канала (eoc) (см. определение в пункте 7.4.2). VCE выбирает для использования метод инкапсуляции и передает эту настройку в VTU-R во время инициализации (см. пункт 10.5.2.1). В рабочем режиме выбранный метод инкапсуляции остается неизменным.

На рисунке 7-1 показана эталонная модель информационного потока обратного канала, инкапсулированного в протокол Ethernet уровня 2. В NT усеченные выборки ошибок сначала передаются из VTU-R в функциональный блок L2+ (примитив streamBC.indicate), где инкапсулируются в транспортный протокол Ethernet уровня 2 (см. определение в пункте 7.4.1), а затем мультиплексируются в один из восходящих потоков данных Ethernet (или Ethernet поверх ATM) (примитив stream(n).confirm, см. Приложение К [ITU-T G.993.2]). В AN инкапсуляция в протокол Ethernet уровня 2 завершается в функциональном блоке L2+, и усеченные выборки ошибок передаются в VCE (примитив streamBC.indicate).

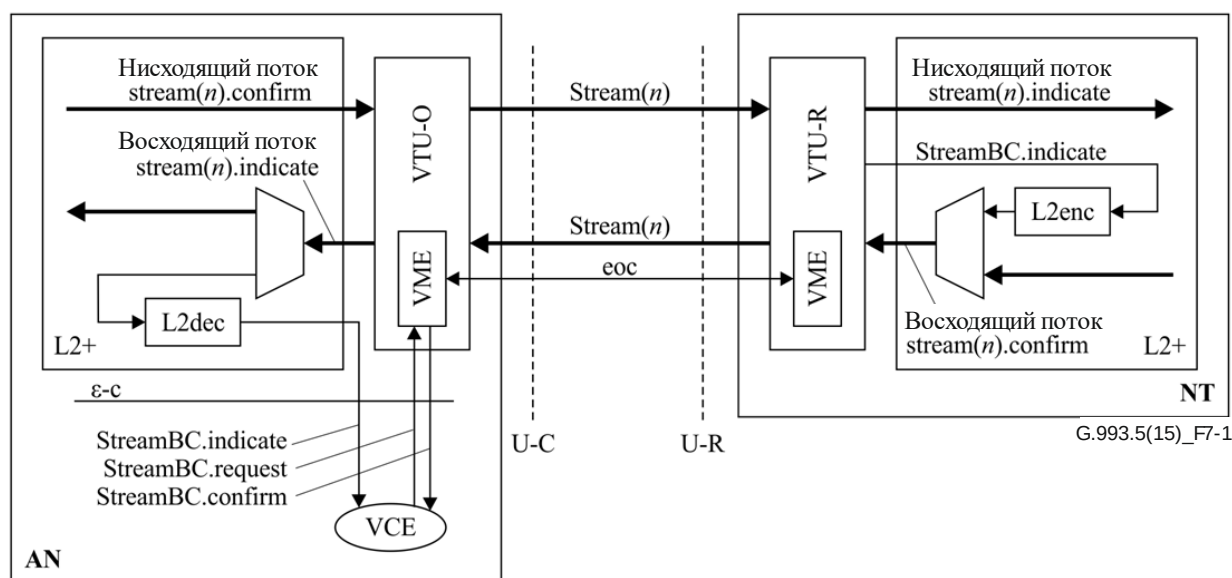


Рисунок 7-1 – Эталонная модель для информационного потока обратного канала, инкапсулированного в протокол Ethernet уровня 2

На рисунке 7-2 показана эталонная модель инкапсулированного информационного потока обратного канала eoc. В блоке VTU-R усеченные выборки ошибок направляются в объект управления VDSL2 (VME), где инкапсулируются в сообщение eoc, как определено в пункте 8.1. В объекте управления VDSL2 (VME, см. пункт 11.2 [ITU-T G.993.2]) блока VTU-O инкапсуляция eoc завершается, и усеченные выборки ошибок доставляются в VCE (примитив streamBC.indicate).

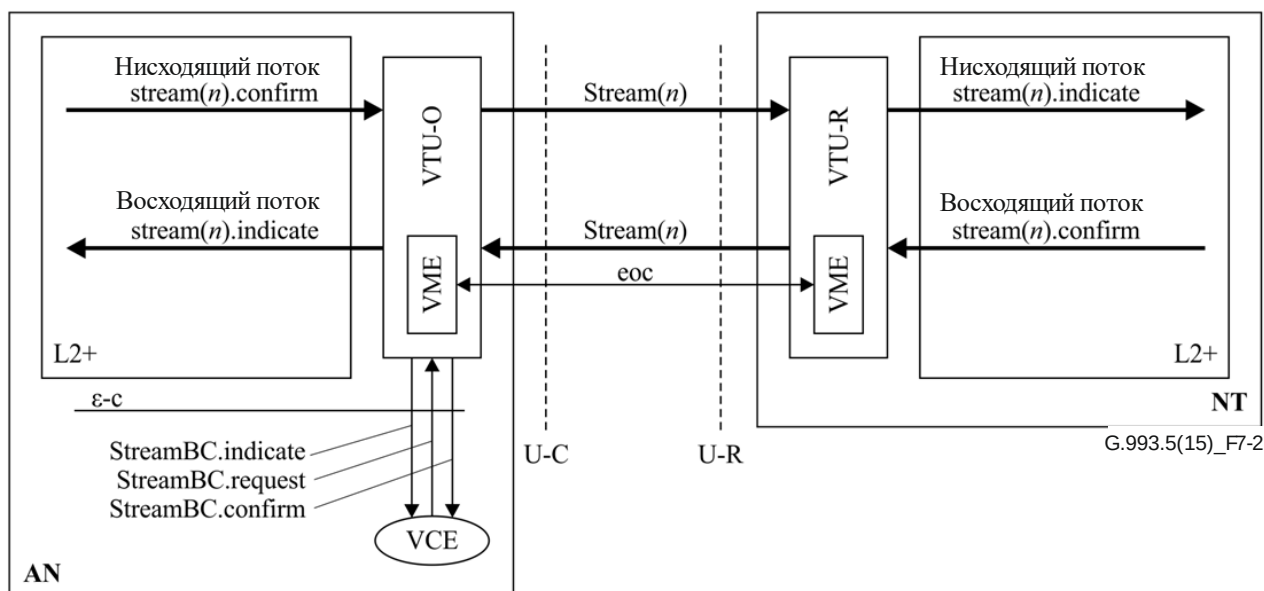


Рисунок 7-2 – Эталонная модель для информационного потока инкапсулированного обратного канала eoc

VCE, независимо от способа инкапсуляции обратного канала, устанавливает связь с VME блока VTU-O, чтобы задать параметры управления обратного канала (определены в таблице 7-1), например, для каких поднесущих VTU-R должен передавать усеченные выборки ошибок по обратному каналу (примитив streamBC.request). VME блока VTU-O использует команды eoc (см. определение в разделе 8.1) для передачи этих параметров управления обратного канала в VME блока VTU-R и возвращает информацию, полученную из ответов eoc VME блока VTU-R, назад в VCE (примитив streamBC.confirm).

VTU-R должен поддерживать плавную адаптацию скорости передачи данных (SRA, OLR типа 3) в нисходящем и восходящем направлениях, включая обязательную поддержку в пределах SRA:

- динамической реконфигурации перемежителя (изменение D_p);
- реконфигурации кадрирования (изменение T_p , G_p и B_{p0}),

как определено в пункте 13.1 [ITU-T G.993.2] "Типы реконфигурации он-лайн".

Если разрешено применение [ITU-T G.998.4] в определенном направлении, то VTU-R также должен поддерживать плавную адаптацию скорости (SRA, OLR типа 5) в этом же направлении, включая обязательную поддержку в пределах SRA всех конфигураций, указанных в пункте C.3.2 [ITU-T G.998.4].

7.2 Требования к VTU-R в отношении векторизации в нисходящем направлении

VTU-R должен соответствовать [ITU-T G.993.2] с учетом исключений и дополнительных требований, содержащихся в настоящей Рекомендации.

В настоящей Рекомендации определено, что все испытательные тона символа синхронизации, как во время инициализации, так и в рабочем режиме, могут иметь одинаковые знаки (если модулируются частотно-независимой пилотной последовательностью, см. пункт 6.2.3) или разные знаки (если модулируются частотно-зависимой пилотной последовательностью, см. пункт 6.2.3). VTU-R должен поддерживать прием и все соответствующие функциональные возможности, необходимые для вычисления сигналов ошибки, также в том случае, когда не все испытательные тона символа синхронизации имеют одинаковый знак, но комбинация знаков тонов символа синхронизации в нисходящем направлении имеет периодичность 10 тонов (с учетом испытательных и флаговых тонов).

7.2.1 Определение нормализованной выборки ошибок

VTU-R преобразует принятый сигнал временной области в выборки частотной области, в результате чего для каждой из принятых поднесущих получается комплексное значение Z . Последующий

обратный преобразователь совокупностей связывает каждое из этих комплексных значений Z с точкой совокупности, представленной значением $\hat{C}$. На рисунке 7-3 показан процесс вычисления нормализованной выборки ошибок E для конкретной поднесущей в конкретном символе синхронизации. Нормализованная выборка ошибок отражает ошибку между принятой выборкой комплексных данных Z , приведенной к точке совокупности 4-позиционной квадратурной амплитудной модуляции (QAM), и соответствующей точкой совокупности решений $\hat{C}$, связанной с принятым символом синхронизации в VTU-R и отнесенной ко входу дескремблера совокупности. Для иллюстрации на рисунке 7-3 показано, что принятая нормализованная выборка комплексных данных Z находится в пределах границ совокупности точки совокупности решений $\hat{C} = (+1, +1)$.

Для каждой из поднесущих комплексная нормализованная выборка ошибок E определяется как $E = Z - \hat{C}$, где E – комплексная ошибка, определяемая как $E = e_x + j \times e_y$, с действительным компонентом e_x и мнимым компонентом e_y , Z – принятая нормализованная выборка данных, определяемая как $Z = z_x + j \times z_y$, с действительным компонентом z_x и мнимым компонентом z_y , и $\hat{C}$ – точка совокупности решений, связанная с принятой выборкой данных Z , определяемая как $\hat{C} = \hat{c}_x + j \times \hat{c}_y$, с действительным компонентом $\hat{c}_x$ и мнимым компонентом $\hat{c}_y$ (где $\hat{c}_x = \pm 1$ и $\hat{c}_y = \pm 1$).

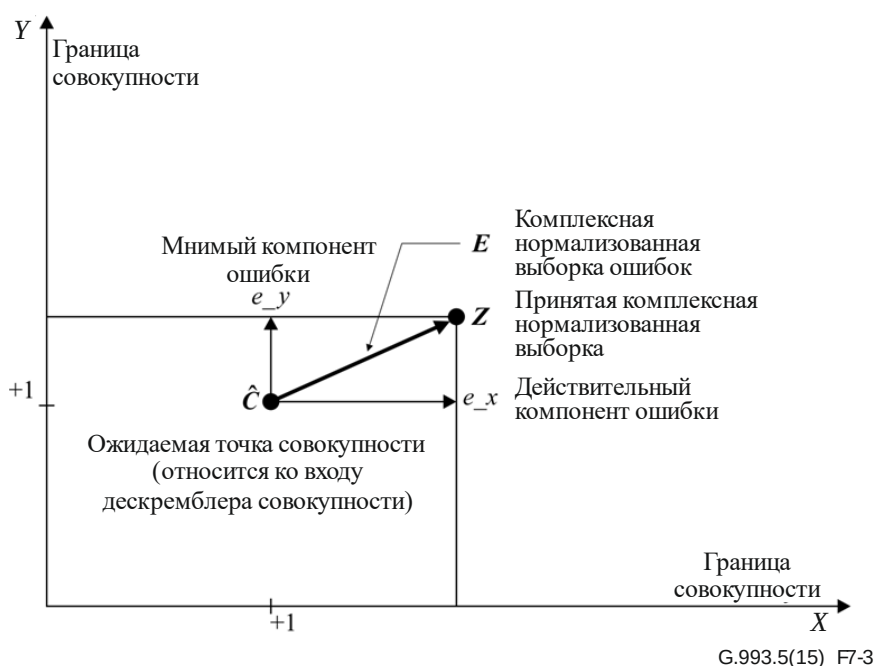


Рисунок 7-3 – Определение нормализованной выборки ошибок E

Действительные и мнимые компоненты каждой нормализованной выборки ошибок E ограничиваются и дискретизируются в целочисленные значения для получения соответственно компонентов q_x и q_y усеченной выборки ошибок следующим образом:

$$q_x = \max\left(-2^{B_{\max}}, \min\left(e_x \times 2^{N_{\max}-1}, 2^{B_{\max}} - 1\right)\right);$$

$$q_y = \max\left(-2^{B_{\max}}, \min\left(e_y \times 2^{N_{\max}-1}, 2^{B_{\max}} - 1\right)\right);$$

где $Q = q_x + j \times q_y$ – усеченная выборка ошибок, $N_{\max}$ – максимальная глубина дискретизации нормализованной выборки ошибок для VTU-R, установленная в значение 12, а $B_{\max}$ – верхняя граница индекса битов для передачи компонентов q_x и q_y усеченной выборки ошибок ($B_{\max} < N_{\max}$, где $B_{\max}$ настраивается объектом VCE, см. таблицы 7-1 и 7-2).

Значения обоих компонентов q_x и q_y усеченной выборки ошибок представлены в формате дополнения до двух и ограничены длиной $B_{\max} + 1$ битов. Формат усеченной выборки ошибок для передачи по обратному каналу определяется в пункте 7.2.2. Конкретные поднесущие, на которых во время инициализации и в рабочем режиме передаются усеченные выборки ошибок, настраиваются согласно описанию в пунктах 10.4.2.1 и 8.1 соответственно.

7.2.2 Передача усеченных выборок ошибок

VTU-R передает усеченные выборки ошибок (определяемые в пункте 7.2.1) в VTU-O по обратному каналу, установленному между VTU-O и VTU-R в каждой линии векторной группы, как определено в пункте 7.4.1 (обратный канал Ethernet уровня 2), в пункте 8.1 (обратный канал eoc) или в пункте 10 (обратный канал для особых операций (SOC)). VTU-O передает полученные усеченные выборки ошибок в VCE векторной группы.

7.2.2.1 Параметры управления при передаче усеченной выборки ошибок

VCE сообщает в VTU-O набор параметров управления при передаче усеченной выборки ошибок, определяемых в таблице 7-1.

Таблица 7-1 – Параметры управления при передаче усеченных выборок ошибок

Название параметра	Определение
<i>Векторные полосы</i>	Полосы частот передачи в нисходящем направлении, на которых VTU-R передает усеченные выборки ошибок для поднесущих по обратному каналу. Векторные полосы в нисходящем направлении определяются индексами наименьшей и наибольшей частот поднесущих. N_band – это количество настроенных векторных полос. Настраивается не более восьми полос (т. е. $N_band \leq 8$). Настроенные полосы обозначаются номерами: $vb = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ в порядке возрастания индексов поднесущих, связанных с определенной полосой. $N_carrier(vb)$ – количество поднесущих в полосе частот с номером vb, т. е. индекс последней поднесущей минус индекс первой поднесущей плюс один. Индекс первой поднесущей (с самой низкой частотой) каждой векторной полосы в нисходящем направлении должен быть четным. Каждая из векторных полос в нисходящем направлении назначается в пределах одной стандартной полосы ITU-T G.993.2 в нисходящем направлении (замененной во время фазы ITU-T G.994.1), и на каждую такую стандартную полосу в нисходящем направлении может приходиться более одной векторной полосы. Векторные полосы не должны перекрываться.
F_sub	Коэффициент подвыборки, применяемый к векторным полосам. Для каждой векторной полосы в нисходящем направлении сначала передается усеченная выборка ошибок поднесущей с наименьшим индексом, за которой следует усеченная выборка ошибок каждой поднесущей F_sub^{th} в пределах векторной полосы. Настраивается VCE отдельно для каждой векторной полосы в нисходящем направлении.
F_block	Размер блока (количество поднесущих) для группирования усеченных выборок ошибок. Настраивается объектом VCE. Для всех векторных полос в нисходящем направлении используется одна и та же настройка размера блока (см. таблицу 8-4).
B_min	Нижняя граница индекса битов для передачи компонента усеченной выборки ошибок (см. пункт 7.2.2.2). Настраивается объектом VCE отдельно для каждой векторной полосы в нисходящем направлении.
B_max	Верхняя граница индекса битов для передачи компонента усеченной выборки ошибок (см. пункт 7.2.1). Настраивается объектом VCE отдельно для каждой векторной полосы в нисходящем направлении.

Таблица 7-1 – Параметры управления при передаче усеченных выборок ошибок

Название параметра	Определение
L_w	Максимальное количество битов при передаче компонента усеченной выборки ошибок. Настраивается объектом VCE отдельно для каждой векторной полосы в нисходящем направлении. Если для конкретной векторной полосы в нисходящем направлении установлено $L_w = 0$, то эта полоса не передается. По крайней мере для одной векторной полосы в нисходящем направлении значение L_w должно быть ненулевым.
<i>padding</i>	Указывает, должен ли VTU-R дополнять усеченные выборки ошибок с помощью расширения знака или дополнения нулями, чтобы поддерживать использование битов L_w для передачи компонента усеченной выборки ошибок, если $S < L_w - 1$ (см. пункт 7.2.2.2). Настраивается объектом VCE. Для всех векторных полос в нисходящем направлении должна использоваться одна и та же конфигурация дополнения. Если дополнение включено, то B_{min} устанавливается в 0.

В таблице 7-2 определяются обязательные и необязательные значения параметров управления при передаче усеченных выборок ошибок. В частности, в ней определяются действительные значения, настраиваемые объектом VCE, и обязательные значения, поддерживаемые VTU-R. VTU-O должен поддерживать все действительные значения, настраиваемые объектом VCE. Во время инициализации VTU-R указывает свои возможности по поддержке необязательных значений, и VCE выбирает значения соответствующим образом (см. пункт 10).

Таблица 7-2 – Значения параметров управления обратного канала

Параметр	Допустимые значения для VCE	Обязательные значения для поддержки VTU-R
F_{sub}	1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64	2, 4, 8, 16, 32 и 64
F_{block}	1, 32, и $\left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$	1 и $\left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$
B_{min}	0, ..., 11	Все действительные значения
B_{max}	B_{min} , ..., 11	Все действительные значения
L_w	0, 1, ..., $\min(8, B_{max} - B_{min} + 1)$	0, 1, ..., 8
<i>padding</i>	1 (включено); 0 (выключено) при $F_{block} = 32$; 0 (выключено) при $F_{block} = \left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$	1 (включено); 0 (выключено) при $F_{block} = \left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$

Для каждой векторной полосы в нисходящем направлении, назначенной блоком VTU-O для передачи усеченной выборки ошибок, VTU-R передает усеченные выборки ошибок для всех поднесущих с индексами $X = X_L + n \times F_{sub}$, где n принимает все целочисленные значения 0, 1, 2, ..., для которых $X_L \leq X \leq X_H$, где X_L и X_H – соответственно индексы поднесущих самой низкой и самой высокой частоты для векторной полосы в нисходящем направлении. Усеченные выборки ошибок других поднесущих не передаются.

На поднесущих, которые не используются для передачи ($b_i = 0$ и $g_i = 0$), но назначены для передачи усеченной выборки ошибок, VTU-R передает фиктивную выборку ошибок. Значение этой фиктивной выборки ошибок определяется поставщиком, но должно соответствовать параметрам управления при передаче выборки ошибок и не должно влиять на сообщения по другим поднесущим.

ПРИМЕЧАНИЕ. – За выявление и отбрасывание усеченных выборок ошибок поднесущих, не предназначенных для оценки канала, отвечает VTU-O и/или VCE.

7.2.2.2 Группирование усеченных выборок ошибок

VTU-R группирует усеченные выборки ошибок в блоки. Подходящие размеры блока для параметра F_block определяются в таблице 7-2. VTU-R рассчитывает параметры B_M и B_L для каждого блока. Параметры B_M и B_L соответствуют наибольшему и наименьшему индексам битов передаваемой усеченной выборки ошибок с допущением, что индексы битов подсчитываются от LSB до MSB, начиная с 0.

На рисунке 7-4 показан пример со значениями $F_block = 1$, $B_min = 2$, $B_max = 10$, $L_w = 4$ и $padding = 0$. Два регистра, каждый шириной $(B_max + L_w)$ битов, содержат компонент усеченной выборки ошибок в битах, помеченных от B_max (MSB усеченной выборки ошибок) до 0 (LSB усеченной выборки ошибок), тогда как $L_w - 1 = 3$ оставшихся битов каждого регистра устанавливаются в 0 и помечены отрицательными индексами битов от -1 до $1 - L_w = -3$. Для каждого компонента в блоке только $B_M - B_L + 1$ битов с индексами от B_M до B_L включительно входят в формат блока сообщений об ошибках (ERB), определяемый в пункте 7.2.3.1. Параметры B_M и B_L вычисляются для каждого блока, как описывается ниже. Блок VTU-R проверяет все компоненты усеченной выборки ошибок в каждом блоке и для каждого компонента ec ($ec = 1$ до $2 \times F_block$) определяет масштабный параметр s_{ec} , который зависит от данных и применительно к рассматриваемому компоненту определяется как индекс знакового бита для самого короткого представления в виде дополнения до двух.

Например, как показано на рисунке 7-4, первый компонент усеченной выборки ошибок с 11-битовым представлением дополнения до двух 11110010101 имеет самое короткое представление до двух 10010101, и, следовательно, его масштаб составляет $s_1 = 7$. Аналогично, второй компонент 00000010010 имеет самое короткое представление 010010, и, следовательно, его масштаб составляет $s_2 = 5$.

Затем VTU-R для каждого блока вычисляет зависящий от данных масштабный параметр блока $S = \max_{ec}(s_{ec})$, где индекс максимизации ec перебирает все компоненты усеченной выборки ошибок в блоке $2 \times F_block$.

Например, как показано на рисунке 7-4, $F_block = 1$, а масштабный параметр блока S равен максимальному значению из s_1 и s_2 , следовательно, $S = 7$.

Если $padding = 0$, то для каждого блока в данной векторной полосе VTU-R устанавливает

$$B_M = \max(S, B_min), B_L = \max(B_M - L_w + 1, B_min). \quad (7-1)$$

Если $padding = 1$, то для каждого блока во всех векторных полосах VTU-R устанавливает

либо $B_M = \max(S, L_w - 1)$ (расширение знака), либо $B_M = S$ (дополнение нулями);

и

$$B_L = B_M - L_w + 1 \text{ (где биты с индексами, меньшими 0, устанавливаются в 0)}. \quad (7-2)$$

Параметры B_M и B_L всегда отвечают соотношениям $B_L \leq B_M$ и $0 \leq B_M \leq B_max$.

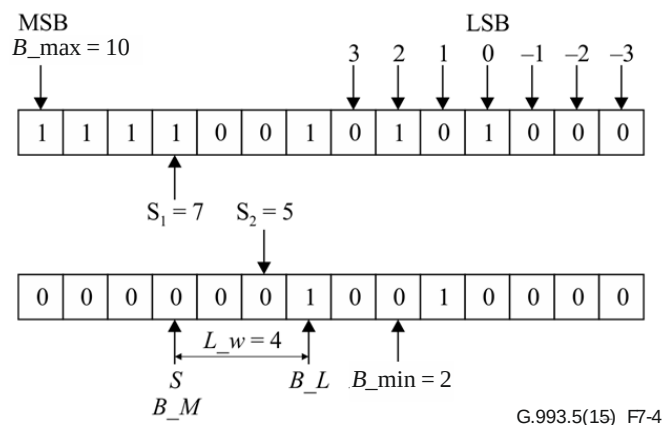


Рисунок 7-4 – Пример двух регистров, каждый из которых содержит компонент усеченной выборки ошибок

На рисунке 7-5 показан пример передаваемых битов (заштрихованы) для блока усеченных выборок ошибок с разным типом заполнения при $F_block = 1$, $B_min = 1$, $B_max = 7$, $L_w = 5$.

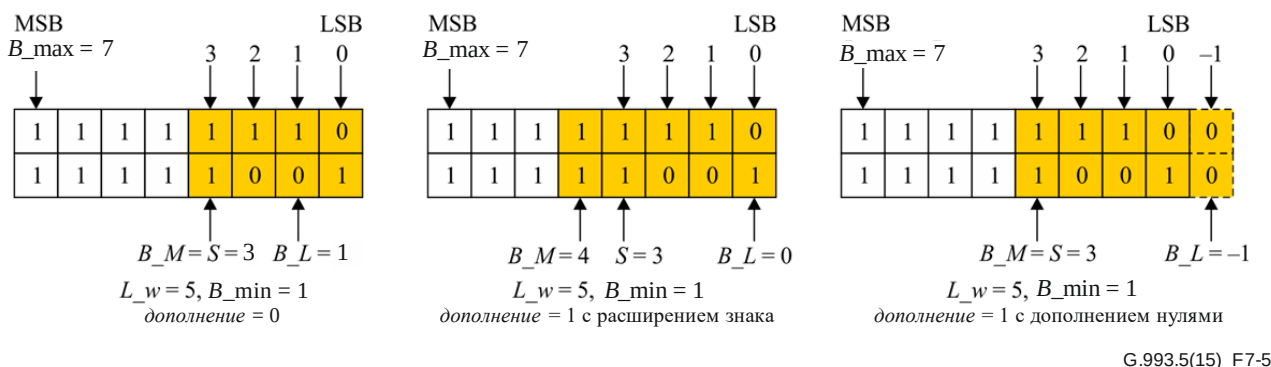


Рисунок 7-5 – Пример передаваемых битов для блока усеченных выборок ошибок с разным типом заполнения

Для присвоенного значения F_block блок состоит из усеченных выборок ошибок, передаваемых для последующих поднесущих F_block из тех, что присвоены для передачи в векторной полосе в нисходящем направлении. Поднесущие присваиваются блокам, начиная с поднесущей векторной полосы с самой низкой частотой, а затем в порядке возрастания следуют поднесущие F_block в каждом блоке. Количество блоков в векторной полосе vb можно вычислить по следующей формуле:

$$N_block(vb) = \left\lceil \frac{\left\lceil \frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right\rceil}{F_block} \right\rceil$$

Блоки идентифицируются по их номерам от $eb = 0$ до $N_block(vb) - 1$, назначаемым в порядке возрастания индексов поднесущих, связанных с блоком. Последним компонентам последнего блока, не принадлежащим поднесущим векторной полосы в нисходящем направлении (если таковые имеются), присваиваются фиктивные значения, соответствующие нулевым значениям.

7.2.3 Формат обратного канала

Для каждого символа синхронизации по обратному каналу передается целое количество октетов.

Количество байтов на символ, необходимое для передачи усеченных выборок ошибок, зависит от значений, настроенных объектом VCE для параметров управления обратным каналом (см. пункт 7.2.2). Блоки усеченных выборок ошибок (блоки ошибок) векторных полос в нисходящем направлении преобразуются в ERB.

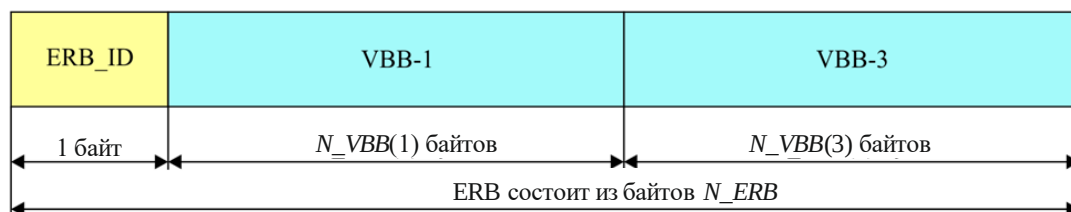
Каждый ERB связан с конкретным символом сигнала O-P-VECTOR 2-1 (см. пункт 10.4.3.7). ERB имеет единственный формат, который в дальнейшем инкапсулируется в:

- формат Ethernet (для обратного канала на базе L2); или
- формат eoc (для обратного канала на базе eoc); или
- формат SOC (для обратного канала на базе SOC).

Символ синхронизации, связанный с ERB, идентифицируется по значению его счетчика символов синхронизации (для обратного канала L2 или eoc в рабочем режиме) или по времени сообщения (для обратного канала SOC во время инициализации).

7.2.3.1 Формат ERB

Формат ERB представлен на рисунке 7-6. ERB начинается с 8-битового поля ERB_ID, за которым следуют до восьми блоков векторных полос (VBB). VTU-R может установить MSB поля ERB_ID равным 1, чтобы указать, что усеченные выборки ошибок в ERB, возможно, искажаются (например, из-за импульсного шума или радиочастотных помех). В противном случае VTU-R устанавливает MSB поля ERB_ID равным 0. Семь LSB поля ERB_ID устанавливаются в 0 и резервируются для МСЭ-Т. Количество байтов в ERB (N_{ERB}) равно сумме количества байтов в каждом VBB плюс 1 байт для поля ERB_ID. Конкатенация VBB в составе ERB осуществляется в порядке возрастания номеров векторных полос, т.е. начиная с векторной полосы, соответствующей наименьшему индексу поднесущей. О некоторых векторных полосах может не сообщаться по запросу VCE (т.е. ERB не должен содержать VBB для векторных полос, в отношении которых VCE установил $L_w = 0$).

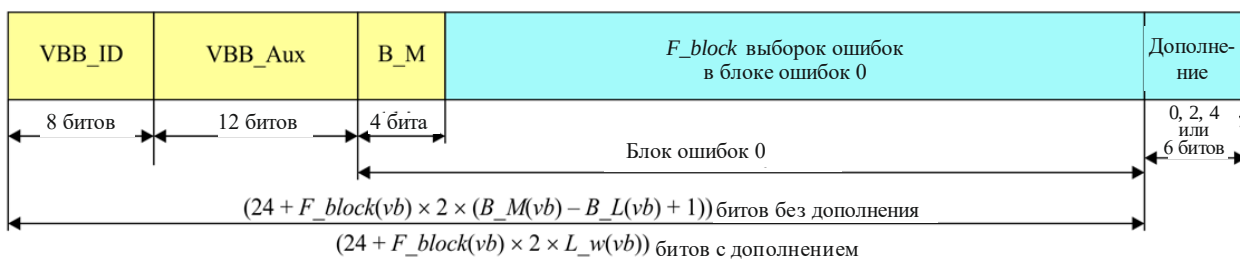


G.993.5(15)_F7-6

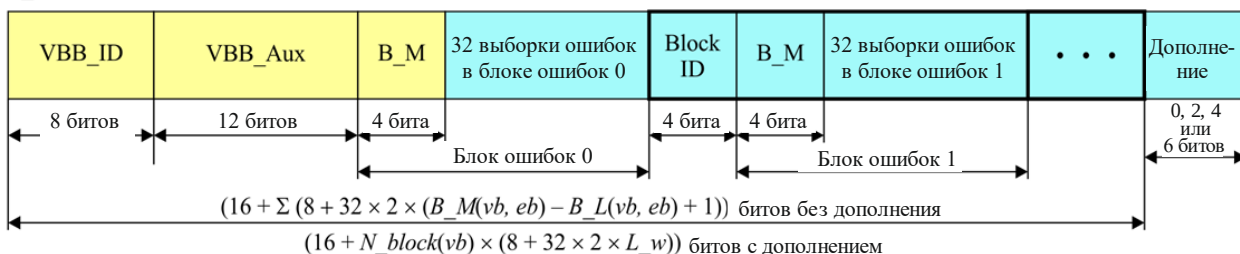
Рисунок 7-6 – Формат ERB (в случае если VCE запрашивает только векторные полосы 1 и 3)

Формат VBB представлен на рисунке 7-7. Каждый VBB начинается с 8-битового поля VBB_ID, за которым следует поле VBB_Aux, за ним – конкатенированные блоки ошибок, и заканчивается дополнением из 0, 2, 4 или 6 битов, чтобы соответствовать длине VBB из целого количества байтов (нечетное количество битов дополнения неприменимо). Три MSB поля VBB_ID содержат номер векторной полосы (000 для VBB-0, 001 для VBB-1, ... до 111 для VBB-7). Пять LSB поля VBB_ID установлены в 0 и резервируются для МСЭ-Т. Блоки ошибок конкатенируются в VBB в порядке возрастания: первый блок в векторной полосе – это блок, содержащий усеченные выборки ошибок для поднесущих с наименьшими индексами, и он передается первым.

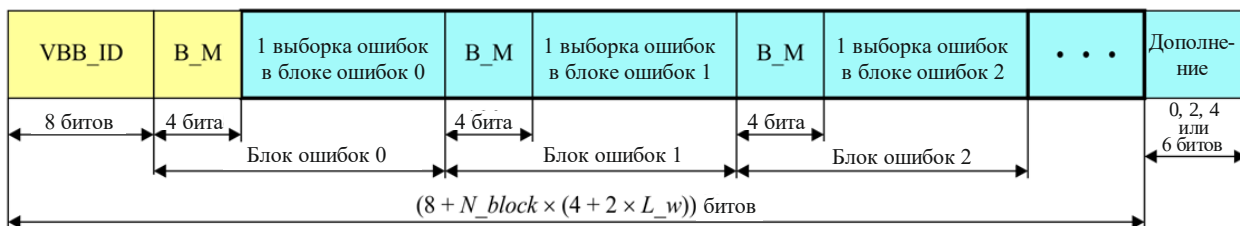
$$F_block = \lfloor N_carried / F_sub \rfloor$$



$$F_block = 32$$



$$F_block = 1$$



При $F_block = 1$ дополнение обязательно

G.993.5(15)_F7-7

Рисунок 7-7 – Формат VBB в зависимости от размера F_block

Формат блока ошибок определяется в пункте 7.2.3.2.

Если $F_block = 32$, то перед каждым блоком ошибок, начиная с блока ошибок с номером 1, добавляется Block_ID. Непосредственно перед блоком ошибок 0 Block_ID не добавляется. Block_ID имеет длину 4 бита и представляет (по модулю 16) номер блока ошибок, которому он предшествует, в формате целого числа без знака при условии, что первый блок векторной полосы имеет номер 0.

Если $F_block = 1$ или $\left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$, то Block_ID не вставляется.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – VCE может идентифицировать VBB в принятом ERB посредством его VBB_ID, а затем вычислить количество блоков ошибок $N_block(vb)$ в VBB-vb, как описывается в пункте 7.2.2.2, поскольку на стороне СО все параметры управления обратным каналом известны. Длина блока ошибок вычисляется с использованием параметров (B_M, B_L) усеченной выборки ошибок и размера блока F_block . Первая переданная выборка первого блока ошибок в векторной полосе предназначена для поднесущей с индексом X_L (который всегда четный).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При $F_block = 32$ конец каждого блока ошибок выравнивается по байтам. Биты дополнения в конце VBB не добавляются.

Поле VBB_Aux используется для передачи значения средней ошибки с использованием формата, определяемого в таблице 7-3. Средняя ошибка (ME) для векторной полосы vb рассчитывается по формуле

$$ME(vb) = \left\lceil \frac{N_carrier(vb)}{F_sub(vb)} \right\rceil_{-1} \sum_{n=0} \left(|e_x(X_L(vb) + n \times F_sub(vb))| + |e_y(X_L(vb) + n \times F_sub(vb))| \right)$$

где $e_x(sc)$ и $e_y(sc)$ – действительный и мнимый компоненты нормализованной ошибки, оцененной на поднесущей sc (см. рисунок 7-3).

Усеченное и квантованное значение $ME(vb)$ представляется следующим образом:

$$MEq(vb) = \min\left(\left\lfloor ME(vb) \times 2^{ME_N_max - 1} \right\rfloor, 2^{ME_B_max} - 1\right),$$

где $ME_N_max = 12$ и $ME_B_max = 22$.

Значение MEq передается с использованием 4-битового показателя степени и 8-битовой мантиссы аналогично тому, как это делается для компонентов усеченной выборки ошибок. Блок VTU-R вычисляет масштаб ME_S в виде индекса старшего значащего бита MEq , который не является битом расширения знака. Мантисса состоит из 8 битов с индексами от ME_B_M до ME_B_L . Значения ME_B_M и ME_B_L вычисляются в VTU-R следующим образом:

$$ME_B_M = \max(ME_S, 7) \text{ и}$$

$$ME_B_L = ME_B_M - 7$$

Таблица 7-3 – Формат поля VBB_Aux

Параметр	Номера битов	Описание
ME_EXP	[11:8]	Значение ME_B_L из 4 битов
ME_MANT	[7:0]	Мантисса MEq из 8 битов

7.2.3.2 Формат блока ошибок

Представление блока ошибок, содержащего усеченные выборки ошибок F_block ($2 \times F_block$ компонентов усеченной выборки ошибок F_block поднесущих), включает поле B_M (4 бита) и поле ошибки (переменной длины), см. рисунок 7-8. Поле ошибки включает в себя F_block подполей, каждое из которых содержит комплексное значение усеченной выборки ошибок поднесущей, присвоенной для передачи во время настройки обратного канала (см. пункт 7.2.2).

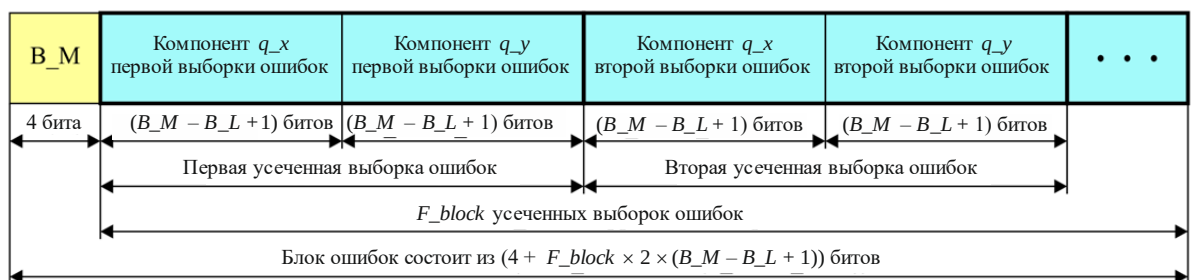
Для каждого компонента усеченной выборки ошибок сжатое представление, определяемое в пункте 7.2.2.2, включает в себя только биты компонента усеченной выборки ошибок с индексами от B_L до B_M в силу соглашения о том, что MSB сжатого представления компонента имеет индекс B_max , а младший значащий бит (LSB) сжатого представления компонента – индекс B_min . Соответственно, общее количество битов в поле ошибок блока усеченных выборок ошибок в сжатом представлении составляет $2 \times F_block \times (B_M - B_L + 1)$.

Поля B_M включают в себя параметр B_M , представленный в виде 4-битового целого числа без знака в диапазоне от 0 до 15.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Параметр B_L не передается, так как VCE может рассчитать его по параметрам управления усеченной выборкой ошибок (см. уравнения 7-1 и 7-2) и значению переданного параметра B_M .

Формат блока ошибок представлен на рисунке 7-8. Все параметры и усеченные выборки ошибок располагаются так, что MSB находится слева, так чтобы MSB передавался первым (т. е. первый передаваемый бит – это MSB поля B_M).

Усеченные выборки ошибок в поле ошибок располагаются в порядке возрастания индекса поднесущей слева направо. Для каждой усеченной выборки ошибок (действительный) компонент q_x располагается слева от (мнимого) компонента q_y .



G.993.5(15)_F7-8

Рисунок 7-8 – Формат блока ошибок

7.2.3.3 Скорость передачи данных обратного канала (для информации)

Если $F_block = \left\lceil \frac{N_carrier}{F_sub} \right\rceil$, то количество байтов в VBB-vb, как следует из рисунков 7-6, 7-7 и 7-8, составляет:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{24 + F_block(vb) \times 2 \times (B_M(vb) - B_L(vb) + 1)}{8} \right\rceil,$$

где $B_M(vb)$ – параметр B_M номера векторной полосы vb , а $B_L(vb)$ – параметр B_L векторной полосы vb .

Следует отметить, что в общем случае это не фиксированное значение, оно может отличаться от одного сообщения об ошибке к другому в зависимости от конкретных значений усеченных выборок ошибок. С другой стороны, если используется дополнение (см. таблицу 7-1), то количество байтов в VBB-vb зависит только от параметров управления усеченной выборкой ошибок, а не от их значений:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{24 + F_block(vb) \times 2 \times L_w(vb)}{8} \right\rceil.$$

Если $F_block = 32$, то количество байтов в VBB-vb, как следует из рисунков 7-6 и 7-8, составляет

$$N_VBB(vb) = 2 + \sum_{eb=0}^{N_block(vb)-1} (1 + 8 \times (B_M(vb, eb) - B_L(vb, eb) + 1)),$$

где $B_M(vb, eb)$ – параметр B_M номера блока ошибок eb векторной полосы vb , а $B_L(vb, eb)$ – параметр B_L номера блока ошибок eb векторной полосы vb .

Следует отметить, что в общем случае это не фиксированное значение, оно может отличаться от одного сообщения об ошибке к другому в зависимости от конкретных значений усеченных выборок ошибок. Если используется дополнение (см. таблицу 7-1), то количество байтов в VBB-vb зависит только от параметров управления усеченной выборкой ошибок, а не от их значений:

$$N_VBB(vb) = 2 + N_block(vb) \times (1 + 8 \times L_w(vb))$$

В случае если $F_block = 1$, используется дополнение и количество байтов в VBB-vb зависит только от параметров управления усеченной выборкой ошибок, а не от их значений:

$$N_VBB(vb) = \left\lceil \frac{8 + N_block(vb) \times (4 + 2 \times L_w(vb))}{8} \right\rceil.$$

N_ERB можно рассчитать по формуле

$$N_ERB = 1 + \sum_{vb=0}^{N_band-1} report(vb) \times N_VBB(vb),$$

где $report(vb) = 1$, если VBB-vb содержится в ERB (т. е. $L_w > 0$ для полосы с номером vb) и $report(vb) = 0$, если VBB-vb не содержится в ERB (т. е. $L_w = 0$ для полосы с номером vb).

Скорость передачи данных в обратном канале (BDR) для передачи блока сообщений об ошибках для каждого символа синхронизации составляет:

$$BDR = 8 \times N_ERB \times (f_{DMT} / 257),$$

где f_{DMT} – это скорость передачи символов (в симв./с), определяемая в пункте 10.4.4 [ITU-T G.993.2].

Когда дополнение не используется, то значение BDR не определяется. В этом случае N_ERB варьируется от одного сообщения об ошибке к другому.

7.2.4 Идентификация ERB в рабочем режиме

При каждом счете символов синхронизации, произведенном VTU-O, VTU-R передает один блок сообщений ERB. С каждым ERB блок VTU-R также передает данные подсчета символов

синхронизации в нисходящем направлении (как указано в пункте 7.3.2) в качестве идентификации символа синхронизации в нисходящем направлении, которой соответствует ERB. VTU-O указывает такие данные подсчета символов синхронизации, используя следующие параметры управления идентификацией по времени:

- период обновления выборки ошибок (m);
- период сдвига выборки ошибок (z).

Периоду обновления выборки ошибок присваивается значение m , если выборка ошибок должна передаваться по каждому m -му символу синхронизации, т. е. в позициях символов синхронизации, соответствующих подсчету символов синхронизации $SSC = m \times P + k$, где P – любое целое число в диапазоне от 0 до $\lfloor (N_SSC - 1 - k)/m \rfloor$, а k – смещение, равное целому числу в диапазоне от 0 до $m - 1$. Как только счетчик SSC возвращается к значению $N_SSC - 1$, следующий номер из подсчета символов синхронизации, при котором передается ERB, равен $SSC = k$ (это получается путем установки $P = 0$).

Для первого сообщения после запроса VTU-O на исправление ошибки (Error Feedback) VTU-R устанавливает $k = 0$. Это сообщение отправляется с первым доступным символом синхронизации с номером SSC, кратным m , после приема запроса ERB (см. пункт 8.1). Если $z > 0$, то VTU-R увеличивает k на 1 после каждого периода сдвига выборки ошибок из z сообщений, обнуляя k при достижении значения $m - 1$.

Если $m = 1$, то VTU-R передает сообщение на каждом символе синхронизации. Значение периода обновления выборки ошибок $m = 0$ является особым и используется для указания того, что VTU-R должен прекратить передачу выборок ошибок. Ненулевой период сдвига выборки ошибок z действителен только для $m > 1$. Если сдвиг выборки ошибок не требуется и $m = 1$, то используется значение периода сдвига выборки ошибок $z = 0$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметры m и z следует выбирать так, чтобы выборки ошибок передавались по меньшей мере один раз для всех битов пилотной последовательности по истечении определенного времени.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Например, когда $N_SSC = 1024$, $m = 3$ и первое сообщение отправляется при $SSC = 6$, причем сообщения передаются на символах синхронизации со следующими номерами:

$m = 3$ и $z = 0$, затем $SSC = 6, 9, \dots, 1020, 1023, 0, 3, 6, 9, \dots$

$m = 3$ и $z = 128$, затем $SSC = 6, 9, \dots, 128 \times 3, 129 \times 3, 130 \times 3 + 1, 131 \times 3 + 1, \dots, 257 \times 3 + 1, 258 \times 3 + 2, 259 \times 3 + 2, \dots, 340 \times 3 + 2, 2, 5, \dots, 44 \times 3 + 2, 45 \times 3, 46 \times 3, 47 \times 3, \dots$

Значения параметров управления идентификацией по времени определяются в таблице 7-4.

Таблица 7-4 – Значения параметров управления идентификацией по времени

Параметр	Действительные значения VCE	Обязательные значения для поддержки VTU-R
m	0, 1, 2, ..., 63, 64	Все действительные значения
z	Если $m > 1$: 0, 2, ..., 254, 255, 256 Если $m \leq 1$: 0	Все действительные значения

7.3 Требования к VTU-R в отношении векторизации в восходящем направлении

VTU-R должен соответствовать [ITU-T G.993.2] с учетом исключений и дополнительных требований, содержащихся в настоящей Рекомендации.

Для того чтобы VCE решал задачи, описываемые в пункте 6.1, VTU-R должен соответствовать требованиям следующих разделов.

7.3.1 Выравнивание символов

Под управлением VCE все блоки VTU-R в векторной группе должны использовать одинаковые значения разности поднесущих и скорости передачи символов.

ПРИМЕЧАНИЕ. – VCE может управлять выравниванием символов из различных линий векторной группы в контрольной точке U-O2 (определена на рисунке 5-4 [ITU-T G.993.2]) путем настройки опережения (TA) для этих линий в процессе инициализации (см. раздел 10).

7.3.2 Позиция символа синхронизации

Блок VTU-R должен иметь возможность передавать символы синхронизации, как определяется в пункте 10.2 [ITU-T G.993.2]. VTU-R должен передавать символы синхронизации во временных позициях, назначаемых VCE и сообщаемых VTU-R в процессе инициализации. Временная позиция символов синхронизации в восходящем направлении определяется смещением между позициями символов синхронизации в восходящем и нисходящем направлениях.

Смещение между временными позициями символов синхронизации в восходящем и нисходящем направлениях устанавливается VCE и передается в VTU-R в сообщении O-SIGNATURE.

VCE может настроить все блоки VTU-R в векторной группе на передачу символов синхронизации в восходящем направлении в одних и тех же временных позициях или использовать разные временные позиции для одного или нескольких блоков VTU-R в векторной группе.

Блок VTU-R должен поддерживать счетчик символов синхронизации в нисходящем направлении ($\text{MODULO } N_{\text{SSC}}$), непрерывно ведущий отсчет в рабочем режиме. Значение счетчика для первого символа синхронизации в нисходящем направлении, передаваемого в рабочем режиме, устанавливается блоком VTU-R равным значению поля First SSC первой принятой команды Error Feedback (см. таблицу 8-3). До получения первой команды Error Feedback значение счетчика символов синхронизации в нисходящем направлении для первого символа синхронизации в нисходящем направлении, передаваемого в рабочем режиме, остается на усмотрение производителя.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Такая настройка в начале рабочего режима синхронизирует счетчик символов синхронизации в нисходящем направлении с VTU-O/VCE (см. пункт 6.2.2).

7.3.3 Модуляция пилотной последовательности

Блок VTU-R должен иметь возможность модулировать указанной объектом VCE пилотной последовательностью в восходящем направлении все поднесущие символов синхронизации в восходящем направлении в режиме инициализации (см. пункт 10.3.4.1), а также испытательные тона (см. пункт 3.2.10) символов синхронизации в восходящем направлении в рабочем режиме. Пилотная последовательность в восходящем направлении определяется VCE по усмотрению поставщика, имеет длину $N_{\text{pilot_us}}$ и передается в VTU-R при инициализации в сообщении O-SIGNATURE. Биты пилотной последовательности индексируются от 0 до $N_{\text{pilot_us}} - 1$. Сначала передается бит с индексом 0, за которым следует бит с индексом 1 и далее до бита с индексом $N_{\text{pilot_us}} - 1$. Если установлен признак "длина пилотной последовательности кратна 4" (см. пункт 10.2), то все действительные значения $N_{\text{pilot_us}}$ кратны 4 и находятся в диапазоне от 8 до 512. В противном случае действительными значениями $N_{\text{pilot_us}}$ будут все степени 2 в диапазоне от 8 до 512. Пилотная последовательность циклически повторяется после битов $N_{\text{pilot_us}}$, за исключением случая, когда VCE изменяет пилотную последовательность в восходящем направлении с помощью процедуры, определяемой в пункте 8.2.

Временная позиция пилотной последовательности в восходящем направлении определяется VCE и передается в VTU-R во время инициализации с помощью специальных маркеров (см. пункт 10.3.3.5). Поднесущие символов синхронизации в восходящем направлении модулируются битами пилотной последовательности в восходящем направлении в соответствии с временной позицией пилотной последовательности в восходящем направлении.

В рабочем режиме первая позиция символа синхронизации в восходящем направлении должна быть такой, как определено в пункте 10.6.

Модуляция пилотной последовательностью испытательных тонов (см. пункт 3.2.10) символов синхронизации определяется тем, устанавливаются ли биты кадра синхронизации, модулирующие испытательные тона, в значение 00 (если бит пилотной последовательности равен НУЛЮ) или в значение 11 (если бит пилотной последовательности равен ЕДИНИЦЕ). Применительно к тонам конкретного символа синхронизации, периодичность битов пилотной последовательности составляет 10 тонов (с учетом как испытательных, так и флаговых тонов).

Если зависящая от частоты пилотная последовательность (FDPS) в восходящем направлении разрешена на основе ITU-T G.994.1, то определяются восемь пилотных последовательностей с индексами от 0 до 7. Пилотные последовательности № (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) модулируют тона с индексами соответственно $10n + (0, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9)$. Все восемь пилотных последовательностей имеют

одинаковую длину N_{pilot_us} . Все пилотные последовательности начинаются в одной и той же позиции символа синхронизации.

Биты кадра синхронизации, модулирующие флаговые тона (см. пункт 3.2.6), используются для передачи флага синхронизации, как определено в пункте 10.5.3 [ITU-T G.993.2]. Кадр синхронизации модулирует символ синхронизации, как определено в пункте 10.5 [ITU-T G.993.2] (включая скремблирование квадрантов всех поднесущих MEDLEY, будь то флаговый или испытательный тон).

7.4 Требования к системе NT

Система NT (см. рисунок 5-1) должна поддерживать векторизацию в нисходящем направлении.

7.4.1 Инкапсуляция данных обратного канала в кадр Ethernet уровня 2

Если VCE выбирает этот тип инкапсуляции, то данные обратного канала инкапсулируются, как определено в этом разделе.

В системе NT усеченные выборки ошибок сначала передаются от VTU-R в функциональный блок L2+, где инкапсулируются в транспортный протокол уровня 2, а затем мультиплексируются в один из потоков данных Ethernet (или Ethernet поверх ATM) в восходящем направлении.

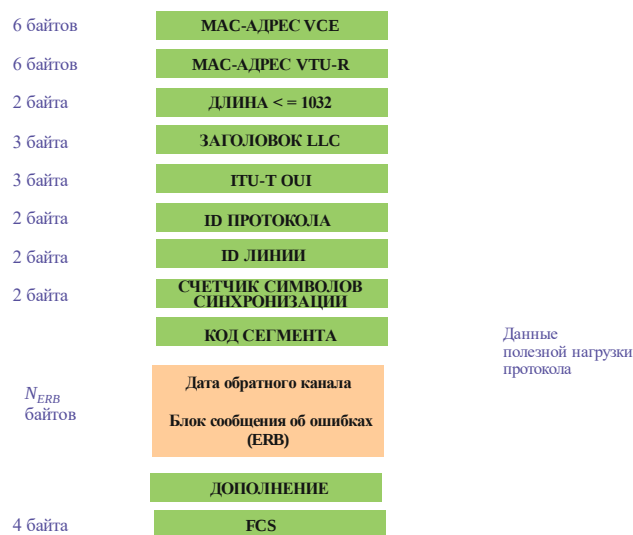
Инкапсуляция в протокол Ethernet основана на [IEEE 802.3] и должна быть такой, как описывается в этом разделе.

Кадр инкапсуляции в Ethernet уровня 2 состоит из следующих полей:

- MAC-адрес назначения (таким адресом является MAC-адрес VCE);
- MAC-адрес источника (таким адресом является MAC-адрес VTU-R);
- поле длины (в соответствии с форматом кадра MAC IEEE 802.3 [IEEE 802.3]);
- код заголовка LLC PDU протокола SNAP (3 байта, AA-AA-03);
- заголовок SNAP PDU, содержащий ITU-идентификатор OUI подтипа 00-19-A7 из трех октетов плюс ITU-идентификатор протокола подтипа 00-03 из двух октетов для протокола PRIVATE;
- данные полезной нагрузки протокола (Line_ID, счетчик символов синхронизации, код сегмента и данные обратного канала);
- дополнение (только для последнего сегмента и в соответствии с форматом кадра MAC IEEE 802.3 [IEEE 802.3]);
- стандартный FCS Ethernet из 4 байтов (в соответствии с FCS кадра Ethernet IEEE 802.3 [IEEE 802.3]).

Поле MAC-адреса VCE содержит MAC-адрес VCE, настроенный VCE с помощью O-PMS, см. пункт 10.5.2.1. Данные полезной нагрузки протокола содержат Line_ID (настроенный VCE с помощью O-PMS, см. пункт 10.5.2.1), счетчик символов синхронизации (определен в пункте 7.2.4), код сегмента (определен в [ITU-T G.993.2]) и ERB данных обратного канала (определен в пункте 7.2.3). Поле Length равно длине данных полезной нагрузки протокола, увеличенной на длину заголовка LLC SNAP из 8 байтов, и не должно превышать $1024 + 8 = 1032$. Если длина данных полезной нагрузки протокола превышает 1024 байта, то ERB данных обратного канала сегментируется, как указано в пункте 11.2.3.1 [ITU-T G.993.2]. Когда длина данных полезной нагрузки протокола меньше или равна 1024 байтам, то ERB данных обратного канала также можно сегментировать. В случае сегментирования каждый сегмент ERB данных обратного канала инкапсулируется в кадр Ethernet уровня 2, как показано на рисунке 7-9, так чтобы количество сегментов ERB данных обратного канала не превышало 16.

Формат ERB данных обратного канала, инкапсулированных в кадр Ethernet, показан на рисунке 7-9.



G.993.5(15)_F7-9

Рисунок 7-9 – Формат сообщения данных обратного канала, инкапсулированного в кадр Ethernet

7.4.2 Инкапсуляция данных обратного канала в кадр eoc

Если VCE выбирает инкапсуляцию этого типа, то данные обратного канала передаются с использованием протокола eoc, описываемого в пункте 8.1.

8 Связанные с векторизацией сообщения eoc

Для поддержки векторизации объекты VME блоков VTU-O и VTU-R должны использовать команды и ответы eoc, определяемые в этом разделе. Для команд и ответов eoc, связанных с векторизацией, VTU-O и VTU-R должны при передаче сообщений использовать стандартный протокол eoc, определяемый в пункте 11.2.2 [ITU-T G.993.2], и протокол команд и ответов, определяемый в пункте 11.2.3 [ITU-T G.993.2], за исключением протокола команд и ответов Error Feedback, который должен соответствовать определению в пункте 8.1.

Список дополнительных команд eoc для облегчения работы с векторными линиями представлен в таблице 8-1 (высокий приоритет) и таблице 8-2 (обычный приоритет).

Таблица 8-1 – Высокоприоритетные команды и ответы

Тип команды и присвоенное значение	Направление команды	Содержание команды	Содержание ответа
Error Feedback (Исправление ошибки) 0001 1000 ₂	От VTU-O к VTU-R	Запрос выборок ошибок для заданной векторной полосы и в заданном формате	Инкапсулированные в eoc выборки ошибок и связанные с ними параметры, ACK или NACK

Таблица 8-2 – Команды и ответы с обычным приоритетом

Тип команды и присвоенное значение	Направление команды	Содержание команды	Содержание ответа
Pilot sequence update (Обновление пилотной последовательности) 0001 0001 ₂	От VTU-O к VTU-R	Запрос на обновление пилотной последовательности в восходящем направлении	Подтверждение

8.1 Сообщения eoc для настройки обратного канала

VME блока VTU-O использует команду Error Feedback (Исправление ошибки) и ответы на нее для получения усеченных выборок ошибок от VME блока VTU-R и для обновления параметров управления обратным каналом. Команда (запрос на усеченные выборки ошибок) может быть инициирована только блоком VTU-O и должна иметь формат, приведенный в таблице 8-3; VTU-R в ответ возвращает усеченные выборки ошибок для требуемых поднесущих в требуемом формате, сообщение ACK (если выборки ошибок передаются по обратному каналу на основе L2) или сообщение NACK. NACK представляет собой код отказа, указывающий причину отклонения запроса. VME блока VTU-R перед отправкой NACK приостанавливает отправку усеченных выборок ошибок до тех пор, пока не получит новую команду Error Feedback с действительным набором параметров управления обратным каналом и сообщениями об ошибках. Блок VTU-R использует формат ответного сообщения, описываемый в таблице 8-6 или в таблице 8-7. Коды отказа описываются в таблице 8-8.

Первый октет команды и ответа имеет присвоенное значение типа команды Error Feedback, как указано в таблице 8-1. Второй и последующие октеты описываются в таблице 8-3 для команд и в таблице 8-6 или таблице 8-7 для ответов. Октеты передаваемых данных представлены с использованием обобщенного формата, описываемого в пункте 11.2.3.1 [ITU-T G.993.2].

Блок VTU-O отправляет VTU-R команду Error Feedback с предложением начать отправку усеченных выборок ошибок с конкретными параметрами. В команде указываются:

- период обновления выборки ошибок (m);
- период сдвига выборки ошибок (z);
- диапазон индексов поднесущих, которые должны быть охвачены в сообщении (определяется векторными полосами в нисходящем направлении);
- параметры управления сообщениями об ошибках (F_{sub} , F_{block} , B_{min} , B_{max} , L_w и т. д.).

После приема команды блок VTU-R либо начинает передачу усеченных выборок ошибок (сообщения данных Error Feedback, как указано в таблице 8-6 для обратного канала eoc и в таблице 8-7 для обратного канала L2), либо отвечает сообщением NACK (как указано в таблице 8-8). Первое сообщение данных Error Feedback – это сообщение ACK о том, что команда Error Feedback принята. При необходимости могут передаваться дополнительные сообщения данных Error Feedback (в виде последующих сообщений eoc или пакетов Ethernet L2). Передача сообщений данных Error Feedback инициируется каждый раз, когда достигается количество символов синхронизации для обновления выборки ошибок, запрашиваемое командой Error Feedback (период обновления и период сдвига). Если период обновления больше 1, то VTU-R обновляет выборку ошибок при достижении точного количества символов синхронизации, указанного VTU-O.

Сообщения данных Error Feedback не требуют подтверждения. Если длина сообщения данных Error Feedback превышает 1024 байта, то оно сегментируется, как определено в пункте 11.2.3.1 [ITU-T G.993.2], причем максимальное количество сегментов не должно превышать 16; сегменты передаются без ожидания сообщений ACK. Блок VTU-R не передает вновь сообщения данных Error Feedback или их сегменты. Если VTU-O не получает ответ (ACK), он может отправить другую команду Error Feedback, возможно с другими управляющими параметрами. VTU-R продолжает передавать сообщения данных Error Feedback в ожидании сообщения Syncflag после команды OLR. Если в течение периода времени, выделенного для передачи конкретного сообщения данных Error Feedback, канал eoc занят передачей другого высокоприоритетного сообщения (например, команды OLR), то VTU-R отбрасывает это сообщение данных Error Feedback и переходит к следующему.

В начале рабочего режима VTU-R не передает усеченные выборки ошибок до тех пор, пока не получит новую команду Error Feedback с действительным набором параметров управления обратным каналом и сообщениями об ошибках. Чтобы начать передачу усеченных выборок ошибок, блок VTU-O передает команду eoc настройки обратного канала в течение первой секунды рабочего режима. Чтобы прекратить передачу усеченных выборок ошибок, VTU-O отправляет команду Error Feedback, содержащую особую конфигурацию обратного канала (т. е. период обновления выборки ошибок $m = 0$, см. таблицу 8-3). Получив эту команду, VTU-R сначала прекращает отправку сообщений данных Error Feedback и затем отвечает сообщением NACK.

Таблица 8-3 – Команда Error Feedback, передаваемая блоком VTU-O

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание
Запрос Error Feedback	$9 + 5 \times N_{band}$ ($N_{band} \leq 8$)	2	01 ₁₆ (примечание 1)
		от 3 до 4	Первый SSC (см. пункты 6.2.2, 7.3.2 и примечание 6)
		5	Период обновления выборки ошибок (m) (см. пункт 7.2.4 и примечание 2)
		от 6 до 7	Период сдвига выборки ошибок (z) (см. пункт 7.2.4 и примечание 3)
		от 8 до $8 + 3 \times N_{band}$	Дескриптор векторных полос (см. таблицу 12-18 [ITU-T G.993.2], примечание 4)
		от $9 + 3 \times N_{band}$ до $9 + 5 \times N_{band}$	Дескриптор конфигурации сообщений об ошибках (примечание 5)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все прочие значения резервируются МСЭ-Т.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Период обновления выборки ошибки (m) представляется в формате целого числа без знака.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Период сдвига выборки ошибки (z) представляется в формате целого числа без знака.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Значение N_{band} определяется как октет 1 дескриптора полосы согласно ITU-T G.993.2.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Этот дескриптор определяет N_{band} наборов параметров передачи усеченных выборок ошибок, определяемых в пункте 7.2.2, для каждой векторной полосы в нисходящем направлении (2 октета на полосу).
Используется формат, определяемый в таблице 8-4.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – После входа в рабочий режим значение первого SSC одинаково для всех команд Error Feedback.

Таблица 8-4 – Дескриптор конфигурации сообщений об ошибках

Параметр	Бит	Номер октета	Описание
N_{band}	[7:4]	0	Количество настроенных векторных полос в диапазоне от 1 до 8 представлено в виде целого числа без знака
<i>padding</i>	3		См. определение в пункте 7.2.2
Зарезервировано МСЭ-Т	2		Значение установлено в 0 ₂
F_{block}	[1:0]		Размер блока, закодированный в виде (см. примечание): $00_2 - F_{block} = \left\lceil \frac{N_{carrier}}{F_{sub}} \right\rceil$ $01_2 - F_{block} = 1$ $10_2 - F_{block} = 32$ $11_2 - \text{зарезервировано для использования МСЭ-Т}$
Параметры для векторной полосы 1		1–2	См. таблицу 8-5
.....			
Параметры для векторной полосы N_{band}		от $2 \times N_{band} - 1$ до $2 \times N_{band}$	См. таблицу 8-5

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если код равен 01₂ или 10₂, то F_{block} имеет одно и то же значение для всех векторных полос. Если код равен 00₂, то F_{block} может иметь различные значения для каждой векторной полосы в зависимости от количества поднесущих ($N_{carrier}$) и подвыборки (F_{sub}).

Таблица 8-5 – Параметры управления векторной полосой

Параметр	Биты	Номер октета	Описание
F_{sub}	[7:4]	0	Частота подвыборки F_{sub} , определяемая в пункте 7.2.2, причем $\log_2(F_{sub})$ представлен как целое число без знака
L_w	[3:0]		Длина усеченной выборки ошибок в сжатом представлении, определяемая в пункте 7.2.2, причем L_w представлен как целое число без знака
B_{min}	[7:4]	1	Параметр B_{min} , определяемый в пункте 7.2.2, причем B_{min} представлен как целое число без знака
B_{max}	[3:0]		Параметр B_{max} , определяемый в пункте 7.2.2, причем B_{max} представлен как целое число без знака

Таблица 8-6 – Ответ Error Feedback, передаваемый блоком VTU-R в обратном канале eoc

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание
Данные Feedback data/ACK	$5 + N_{ERB}$	2	80 ₁₆ (см. примечание 1)
		3–4	Подсчет символов синхронизации (SSC), представленный как целое число без знака в диапазоне, определяемом в пункте 7.3.2 (см. примечание 2)
		5	Код сегмента (SC), представленный в виде, определяемом в пункте 11.2.3.3 [ITU-T G.993.2]
		от 6 до $5 + N_{ERB}$	Данные обратного канала, представленные октетами N_{ERB} , как определяется в пункте 7.2.3 (см. примечание 3)
NACK	3	2	81 ₁₆ (см. примечание 1)
		3	1 октет для кода причины (см. таблицу 8-8)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все прочие значения этого октета резервируются МСЭ-Т.
 ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В этом поле указывается символ синхронизации в нисходящем направлении, для которого передаются усеченные выборки ошибок.
 ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Это поле содержит ERB в формате, описываемом в пункте 7.2.3.

Таблица 8-7 – Ответ Error Feedback, передаваемый блоком VTU-R в обратном канале L2

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание
ACK	6	2	80 ₁₆ (см. примечание 1)
		3–4	Оба октета устанавливаются в 00 ₁₆
		5	Октет устанавливается в 11000000 ₂ (см. примечание 2)
		6	Октет устанавливается в 00 ₁₆ (см. примечание 3).
NACK	3	2	81 ₁₆ (см. примечание 1)
		3	1 октет для кода причины (см. таблицу 8-8)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все прочие значения этого октета резервируются МСЭ-Т.
 ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Это значение соответствует коду сегмента несегментированного сообщения eoc, определяемого в пункте 11.2.3.3 [ITU-T G.993.2].
 ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Это поле служит в качестве ACK, указывая, что конфигурация обратного канала, требуемая командой Error Feedback, принята.

Таблица 8-8 – Коды причин NACK

Значение	Определение
01 ₁₆	Неверный набор параметров выборки ошибок или формат передачи усеченной выборки ошибок
02 ₁₆	VTU-R прекращает отправку сообщений об ошибках по запросу VCE
ПРИМЕЧАНИЕ. – Все прочие коды причин резервируются МСЭ-Т.	

8.2 Команда и ответ по обновлению пилотной последовательности

VME блока VTU-O использует команду обновления пилотной последовательности и ответ на нее для принудительного обновления одной или нескольких пилотных последовательностей в восходящем направлении и передачи обновленных пилотных последовательностей для векторной линии (см. пункт 7.3.3) в VME блока VTU-R. Определяются отдельные команды для обновления одной пилотной последовательности (в случае восходящего направления FDPS запрещена согласно ITU-T G.994.1) и для обновления восьми пилотных последовательностей в восходящем направлении (в случае восходящего направления FDPS разрешена согласно ITU-T G.994.1). Эти команды приведены в таблице 8-9 и могут инициироваться только блоком VTU-O; VTU-R отвечает сообщением ACK, используя формат, приведенный в таблице 8-10.

Первый октет команды является присвоенным значением типа команды обновления пилотной последовательности, как показано в таблице 8-2. Второй и последующие октеты приведены в таблице 8-9 для команд и в таблице 8-10 для ответов. Октеты данных представлены с использованием общего формата, описываемого в пункте 11.2.3.1 [ITU-T G.993.2].

Используя сообщение обновления пилотной последовательности, VCE может обновлять пилотные последовательности в восходящем направлении.

Длина командного сообщения зависит от длины пилотной последовательности в восходящем направлении (биты N_{pilot_us} , см. пункт 7.3.3). В рабочем режиме могут быть изменены только биты пилотной последовательности в восходящем направлении. Длина вновь выделенной пилотной последовательности в восходящем направлении должна быть такой же, как длина пилотной последовательности в восходящем направлении, установленной при инициализации.

Байты командного сообщения должны определяться так, как показано в таблице 8-9.

Таблица 8-9 – Команды обновления пилотной последовательности, передаваемые VTU-O

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание
Конфигурация пилотной последовательности (FDPS отключена согласно ITU-T G.994.1)	$3 + N_{pilot_us}/8$	2	01 ₁₆ для изменения пилотной последовательности в восходящем направлении при FDPS, запрещенной в восходящем направлении согласно ITU-T G.994.1 (см. примечание)
		3	01 ₁₆ , если прерывание текущей пилотной последовательности в восходящем направлении запрещено; 02 ₁₆ , если прерывание текущей пилотной последовательности в восходящем направлении разрешено (см. примечание)
		от 4 до $3 + \lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$	Биты пилотной последовательности в восходящем направлении, закодированные, как определено для поля № 4 в таблице 10-7
		2	02 ₁₆ для изменения пилотных последовательностей в восходящем

Таблица 8-9 – Команды обновления пилотной последовательности, передаваемые VTU-O

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание
Конфигурация пилотной последовательности (FDPS включена согласно ITU-T G.994.1)	$11 + (Naips + 1) \times \lceil Npilot_us/8 \rceil$		направлении при FDPS, разрешенной в восходящем направлении согласно ITU-T G.994.1 (см. примечание)
		3	01 ₁₆ , если прерывание текущей пилотной последовательности в восходящем направлении запрещено; 02 ₁₆ , если прерывание текущей пилотной последовательности в восходящем направлении разрешено (см. примечание)
		от 4 до $3 + \lceil Npilot_us/8 \rceil$	Биты пилотной последовательности в восходящем направлении, закодированные, как определено для поля № 4 в таблице 10-7
		от $4 + \lceil Npilot_us/8 \rceil$ до $11 + (Naips + 1) \times \lceil Npilot_us/8 \rceil$	Дескриптор FDPS в восходящем направлении, определяемый в таблице 10-9
ПРИМЕЧАНИЕ. – Все прочие значения для этого октета резервируются МСЭ-Т.			

Третий октет команды обновления пилотной последовательности определяет время, когда произойдет изменение пилотной последовательности в восходящем направлении:

- Если прерывание текущей пилотной последовательности в восходящем направлении запрещено (значение 01₁₆), то изменение пилотной последовательности в восходящем направлении начинается со следующей позиции символа синхронизации после окончания текущей пилотной последовательности в восходящем направлении, т. е. после символа синхронизации, модулируемого последним битом предыдущей пилотной последовательности в восходящем направлении; следующий символ синхронизации модулируется первым битом новой пилотной последовательности в восходящем направлении.
- Если прерывание текущей пилотной последовательности в восходящем направлении разрешено (значение 02₁₆), то изменение пилотной последовательности в восходящем направлении может начаться с любой позиции символа синхронизации, т. е. после символа синхронизации, модулируемого битом i предыдущей пилотной последовательности в восходящем направлении; следующий символ синхронизации модулируется битом $i + 1$ новой пилотной последовательности в восходящем направлении.

Единственным разрешенным ответом со стороны VTU-R является подтверждение правильного приема команды, как показано в таблице 8-10.

Таблица 8-10 – Ответы на команды обновления пилотной последовательности, передаваемые от VTU-R

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание
ACK	2	2	80 ₁₆ (см. примечание)
NACK	3	2	81 ₁₆ (см. примечание)
		3	1 октет для кода причины (см. таблицу 8-11)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Все прочие значения для этого октета резервируются МСЭ-Т.			

Таблица 8-11 – Коды причин NACK

Значение	Определение
01 ₁₆	Неверный набор параметров
ПРИМЕЧАНИЕ. – Все прочие коды причин резервируются МСЭ-Т.	

Если команда обновления пилотной последовательности приводит к обновлению пилотной последовательности (пилотных последовательностей) в восходящем направлении, то VTU-R применяет изменение только после отправки сообщения АСК. Если прерывание текущей пилотной последовательности (пилотных последовательностей) разрешено, то обновление должно произойти как можно скорее и не позднее чем через 200 мс после отправки сообщения АСК.

Временная диаграмма команды и ответа на обновление пилотной последовательности еос показана на рисунке 8-1.

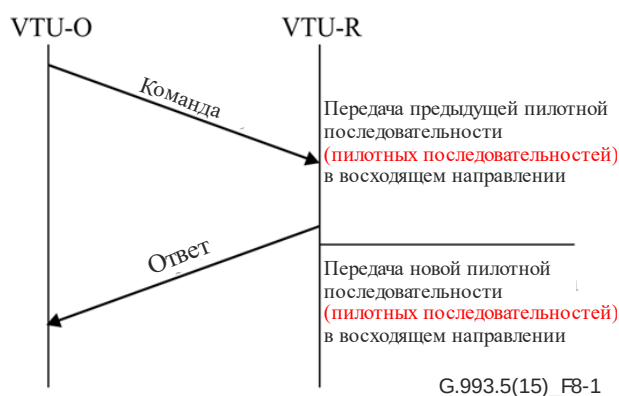


Рисунок 8-1 – Временная диаграмма команды и ответа на обновление пилотной последовательности

8.3 Команды и ответы по управлению электропитанием

Используются те же команды и ответы по управлению электропитанием, какие определены в пункте 11.2.3.9 [ITU-T G.993.2]. Процедуры упорядоченного выключения, описываемые в пунктах 11.2.3.9.1 и 11.2.3.9.2 [ITU-T G.993.2], изменяются, как определено в этом разделе.

8.3.1 Команда L3 Request от VTU-R (взамен пункта 11.2.3.9.1 [ITU-T G.993.2])

Получив команду L3 Request, отвечающий блок VTU-O отправляет ответ Grant (Предоставить) или Reject (Отклонить). Предложенное состояние линии имеет формат 03₁₆ для состояния линии L3. Если получено какое-либо другое состояние линии, то передается ответ Reject с кодом причины 02₁₆.

Блок VTU-O может отклонить запрос на перевод линии в состояние L3, используя код причины 01₁₆, если линия временно занята, или 03₁₆, если в данный момент, согласно локальным сведениям блока, состояние L3 нежелательно.

Получив ответ Grant, VTU-R переходит из состояния R-SHOWTIME в состояние R-SILENT (см. рисунок 12-3). Войдя в состояние R-SILENT, VTU-R еще не изменяет входной импеданс, измеряемый со стороны линии в контрольной точке U-R2.

Обнаружив, что VTU-R прекратил передачу (поскольку VTU-R перешел в состояние R-SILENT), VTU-O переходит из состояния O-SHOWTIME в состояние O-DEACTIVATING.

VTU-O переходит из состояния O-DEACTIVATING в состояние O-SILENT под управлением VCE.

Обнаружив, что VTU-O прекратил передачу (поскольку VTU-O перешел в состояние O-DEACTIVATING или состояние O-SILENT), VTU-R может изменить характеристики тракта передачи. Однако ради устойчивости векторной группы VTU-R должен поддерживать приблизительно тот же входной импеданс, что и в контрольной точке U-R2 со стороны линии.

8.3.2 Команда L3 Request от VTU-O (взамен пункта 11.2.3.9.2 [ITU-T G.993.2])

Получив команду L3 Request, отвечающий блок VTU-R отправляет ответ Grant или Reject. Предложенное состояние линии имеет формат 03₁₆ для состояния линии L3. Если получено какое-либо другое состояние линии, то передается ответ Reject с кодом причины 02₁₆.

Блок VTU-R может отклонить запрос на перевод линии в состояние L3, используя код причины 01₁₆, если линия временно занята, или 03₁₆, если в данный момент, согласно локальным сведениям блока, состояние L3 нежелательно.

Получив ответ Grant, VTU-O переходит из состояния O-SHOWTIME в состояние O-DEACTIVATING. В состоянии O-DEACTIVATING VTU-O еще не изменяет входной импеданс, измеряемый со стороны линии в контрольной точке U-O2.

VTU-O переходит из состояния O-DEACTIVATING в состояние O-SILENT под управлением VCE. Войдя в состояние O-SILENT, VTU-O все еще не изменяет входной импеданс, измеряемый со стороны линии в контрольной точке U-O2.

Обнаружив, что VTU-O прекратил передачу (поскольку VTU-O перешел в состояние O-DEACTIVATING), VTU-R переходит из состояния R-SHOWTIME в состояние R-SILENT.

Обнаружив, что VTU-R прекратил передачу (поскольку VTU-R перешел в состояние R-SILENT), VTU-O может изменить характеристики тракта передачи. Однако ради устойчивости векторной группы VTU-O должен поддерживать приблизительно тот же входной импеданс, что и в контрольной точке U-O2 со стороны линии.

9 Активация и деактивация пар в векторной группе

Активация линии в векторной группе достигается с помощью процедуры инициализации, определяемой в пункте 10.

Для деактивации линии из состава векторной системы также требуется упорядоченная процедура. Если линия, подлежащая деактивации, используется для подавления помех FEXT в восходящем или нисходящем направлении, то работа системы векторизации может быть нарушена из-за внезапного отключения. В этом разделе описываются процедуры "упорядоченного выключения" и "аварийного выключения".

9.1 Событие упорядоченного отключения

Событие упорядоченного отключения представляет собой переход системы управления электропитанием в состояние линии L3. Соответствующие команды и ответы системы управления электропитанием определяются в пункте 8.3.

9.2 Событие аварийного отключения

При обнаружении дефекта *los* на ближнем конце (см. пункт 11.3.1.3 [ITU-T G.993.2]) VTU-O переходит из состояния O-SHOWTIME в состояние O-DEACTIVATING.

VTU-O переходит из состояния O-DEACTIVATING в состояние O-SILENT под управлением VCE.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если допустимы ошибки в других линиях векторной группы, то дополнительным и/или альтернативным способом отключения сигнала передачи является быстрое обновление коэффициентов. Это может быть осуществлено следующим образом. При обнаружении в линии события аварийного отключения (DSE) или другого случайного события блоки VTU-O других линий отправляют в свои блоки VTU-R запросы Error Feedback, предпочтительно используя надежный канал eoc. Блоки VTU-R должны затем предоставить соответствующим VTU-O запрошенные выборки ошибок по каналу обратной связи векторизации. После получения выборок ошибок, в целях обновления оценки всего канала достаточно, чтобы VCE оценил только измененные коэффициенты канала, т. е. коэффициенты канала, связанные с линией, в которой произошло событие DSE. Это можно сделать с использованием выборок ошибок, соответствующих всего нескольким символам синхронизации. Затем VCE использует для обновления прекодера обновленную оценку канала, содержащую оцененные изменившиеся коэффициенты канала и не изменившиеся коэффициенты канала. Период ошибок до обновления прекодера с использованием такого механизма быстрого обновления длится приблизительно несколько суперкадров, и, следовательно, можно избежать перенастройки других линий по причине DSE.

10 Инициализация векторной группы

В этом разделе определяется процедура инициализации векторной группы.

10.1 Обзор

Процедура инициализации, описываемая в этом разделе, основана на процедуре инициализации согласно ITU-T G.993.2 с добавлением шагов для оценки FEXT-каналов. Окончательный режим работы с использованием векторизации (т. е. векторизации в нисходящем и восходящем направлениях или векторизации только в нисходящем направлении) определяется во время фазы инициализации согласно ITU-T G.994.1.

На рисунке 10-1 представлен обзор процедуры инициализации как для восходящего, так и для нисходящего направлений. Для настоящей Рекомендации приняты фазы инициализации на основе ITU-T G.993.2 с некоторыми модификациями сообщений SOC и добавлением сигналов инициализации для оценки FEXT-каналов. На рисунке 10-1 выделены сигналы инициализации, добавленные к фазе раскрытия канала и фазе настройки согласно ITU-T G.993.2.

Если несколько линий инициализируются одновременно, то процедуры инициализации этих линий должны быть выровнены по времени, чтобы все линии проходили фазы, связанные с векторизацией (см. пункты 10.3.3.6 и 10.4.3.9), одновременно.

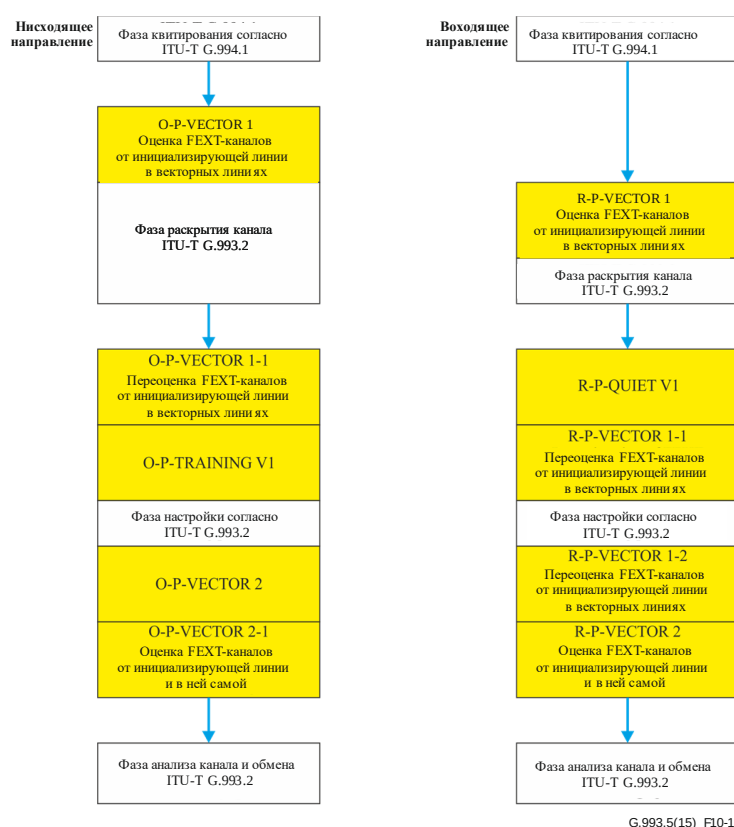


Рисунок 10-1 – Обзор процедуры инициализации согласно ITU-T G.993.5

В нисходящем направлении в начале фазы раскрытия канала VTU-O инициализирующей линии передает сигнал O-P-VECTOR 1, содержащий только символы синхронизации, модулированные пилотной последовательностью и выровненные с символами синхронизации векторных линий, см. рисунок 10-2. Сигнал O-P-VECTOR 1 позволяет VCE оценить FEXT-каналы от инициализирующих линий в векторных линиях. VCE оценивает эти FEXT-каналы, основываясь на усеченных выборках ошибок, переданных от блоков VTU-R векторных линий, и позволяет выполнить предварительное кодирование в блоках VTU-O этих векторных линий для подавления FEXT от инициализирующих линий, действующих на эти векторные линии, в течение оставшейся части процесса инициализации со стороны инициализирующих линий.

В начале фазы настройки инициализирующий блок VTU-O передает сигнал O-P-VECTOR 1-1, совпадающий с сигналом O-P-VECTOR 1, и позволяет VCE обновить оценки FEXT-каналов в нисходящем направлении от инициализирующих линий в векторных линиях до перехода в фазу настройки согласно ITU-T G.993.2.

После фазы настройки согласно ITU-T G.993.2 VTU-O передает сигнал O-P-VECTOR 2, за которым следует сигнал O-P-VECTOR 2-1; оба они содержат символы синхронизации, модулированные пилотной последовательностью, и обычные символы, содержащие SOC, см. рисунок 10-3. Во время передачи сигнала O-P-VECTOR 2-1 VCE оценивает FEXT-каналы от всех векторных линий в каждой инициализирующей линии и наоборот. Наконец, в конце передачи сигнала O-P-VECTOR 2-1 VCE оценивает всю матрицу FEXT-каналов, включая коэффициенты FEXT от инициализирующих линий в векторных линиях и коэффициенты FEXT от векторных линий в каждой инициализирующей линии. На этом этапе процесс инициализации завершается и инициализирующие линии могут быть включены в операцию предварительного кодирования. По завершении передачи сигнала O-P-VECTOR 2-1 VTU-O инициализирующей линии переходит к фазе анализа канала и обмена для оценки отношения сигнал/шум (SNR) и определения битовой нагрузки, которая будет использоваться в рабочем режиме.

В восходящем направлении, чтобы избежать чрезмерных FEXT в векторных линиях, VTU-R инициализирующей линии, обнаружив сообщение O-SIGNATURE в фазе раскрытия канала, начинает передачу сигнала R-P-VECTOR 1 того же формата, что и у сигнала O-P-VECTOR 1, см. рисунок 10-2. Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 1 объект VCE оценивает FEXT-каналы от инициализирующих линий во всех векторных линиях и позволяет блокам VTU-O векторных линий подавлять FEXT от инициализирующих линий в течение оставшейся части процесса инициализации со стороны инициализирующих линий. Временная позиция символов синхронизации в восходящем направлении и пилотная последовательность в восходящем направлении назначаются VCE и указываются для VTU-R в сообщении O-SIGNATURE, а также специальными маркерами, добавляемыми к сигналу O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Кроме того, к сообщению O-P-SIGNATURE могут быть добавлены другие необязательные параметры для уменьшения мощности передачи в восходящем направлении в начальной фазе восходящего потока (R-P-VECTOR 1). Снижение мощности передачи в восходящем направлении можно использовать для ослабления перекрестных помех от сигналов R-P-VECTOR 1 в не векторных линиях, работающих в той же связке, и обеспечивает равномерное уменьшение PSD передачи в восходящем направлении сигнала R-P-VECTOR 1 в дополнение к стандартному сбросу мощности восходящего потока, как определено в [ITU-T G.993.2].

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметры a , b , определяющие предельную маску PSD в восходящем направлении (UPBOMASK, см. пункт 7.2.1.3.2.2 [ITU-T G.993.2]), задаются оператором через CO-MIB, как описывается в [ITU-T G.997.1]. Оператор может задавать или разрешать значения a , b по умолчанию, отличные от конкретных значений для данного географического региона, определяемых в [ITU-T G.993.2] (например, в Приложениях A.2.3, B.3 и C.2.1.4) и, таким образом, допускать более высокие значения PSD в восходящем направлении, поскольку уровни FEXT в восходящем направлении уменьшаются за счет подавления перекрестных помех. После применения функции UPBO (во время инициализации) блок VTU-R в рабочем режиме может дополнительно отрегулировать значения PSD своей передачи (оставляя их ниже уровня UPBOMASK) по запросу VTU-O через SRA, как указывается в пункте 7.2.1.3.1 [ITU-T G.993.2], для улучшения характеристик передачи в восходящем направлении (под управлением VCE). Оператор также может скорректировать применяемые параметры a , b посредством новой инициализации.

В начале фазы настройки инициализирующий VTU-R передает сигнал R-P-VECTOR 1-1, совпадающий с сигналом R-P-VECTOR 1, и позволяет VCE обновить оценки FEXT-каналов в восходящем направлении от инициализирующих линий в векторных линиях до перехода в фазу настройки согласно ITU-T G.993.2. Пока VTU-R передает сигнал R-P-VECTOR 1-1, VTU-O в качестве сигнала временного заполнения передает сигнал O-P-TRAINING V1.

Начальное значение опережения задается VTU-O на основе предварительных данных о длине линии и передается в сообщении O-SIGNATURE. Если во время фазы настройки опережение дополнительно корректируется, то в конце фазы настройки оценка FEXT-каналов в восходящем направлении обновляется с учетом любых результирующих изменений в FEXT-канале (сигнал R-P-VECTOR 1-2 на рисунке 10-1). Пока VTU-R передает сигнал R-P-VECTOR 1-2, VTU-O в качестве сигнала временного заполнения передает сигнал O-P-VECTOR 2.

В конце фазы настройки VTU-R передает сигнал R-P-VECTOR 2, содержащий символы синхронизации, модулированные пилотной последовательностью, и обычные символы, содержащие SOC. Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 2 объект VCE оценивает FEXT-каналы от всех векторных линий в каждой инициализирующей линии и наоборот. В заключение, в конце передачи сигнала R-P-VECTOR 2 объект VCE оценивает всю матрицу FEXT-каналов, включая коэффициенты FEXT от инициализирующих линий в векторных линиях и коэффициенты FEXT от векторных линий в инициализирующих линиях. На этом этапе процесс инициализации завершается и инициализирующие линии становятся активными членами векторной группы. По завершении передачи сигнала R-P-VECTOR 2 блок VTU-R переходит к фазе анализа канала и обмена для оценки отношения сигнал/шум (SNR) и определения битовой нагрузки, которая будет использоваться в рабочем режиме.

Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 2 могут быть установлены параметры SOC для повышения скорости передачи данных по SOC, необходимые для передачи усеченных выборок ошибок от VTU-R к VTU-O. Поскольку и VTU-O, и VTU-R уже прошли фазу настройки, количество повторений в SOC может быть уменьшено (аналогично ситуации в [ITU-T G.993.2] во время фазы анализа канала и обмена). Это обеспечит быстродействующий обратный канал, необходимый для быстрой оценки FEXT-каналов от векторных линий в инициализирующей линии.

На рисунках 10-2 и 10-3 показано, как выравниваются позиции символов синхронизации, модулированных пилотными последовательностями, во время сигналов инициализации O-P-VECTOR и R-P-VECTOR; символы синхронизации в нисходящем и восходящем направлениях для всех линий синхронизируются по времени. Во время инициализации устанавливается временной сдвиг между символами синхронизации восходящего и нисходящего потоков на один или несколько символов (см. пункт 10.3.2.1).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В некоторых реализациях путь передачи инициализирующего VTU может изменяться во время фазы раскрытия канала. Обновление FEXT-каналов в нисходящем и восходящем направлениях позволяет фиксировать любые соответствующие изменения помех FEXT, создаваемых в векторных линиях. Любые изменения в тракте передачи аналогового входного блока (AFE) до передачи сигналов O-P-VECTOR 1-1 или R-P-VECTOR 1-1 могут привести к увеличению помех FEXT, создаваемых инициализирующей линией в векторных линиях, с момента изменения до начала передачи сигналов O-P-VECTOR 1-1 или R-P-VECTOR 1-1. Следовательно, реализации должны минимизировать изменения в AFE на этапе раскрытия канала.

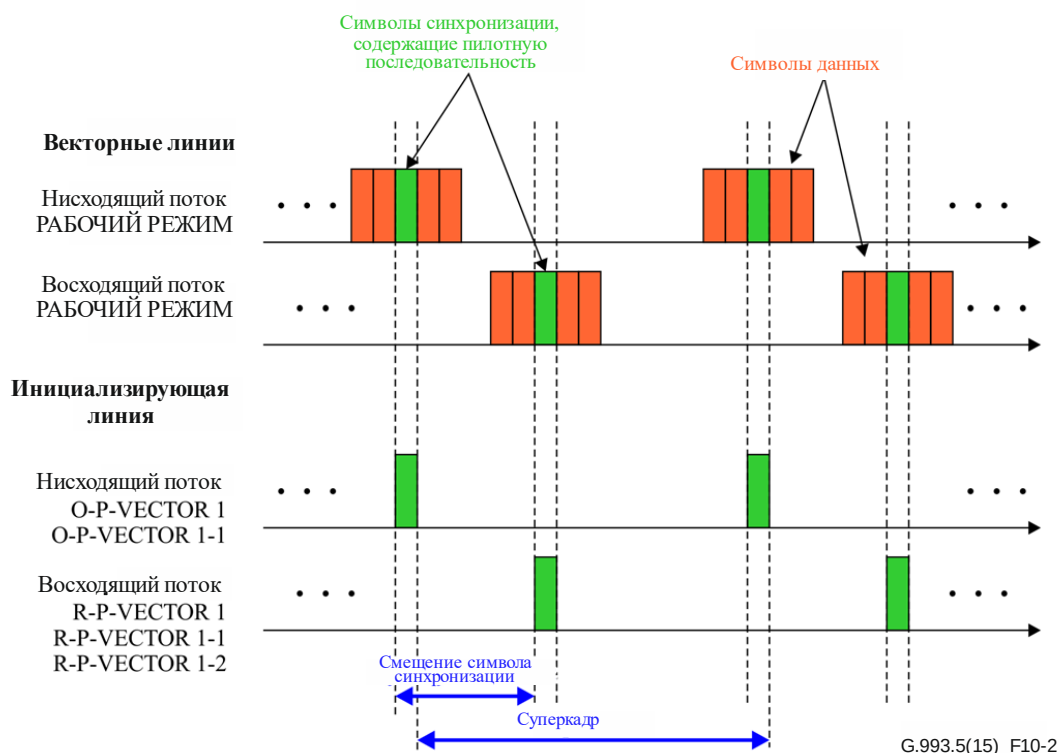


Рисунок 10-2 – Синхронизация сигналов в восходящем и нисходящем направлениях (сигналы O-P-VECTOR 1 и R-P-VECTOR 1)

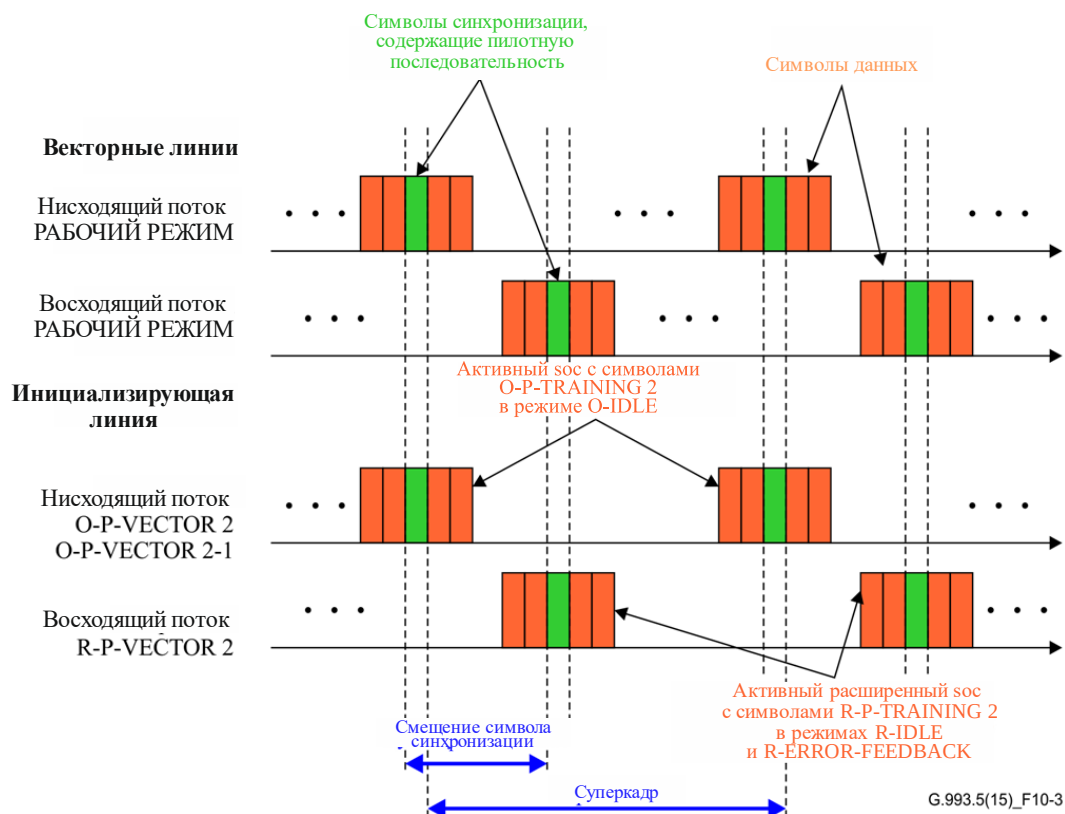


Рисунок 10-3 – Синхронизация сигналов в восходящем и нисходящем направлениях (сигналы O-P-VECTOR 2 и R-P-VECTOR 2)

Ниже различные фазы процедуры инициализации обсуждаются более подробно.

10.2 Фаза квитирования согласно ITU-T G.994.1

Процедура инициализации начинается с фазы квитирования согласно ITU-T G.994.1. В этой фазе VTU-O и VTU-R обмениваются информацией о своих разрешенных возможностях векторизации в дополнение к параметрам, которые обычно передаются в обычной фазе квитирования согласно ITU-T G.993.2. VTU-O должен поддерживать векторизацию в нисходящем направлении и может поддерживать векторизацию в восходящем направлении. VTU-R должен поддерживать векторизацию в нисходящем и восходящем направлениях. С учетом этих возможностей во время фазы инициализации согласно ITU-T G.994.1 определяется окончательный режим векторизации (т. е. векторизация в нисходящем и восходящем направлениях или только в нисходящем направлении) (см. таблицы 11.68.0.1 и 11.68.10 в [ITU-T G.994.1] и таблицы 7-a/b/c/d).

Перед передачей сообщения MS блок VTU-O проверяет, выполняются ли (TRUE) все следующие условия (примечание 1):

- бит 0 VECTORMODE_ENABLE параметра CO-MIB установлен в 0;
- бит NPar(2) в Приложении X "Работа в соответствии с ITU-T G.993.2, совместимой с ITU-T G.993.5, в нисходящем направлении" в сообщении CL или в сообщении CLR установлен в НУЛЬ;
- бит NPar(2) в Приложении Y "Работа в соответствии с ITU-T G.993.2, совместимой с ITU-T G.993.5, в обоих направлениях" в сообщении CL или в сообщении CLR установлен в НУЛЬ;
- бит SPar(2) "ITU-T G.993.5" в сообщении CL или в сообщении CLR установлен в НУЛЬ.

Если все вышеперечисленные условия выполнены (TRUE), то VTU-O должен гарантировать, что в последнем переданном сообщении MS перед процедурой разъединения ITU-T G.994.1 бит SPar(1) "ITU-T G.993.2" будет установлен в НУЛЬ (примечание 2). В противном случае режим работы должен согласовываться исключительно на основе разрешенных возможностей VTU-O и VTU-R, указанных

соответственно в сообщении CL и CLR, как определено в Приложении X [ITU-T G.993.2], Приложении Y [ITU-T G.993.2] и в настоящем разделе.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Проверка этих условий нужна для того, чтобы VTU-O гарантировал, что линия не будет инициализироваться в "режим ITU-T G.993.2 без поддержки Приложения X и Приложения Y", если этот режим не разрешен в CO-MIB.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для этого может потребоваться использование расширенной транзакции A:B, ITU-T G.994.1, определенной в таблице 14 [ITU-T G.994.1].

VCE должен принудить VTU-O установить те же значения разноса поднесущих и скорости передачи символов в инициализирующей линии, какие используются в других векторных линиях.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Одинаковая скорость передачи символов между всеми линиями векторной группы достигается путем установления одинакового соотношения между размером IDFT и длиной CE в выборках восходящего и нисходящего потоков.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В фазе квитирования VTU-O выбирает значение CE на основе поддерживаемых значений, указанных VTU-O и VTU-R. Обязательно только значение $CE = 5 \times N/32$ (где $2 \times N$ – это размер IDFT). При отсутствии другой информации о возможностях VTU-R в отношении CE это единственное значение, которое будет гарантированно поддерживаться новой инициализирующей линией.

Таблица 10-1 – Определения битов SPar(2) и NPar(3) сообщения CL VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение бита SPar(2)
ITU-T G.993.5	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда VTU-O поддерживает ITU-T G.993.5, а поддержка ITU-T G.993.5 разрешается через CO-MIB (т. е. бит 3 VECTORMODE_ENABLE установлен в 1, см. пункт 7.3.1.13.9 [ITU-T G.997.1]).
Бит NPar(3) ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Векторизация в нисходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ, указывая на то, что VTU-O поддерживает векторизацию в нисходящем направлении.
Векторизация в восходящем направлении	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-O поддерживает векторизацию в восходящем направлении. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-O не поддерживает векторизацию в восходящем направлении.
Длина пилотной последовательности кратна 4	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-O поддерживает длину пилотной последовательности, кратную 4. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-O поддерживает только значения длины пилотной последовательности, равные степени числа 2.
FDPS в восходящем направлении	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-O поддерживает FDPS в восходящем направлении. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-O не поддерживает FDPS в восходящем направлении.
Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-O поддерживает увеличение длительности O-P-VECTOR 1 до 8192 суперкадров. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-O не поддерживает увеличение длительности O-P-VECTOR 1 до 8192 суперкадров.
Использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-O поддерживает использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1 (см. пункт 10.3.3.1). Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-O не поддерживает использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1. Если бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" установлен в НУЛЬ, это означает, что бит "Использование флаговых тонов O-P-VECTOR 1" также должен быть установлен в НУЛЬ.

Таблица 10-2 – Определения битов SPar(2) и NPar(3) сообщения MS VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов SPar(2)
ITU-T G.993.5	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что оба VTU должны начать процесс инициализации согласно ITU-T G.993.5.
Бит NPar(3) ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Векторизация в нисходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ, указывая на векторизацию в нисходящем направлении.
Векторизация в восходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что векторизация в восходящем направлении разрешена. Если данный бит установлен в НУЛЬ, это означает, что векторизация в восходящем направлении запрещена.
Длина пилотной последовательности кратна 4	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что "длина пилотной последовательности, кратная 4" разрешена. Если данный бит установлен в НУЛЬ, это означает, что разрешена только длина пилотной последовательности, равная степени числа 2.
FDPS восходящего потока	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что FDPS в восходящем направлении разрешена. Если данный бит установлен в НУЛЬ, это означает, что FDPS в восходящем направлении запрещена.
Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что "длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" разрешена. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что "длительность O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" запрещена.
Использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что "использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1" разрешено. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что "использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1" запрещено.

Таблица 10-3 – Определения битов SPar(2) и NPar(3) сообщения CLR VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов SPar(2)
ITU-T G.993.5	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда VTU-R соответствует ITU-T G.993.5.
Бит NPar(3) ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Векторизация в нисходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ, указывая на то, что VTU-R поддерживает векторизацию в нисходящем направлении.
Векторизация в восходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ, указывая на то, что VTU-R поддерживает векторизацию в восходящем направлении.

Таблица 10-3 – Определения битов SPar(2) и NPar(3) сообщения CLR VTU-R

Длина пилотной последовательности кратна 4	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-R поддерживает длину пилотной последовательности, кратную 4. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-R поддерживает только длину пилотной последовательности, равную степени числа 2.
FDPS восходящего потока	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-R поддерживает FDPS восходящего потока. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-R не поддерживает FDPS восходящего потока.
Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-R поддерживает увеличение длительности сигнала O-P-VECTOR 1 до 8192 суперкадров. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-R не поддерживает увеличение длительности O-P-VECTOR 1 до 8192 суперкадров.
Использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что VTU-R поддерживает использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1 (см. пункт 10.3.3.1). Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что VTU-R не поддерживает использование только флаговых тонов O-P-VECTOR 1. Если бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" установлен в НУЛЬ, то бит "Использование флаговых тонов O-P-VECTOR 1" также должен быть установлен в НУЛЬ.

Таблица 10-4 – Определения битов SPar(2) и NPar(3) сообщения MS VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов SPar(2)
ITU-T G.993.5	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что оба VTU должны начать процесс инициализации согласно ITU-T G.993.5.
Бит NPar(3) ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Векторизация в нисходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ, указывая на векторизацию в нисходящем направлении.
Векторизация в восходящем направлении	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что векторизация в восходящем направлении разрешена. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что векторизация в восходящем направлении запрещена.
Длина пилотной последовательности кратна 4	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что "длина пилотной последовательности, кратная 4" разрешена. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что разрешена только длина пилотной последовательности, равная степени числа 2.
FDPS восходящего потока	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что FDPS в восходящем направлении разрешена. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что FDPS в восходящем направлении запрещена.

Таблица 10-4 – Определения битов SPar(2) и NPar(3) сообщения MS VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов SPar(2)
Длительность сигнала О-Р-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что "длительность сигнала О-Р-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" разрешена. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что "длительность О-Р-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" запрещена.
Использование только флаговых тонов О-Р-VECTOR 1	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, это означает, что "использование только флаговых тонов О-Р-VECTOR 1" разрешено. Если он установлен в НУЛЬ, это означает, что "использование только флаговых тонов О-Р-VECTOR 1" запрещено.

10.2.1 Предотвращение ложной инициализации в условиях перекрестных помех

Функциональные возможности, определяемые в этом разделе, не позволяют одному VTU-О устанавливать связь с двумя VTU-R. Такая связь приведет к тому, что два VTU-R будут отправлять одну и ту же пилотную последовательность в восходящем направлении, что может отрицательно повлиять на настройку в VCE матрицы каналов в восходящем направлении.

Поддержка этой функции необязательна для VTU-О и для VTU-R. Если эта функция поддерживается, она должна быть реализована, как определено в настоящем разделе.

В поле идентификации согласно ITU-T G.994.1 для обмена идентификаторами (ID) приемопередатчика определяются два параметра (см. [ITU-T G.994.1], таблицы 9.14, 9.14.1.x и 9.14.2.x):

- SPar(2) ID приемопередатчика со стороны сети с соответствующим 30-битовым параметром NPar(3);
- SPar(2) ID удаленного приемопередатчика с соответствующим 30-битовым параметром NPar(3).

Идентификатором приемопередатчика со стороны сети служит идентификатор VTU-О. Идентификатор VTU-О генерируется самим VTU-О.

Идентификатором удаленного приемопередатчика служит идентификатор VTU-R. Идентификатор VTU-R генерируется самим VTU-R.

30-битовый идентификатор VTU состоит из двух частей:

- первая часть (разряды MSB) составляется из серийного номера и идентификатора поставщика;
- для получения второй части (разряды LSB) используется генератор случайных чисел.

Первая часть имеет длину 16 бит и рассчитывается как 16-битовая последовательность проверки кадров (FCS) на базе высокоуровневого протокола управления каналом передачи данных (HDLC), как указано в пункте 6.4.3 [ITU-T G.997.1], с использованием идентификатора поставщика VTU и серийного номера VTU.

FCS рассчитывается по всем битам идентификатора поставщика VTU, за которыми следует серийный номер VTU.

FCS рассчитывается, начиная с бита 1 (LSB) октета 1. Октеты следуют друг за другом в порядке возрастания номеров. Биты октетов следуют друг за другом в порядке возрастания номеров.

Регистр, используемый для расчета CRC, инициализируется значением FFFF₁₆.

Идентификатор поставщика VTU состоит из кода страны T.35 (2 октета), за которым следует код поставщика (4 октета), указанный в информационном блоке идентификатора поставщика на этапе квитирования согласно ITU-T G.994.1 при инициализации (см. таблицу 7 [ITU-T G.994.1]).

ПРИМЕЧАНИЕ. – При этом исключается "информация, зависящая от поставщика" информационного блока идентификатора поставщика (Vendor ID).

Серийный номер VTU-O – это серийный номер блока приемопередатчика цифровой абонентской линии X согласно G.997.1 на центральной станции (XTU-C) (см. пункт 7.4.7 [ITU-T G.997.1]).

Серийный номер VTU-R – это серийный номер устройства, входящий в состав серийного номера блока приемопередатчика цифровой абонентской линии X согласно G.997.1 на удаленном конце (XTU-R) (см. пункт 7.4.8 [ITU-T G.997.1]).

ПРИМЕЧАНИЕ. – При этом исключаются модель оборудования и версия программного обеспечения оборудования, которые также входят в состав серийного номера XTU-R согласно G.997.1.

Вторая часть имеет длину 14 битов и генерируется VTU с помощью генератора случайных чисел, выполненного по усмотрению поставщика. Генерируемые случайные числа изменяются от одного сеанса ITU-T G.994.1 к другому.

Если приемопередатчик передает любое из сообщений, перечисленных в таблице 10-5, в это сообщение входят идентификаторы приемопередатчика, перечисленные в таблице 10-5. "М" означает "обязательный", "СО" – "условно факультативный", а "СМ" – "условно обязательный", причем идентификатор приемопередатчика на дальнем конце включается тогда и только тогда, если он был получен в предыдущем сообщении во время того же сеанса ITU-T G.994.1.

Таблица 10-5 – Идентификаторы приемопередатчиков, включаемые в ITU-T G.994.1 и в сообщения инициализации

	Идентификатор VTU-O	Идентификатор VTU-R
CLR	–	М
CL	М	СО
MP	СМ	М
MS от VTU-O	М	СМ
MS от VTU-R	СМ	М
O-SIGNATURE	–	СМ

Если VTU-R получает сообщение CL или MS, содержащее идентификатор VTU-R, отличный от идентификатора VTU-R, переданного в сообщении CLR, то VTU-R отвечает сообщением NAK-CD, за которым следует процедура разъединения согласно сеансу ITU-T G.994.1, описываемая в пункте 11.3 [ITU-T G.994.1].

Если VTU-O получает сообщение MP или MS, содержащее идентификатор VTU-O, отличный от идентификатора VTU-O, переданного в сообщении CL, то VTU-O отвечает сообщением NAK-CD, за которым следует процедура разъединения согласно сеансу ITU-T G.994.1, описываемая в пункте 11.3 [ITU-T G.994.1].

Если VTU-R получает сообщение O-SIGNATURE, содержащее идентификатор VTU-R, отличный от идентификатора VTU-R, переданного в сообщении CLR, то VTU-R возвращается в состояние R-SILENT.

Если VTU-R получает сообщение O-SIGNATURE, содержащее идентификатор VTU-R, совпадающий с идентификатором VTU-R, переданным в сообщении CLR, то связь установлена только между приемопередатчиками с подтвержденными идентификаторами приемопередатчика, и выполняется инициализация, как определено в пункте 10.3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Идентификатор приемопередатчика VTU-R включается в сообщение O-SIGNATURE с целью избежать ложного обнаружения в том случае, если VTU-O решит прервать связь во время сигнала O-P-VECTOR-1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Даже если связь установлена только между приемопередатчиками с подтвержденными идентификаторами приемопередатчика, результирующая передача может происходить по маршруту с перекрестными помехами (т. е. не по прямому пути). В этом случае целостность матрицы восходящего канала во время фазы раскрытия канала R-P-VECTOR-1 не нарушается, поскольку VCE в каждой инициализирующей линии различает уникальные пилотные последовательности восходящего потока.

VTU-O гарантирует, что последовательность сообщений согласно ITU-T G.994.1 позволит как VTU-O, так и VTU-R получать подтверждение идентификаторов своих приемопередатчиков во время сеанса ITU-T G.994.1. В таблице 10-6 приведены примеры таких последовательностей сообщений согласно ITU-T G.994.1.

Таблица 10-6 – Примеры последовательностей транзакций согласно ITU-T G.994.1

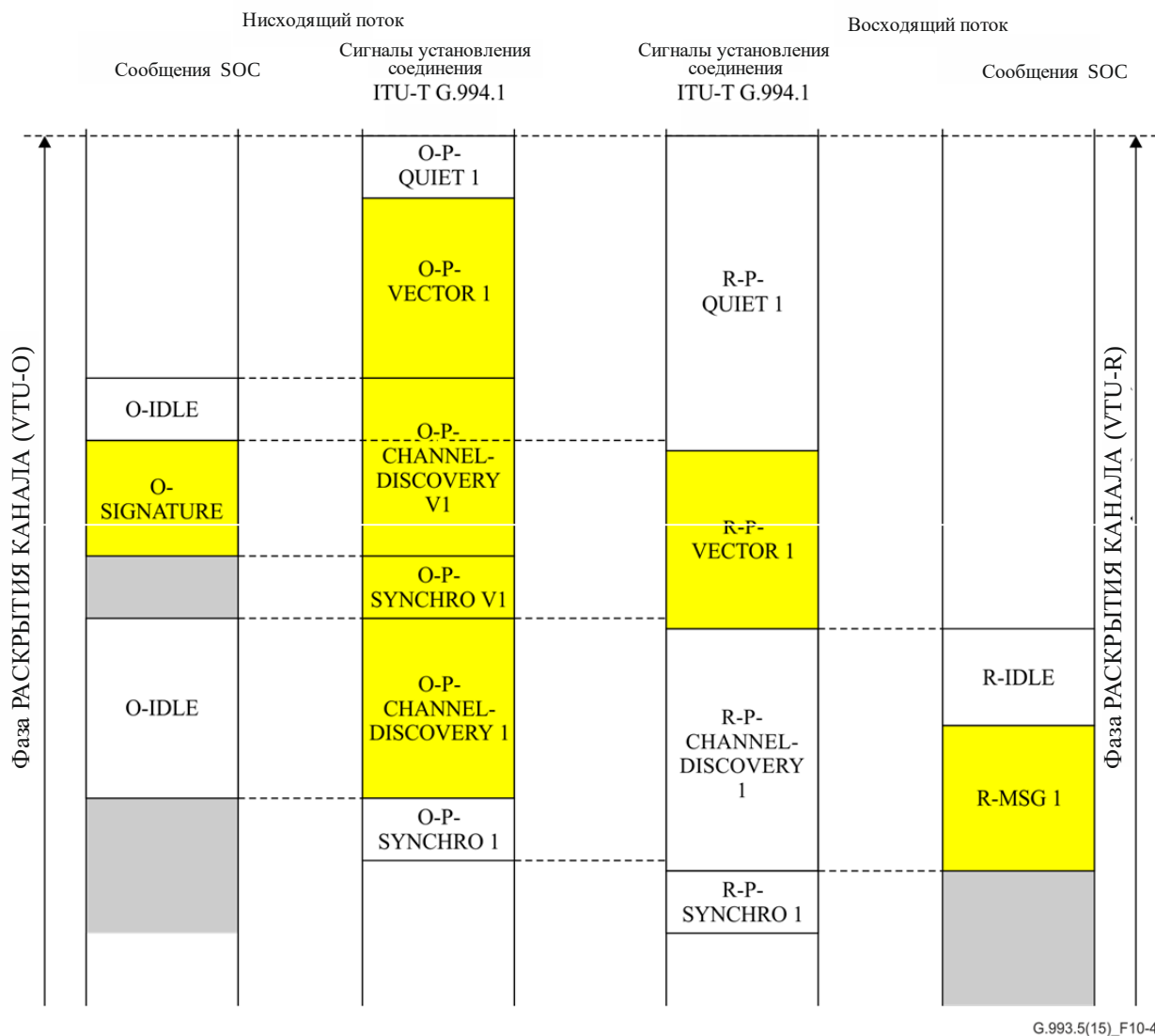
№ примера	Последовательность сообщений согласно ITU-T G.994.1
1	Транзакция C: CLR → CL → ACK(1); Транзакция D: MP → MS → ACK(1)
2	Транзакция C: CLR → CL → ACK(1); Расширенная транзакция A:B: MS → REQ-MR → MR → MS → ACK(1)
3	Транзакция C: CLR → CL (включая VTU-R ID) → ACK(1); Транзакция A: MS → ACK(1)
4	Транзакция C: CLR → CL (включая VTU-R ID) → ACK(1); Транзакция B: MR → MS → ACK(1)

10.3 Фаза раскрытия канала

10.3.1 Обзор

За фазой квитирования следует фаза раскрытия канала. Если после фазы ITU-T G.994.1 векторизация как в нисходящем, так и в восходящем направлениях запрещена, то все связанные с векторизацией этапы инициализации пропускаются и выполняется фаза раскрытия канала, как определено в [ITU-T G.993.2].

Если разрешена векторизация в нисходящем или в восходящем направлении, то фаза раскрытия канала представляет собой модифицированную версию фазы раскрытия канала согласно ITU-T G.993.2. На рисунках 10-4 и 10-5 показаны добавленные сигналы и сигналы/сообщения, измененные во время фазы раскрытия канала согласно ITU-T G.993.2, для приемопередатчиков, соответствующих ITU-T G.993.5. Невыделенные сигналы и сообщения остаются такими, как определено в [ITU-T G.993.2].



G.993.5(15)_F10-4

Рисунок 10-4 – Начальные этапы фазы раскрытия канала

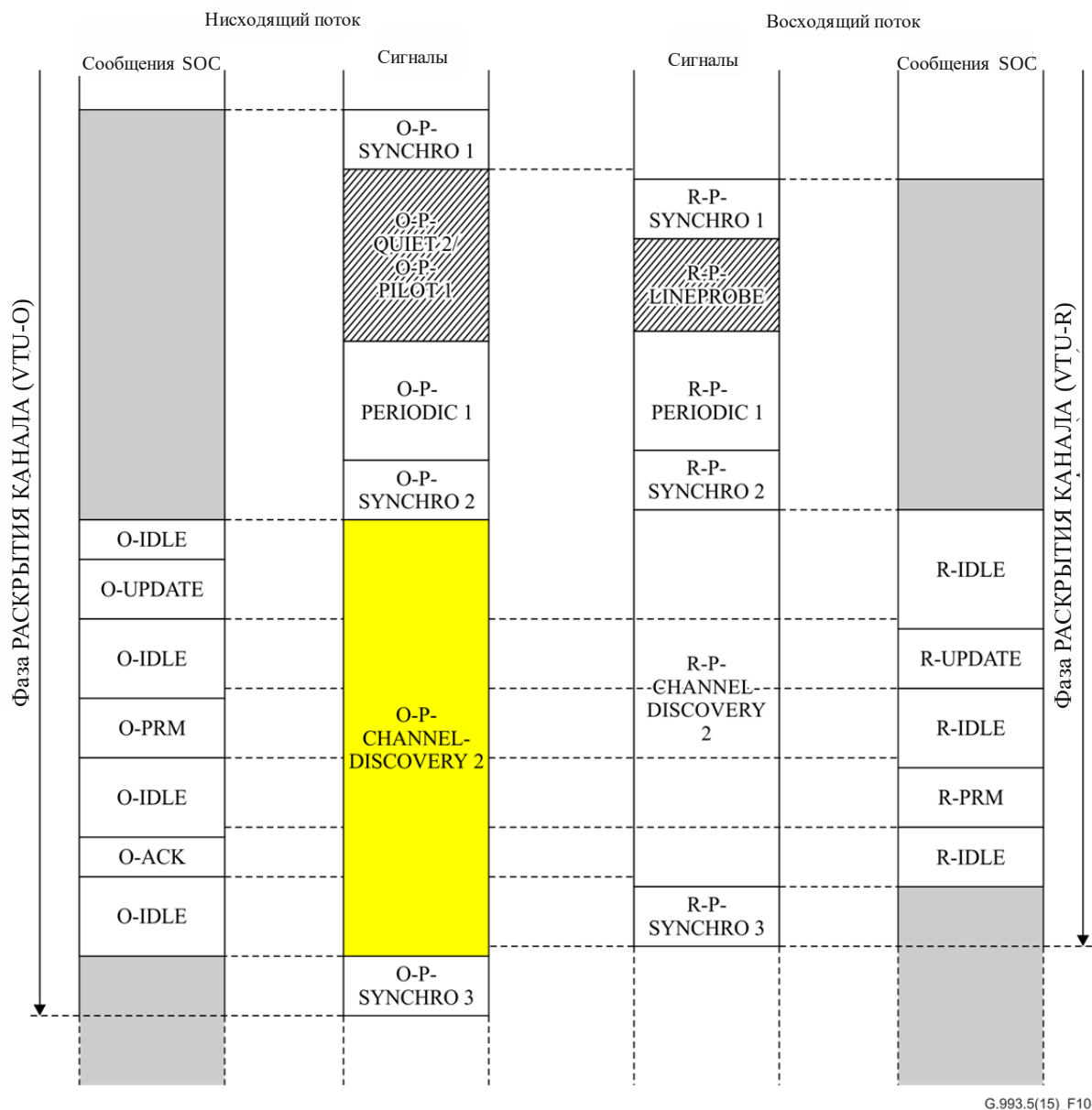


Рисунок 10-5 – Последние этапы фазы раскрытия канала

10.3.2 Измененные сообщения SOC, передаваемые во время фазы раскрытия канала

10.3.2.1 O-SIGNATURE

Сообщение O-SIGNATURE, передаваемое во время фазы O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 и O-P-CHANNEL DISCOVERY 1, содержит поле параметров A ITU-T G.993.5 и поле параметров B ITU-T G.993.5. Поле параметров A ITU-T G.993.5 имеет переменную длину и содержит несколько параметров, необходимых для операции подавления FEXT, как показано в таблице 10-7. Поле параметров B ITU-T G.993.5 включает в себя параметры, необходимые для определения FDPS в восходящем направлении, как показано в таблице 10-9.

Таблица 10-7 – Поле параметров A ITU-T G.993.5 в сообщении O-SIGNATURE

Поле	Содержание поля	Формат
1	Длина поля параметров A ITU-T G.993.5	1 байт
2	Векторные полосы нисходящего потока	Дескриптор полос
3	Длина пилотной последовательности в восходящем направлении	2 байта
4	Пилотная последовательность в восходящем направлении	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ байтов
5	Смещение символа синхронизации в восходящем направлении	1 байт
6	Уменьшение PSD сигнала R-P-VECTOR 1 в восходящем направлении	1 байт
7	Значение по модулю счетчика символов синхронизации в нисходящем направлении (N_{SSC})	2 байта
8	Идентификатор поставщика и номер версии VCE	10 байтов
9	Идентификатор VTU-R	4 байта

Поле № 1 "Длина поля параметров A ITU-T G.993.5" указывает длину поля параметров A ITU-T G.993.5 в байтах, исключая поле длины поля параметров A ITU-T G.993.5. В поле параметров A ITU-T G.993.5 сообщения O-SIGNATURE входят все поля, перечисленные в таблице 10-7. Это поле представлено как целое число без знака.

Поле № 2 "Векторные полосы нисходящего потока" определяет полосы частот, выделенные VCE для векторизации в нисходящем направлении. Это поле отформатировано как "Дескриптор полос" (см. таблицу 12-18 [ITU-T G.993.2]). Указывается не более восьми полос. Индексы поднесущих, определяющие границы полос, должны соответствовать требованиям пункта 7.2.2.

Поле № 3 "Длина пилотной последовательности в восходящем направлении" определяет длину в битах пилотной последовательности в восходящем направлении (N_{pilot_us} , см. пункт 7.3.3). Если установлен бит "длина пилотной последовательности кратна 4" (см. пункт 10.2), то все действительные значения кратны 4 и находятся в диапазоне от 8 до 512. В противном случае действительными значениями будут все степени 2 в диапазоне от 8 до 512. Поле представляется как целое число без знака, соответствующее длине последовательности.

Поле № 4 "Пилотная последовательность в восходящем направлении" определяет пилотную последовательность, выделенную VCE, которой модулируются символы синхронизации, содержащиеся в сигналах R-P-VECTOR. Ее формат представляет собой двоичную строку длиной N_{pilot_us} битов (см. пункт 7.3.3), причем первый бит пилотной последовательности (бит с индексом 0) преобразуется в младший бит первого байта этого поля, а последний бит пилотной последовательности (бит с индексом $N_{pilot_us} - 1$) – в старший бит последнего байта поля. Длина поля получается из поля № 3 как $\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$. Если N_{pilot_us} не кратно 8, то четыре старших бита последнего октета этого поля установлены в 0.

Поле № 5 "Смещение символа синхронизации в восходящем направлении" определяет установленное объектом VCE смещение по времени (выраженное в виде количества символов) между символом синхронизации в нисходящем направлении и символом синхронизации в восходящем направлении. Это поле представляется как целое число в формате дополнения до 2 с допустимым диапазоном от –127 до +127, за исключением 0, где отрицательное смещение указывает, что восходящие символы синхронизации задерживаются относительно нисходящих символов синхронизации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение 0 исключается из допустимого диапазона смещений между символами синхронизации в восходящем и нисходящем направлениях в U-интерфейсе, поскольку оно может повлиять на определяемую поставщиком обработку символов синхронизации ввиду уменьшенной степени случайности эхо-сигнала.

Поле № 6 "Уменьшение PSD сигнала R-P-VECTOR 1 в восходящем направлении" определяет фиксированное ослабление, установленное VCE для PSD передачи в восходящем направлении сигнала R-P-VECTOR 1 в дополнение к общему снижению мощности в восходящем направлении. Оно

кодируется с шагом 0,1 дБ в диапазоне от 0 до 25,5 дБ. Это поле представлено целым числом без знака в диапазоне от 0 (0 дБ) до 255 (25,5 дБ).

Поле № 7 "Значение по модулю счетчика символов синхронизации в нисходящем направлении (N_{SSC})" определяет значение по модулю, которое используется для обслуживания счетчика символов синхронизации в нисходящем направлении в рабочем режиме. Если установлен бит "длина пилотной последовательности кратна 4" (см. пункт 10.2), то это поле кодируется как целое число без знака, равное значению N_{SSC} , при этом его единственным действительным значением является наименьшее число $(2n \times N_{pilot_ds}) \geq 1024$, где n – целое число. В противном случае оно кодируется как целое число без знака с единственным допустимым значением, когда N_{SSC} равно 1024.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если N_{SSC} – целое число, кратное длине пилотной последовательности в нисходящем направлении, то индекс бита пилотной последовательности можно получить из показаний счетчика символов синхронизации в нисходящем направлении посредством операции взятия модуля.

Поле № 8 "Идентификатор поставщика и номер версии VCE" определяет идентификатор поставщика и номер версии VCE. Оно состоит из 10 байтов, и его определение и формат приведены в таблице 10-8.

Поле № 9 "Идентификатор VTU-R" содержит 30-битовый идентификатор приемопередатчика VTU-R (два MSB этого поля установлены в 00₂). Если VTU-O получил идентификатор VTU-R во время предыдущего сеанса ITU-T G.994.1, то это поле содержит этот идентификатор VTU-R, в противном случае оно устанавливается в 00000000₁₆.

Таблица 10-8 – Информационный блок с идентификатором поставщика VCE (10 байтов)

Код страны согласно ITU-T T.35 (2 байта – примечание 1)
Код поставщика (идентификация поставщика) (4 байта – примечание 2)
Номер версии конкретного поставщика (4 байта)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если не все биты в первом октете установлены в двоичные ЕДИНИЦЫ, то биты во втором октете должны быть установлены передатчиком в двоичные НУЛИ и игнорироваться приемником. Единственным назначением кода страны является идентификация страны, в которой зарегистрирован код поставщика. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Спецификация кодирования и порядка передачи этого поля является обязанностью регионального органа по стандартизации, выделяющего код для поставщика. См. Добавление II [ITU-T G.994.1] с контактной информацией о кодах поставщиков.

Таблица 10-9 – Поле параметров В согласно ITU-T G.993.5 в сообщении O-SIGNATURE

Поле	Содержание поля	Формат
1	Длина поля параметров В согласно ITU-T G.993.5	2 байта
2	FDPS в восходящем направлении	Дескриптор FDPS в восходящем направлении

Поле № 1 "Длина поля параметров В согласно ITU-T G.993.5" указывает длину поля параметров В согласно ITU-T G.993.5 в байтах, исключая поле длины поля параметров В согласно ITU-T G.993.5. Если ни одно из полей, следующих за полем № 1, не включено в поле параметров В согласно ITU-T G.993.5, то длина поля параметров В согласно ITU-T G.993.5 составляет два байта, а его значение – 0000₁₆. Это поле представляется как целое число без знака.

Поле № 2 "FDPS в восходящем направлении" определяет дополнительные независимые пилотные последовательности, выделенные VCE, а также способ получения пилотных последовательностей в восходящем направлении, модулирующих символы синхронизации в сигналах R-P-VECTOR. Это поле форматируется как "дескриптор FDPS в восходящем направлении" (см. таблицу 10-10). Если FDPS в восходящем направлении запрещена в соответствии с ITU-T G.994.1, то дескриптор FDPS в восходящем направлении не включается в поле параметров В согласно ITU-T G.993.5.

Таблица 10-10 – Дескриптор FDPS в восходящем направлении

Поле	Содержание поля	Формат
1	Индекс связанной независимой пилотной последовательности	3 байта
2	Знак последовательности относительно связанной независимой последовательности	1 байт
3	Циклический сдвиг последовательности относительно связанной независимой последовательности	3 байта
4	Количество дополнительных независимых пилотных последовательностей (<i>Naips</i>)	1 байт
5	Биты независимой пилотной последовательности № 1	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ байтов
	...	...
	Биты независимой пилотной последовательности № <i>Naips</i>	$\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ байтов

Поле № 1 "Индекс связанной независимой пилотной последовательности" представляет собой 24-битовое поле, разделенное на восемь 3-битовых подполей. Первое подполе (в трех разрядах LSB) содержит индекс независимой пилотной последовательности, которая должна стать пилотной последовательностью № 0, восьмое подполе (в трех разрядах MSB) содержит индекс независимой пилотной последовательности, которая должна стать пилотной последовательностью № 7. Этот индекс имеет формат 3-битового целого числа без знака.

Поле № 2 "Знак последовательности относительно связанной независимой пилотной последовательности" представляет собой последовательность из 8 битов, в которой 0 указывает, что пилотная последовательность с данным индексом имеет тот же знак, что и связанная независимая пилотная последовательность, а 1 – что знак противоположный. LSB указывает, должна ли инверсия знака применяться к пилотной последовательности № 0, а MSB – к пилотной последовательности № 7.

Поле № 3 "Циклический сдвиг последовательности относительно связанной независимой пилотной последовательности" представляет собой 24-битовое поле, разделенное на восемь 3-битовых подполей. Первое подполе (в трех разрядах LSB) содержит циклический сдвиг пилотной последовательности № 0 относительно связанной независимой пилотной последовательности, восьмое подполе (в трех разрядах MSB) – циклический сдвиг пилотной последовательности № 7. Значение подполя представляет собой фактический циклический сдвиг (*CyS*), представленный в виде целого числа без знака со значениями от 0 до 7, где:

бит пилотной последовательности $[i] =$

биту $[(i + CyS \times N_{pilot_us}/8) \text{ MOD } N_{pilot_us}]$ связанной независимой пилотной последовательности.

Если *Npilot_us* – нечетное целое число, кратное 4, то значение *CyS* будет четным.

Поле № 4 "Количество дополнительных независимых пилотных последовательностей (*Naips*)" представляет собой поле из одного байта, содержащее количество дополнительных независимых пилотных последовательностей, включенных в дескриптор FDPS в восходящем направлении. Допустимые значения *Naips*: от 0 до 7.

Поле № 5 "Биты дополнительных независимых пилотных последовательностей" определяет биты дополнительных независимых пилотных последовательностей *Naips* (т. е. от независимой пилотной последовательности № 1 до независимой пилотной последовательности № *Naips*), выделенной VCE для модуляции символов синхронизации в восходящем направлении. Каждая последовательность имеет длину *Npilot_us* битов (см. пункт 7.3.3). Каждая последовательность преобразуется в $\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ байтов, как определено для поля № 4 в таблице 10-7 (последний байт может быть неполным). Общая длина поля составляет *Naips* $\times$ $\lceil N_{pilot_us}/8 \rceil$ байтов. Биты независимой пилотной последовательности № 0 передаются в поле 4 "Пилотная последовательность в восходящем направлении" поля параметров A согласно ITU-T G.993.5.

10.3.2.2 R-MSG1

Сообщение R-MSG1 (определенное в таблице 12-24 [ITU-T G.993.2]), которое передается во время сигнала R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, содержит поле параметров согласно ITU-T G.993.5. В поле параметров согласно ITU-T G.993.5 входят несколько параметров, необходимых для операции подавления FEXT, как показано в таблице 10-11.

Таблица 10-11 – Поле параметров согласно ITU-T G.993.5 в сообщении R-MSG1

Поле	Наименование поля	Формат
1	Длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5	1 байт
2	Максимальное количество символов оценки FEXT в суперкадре	1 байт
3	Поддержка необязательных параметров управления обратным каналом	Дескриптор параметров

Поле № 1 "Длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5" содержит длину поля дескриптора векторизации в байтах, исключая поле длины поля параметров согласно ITU-T G.993.5. Все поля, приведенные в таблице 10-11, включаются в сообщение R-MSG1. Это поле представлено как целое число без знака.

Поле № 2 "Максимальное количество символов оценки FEXT в суперкадре" определяет максимальное количество ($K_{\max}$) символов в суперкадре, для которого VTU-R поддерживает передачу выборок ошибок (см. пункт 10.4.2.1). Это поле имеет формат целого числа без знака с действительными значениями $K_{\max} = 1, 2, 4, 6$ и 8 . VTU-R должен поддерживать значение $K_{\max} = 1$. Другие значения $K_{\max}$ необязательны.

Поле № 3 "Поддержка необязательных параметров управления обратным каналом" указывает необязательные значения параметров управления, поддерживаемые VTU-R, как описывается в таблице 10-12.

Таблица 10-12 – Дескриптор необязательных параметров управления обратным каналом

Бит	Описание
0	Устанавливается в 1, если поддерживается $F_{\text{block}} = 32$ с $\text{padding} = 0$, в противном случае 0
1	Устанавливается в 1, если поддерживается $F_{\text{block}} = 32$ с $\text{padding} = 1$, в противном случае 0
2	Устанавливается в 1, если поддерживается $F_{\text{sub}} = 1$, в противном случае 0
3	Устанавливается в 1, если поддерживается $L_w = 9$, в противном случае 0
4	Устанавливается в 1, если поддерживается $L_w = 10$, в противном случае 0
5	Устанавливается в 1, если поддерживается $L_w = 11$, в противном случае 0
6	Устанавливается в 1, если поддерживается $L_w = 12$, в противном случае 0
7	Резервируется МСЭ-Т и устанавливается в 0

10.3.3 Связанные с векторизацией сигналы VTU-O, передаваемые в фазе раскрытия канала

10.3.3.1 O-P-VECTOR 1

За сигналом O-P-QUIET 1 следует сигнал O-P-VECTOR 1.

Сигнал O-P-VECTOR 1 состоит только из символов синхронизации и символов молчания. Символы синхронизации передаются в каждой позиции символов синхронизации в нисходящем направлении (как определено в пункте 6.2.3). Символы молчания передаются во всех других позициях символов (см. рисунок 10-2).

Символы синхронизации O-P-VECTOR 1 генерируются согласно описанию в пункте 10.5 [ITU-T G.993.2]. Эти символы синхронизации модулируются пилотной последовательностью. Пилотная последовательность представляет собой повторяющуюся последовательность, как

определено в пункте 6.2.3, назначенную VCE для линии инициализации. Каждый испытательный тон символа синхронизации из набора SUPPORTEDCARRIERSds модулируется точкой совокупности 00, если бит пилотной последовательности равен НУЛЮ, и точкой совокупности 11, если бит пилотной последовательности равен ЕДИНИЦЕ. Точки совокупности 00 и 11 соответствуют совокупности 4-QAM, определяемой в пункте 10.3.3.2.1 [ITU-T G.993.2]. Затем точки совокупности на поднесущих циклически сдвигаются квадрантным скремблером, определяемым в пункте 12.3.6.2 [ITU-T G.993.2].

Если в фазе ITU-T G.994.1 бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" отключен (см. пункт 10.2), то PSD передачи всех поднесущих для символов синхронизации равна CDPSDs.

Если в фазе ITU-T G.994.1 бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" установлен, а бит "Использовать только флаговые тона O-P-VECTOR 1" отключен (см. пункт 10.2), то PSD передачи всех поднесущих для символов синхронизации равна CDPSDs.

Если в фазе ITU-T G.994.1 установлены оба бита "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" и "Использовать только флаговые тона O-P-VECTOR 1" (см. пункт 10.2), то PSD передачи всех поднесущих для символов синхронизации равна CDPSDs, кроме первых N символов синхронизации, для которых мощность передачи всех испытательных тонов равна 0 (значение N определяется VCE в диапазоне от 0 до 2048 символов синхронизации).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Способ определения значения N описывается в Дополнении II.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 определяется по усмотрению поставщика, но должна быть не менее 4×257 символов и не более $M \times 1024 \times 257$ символов. Допустимые значения M: 1 и 8. Для VTU-O и VTU-R поддержка M = 1 обязательна. Поддержка M = 8 необязательна как для VTU-O, так и для VTU-R. Если в фазе [ITU-T G.994.1] установлен бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" (см. пункт 10.2), то M = 8. В противном случае M = 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – VCE может сократить длительность сигнала O-P-VECTOR 1 для ускорения запуска всей системы.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В Дополнении II приведены примеры управления процессом инициализации со стороны VCE при активации нескольких линий в векторной группе. В пункте II.2 приводится описание такого управления со стороны VCE с использованием возможностей бита "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" при работе с двумя группами линий. В пункте II.3 приводится описание такого управления со стороны VCE с использованием возможностей квитирования.

Во время передачи сигнала O-P-VECTOR 1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Во время передачи сигнала O-P-VECTOR 1 объект VCE оценивает каналы FEXT в нисходящем направлении от линий инициализации в векторных линиях на основе передаваемых усеченных выборок ошибок, полученных от блоков VTU-R векторных линий. После этого в блоках VTU-O устанавливаются матрицы подавления FEXT для всех векторных линий в нисходящем направлении, и FEXT от инициализирующих линий в векторных линиях подавляются.

За сигналом O-P-VECTOR 1 следует сигнал O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, определяющий фактическую длительность сигнала O-P-VECTOR 1. Время начала передачи сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 определяется объектом VCE.

10.3.3.2 O-P-CHANNEL DISCOVERY V1

Сигнал O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 идентичен сигналу O-P-CHANNEL DISCOVERY 1, определяемому в пункте 12.3.3.3.1 [ITU-T G.993.2], с добавлением маркеров, указывающих позиции символов синхронизации в нисходящем направлении и пилотных последовательностей в восходящем направлении (как определено в пункте 10.3.3.5).

Добавление маркеров заключается в модуляции всех символов поднесущих с индексами $10n + 9$ точкой совокупности 00 или 11, как определено в пункте 10.3.3.5.

Во время передачи сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 канал SOC находится в активном состоянии, передавая в течение периода по меньшей мере 1500 символов, но не более 2000 символов, сигнал O-IDLE, за которым следует сообщение O-SIGNATURE, как определено в пункте 12.3.3.2.1 [ITU-T G.992.3] и в пункте 10.3.2.1. Сообщение O-SIGNATURE передается в режиме автоповтора, так же как сообщение O-SIGNATURE в [ITU-T G.993.2].

За сигналом O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 следует сигнал O-P-SYNCHRO V1, определяющий фактическую длительность сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1. Время начала передачи сигнала O-P-SYNCHRO V1 определяется объектом VCE.

10.3.3.3 O-P-SYNCHRO V1

Сигнал O-P-SYNCHRO V1 идентичен сигналу O-P-SYNCHRO 1, определяемому в пункте 12.3.3.3.1 [ITU-T G.993.2].

Во время передачи сигнала O-P-SYNCHRO V1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Когда VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V1, VCE уведомляет VTU-R о том, что оценка FEXT-каналов в восходящем направлении завершена, и VTU-R завершает передачу сигнала R-P-VECTOR 1. VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V1 только после того, как VCE обнаружит, что сигнал R-P-VECTOR 1 передается в течение как минимум 4×257 символов.

За сигналом O-P-SYNCHRO V1 следует сигнал O-P-CHANNEL DISCOVERY 1.

10.3.3.4 O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 и O-P-CHANNEL DISCOVERY 2

Эти сигналы идентичны сигналам O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 и O-P-CHANNEL DISCOVERY 2, определяемым в пункте 12.3.3.3.1 [ITU-T G.993.2], с добавлением маркеров для указания позиций символов синхронизации в нисходящем направлении и пилотной последовательности в восходящем направлении (как определено в пункте 10.3.3.5). Последовательность маркеров продолжается с учетом всех позиций символов синхронизации в нисходящем направлении с момента начала сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Возможен положительный эффект, когда сигналы O-P-SYNCHRO 1 и O-P-SYNCHRO 3 не передаются в позициях символов синхронизации в нисходящем направлении.

Во время сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY 1 блок VTU-O передает сигнал O-IDLE; передача начинается после последнего символа O-P-SYNCHRO V1.

10.3.3.5 Символ синхронизации в нисходящем направлении и маркеры пилотной последовательности в восходящем направлении

Чтобы указать временную позицию символов синхронизации в нисходящем направлении, а также требуемую VCE временную позицию символов синхронизации в восходящем направлении и пилотную последовательность в восходящем направлении, VTU-O модулирует подмножество поднесущих с индексами $10n + 9$ либо точкой совокупности (00), либо точкой совокупности (11) совокупности 4-QAM до квадрантного скремблера. Все эти поднесущие модулируются одинаковой информацией в каждом символе, т. е. 00 или 11. В дальнейшем в этом разделе символы, поднесущие которых модулируются значением 00 или 11, называются соответственно НУЛЕВЫМИ или ЕДИНИЧНЫМИ. Последовательность НУЛЕВЫХ и ЕДИНИЧНЫХ символов образует модель, которая используется для указания временных позиций символа синхронизации и пилотной последовательности.

Комбинация символов модуляции показана на рисунке 10-6. Временная позиция символа синхронизации в нисходящем направлении указывается восемью последовательными ЕДИНИЧНЫМИ символами, начиная с временной позиции символа синхронизации в нисходящем направлении векторных линий. VTU-R получает временную позицию символа синхронизации в восходящем направлении из указанной временной позиции символа синхронизации в нисходящем направлении, применяя смещение между символами синхронизации в восходящем и нисходящем направлениях, которое передается к VTU-R в сообщении O-SIGNATURE.

Временная позиция пилотной последовательности в восходящем направлении указывается комбинацией из 20 символов, следующей за комбинацией из восьми последовательных ЕДИНИЧНЫХ символов, см. рисунок 10-6. Эта модель из ЕДИНИЧНЫХ и НУЛЕВЫХ символов представляет собой индекс битов пилотной последовательности в восходящем направлении, которая модулирует поднесущие символов синхронизации в восходящем направлении, связанных (через значение смещения) с этим символом синхронизации в нисходящем направлении, предшествующим упомянутой модели из 20 символов (как показано на рисунке 10-6).

Индекс битов пилотной последовательности в восходящем направлении представлен в виде целого числа без знака, а каждый бит этого целого числа представлен двумя последовательными символами

комбинации, причем символы 7 и 8 на рисунке 10-6 соответствуют младшим битам. Значение бита 0 представлено НУЛЕВЫМ символом, за которым следует ЕДИНИЧНЫЙ символ. Значение бита 1 представлено ЕДИНИЧНЫМ символом, за которым следует НУЛЕВОЙ символ. Все символы после 20-символьной комбинации до временной позиции следующего символа синхронизации в нисходящем направлении должны быть НУЛЕВЫМИ.

ПРИМЕЧАНИЕ. – С помощью этого метода временную позицию символа синхронизации в восходящем направлении можно определить путем поиска комбинации из восьми последовательных ЕДИНИЦ, а индекс бита пилотной последовательности – путем декодирования 20 следующих символов. Это позволяет быстро определять временную позицию пилотной последовательности в восходящем направлении. 10-битовая модель, декодированная из 20 следующих символов, указывает индекс бита пилотной последовательности в восходящем направлении, связанной с обнаруженным символом синхронизации в восходящем направлении.

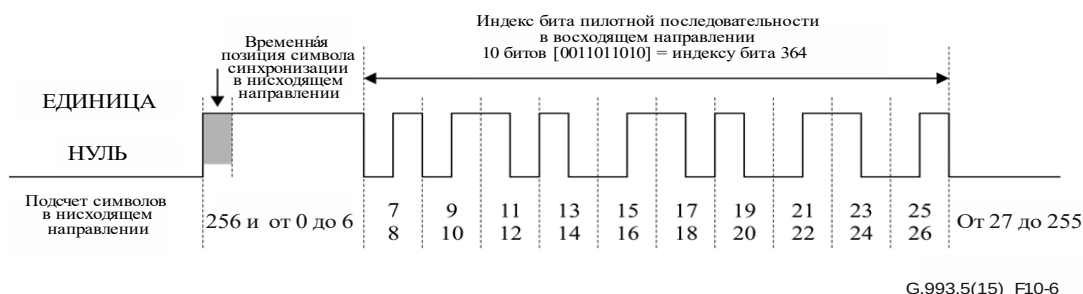


Рисунок 10-6 – Комбинация, модулирующая поднесущие $10n + 9$ после позиции символа синхронизации векторных линий

10.3.3.6 Инициализация нескольких инициализирующих линий

Когда VSE инициализирует несколько линий:

- каналы перекрестных помех в нисходящем направлении от инициализирующих линий в активных линиях векторной группы следует оценивать одновременно, обеспечивая передачу сигналов O-P-VECTOR 1 во время оценки по всем инициализирующим линиям. Это можно сделать, регулируя моменты начала и окончания сигнала O-P-VECTOR 1 в каждой линии;
- каналы перекрестных помех в восходящем направлении между инициализирующими и активными линиями векторной группы следует оценивать одновременно, обеспечивая передачу сигналов R-P-VECTOR 1 во время оценки по всем инициализирующим линиям. Это можно сделать, регулируя момент окончания сигнала R-P-VECTOR 1 с помощью сигнала O-P-SYNCHRO V1 в каждой линии.

10.3.4 Связанные с векторизацией сигналы VTU-R, передаваемые во время фазы раскрытия канала

10.3.4.1 R-P-VECTOR 1

VTU-R передает сигнал R-P-QUIET до тех пор, пока не примет надлежащим образом сообщение O-SIGNATURE.

Получив сообщение O-SIGNATURE, VTU-R передает сигнал R-P-VECTOR 1.

VTU-R определяет позиции символов синхронизации в нисходящем направлении и получает позиции символов синхронизации в восходящем направлении путем обнаружения маркеров символов синхронизации в сигнале O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Сигнал R-P-VECTOR 1 состоит только из символов синхронизации и символов молчания. Символы синхронизации передаются в каждой позиции символа синхронизации в восходящем направлении (как определено в пункте 7.3.2). Позиции символов синхронизации в восходящем направлении – это позиции символов синхронизации в нисходящем направлении (указанные маркерами в сигнале O-P-CHANNEL DISCOVERY V1) с опережением или задержкой на величину смещения символа синхронизации в восходящем направлении (содержится в сообщении O-SIGNATURE). Символы молчания передаются во всех остальных временных позициях (см. рисунок 10-2).

Символы синхронизации R-P-VECTOR 1 генерируются согласно описанию в пункте 10.4.4 [ITU-T G.993.2]. Эти символы синхронизации модулируются пилотной последовательностью. Передача символов синхронизации начинается с символа синхронизации, несущего первую идентифицированную контрольную точку пилотной последовательности в восходящем направлении. Временная привязка контрольных точек пилотной последовательности указывается маркерами в сигнале O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, как описывается в пункте 10.3.3.5.

Пилотная последовательность – это повторяющаяся последовательность, как определено в пункте 6.2.3, назначенная VCE для инициализирующей линии и передаваемая блоку VTU-R в сообщении O-SIGNATURE. Каждый испытательный тон символа синхронизации из набора SUPPORTEDCARRIERS_{SUS} модулируется точкой совокупности 00, если бит пилотной последовательности равен НУЛЮ, и точкой совокупности 11, если бит пилотной последовательности равен ЕДИНИЦЕ (набор SUPPORTEDCARRIERS_{SUS} также указывается в сообщении O-SIGNATURE). Точки совокупности 00 и 11 соответствуют совокупности 4-QAM, определяемой в пункте 10.3.3.2.1 [ITU-T G.993.2]. Затем точки совокупности на поднесущих циклически сдвигаются квадрантным скремблером, определяемым в пункте 12.3.6.2 [ITU-T G.993.2].

PSD передачи всех поднесущих равна CDPSD_{US} и соответствует предельному уровню PSD восходящего потока, установленному VTU-O, как указано в сообщении O-SIGNATURE.

Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 1 объект VCE оценивает FEXT-каналы в восходящем направлении от инициализирующих линий в векторных линиях. После этого в блоках VTU-O устанавливаются матрицы подавления FEXT для всех векторных линий в восходящем направлении, и помехи FEXT от инициализирующих линий в векторных линиях подавляются.

Продолжительность сигнала R-P-VECTOR 1 определяется блоком VTU-O. VTU-R прекращает передачу сигнала R-P-VECTOR 1 в течение 64 символов после последнего символа сигнала O-P-SYNCHRO V1. Продолжительность сигнала R-P-VECTOR 1 не должна превышать 1024×257 символов.

За сигналом R-P-VECTOR 1 следует сигнал R-P-CHANNEL DISCOVERY 1.

10.4 Фаза настройки

10.4.1 Обзор

За фазой раскрытия канала следует фаза настройки. Если после фазы согласно ITU-T G.994.1 векторизация как в нисходящем, так и в восходящем направлениях запрещена, то все этапы, связанные с векторизацией, пропускаются и фаза настройки должна соответствовать определению, приведенному в [ITU-T G.993.2].

Если векторизация в нисходящем или в восходящем направлении разрешена, то фаза настройки согласно ITU-T G.993.2 изменяется, как определено в этом разделе.

На рисунках 10-7 и 10-8 показаны добавленные сигналы, а также сигналы/сообщения, измененные во время фазы настройки согласно ITU-T G.993.2 приемопередатчиков, соответствующих ITU-T G.993.5. Невыделенные сигналы и сообщения остаются такими, как определено в [ITU-T G.993.2].

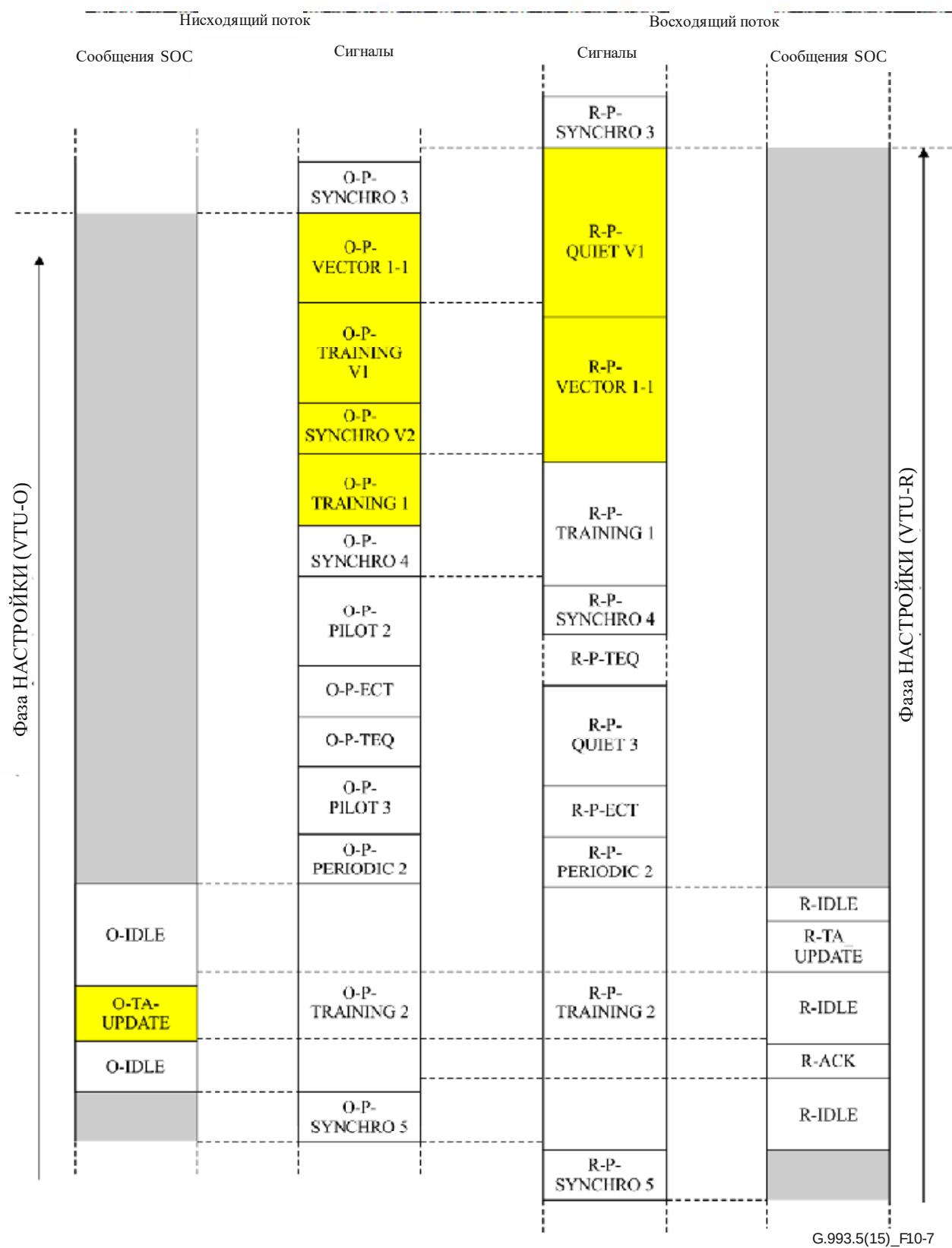


Рисунок 10-7 – Начальные этапы фазы настройки

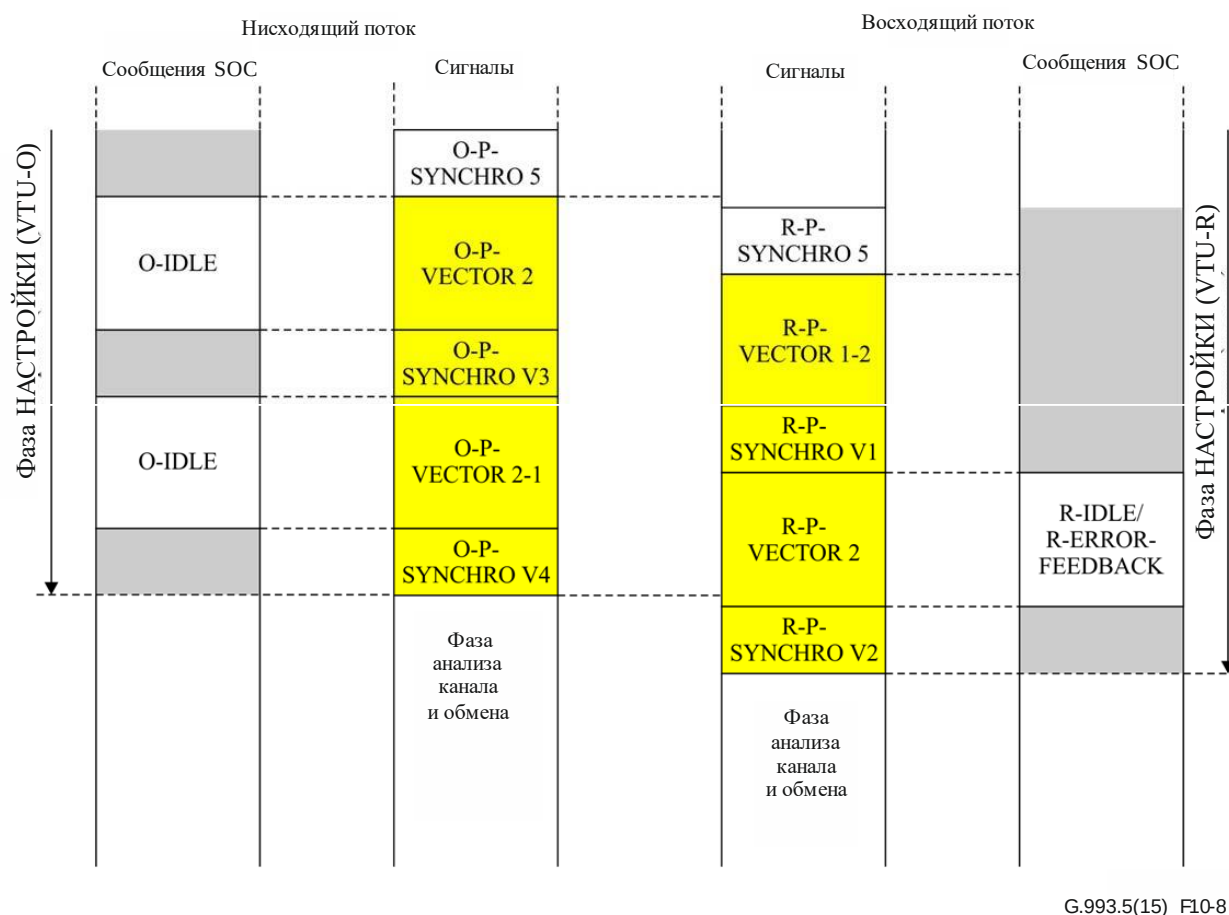


Рисунок 10-8 – Конечные этапы фазы настройки

10.4.2 Измененные сообщения SOC, передаваемые в фазе настройки

10.4.2.1 O-TA_UPDATE

Сообщение O-TA_UPDATE (определяемое в таблице 12-32 [ITU-T G.993.2]), которое передается во время сигнала O-P-TRAINING 2, содержит поле параметров согласно ITU-T G.993.5. В поле параметров согласно ITU-T G.993.5 входят несколько параметров, необходимых для подавления FEXT, как показано в таблице 10-13.

Таблица 10-13 – Поле параметров в сообщении O-TA_UPDATE

Поле	Наименование поля	Формат
1	Длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5	1 байт
2	Параметры управления сообщениями об ошибках	Дескриптор конфигурации сообщений об ошибках
3	Коэффициент повторения SOC (1/R)	1 байт
4	Количество символов оценки FEXT на суперкадр	1 байт

В поле № 1 "Длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5" указывается длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5 в байтах, исключая поле длины поля параметров согласно ITU-T G.993.5. В сообщении O-TA_UPDATE включаются все поля, приведенные в таблице 10-13. Это поле представлено как целое число без знака.

Поле № 2 "Параметры управления сообщениями об ошибках" определяет параметры управления для каждой из векторных полос, указанных в сообщении O-SIGNATURE. Параметры управления определяются в таблице 7-1, а их действительные значения – в таблице 7-2. Значения, определяемые в этом поле, могут включать в себя необязательные значения, указанные VTU-R в сообщении R-MSG1. В таблице 8-4 определяется преобразование параметров управления в дескриптор конфигурации сообщений об ошибках (Error Report). VTU-O выбирает параметры управления таким образом, чтобы в сочетании с выбранной частотой повторения SOC ожидаемая продолжительность сообщения ERROR_FEEDBACK не превышала пределов, указанных в пункте 10.4.2.2.

Поле № 3 "Коэффициент повторения SOC" определяет коэффициент повторения SOC, $1/R$, установленный VCE. Допустимы все значения $1/R$, кратные 10, в диапазоне [10, 120]. Это соответствует количеству битов на символ ($N_{bits_per_symbol}$) SOC, кратному 16 в диапазоне [16, 192]. Это поле представлено как целое число без знака.

Поле № 4 "Количество символов оценки FEXT на суперкадр" определяет количество символов (K) в суперкадре, для которого передается усеченная выборка ошибок. Усеченные выборки ошибок передаются в формате, определяемом в поле № 2. Это поле имеет формат целого числа без знака с действительными значениями $K = 1, 2, 4, 6$ и 8 . Значение K не должно превышать максимально возможного значения (K_{max}) для VTU-R, указанного в сообщении R-MSG1. В пункте 10.4.2.2 определяются позиции символов, для которых передаются усеченные выборки ошибок, при разных значениях K .

В сообщении O-TA_UPDATE может указываться исправленное значение упреждения синхронизации (TA). Если значение TA, содержащееся в сообщении O-TA_UPDATE, отличается от значения, ранее использовавшегося VTU-R, то значение TA обновляется, начиная с первого символа, следующего за сигналом R-P-SYNCHRO 5.

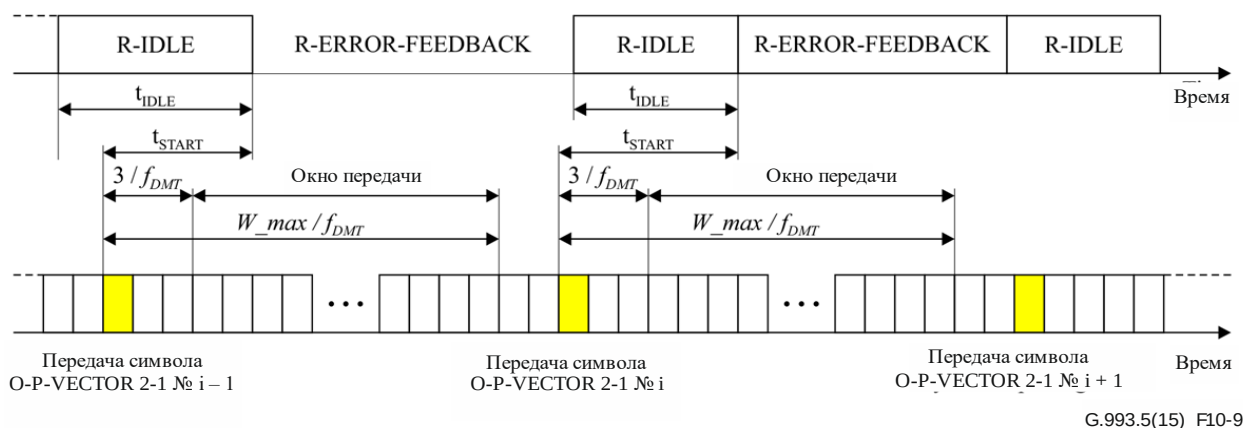
ПРИМЕЧАНИЕ. – Это требование отличается от способа обновления значения TA в [ITU-T G.993.2].

10.4.2.2 R-ERROR-FEEDBACK

Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 2 блок VTU-R передает обратно VTU-O усеченные выборки ошибок через SOC с использованием сообщений R-ERROR-FEEDBACK (см. рисунок 10-8). Кодом этого сообщения SOC является $8B_{16}$. VTU-O не подтверждает никакие сообщения R-ERROR-FEEDBACK, а VTU-R не передает их повторно.

Сообщения R-ERROR-FEEDBACK чередуются с сообщениями R-IDLE. На рисунке 10-9 показана временная диаграмма R-IDLE и сообщение R-ERROR-FEEDBACK для последующих символов, по которым передаются усеченные выборки ошибок. Последовательность начинается с сообщения R-IDLE. Для сообщений R-IDLE и R-ERROR-FEEDBACK используется расширенный канал SOC с настройками, описываемыми в пункте 10.4.4.4. Остальные параметры сообщения R-IDLE те же, что и для сообщения R-IDLE, определяемого в пункте 12.2.4 [ITU-T G.993.2]: оно состоит из периодически передаваемого флага HDLC $7E_{16}$.

Первая передача R-IDLE (по завершении сигнала R-P-VECTOR 1-2) позволяет приемнику в VTU-O настроиться на расширенный канал SOC и имеет длину не менее 16 символов. Длительность других передач R-IDLE (обозначена как t_{IDLE} на рисунке 10-9) устанавливается VTU-R так, чтобы VTU-R мог завершить сообщение R-ERROR-FEEDBACK в течение времени, меньшего чем промежуток времени между двумя смежными символами, по которым передаются усеченные выборки ошибок. Длительность каждого периода времени t_{IDLE} должна быть не меньше двух символов. Передача сообщения R-ERROR-FEEDBACK начинается в момент времени t_{START} , который находится внутри окна передачи (см. рисунок 10-9). Окно передачи начинается через три периода символа (т. е. $3/f_{DMT}$) с момента начала символа, по которому передаются усеченные выборки ошибок. Окно передачи заканчивается через W_{max} периодов символа (т. е. W_{max}/f_{DMT}) с момента начала символа, по которому передаются усеченные выборки ошибок. Максимальное значение t_{IDLE} зависит от длины сообщения R-ERROR-FEEDBACK. Сумма значения t_{IDLE} и длительности передачи сообщения R-ERROR-FEEDBACK не должна превышать ограничения по времени, не позволяющего VTU-R начинать передачу следующего сообщения R-ERROR-FEEDBACK внутри следующего окна передачи.



G.993.5(15)_F10-9

Рисунок 10-9 – Временная диаграмма передачи сообщений R-ERROR-FEEDBACK

Посредством сообщения O-TA_UPDATE объект VCE указывает, для какого количества символов оценки FEXT на суперкадр (т. е. значение K , определяемое в сообщении O-TA_UPDATE) должны передаваться усеченные выборки ошибок. Для данного значения K (назначенного в сообщении O-TA_UPDATE) VTU-R передает усеченные выборки ошибок для всех символов O-P-VECTOR 2-1 каждого суперкадра в нисходящем направлении с числом символов $i(k) = (k + 1) \times \lfloor 256/K \rfloor$, где $k = 0, 1, 2, \dots, K - 1$. Значение $W_{\max}$ для данного значения K вычисляется как $W_{\max} = \lfloor 257/K \rfloor - 2$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если $K = 1$, то VTU-R передает усеченные выборки ошибок только по символам синхронизации O-P-VECTOR 2-1 в нисходящем направлении.

Количество байтов, используемых для передачи усеченных выборок ошибок в одном сообщении R-ERROR-FEEDBACK, зависит от параметров управления обратным каналом, указанных в сообщении O-TA_UPDATE. Общее количество передаваемых байтов равно количеству байтов в ERB, N_{ERB} , плюс 3 (см. таблицу 10-14).

Если размер сообщения R-ERROR_FEEDBACK превышает максимально допустимый размер сегмента, то сообщение сегментируется, как определено в пункте 12.2.6 [ITU-T G.993.2] для режима AR, причем количество сегментов не должно превышать 15. Для всех сегментов, кроме последнего, устанавливается максимально допустимый размер.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Минимальные промежутки между сегментами уменьшают накладные расходы при передаче с обратной связью по ошибкам и, таким образом, экономят полосу пропускания обратного канала.

Количество символов, необходимое для передачи вышеуказанного количества байтов, рассчитывается по формуле

$$N_{\text{symbol}} = \left\lceil \frac{8 \times (N_{\text{ERB}} + 3 + N_{\text{OH}})}{N_{\text{bits_per_symbol}}} \right\rceil = \left\lceil 5 \times \frac{N_{\text{ERB}} + 3 + N_{\text{OH}}}{1/R} \right\rceil,$$

где N_{OH} – это заголовок инкапсуляции SOC, составляющий 6 октетов, плюс статистическая избыточность из-за вставки дополнительных байтов, как указано в [ITU-T G.997.1]. Если сообщение R-ERROR-FEEDBACK сегментируется, то значение N_{OH} (для каждого сегмента) умножается на количество сегментов.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Статистическая избыточность из-за вставки дополнительных байтов для 0,1% наихудших случаев в случае сообщений с произвольным контентом длиной более 512 байтов не должна превышать 3%, а для более длинных сообщений еще меньше.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если заполнение не используется, то N_{ERB} зависит от фактических значений выборок ошибок. В этом случае количество байтов на символ следует рассчитывать, исходя из предположения о наихудшем случае необходимого разрешения для выборок ошибок.

VCE настраивает битовую скорость SOC так, чтобы значение N_{symbol} (включая статистическую избыточность из-за вставки дополнительных байтов) не превышало $(\lfloor 257/K \rfloor - 2)$ символов (где K – указанное в сообщении O-TA_UPDATE количество символов на суперкадр, в которых передаются усеченные выборки ошибок). VTU-R прекращает передачу сообщения R-ERROR-FEEDBACK, если

его длительность (из-за неожиданно большого заголовка SOC) не позволит VTU-R начать передачу следующего сообщения R-ERROR-FEEDBACK в следующем окне передачи.

Структура сообщения R-ERROR_FEEDBACK приведена в таблице 10-14.

Таблица 10-14 – Описание сообщения R-ERROR_FEEDBACK

	Наименование поля	Формат
1	Дескриптор сообщения	Код сообщения
2	Количество символов синхронизации	2 байта
3	Блок сообщений об ошибках	N_ERB байтов

Поле № 1 "Дескриптор сообщения" – это уникальный однобайтовый код, идентифицирующий сообщение. Кодруется как 8B₁₆.

Поле № 2 "Количество символов синхронизации" содержит количество символов синхронизации по модулю 1024 последнего принятого символа синхронизации в нисходящем направлении и порядковый номер сообщения в суперкадре $k = 0, \dots, K - 1$. VTU-R считает символы синхронизации, начиная с первого символа синхронизации в нисходящем направлении после приема сигнала O-P-SYNCHRO V3 (этот символ синхронизации имеет номер 0) посредством передачи сигнала O-P-VECTOR 2-1.

Четыре старших бита 2-байтового поля составляют порядковый номер k сообщения в формате целого числа без знака в диапазоне от 0 до $K - 1$. Десять младших битов составляют количество символов синхронизации в формате целого числа без знака в диапазоне от 0 до 1023. Биты 10 и 11 резервируются МСЭ-Т и устанавливаются в 0.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Если для символа синхронизации передается ERB, то в четырех старших битах поля "Количество символов синхронизации" устанавливается значение $K - 1$, а в 10 младших – номер символа синхронизации, для которого передается ERB.

Поле № 3 "Блок сообщений об ошибках" содержит действительную и мнимую части усеченных выборок ошибок, связанных с поднесущими указанной векторной полосы (указанных весторных полос). Если в сообщении R-ERROR-FEEDBACK сообщается только об одной полосе, то N_{ERB} рассчитывается так, как если бы для других полос $L_w = 0$ (см. пункт 7.2.3.3). Формат определяется в пункте 7.2.3.

10.4.3 Связанные с векторизацией сигналы VTU-O, передаваемые в фазе настройки

10.4.3.1 O-P-VECTOR 1-1

За сигналом O-P-SYNCHRO 3 следует сигнал O-P-VECTOR 1-1.

Сигнал O-P-VECTOR 1-1 идентичен сигналу O-P-VECTOR 1, за исключением того, что PSD равна MREFPSDs.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 1-1 определяется по усмотрению поставщика, но должна быть не менее 4×257 символов и не более 1024×257 символов.

Во время передачи сигнала O-P-VECTOR 1-1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Сигнал O-P-VECTOR 1-1 позволяет провести переоценку FEXT-канала в нисходящем направлении от инициализирующей линии к векторным линиям. Эта переоценка фиксирует изменения в FEXT-каналах, вызванные возможными изменениями конфигурации AFE VTU-O во время фазы раскрытия канала.

За сигналом O-P-VECTOR 1-1 следует сигнал O-P-TRAINING V1, определяющий фактическую длительность сигнала O-P-VECTOR 1-1.

10.4.3.2 O-P-TRAINING V1

Сигнал O-P-TRAINING V1 идентичен сигналу O-P-TRAINING 1, определяемому в пункте 12.3.4.3.1.1 [ITU-T G.993.2], с добавлением маркеров, указывающих позиции символов синхронизации в нисходящем направлении и позиции пилотных последовательностей в восходящем направлении. Маркеры добавляются согласно определению в пункте 10.3.3.5. Набор маркеров должен продолжаться

с учетом всех позиций символов синхронизации в нисходящем направлении с момента начала сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

Во время передачи сигнала O-P-TRAINING V1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

За сигналом O-P-TRAINING V1 следует сигнал O-P-SYNCHRO V2, который определяет фактическую продолжительность сигнала O-P-TRAINING V1.

10.4.3.3 O-P-SYNCHRO V2

Сигнал O-P-SYNCHRO V2 идентичен сигналу O-P-SYNCHRO 4, определяемому в пункте 12.3.4.3.1 [ITU-T G.993.2].

Во время передачи сигнала O-P-SYNCHRO V2 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Когда VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V2, VCE уведомляет VTU-R о том, что переоценка FEXT-каналов в восходящем направлении от инициализирующих линий к другим векторным линиям завершена и что VTU-R должен прекратить передачу сигнала R-P-VECTOR 1-1.

VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V2 только после того, как VCE обнаружит сигнал R-P-VECTOR 1-1, передаваемый как минимум в течение 4×257 символов.

За сигналом O-P-SYNCHRO V2 следует сигнал O-P-TRAINING 1.

10.4.3.4 O-P-TRAINING 1 и O-P-TRAINING 2

Эти сигналы идентичны сигналам O-P-TRAINING 1 и O-P-TRAINING 2, определяемым в пункте 12.3.4.3.1 [ITU-T G.993.2], с добавлением маркеров, указывающих позиции символов синхронизации в нисходящем направлении и позиции пилотных последовательностей в восходящем направлении (как определено в пункте 10.3.3.5). Набор маркеров должен продолжаться с учетом всех позиций символов синхронизации в нисходящем направлении с момента начала сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Отмечается положительный эффект, когда сигналы O-P-SYNCHRO 4 и O-P-SYNCHRO 5 не передаются в позициях символов синхронизации в нисходящем направлении.

10.4.3.5 O-P-VECTOR 2

За сигналом O-P-SYNCHRO 5 следует сигнал O-P-VECTOR 2.

В позициях символов синхронизации сигнала O-P-VECTOR 2 располагаются символы синхронизации, модулированные, как определено для сигнала O-P-VECTOR 1. В других позициях символов канал SOC модулируется с использованием преобразования одного байта на символ, как определено для сигнала O-P-TRAINING 2 в [ITU-T G.993.2].

Во время передачи символов синхронизации SOC находится в неактивном состоянии. Во время передачи других символов SOC находится в активном состоянии, и VTU-O передает сообщение O-IDLE.

Минимальная длительность сигнала O-P-VECTOR 2 составляет 128 символов.

За сигналом O-P-VECTOR 2 следует сигнал O-P-SYNCHRO V3, определяющий фактическую длительность сигнала O-P-VECTOR 2.

VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V3 не менее чем за 70 символов до передачи символа синхронизации (во избежание неоднозначности при подсчете символов синхронизации в VTU-R).

10.4.3.6 O-P-SYNCHRO V3

Сигнал O-P-SYNCHRO V3 идентичен сигналу O-P-SYNCHRO 5, определяемому в пункте 12.3.4.3.1.9 [ITU-T G.993.2].

Во время передачи сигнала O-P-SYNCHRO V3 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Когда VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V3, VCE уведомляет VTU-R о том, что переоценка FEXT-каналов в восходящем направлении от инициализирующих линий к другим векторным линиям завершена и что VTU-R должен прекратить передачу сигнала R-P-VECTOR 1-2. VTU-O передает

сигнал O-P-SYNCHRO V3 только после того, как VCE обнаружит, что сигнал R-P-VECTOR 1-2 передается как минимум в течение 4×257 символов.

За сигналом O-P-SYNCHRO V3 следует сигнал O-P-VECTOR 2-1.

10.4.3.7 O-P-VECTOR 2-1

Сигнал O-P-VECTOR 2-1 идентичен сигналу O-P-VECTOR 2.

Во время передачи символов синхронизации канал SOC находится в неактивном состоянии. Во время передачи других символов канал SOC находится в активном состоянии и VTU-O передает сообщение O-IDLE.

Передача сигнала O-P-VECTOR 2-1 позволяет VCE оценить FEXT-каналы в нисходящем направлении от векторных линий в инициализирующих линиях и обновить оценки FEXT-каналов в нисходящем направлении от инициализирующих линий в векторных линиях.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 2-1 определяется по усмотрению поставщика, но должна быть не менее 257 символов и не более 1024×257 символов.

За сигналом O-P-VECTOR 2-1 следует сигнал O-P-SYNCHRO V4, определяющий фактическую длительность сигнала O-P-VECTOR 2-1.

10.4.3.8 O-P-SYNCHRO V4

Сигнал O-P-SYNCHRO V4 идентичен сигналу O-P-SYNCHRO V3, определяемому в пункте 10.4.3.6.

Во время передачи сигнала O-P-SYNCHRO V4 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Когда VTU-O передает сигнал O-P-SYNCHRO V4, VCE уведомляет VTU-R о том, что оценка FEXT-каналов в нисходящем направлении в инициализирующих линиях от других векторных линий завершена и что VTU-R должен прекратить передачу сигнала R-P-VECTOR 2.

На этом фаза настройки завершается, и VTU-O переходит в фазу анализа канала и обмена, см. рисунок 10-8.

10.4.3.9 Инициализация нескольких инициализирующих линий

Когда VCE инициализирует несколько линий:

- канал перекрестных помех от инициализирующих линий в активных линиях векторной группы должен оцениваться одновременно, обеспечивая при этом передачу сигналов O-P-VECTOR 1-1 во время оценки по всем инициализирующим линиям. Это можно сделать, регулируя моменты начала и окончания сигнала O-P-VECTOR 1-1 в каждой линии;
- канал перекрестных помех в восходящем направлении между инициализирующими и активными линиями векторной группы можно оценивать одновременно, обеспечивая при этом передачу сигналов R-P-VECTOR 1-1 во время оценки по всем инициализирующим линиям. Это можно сделать, регулируя момент окончания сигнала R-P-VECTOR 1-1 с помощью сигнала O-P-SYNCHRO V2 в каждой линии;
- каналы перекрестных помех в восходящем направлении между инициализирующими и активными линиями векторной группы должны оцениваться одновременно, обеспечивая при этом передачу сигналов R-P-VECTOR 1-2 во время оценки по всем инициализирующим линиям. Это можно сделать, регулируя момент окончания сигнала R-P-VECTOR 1-2 с помощью сигнала O-P-SYNCHRO V3 в каждой линии;
- канал перекрестных помех в нисходящем направлении от активных линий в инициализирующих линиях векторной группы должен оцениваться одновременно, обеспечивая при этом передачу сигналов O-P-VECTOR 2-1 во время оценки по всем инициализирующим линиям. Это можно сделать, регулируя момент окончания сигнала O-P-VECTOR 2-1 с помощью сигнала O-P-SYNCHRO V4 в каждой линии.

10.4.4 Связанные с векторизацией сигналы VTU-R, передаваемые в фазе настройки

10.4.4.1 R-P-QUIET V1

За сигналом R-P-SYNCHRO 3 следует сигнал R-P-QUIET V1.

Сигнал R-P-QUIET V1 идентичен сигналу R-P-QUIET 2.

Во время передачи сигнала R-P-QUIET V1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Длительность сигнала R-P-QUIET V1 регулируется блоком VTU-O. Обнаружив сигнал O-P-TRAINING V1, VTU-R завершает передачу сигнала R-P-QUIET V1 и начинает передачу сигнала R-P-VECTOR 1-1.

10.4.4.2 R-P-VECTOR 1-1

Сигнал R-P-VECTOR 1-1 идентичен сигналу R-P-VECTOR 1, за исключением того, что его PSD равна MREFPSD_{us}.

Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 1-1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

VTU-R должен использовать значение опережения синхронизации, рассчитанное в фазе раскрытия канала, для обеспечения того, чтобы символы синхронизации инициализирующей линии в VTU-O были выровнены с символами синхронизации векторных линий.

Сигнал R-P-VECTOR 1-1 позволяет проводить переоценку FEXT-каналов в восходящем направлении между инициализирующей линией и векторными линиями. Эта переоценка фиксирует изменения в FEXT-каналах, вызванные возможными изменениями конфигураций AFE VTU-O во время фазы раскрытия канала.

Длительность сигнала R-P-VECTOR 1-1 регулируется блоком VTU-O. VTU-R должен завершить передачу сигнала R-P-VECTOR 1-1 в течение 64 символов после последнего символа сигнала O-P-SYNCHRO V2. Длительность сигнала R-P-VECTOR 1-1 не должна превышать 1024×257 символов.

За сигналом R-P-VECTOR 1-1 следует сигнал R-P-TRAINING 1.

10.4.4.3 R-P-VECTOR 1-2

За сигналом R-P-SYNCHRO 5 следует сигнал R-P-VECTOR 1-2. Сигнал R-P-VECTOR 1-2 идентичен сигналу R-P-VECTOR 1-1.

Во время передачи сигнала R-P-VECTOR 1-2 канал SOC находится в неактивном состоянии.

Сигнал R-P-VECTOR 1-2 позволяет проводить переоценку FEXT-каналов в восходящем направлении между инициализирующей линией и векторными линиями. Эта переоценка фиксирует изменения в FEXT-каналах, вызванные возможными изменениями опережения синхронизации в фазе настройки.

Длительность сигнала R-P-VECTOR 1-2 регулируется блоком VTU-O. VTU-R должен завершить передачу сигнала R-P-VECTOR 1-2 в течение 64 символов после последнего символа сигнала O-P-SYNCHRO V3. Длительность сигнала R-P-VECTOR 1-2 не должна превышать 1024×257 символов.

За сигналом R-P-VECTOR 1-2 следует сигнал R-P-SYNCHRO V1.

10.4.4.4 R-P-SYNCHRO V1

Сигнал R-P-SYNCHRO V1 идентичен сигналу R-P-SYNCHRO 5, определяемому в пункте 12.3.4.3.2.9 [ITU-T G.993.2].

Во время передачи сигнала R-P-SYNCHRO V1 канал SOC находится в неактивном состоянии.

За сигналом R-P-SYNCHRO V1 следует сигнал R-P-VECTOR 2.

10.4.4.5 R-P-VECTOR 2

В позициях символов синхронизации сигнала R-P-VECTOR 2 располагаются символы синхронизации, модулированные, как определено для сигнала R-P-VECTOR 1. В других позициях символы модулируются как для сигнала R-P-TRAINING 2, с установлением расширенного канала SOC.

Передача сигнала R-P-VECTOR 2 позволяет VCE оценить FEXT-каналы в восходящем направлении от векторных линий в инициализирующих линиях и обновить оценки FEXT-каналов в восходящем направлении от инициализирующих линий в векторных линиях.

Во время передачи символов синхронизации канал SOC находится в неактивном состоянии. Во время передачи других символов канал SOC находится в активном состоянии, и VTU-R передает сообщение R-IDLE или сообщение R-ERROR-FEEDBACK.

Длительность сигнала R-P-VECTOR 2 регулируется блоком VTU-O. VTU-R должен завершить передачу сигнала R-P-VECTOR 2 в течение 64 символов после последнего символа сигнала O-P-SYNCHRO V4.

За сигналом R-P-VECTOR 2 следует сигнал R-P-SYNCHRO V2.

Чтобы установить расширенный SOC, символы R-P-VECTOR 2 с активным SOC модулируются с преобразованием битов, как определено в таблице 10-15, причем количество битов на символ рассчитывается по формуле

$$N_{\text{bitspersymbol}} = \frac{16}{10 \cdot R},$$

где $1/R$ – целое, кратное 10, в диапазоне [10, 120], как указано в сообщении O-TA_UPDATE.

Таблица 10-15 – Преобразование битов R-P-VECTOR 2

Индекс поднесущей	Точка совокупности
5, 10, 15, ..., $5n$, ...	00
1, $1/R + 1$, $2/R + 1$, ..., $n/R + 1$, ...	Биты 0 и 1 сообщения SOC
2, $1/R + 2$, $2/R + 2$, ..., $n/R + 2$, ...	Биты 2 и 3 сообщения SOC
...	...
$10k + m$, $1/R + 10k + m$, $2/R + 10k + m$, ..., $n/R + 10k + m$, ..., где $k = 0, 1, 2, \dots, \frac{1}{10 \cdot R} - 1$ и $m = 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9$	Биты $16k + f(m)$ и $16k + f(m) + 1$ сообщения SOC, где $f(m) = \begin{cases} 2m - 2, & \text{если } m = 1, 2, 3, 4 \\ 2m - 4, & \text{если } m = 6, 7, 8, 9 \end{cases}$
...	...
$1/R - 1$, $2/R - 1$, $3/R - 1$, ..., $n + 1/R - 1$, ...	Биты $\frac{16}{10 \cdot R} - 2$ и $\frac{16}{10 \cdot R} - 1$ сообщения SOC

ПРИМЕЧАНИЕ. – В [ITU-T G.993.2] преобразование битов SOC допускает 16 битов на символ. Для ускорения передачи усеченных выборок ошибок объект VCE может расширять диапазон преобразования битов SOC шагами по 16 битов на символ, от 16 до 192 битов на символ, уменьшая количество повторений этих битов в каждом символе. При работе со скоростью 4000 символов/с это позволяет повысить битовую скорость передачи по каналу SOC с 64 кбит/с (как указано в [ITU-T G.993.2]) до 768 кбит/с при шаге 64 кбит/с. При работе со скоростью 8000 символов/с это позволяет повысить битовую скорость передачи по каналу SOC с 128 кбит/с (как указано в [ITU-T G.993.2]) до 1536 кбит/с при шаге 128 кбит/с.

10.4.4.6 R-P-SYNCHRO V2

Сигнал R-P-SYNCHRO V2 идентичен сигналу R-P-SYNCHRO V1.

Во время передачи сигнала R-P-SYNCHRO V2 канал SOC находится в неактивном состоянии.

На этом фаза настройки завершается, и VTU-R переходит в фазу анализа канала и обмена, см. рисунок 10-8.

10.5 Фаза анализа канала и обмена

10.5.1 Обзор

В фазе анализа канала и обмена не требуется никаких изменений по сравнению с [ITU-T G.993.2], за исключением поля параметра согласно ITU-T G.993.5, определяемого для сообщения O-PMS.

10.5.2 Измененные сообщения SOC, передаваемые в фазе анализа канала и обмена

10.5.2.1 O-PMS

Сообщение O-PMS (определяемое в таблице 12-46 [ITU-T G.993.2]), которое передается во время сигнала O-P-MEDLEY, содержит поле параметров согласно ITU-T G.993.5. В поле параметров согласно ITU-T G.993.5 входят несколько параметров, необходимых для подавления FEXT, как показано в таблице 10-16.

Таблица 10-16 – Поле параметров согласно ITU-T G.993.5 в сообщении O-PMS

Поле	Наименование поля	Формат
1	Длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5	1 байт
2	Инкапсуляция обратного канала в рабочем режиме	1 байт
3	MAC-адрес VCE Ethernet уровня 2	6 байтов
4	Line_ID Ethernet уровня 2	2 байта

В поле № 1 "Длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5" указывается длина поля параметров согласно ITU-T G.993.5 в байтах, исключая поле длины поля параметров согласно ITU-T G.993.5. Все поля, приведенные в таблице 10-16, включаются в сообщение O-PMS. Это поле представляется как целое число без знака.

Поле № 2 "Инкапсуляция обратного канала в рабочем режиме" определяет, инкапсулируется ли обратный канал в рабочем режиме в сообщения eoc или в пакеты Ethernet уровня 2. В этом поле устанавливается значение 00₁₆ при инкапсуляции eoc и 01₁₆ при инкапсуляции Ethernet уровня 2. Другие значения резервируются для МСЭ-Т.

Поле № 3 "MAC-адрес VCE Ethernet уровня 2" определяет MAC-адрес VCE, подлежащий использованию NT в качестве MAC-адреса назначения при инкапсуляции в пакеты Ethernet уровня 2. При использовании инкапсуляции eoc во всех байтах этого поля устанавливается значение 00₁₆.

Поле № 4 "Line_ID Ethernet уровня 2" определяет значение Line_ID, которое NT использует при инкапсуляции в пакеты Ethernet уровня 2. Line_ID вставляется в пакеты Ethernet в виде первых двух байтов полезной нагрузки (см. рисунок 7-9). При использовании инкапсуляции eoc в этом поле устанавливается значение 0000₁₆.

10.6 Переход от инициализации к рабочему режиму

Последний символ сигнала O-P-SYNCHRO 6 передается в позиции символа синхронизации в нисходящем направлении, так что первый символ рабочего режима представляет собой символ данных, передаваемый на символе с номером 0 в нисходящем направлении.

Первый символ DMT, следующий за сигналом O-P-SYNCHRO 6 в фазе анализа канала и обмена, – это первый символ рабочего режима в нисходящем направлении. Начиная с первого символа рабочего режима, применяются настройки параметров PMD, PMS-TC и TPS-TC, согласованные во время фазы анализа канала и обмена.

Последний символ сигнала R-P-SYNCHRO 6 передается в позиции символа синхронизации в восходящем направлении, так что первый символ рабочего режима представляет собой символ данных, передаваемый на символе с номером 0 в восходящем направлении.

Первый символ DMT, следующий за сигналом R-P-SYNCHRO 6, представляет собой первый символ рабочего режима в восходящем направлении. Начиная с первого символа рабочего режима, применяются настройки параметров PMD, PMS-TC и TPS-TC, согласованные во время фазы анализа канала и обмена.

Последний символ R-P-SYNCHRO 6 передается не менее чем через 15 и не более чем через 15 + 64 + 257 символов после передачи последнего символа O-P-SYNCHRO 6.

Позиции символов синхронизации в нисходящем направлении и пилотная последовательность в нисходящем направлении, установленные при инициализации, сохраняются и в рабочем режиме.

В рабочем режиме каждый символ синхронизации в нисходящем направлении модулируется пилотной последовательностью в нисходящем направлении (см. пункт 6.2.3).

Позиции символов синхронизации в восходящем направлении и пилотная последовательность в восходящем направлении, установленные при инициализации, сохраняются и в рабочем режиме. В рабочем режиме каждый символ синхронизации в восходящем направлении модулируется пилотной последовательностью в восходящем направлении (см. пункт 7.3.3).

10.7 Процедуры режима диагностики шлейфа

10.7.1 Обзор

Процедура режима диагностики шлейфа, описываемая в этом разделе, основана на процедуре инициализации, определяемой в пунктах 10.1–10.6, с добавлением специальных шагов для режима диагностики шлейфа и без передачи сообщений R-ERROR-FEEDBACK.

Если в сообщении MS установлена кодовая точка режима диагностики шлейфа (см. пункты 12.3.2.1.2 и 12.3.2.2.2 [ITU-T G.993.2]), то режим диагностики шлейфа вводится по завершении фазы квитирования [ITU-T G.994.1]. Режим диагностики шлейфа вводится по запросу любого из VTU. Режим диагностики шлейфа должен поддерживаться в обоих блоках VTU.

Последовательность этапов в режиме диагностики шлейфа та же, что и при инициализации (как определено в пунктах 10.1–10.6), до фазы анализа канала и обмена, в которой происходит обмен контролируруемыми параметрами, перечисленными в таблице 12-64 [ITU-T G.993.2] и определяемыми в пункте 11.4.1 [ITU-T G.993.2]. Однако измерение контролируемых параметров шума тихой линии (QLN) и функции характеристик канала (Hlog) и обмен ими происходят в фазе раскрытия канала, как описывается в пункте 12.4.3 [ITU-T G.993.2].

Лимиты времени, указанные в пункте 12.3.1 [ITU-T G.993.2], к режиму диагностики шлейфа не применяются. Значения лимитов времени подлежат дальнейшему изучению.

10.7.1.1 Преобразование сообщений SOC в режиме диагностики шлейфа

См. пункт 12.4.1.1 [ITU-T G.993.2].

10.7.2 Фазы раскрытия канала и настройки в режиме диагностики шлейфа

10.7.2.1 Обмен сообщениями SOC в фазах раскрытия канала и настройки в режиме диагностики шлейфа

Сообщения SOC в фазах раскрытия канала и настройки для режима диагностики шлейфа те же, что и для процедуры инициализации, описываемой соответственно в пунктах 10.3 и 10.4, за исключением сообщений O-PRM, R-PRM, R-MSG1 и O-TA_UPDATE.

10.7.2.1.1 O-PRM и R-PRM

Измерение контролируемых параметров QLN и функции характеристик канала (Hlog) и обмен ими происходят в фазе раскрытия канала с помощью сообщений O-PRM-LD и R-PRM-LD, описываемых в пункте 12.4.2.1 [ITU-T G.993.2], которые заменяют сообщения O-PRM и R-PRM.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Поля № 13 и 14 сообщений O-PRM и R-PRM содержат поле параметров согласно ITU-T G.998.4 и поле параметров согласно ITU-T G.993.5. Тогда как поля № 13 и 14 сообщений O-PRM-LD и R-PRM-LD содержат QLN и Hlog.

10.7.2.1.2 R-MSG1 (дополнение к пункту 10.3.2.2)

Поле № 2 "Максимальное количество символов оценки FEXT на суперкадр" определяет максимальное количество ($K_{\max}$) символов в суперкадре, для которого VTU-R поддерживает передачу выборок ошибок. Это поле имеет формат целого числа без знака со значением $K_{\max} = 0$.

Поле № 3 "Поддержка дополнительных параметров управления обратным каналом" указывает дополнительные значения параметров управления, поддерживаемые VTU-R. Это поле имеет формат целого числа без знака со значением 00₁₆.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Этот текст идентичен пункту Y.10.3.2.2 Приложения Y к [ITU-T G.993.2].

10.7.2.1.3 O-TA_UPDATE (дополнение к пункту 10.4.2.1)

Поле № 2 "Параметры управления сообщениями об ошибках" определяет параметры управления для каждой из векторных полос, указанных в сообщении O-SIGNATURE. VTU-R должен игнорировать параметры управления сообщениями об ошибках.

Поле № 3 "Коэффициент повторения SOC" определяет коэффициент повторения SOC, $1/R$, установленный VCE. VTU-R должен игнорировать это поле.

Поле № 4 "Количество символов оценки FEXT на суперкадр" определяет количество символов (K) в суперкадре, для которого передается усеченная выборка ошибок. Это поле имеет формат целого числа без знака со значением $K = 0$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Этот текст идентичен пункту Y.10.4.2.1 Приложения Y к [ITU-T G.993.2], за исключением поля № 3.

10.7.2.2 Сигналы, передаваемые в фазах раскрытия канала и настройки

Сигналы, передаваемые в фазах раскрытия канала и настройки, те же, что и определенные в пунктах 10.3 и 10.4 для инициализации, со следующими исключениями:

- преобразование сообщения SOC должно быть таким, как определено в пункте 12.4.1.1 [ITU-T G.993.2];
- длительность сигнала O-P-QUIET 1 должна составлять не менее 8192 символов, но не более 16 384 символов;
- определение R-P-VECTOR 2.

10.7.2.2.1 R-P-VECTOR 2 (взамен пункта 10.4.4.5)

В позициях символов синхронизации сигнала R-P-VECTOR 2 располагаются символы синхронизации, модулированные, как определено для сигнала R-P-VECTOR 1. В других позициях символы модулируются так же, как для сигнала R-P-TRAINING 2, с преобразованием сообщения SOC, определяемым в пункте 12.4.1.1 [ITU-T G.993.2].

Передача сигнала R-P-VECTOR 2 позволяет VCE провести оценку FEXT-каналов в восходящем направлении от векторных линий в инициализирующих линиях и обновить оценки FEXT-каналов в восходящем направлении от инициализирующих линий в векторных линиях.

Во время передачи символов синхронизации канал SOC находится в неактивном состоянии. Во время передачи других символов канал SOC находится в активном состоянии, и VTU-R передает сообщение R-IDLE.

Длительность сигнала R-P-VECTOR 2 регулируется блоком VTU-O. VTU-R должен завершить передачу сигнала R-P-VECTOR 2 в течение 64 символов после последнего символа сигнала O-P-SYNCHRO V4.

За сигналом R-P-VECTOR 2 следует сигнал R-P-SYNCHRO V2.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Сигнал R-P-VECTOR 2 в режиме диагностики шлейфа идентичен сигналу R-P-VECTOR 2, определяемому в пункте 10.4.4.5 для инициализации, без расширенного SOC и с передачей блоком VTU-R сообщения R-IDLE вместо сообщений R-ERROR-FEEDBACK.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Этот текст идентичен пункту Y.10.4.4.5 Приложения Y к [ITU-T G.993.2], за исключением преобразования сообщений SOC.

10.7.3 Фаза анализа канала и обмен в режиме диагностики шлейфа

Рекомендация МСЭ-Т G.993.5 не требует никаких изменений для фазы анализа канала и обмена в режиме диагностики шлейфа по сравнению с описанием этого режима в [ITU-T G.993.2].

11 Параметры конфигурации и контролируемые параметры

В настоящей Рекомендации определяются параметры конфигурации и контролируемые параметры, которые должны быть доступны в информационной базе управления центральной станции (CO-MIB). Параметры конфигурации определяются в пункте 11.1. Контролируемые параметры определяются в пункте 11.2. Параметры конфигурации и контролируемые параметры определяются в [ITU-T G.997.1] как объекты управления, доступные через Q-интерфейс.

11.1 Параметры конфигурации

11.1.1 Включение/отключение функции подавления FEXT

Этот параметр конфигурации определяется для каждой линии в группе векторных линий. Он включает или отключает функцию подавления FEXT в какой-то линии векторной группы от всех других векторных линий. Если для какой-то линии функция подавления FEXT отключена, то в этой линии векторной группы не производится подавление FEXT ни от каких других векторных линий.

Этот параметр конфигурации определяется независимо для восходящего или нисходящего направлений.

11.1.2 Полосы частот, для которых не требуется подавления FEXT

Этот параметр конфигурации представляет собой совокупность пар индексов поднесущих. Каждая пара – это начальный и конечный индексы поднесущих полосы частот, для которых подавление FEXT не требуется. Можно настроить до восьми полос частот.

Ко всем линиям векторной группы применяется одна и та же конфигурация.

Этот параметр конфигурации определяется независимо для восходящего или нисходящего направлений.

11.1.3 Целевая NDR/целевая ETR

Оба параметра конфигурации – "целевая эффективная скорость передачи данных" (целевая NDR) и "целевая ожидаемая пропускная способность" (целевая ETR) – определяются для каждой линии группы векторных линий. Эти параметры конфигурации помогают VCE принимать решение о распределении ресурсов векторного узла доступа (AN) между линиями векторной группы для подавления FEXT. Из-за ограниченных ресурсов векторный AN может оказаться не в состоянии уменьшить негативное влияние всех источников FEXT в каждой отдельной линии векторной группы. Поэтому VCE может ограничить количество подавляемых источников перекрестных помех для каждой векторной линии.

11.1.3.1 Целевая NDR

Для каждой линии параметр конфигурации "целевая NDR" устанавливает ожидаемую скорость NDR, достижимую для линии, когда все линии векторной группы активны и работают без использования повторной передачи по схеме ITU-T G.998.4, или же ему может быть присвоено особое значение, указывающее, что оператором не выбрана какая-либо целевая NDR.

Если целевая NDR настроена оператором и во время инициализации для соответствующего направления повторная передача по схеме ITU-T G.998.4 не выбрана, то VCE выделяет достаточные ресурсы таким образом, чтобы NDR была не меньше целевой. Если во время инициализации NDR меньше целевого значения, но больше минимальной NDR (*net_min*, см. Приложение К к [ITU-T G.993.2]), VTU все равно переходит в рабочий режим.

Этот параметр конфигурации определяется независимо для восходящего или нисходящего направлений.

Этот параметр конфигурации соответствует параметру TARGET_NDR согласно ITU-T G.997.1 (см. пункт 7.3.2.20.2 [ITU-T G.997.1]) в CO-MIB.

11.1.3.2 Целевая ETR

Для каждой линии параметр конфигурации "целевая ETR" устанавливает ожидаемую ETR, достижимую для линии, когда все линии векторной группы активны и работают с использованием повторной передачи по схеме ITU-T G.998.4, или же ему может быть присвоено особое значение, указывающее, что оператором не выбрана какая-либо целевая ETR.

Если целевая ETR настроена оператором и во время инициализации для соответствующего направления выбрана повторная передача по схеме ITU-T G.998.4, то VCE выделяет достаточные ресурсы таким образом, чтобы ETR была не меньше целевой. Если во время инициализации ETR меньше целевого значения, но больше минимальной ETR (*ETR_min*, см. пункт 7 [ITU-T G.998.4]), VTU все равно переходит в рабочий режим.

Этот параметр конфигурации определяется независимо для восходящего или нисходящего направлений.

Этот параметр конфигурации соответствует параметру TARGET_ETR согласно ITU-T G.997.1 (см. пункт 7.3.2.20.1 [ITU-T G.997.1]) в CO-MIB.

11.1.4 Приоритеты линий

Этот параметр конфигурации помогает VCE принимать решение о распределении ресурсов векторных AN между линиями векторной группы для подавления FEXT. Из-за ограниченных ресурсов векторный AN может оказаться не в состоянии уменьшить негативное влияние всех источников FEXT в каждой отдельной линии векторной группы. Поэтому VCE может ограничить количество подавляемых источников перекрестных помех для каждой векторной линии.

Соблюдение параметра конфигурации "приоритеты линий" необязательно. Если этот параметр конфигурации поддерживается, он определяется для каждой линии в группе векторных линий. Для его соблюдения VCE должен сначала выделить достаточные ресурсы таким образом, чтобы целевая NDR (если для соответствующего направления повторная передача по схеме ITU-T G.998.4 не выбрана) или целевая ETR (если для соответствующего направления выбрана повторная передача по схеме ITU-T G.998.4) соблюдалась для всех линий векторной группы. Впоследствии VCE использует настроенные уровни приоритета линий для распределения оставшихся ресурсов между линиями для дальнейшего улучшения значений NDR/ETR.

Для каждой линии векторной группы настраивается НИЗКИЙ или ВЫСОКИЙ приоритет, или же может быть установлено особое значение, указывающее, что оператор не настроил приоритеты линий. VCE выделяет дополнительные ресурсы для линии с ВЫСОКИМ приоритетом, чтобы еще более увеличить показатели NDR/ETR сверх целевых значений (например, путем дополнительного снижения уровня FEXT). VCE не выделяет дополнительные ресурсы для линии с ВЫСОКИМ приоритетом, если в этой линии уже достигнута максимальная NDR (*net_max*, см. Приложение К к [ITU-T G.993.2]). Если условие максимальной NDR выполняется для всех векторных линий с ВЫСОКИМ приоритетом, то VCE может распределить оставшиеся ресурсы векторным линиям с НИЗКИМ приоритетом, чтобы увеличить показатели NDR/ETR сверх целевых значений.

ПРИМЕЧАНИЕ. – VCE, обладающему достаточными ресурсами, может не понадобиться использование настроенных приоритетов линий для распределения своих ресурсов; в таких случаях VCE может игнорировать настроенные приоритеты линий.

Этот параметр конфигурации определяется независимо для восходящего или нисходящего направлений.

11.1.5 Запрашиваемый размер группы поднесущих *Xlin* (XLINGREQ)

Этот параметр представляет собой запрашиваемое значение *XLING* (см. пункты 11.2.1.2 и 11.2.2.2). Передаваемое значение *XLING* должно быть наименьшим поддерживаемым значением, равным или превышающим *XLINGREQ*.

Этот параметр конфигурации определяется независимо для восходящего или нисходящего направлений.

11.2 Контролируемые параметры

11.2.1 Коэффициенты связи FEXT в нисходящем направлении (Xlinpsds)

11.2.1.1 Определение коэффициентов связи FEXT в нисходящем направлении (Xlinpsds)

Вносимое усиление FEXT от линии L_2 в линию L_1 в нисходящем направлении на частоте f , $FEXT_{IG_DS_{L1,L2}}(f)$, определяется как отношение принимаемого напряжения FEXT в нагрузке сопротивлением 100 Ом на линии L_1 к напряжению передачи (в нагрузке сопротивлением 100 Ом) на линии L_2 . Если напряжение передачи на линии L_2 в нагрузке сопротивлением 100 Ом равно $V_{REFERENCE_O}(f)$, а принимаемое напряжение FEXT на линии L_1 , когда оба конца линии подключаются к нагрузке 100 Ом, как показано на рисунке 11-1, равно $V_{FEXT_R}(f)$, то вносимое усиление FEXT в нисходящем направлении от линии L_2 в линию L_1 по линейной шкале определяется по следующей формуле:

$$FEXT_IG_DS_{L1,L2}(f) = \frac{V_FEXT_R(f)}{V_REFERENCE_O(f)}.$$

Коэффициент связи FEXT в нисходящем направлении от линии L_2 в линию L_1 на частоте f определяется как отношение вносимого усиления FEXT от линии L_2 в линию L_1 к вносимому усилению линии L_1 по прямому каналу (или характеристической функции канала H линии L_1) следующим образом:

$$Xlinds_{L1,L2}(f) = \frac{FEXT_IG_DS_{L1,L2}(f)}{H_{L1}(f)}.$$

Коэффициент связи FEXT в нисходящем направлении также можно определить исходя из напряжения $V_DIRECT_R(f)$, принимаемого на линии L_1 по прямому каналу, к принимаемому напряжению FEXT-канала на линии L_1 :

$$Xlinds_{L1,L2}(f) = \frac{V_FEXT_R(f)}{V_DIRECT_R(f)},$$

где, как показано на рисунке 11-2, $V_DIRECT_R(f)$ – принимаемое напряжение в нагрузке 100 Ом на линии L_1 , когда передатчик с напряжением передачи $V_REFERENCE_O(f)$ (в нагрузке 100 Ом) "замораживается" в своем состоянии передачи и подключается к той же линии. Как показано на рисунке 11-1, $V_FEXT_R(f)$ – это принимаемое напряжение на линии L_1 , соединяемой с нагрузкой 100 Ом с обеих сторон, когда к линии L_2 подключается передатчик с тем же напряжением передачи.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Это определение не зависит от значения $V_REFERENCE_O(f)$. Однако оно должно быть того же порядка, что и типичные значения напряжения передачи в линии.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Приведенное выше определение не зависит ни от каких фильтров приемника, поскольку влияние фильтра приемника в линии L_1 входит как в числитель, так и в знаменатель и сокращается.

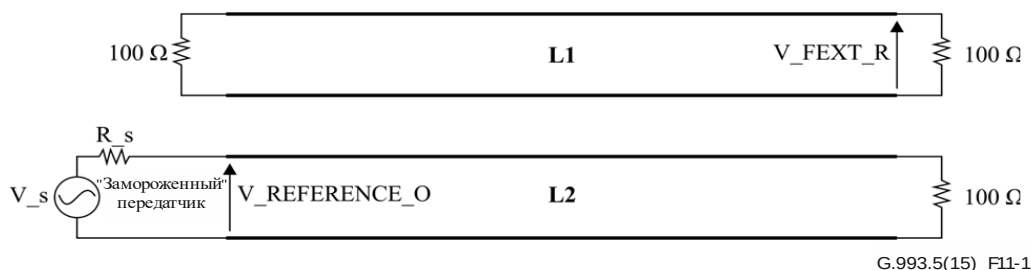


Рисунок 11-1 – Определение $Xlin$ в нисходящем направлении (принимаемое напряжение FEXT-канала)

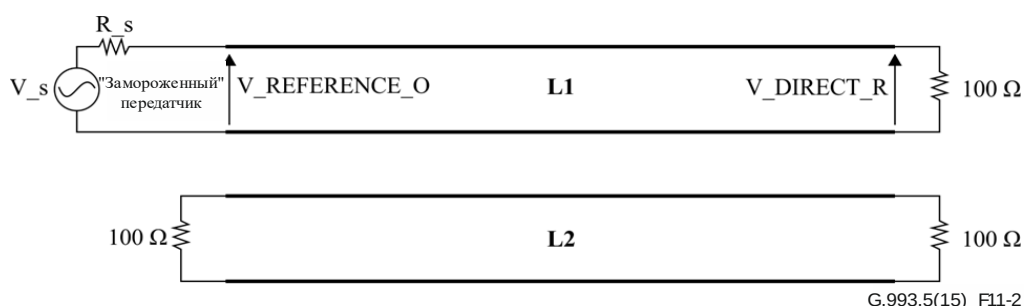


Рисунок 11-2 – Определение $Xlin$ в нисходящем направлении (принимаемое напряжение прямого канала)

11.2.1.2 Передача коэффициентов связи FEXT в нисходящем направлении ($Xlinpsds$)

Каждая полоса частот, в которой сохраняются и передаются коэффициенты связи FEXT нисходящего потока $Xlinpsds_{i,k}$ ($n \times \Delta f$), представляется парой значений индексов (`start_subcarrier_index`, `stop_subcarrier_index`). Передаваемый параметр $XLINBANDSds$ представляет собой совокупность таких пар в порядке возрастания частоты.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значения индексов $start_subcarrier_index$ и $stop_subcarrier_index$ могут не совпадать с определенными границами схемы полос.

Коэффициенты связи FEXT в нисходящем направлении $Xlinpsds_{i,k} (n \times \Delta f)$ хранятся и передаются объекту управления по запросу как минимум для всех пар индексов линий (i, k) в векторной группе и индексов поднесущих n , для которых оцениваются или подавляются помехи FEXT из линии k в линию i в нисходящем направлении в полосе частот, содержащей индекс поднесущей n , и

$$n \in \bigcup_{bands} \{start_subcarrier_index + m \times XLINGds : m = 0 \dots [(stop_subcarrier_index - start_subcarrier_index)/XLINGds]\},$$

где $\lfloor x \rfloor$ – округление до меньшего целого числа.

В этом описании значение $XLINGds$ представляет собой размер группы поднесущих, для которых передаются коэффициенты связи FEXT, и оно ограничивается степенями числа 2; это должно быть наименьшее поддерживаемое значение, равное или большее $XLINGREQds$ (см. пункт 11.1.5) и меньшее или равное 64, ограниченное максимальным числом в 511 поднесущих.

Характеристическая функция канала $Xlinpsds_{i,k} (n \times \Delta f)$ представляется в линейном формате масштабным коэффициентом и нормализованным комплексным числом $a(n) + j \times b(n)$, где n – это индекс поднесущей. Масштабный коэффициент $XLINSCds$ кодируется 16-битовым целым числом без знака. Значения $a(n)$ и $b(n)$ кодируются 16-битовыми целыми числами со знаком в формате дополнения до 2. Значение $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f)$ определяется как $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f) = (XLINSCds/2^{15}) \times (a(n) + j \times b(n))/2^{15}$. Для максимальной точности масштабный коэффициент $XLINSCds$ выбирается так, чтобы значение $\max(|a(n)|, |b(n)|)$ для всех n было равно $2^{15} - 1$.

Этот формат данных поддерживает гранулярность $Xlin(f) 2^{-15}$, и динамический диапазон $Xlin(f)$ приблизительно охватывает значения от +6 дБ до –90 дБ.

Значение $Xlinpsds_{i,j} (n \times \Delta f)$, указываемое при $a(n) = b(n) = -2^{15}$, – это особое значение. Оно указывает на то, что для поднесущей n не могут быть выполнены никакие измерения от линии k в линию i .

Значение $Xlinpsds_{i,j} (n \times \Delta f)$ при $a(n) \geq 0$ и $b(n) = 0$ для всех передаваемых n – это еще одно особое значение, указывающее на отсутствие информации о фазе, когда величина $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f)$ составляет $(XLINSCds/2^{15}) \times (a(n))/2^{15}$.

Величина $Xlinpsds_{i,k} (n \times \Delta f)$ в децибелах равна $Xlogpsds_{i,k} (n \times \Delta f)$:

$$Xlogpsds_{i,k} (n \times \Delta f) = 20 \log_{10}(|Xlinpsus_{i,k} (n \times \Delta f)|).$$

Все требования к точности для $Xlinpsus$ формулируются только в отношении величины ($Xlogpsds$).

Требования к точности для $Xlogpsds$ допускают, что $Xlogpsds$ может быть логарифмом величины элементов аппроксимации Тейлора первого порядка в отношении обратной матрицы прекодера (см. рисунок 6-1). Другие требования к точности для $Xlogpsds$ подлежат дальнейшему изучению.

11.2.2 Коэффициенты связи FEXT в восходящем направлении ($Xlinpsus$)

11.2.2.1 Определение коэффициентов связи FEXT в восходящем направлении ($Xlinpsus$)

Вносимое усиление FEXT от линии L_2 в линию L_1 в восходящем направлении на частоте f , $FEXT_{IG_US_{L1,L2}}(f)$, определяется как отношение принимаемого напряжения FEXT на нагрузку сопротивлением 100 Ом в линии L_1 к напряжению передачи (на нагрузке сопротивлением 100 Ом) в линии L_2 . Если напряжение передачи в линии L_2 на нагрузке 100 Ом равно $V_REFERENCE_R(f)$, а принимаемое напряжение FEXT в линии L_1 , когда оба конца линии нагружены на 100 Ом, как показано на рисунке 11-3, равно $V_FEXT_O(f)$, то вносимое усиление FEXT в восходящем направлении от линии L_2 в линию L_1 по линейной шкале определяется по следующей формуле:

$$FEXT_{IG_US_{L1,L2}}(f) = \frac{V_{FEXT_O(f)}}{V_{REFERENCE_R(f)}}.$$

Коэффициент связи FEXT в восходящем направлении от линии L_2 в линию L_1 на частоте f определяется как отношение вносимого усиления FEXT от линии L_2 в линию L_1 к вносимому усилению линии L_2 по прямому каналу (или характеристической функции канала H линии L_2) следующим образом:

$$Xlinus_{L1,L2}(f) = \frac{FEXT_IG_US_{L1,L2}(f)}{H_{L2}(f)}.$$

Коэффициент связи FEXT в восходящем направлении также можно представить как отношение принимаемого в линии L_2 напряжения $V_DIRECT_O(f)$ по прямому каналу к принимаемому в линии L_1 напряжению FEXT-канала:

$$Xlinus_{L1,L2}(f) = \frac{V_FEXT_O(f)}{V_DIRECT_O(f)},$$

где, как показано на рисунке 11-4, $V_DIRECT_O(f)$ – это принимаемое напряжение на нагрузке 100 Ом в линии L_2 , когда передатчик с напряжением передачи $V_REFERENCE_R(f)$ (на нагрузке 100 Ом) "замораживается" в своем состоянии передачи и соединяется с той же линией. Как показано на рисунке 11-3, $V_FEXT_O(f)$ – это принимаемое напряжение в линии L_1 , подключенной к нагрузке 100 Ом с обеих сторон, когда с линией L_2 соединяется передатчик с тем же напряжением передачи.

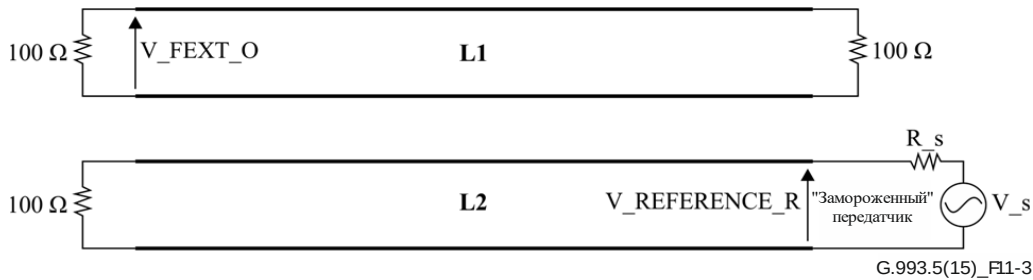


Рисунок 11-3 – Определение $Xlin$ в восходящем направлении (принимаемое напряжение FEXT-канала)

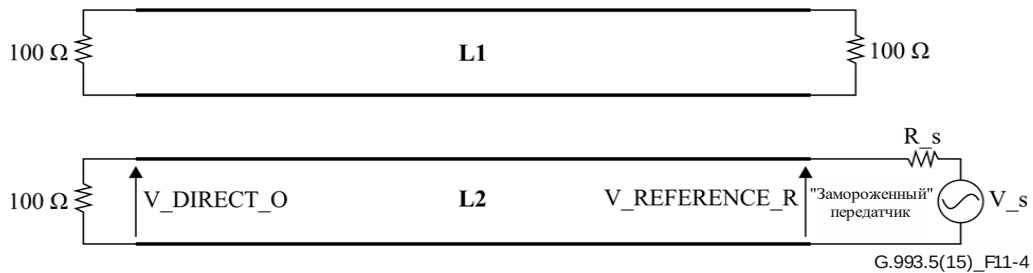


Рисунок 11-4 – Определение $Xlin$ в восходящем направлении (принимаемое напряжение по прямому каналу)

11.2.2.2 Передача коэффициентов связи FEXT в восходящем направлении ($Xlinpsus$)

Каждая полоса частот, по которой сохраняются и передаются коэффициенты связи FEXT восходящего потока $Xlinpsus_{i,k}$ ($n \times \Delta f$), представляется парой значений индексов ($start_subcarrier_index$, $stop_subcarrier_index$). Передаваемый параметр $XLINBANDSus$ представляет собой совокупность таких пар в порядке возрастания частоты.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значения индексов $start_subcarrier_index$ и $stop_subcarrier_index$ могут не совпадать с определенными границами частотного плана.

Коэффициенты связи FEXT в восходящем направлении $Xlinpsus_{i,k}$ ($n \times \Delta f$) сохраняются и передаются объекту управления по запросу как минимум для всех пар индексов линий (i, k) векторной группы и индексов поднесущих n , для которых оцениваются или подавляются помехи FEXT от линии k в линию i в восходящем направлении в полосе частот, содержащей поднесущую с индексом n , и

$$n \in \bigcup_{bands} \{start_subcarrier_index + m \times XLINGus : m = 0 \dots [(stop_subcarrier_index - start_subcarrier_index)/XLINGus]\},$$

где $\lfloor x \rfloor$ – округление до меньшего целого числа.

В этом описании значение $XLINGus$ представляет собой размер группы поднесущих, для которых передаются коэффициенты связи FEXT, и оно ограничивается степенями числа 2; оно равно или больше $XLINGREQus$ (см. пункт 11.1.5), меньше или равно 64 и ограничивается максимальным числом в 511 поднесущих.

Характеристическая функция канала $Xlinpsus_{i,k} (n \times \Delta f)$ представляется в линейном формате масштабным коэффициентом и нормализованным комплексным числом $a(n) + j \times b(n)$, где n – индекс поднесущей. Масштабный коэффициент $XLINSCus$ кодируется 16-битовым целым числом без знака. Значения $a(n)$ и $b(n)$ кодируются 16-битовыми целыми числами со знаком в формате дополнения до 2. Значение $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f)$ определяется как $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f) = (XLINSCus/2^{15}) \times (a(n) + j \times b(n))/2^{15}$. Для максимальной точности масштабный коэффициент $XLINSCus$ выбирается так, чтобы значение $\max(|a(n)|, |b(n)|)$ для всех n было равно $2^{15} - 1$.

Этот формат данных поддерживает гранулярность $Xlin(f)$ 2^{-15} , и динамический диапазон $Xlin(f)$ приблизительно охватывает значения от +6 дБ до –90 дБ.

Значение $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f)$ при $a(n) = b(n) = -2^{15}$ – это особое значение. Оно указывает, что для поднесущей n не могут быть выполнены никакие измерения от линии k в линию i .

Значение $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f)$ при $a(n) \geq 0$ и $b(n) = 0$ для всех передаваемых n – еще одно особое значение, указывающее на отсутствие информации о фазе, когда величина $Xlinpsus_{i,j} (n \times \Delta f)$ составляет $a(n)$.

Величина $Xlinpsus_{i,k} (n \times \Delta f)$ в децибелах равна $Xlogpsus_{i,k} (n \times \Delta f)$:

$$Xlogpsus_{i,k} (n \times \Delta f) = 20\log_{10}(|Xlinpsus_{i,k} (n \times \Delta f)|).$$

Все требования к точности для $Xlinpsus$ формулируются только в отношении величины ($Xlogpsus$) и подлежат дальнейшему изучению.

Приложение А

Ослабление сильных помех FEXT

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

А.1 Введение

В данном Приложении определяется метод ослабления сильных помех FEXT.

В нем описываются дополнительные функциональные возможности, применимые только в том случае, когда VTU работает в соответствии с Приложением Q к [ITU-T G.993.2].

К функциональным возможностям, определяемым в этом Приложении, относятся:

- процедура регулировки усиления приемопередатчика VDSL2, инициируемая передатчиком (TIGAV);
- использование расширенного порогового уровня усечения ошибок.

А.2 Параметры управления для минимизации скорости передачи служебных данных сообщения (поправка к пункту 9.5.4 [ITU-T G.993.2])

Для работы в соответствии с настоящим Приложением параметры управления msg_{min} в нисходящем направлении и msg_{min} в восходящем направлении получают соответственно из параметров конфигурации MSGMINds и MSGMINus (определяемых в CO-MIB, см. пункт 7.3.1.5 [ITU-T G.997.1]) следующим образом:

- для профиля 35b:
 - в нисходящем направлении: $\max(\text{MSGMINds}, 200 \text{ кбит/с}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ кбит/с}$;
 - в восходящем направлении: $\max(\text{MSGMINus}, 64 \text{ кбит/с}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ кбит/с}$;
- для профиля 17a:
 - в нисходящем направлении: $\max(\text{MSGMINds}, 64 \text{ кбит/с}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ кбит/с}$;
 - в восходящем направлении: $\max(\text{MSGMINus}, 64 \text{ кбит/с}) \leq msg_{min} \leq 236 \text{ кбит/с}$;

А.3 Усеченные выборки ошибок

А.3.1 Определение усеченной выборки ошибок (взамен пункта 3.2.4)

усеченная выборка ошибок (clipped error sample): нормализованная выборка ошибок, которая дополнительно усекается блоком VTU-R под управлением VCE (см. пункт А.3.3).

А.3.2 Параметры управления передачей усеченной выборки ошибок (поправка к пункту 7.2.2.1)

В таблице А.1 определяются дополнительные обязательные значения параметров управления усеченной выборкой ошибок для работы согласно настоящему Приложению в дополнение к значениям, приведенным в таблице 7-2. Эти значения определяются для настройки со стороны VCE и для поддержки в VTU-O и VTU-R.

Таблица А-1 – Дополнительные значения параметров управления обратным каналом

Параметр	Дополнительное действительное значение для VCE	Дополнительное обязательное значение для VTU-O и VTU-R
B_{max}	13	13

А.3.3 Определение нормализованной выборки ошибок (поправка к пункту 7.2.1)

Для всех значений B_max нормализованная выборка ошибок должна быть такой, как определено в пункте 7.2.1.

Действительный и мнимый компоненты каждой нормализованной выборки ошибок E ограничиваются и дискретизируются в целочисленные значения для получения соответственно компонентов q_x и q_y усеченной выборки ошибок следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{для } B_max \leq 11: \quad & q_x = \max\left(-2^{B_max}, \min\left(\left\lfloor e_x \times 2^{N_max-1} \right\rfloor, 2^{B_max} - 1\right)\right) \\ & q_y = \max\left(-2^{B_max}, \min\left(\left\lfloor e_y \times 2^{N_max-1} \right\rfloor, 2^{B_max} - 1\right)\right), \\ \text{для } B_max = 13: \quad & q_x = \max\left(-CT, \min\left(\left\lfloor e_x \times 2^{N_max-1} \right\rfloor, CT - 1\right)\right) \\ & q_y = \max\left(-CT, \min\left(\left\lfloor e_y \times 2^{N_max-1} \right\rfloor, CT - 1\right)\right), \end{aligned}$$

где $Q = q_x + j \times q_y$ – это усеченная выборка ошибок, N_max – это максимальная глубина дискретизации нормализованных выборок ошибок для VTU-R, установленная равной 12, а B_max – это верхняя граница индекса битов для передаваемых компонентов q_x и q_y усеченной выборки ошибок ($B_max < N_max$, где B_max настраивается объектом VCE, см. таблицы 7-1 и 7-2).

Для случая $B_max = 13$ параметр CT представляет собой порог усечения, который определяется поставщиком и должен находиться в интервале $[2^{B_max} - 2^{(N_max-1)}, 2^{B_max}]$. Значение CT определяется VTU-R во время инициализации перед отправкой сообщения R-ERROR-FEEDBACK и должно оставаться неизменным в течение оставшегося времени инициализации и в последующем рабочем режиме (см. примечания 1 и 2).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – С учетом масштаба, используемого на рисунке 7-3, эквивалентные интервалы усечения e_x и e_y равны:

$$\text{для } B_max \leq 11: \quad \left[-\left(\frac{2^{B_max}}{2^{(N_max-1)}} \right), \left(\frac{2^{B_max} - 1}{2^{(N_max-1)}} \right) \right], \text{ что приблизительно равно } [-1, 1]$$

для $B_max = 11$;

$$\text{для } B_max = 13: \quad \left[-\frac{CT}{2^{(N_max-1)}}, \frac{CT - 1}{2^{(N_max-1)}} \right], \text{ при } \frac{CT}{2^{(N_max-1)}} \text{ в интервале } [3, 4], \text{ что}$$

приблизительно равно $[-3, 3]$ для $CT = (2^{B_max} - 2^{(N_max-1)})$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для $B_max = 13$ усечение по усмотрению поставщика не допускается для выборок ошибок в диапазоне $[-(2^{B_max} - 2^{(N_max-1)}), (2^{B_max} - 2^{(N_max-1)}) - 1]$.

Для всех значений B_max значения обоих компонентов q_x и q_y усеченной выборки ошибок отображаются с использованием представления $(B_max + 1)$ битов в формате дополнения до двух. Формат усеченной выборки ошибок для передачи по обратному каналу определяется в пункте 7.2.2. Конкретные поднесущие, на которых во время инициализации и в рабочем режиме передаются усеченные выборки ошибок, настраиваются согласно описанию в пунктах 10.4.2.1 и 8.1 соответственно.

А.4 Команды OLR

Блок VTU должен поддерживать команды OLR для облегчения работы векторных линий в соответствии с настоящим Приложением (см. таблицу А.2).

Таблица А-2 – Команды и ответы OLR

Тип команды	Направление команды	Содержание команды	Содержание ответа
Запрос OLR типа 7 (TIGAV)	От VTU-O к VTU-R	Коэффициент компенсации относительного усиления (r_i) и предлагаемая битовая нагрузка (b_i), применяемые к набору поднесущих в нисходящем направлении	Ответ TIGAV-ACK или ответ TIGAV-Reject
Запрос OLR типа 8 (TIGAVRESP)	От VTU-R к VTU-O	Битовая нагрузка (b_i), применяемая к соответствующему набору поднесущих в нисходящем направлении и параметрам кадрирования	Ответ TIGAVRESP-ACK или ответ TIGAVRESP-Reject

А.5 Фаза квитирования согласно ITU-T G.994.1 (поправка к пункту 10.2)

Функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении, согласовываются во время фазы квитирования согласно ITU-T G.994.1 при инициализации с использованием кодовой точки NPar(3), определяемой в таблице 11.68.10.1 [ITU-T G.994.1]. Порядок использования этой кодовой точки в сообщениях CL, CLR и MS согласно ITU-T G.994.1 определяется в таблицах А.3–А.6.

Таблица А.3 – Определения бита NPar(3) в сообщениях CL VTU-O

Бит NPar(3) согласно ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Поддержка ослабления сильных FEXT	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что VTU-O поддерживает функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении. Если данный бит установлен в НУЛЬ, то это означает, что VTU-O не поддерживает функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении.

Таблица А.4 – Определения бита NPar(3) в сообщениях MS VTU-O

Бит NPar(3) согласно ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Поддержка ослабления сильных FEXT	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR, и выбирается профиль, к которому применимо настоящее Приложение. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении, поддерживаются. Если данный бит установлен в НУЛЬ, то это означает, что функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении, не поддерживаются.

Таблица А.5 – Определения бита NPar(3) в сообщениях CLR VTU-R

Бит NPar(3) согласно ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Поддержка ослабления сильных FEXT	Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что VTU-R поддерживает функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении. Если данный бит установлен в НУЛЬ, то это означает, что VTU-R не поддерживает функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении.

Таблица А.6 – Определения бита NPar(3) в сообщениях MS VTU-R

Бит NPar(3) согласно ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Поддержка ослабления сильных FEXT	Этот бит устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда он был установлен в ЕДИНИЦУ как в предыдущем сообщении CL, так и в предыдущем сообщении CLR, и выбирается профиль, к которому применимо настоящее Приложение. Если данный бит установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении, поддерживаются. Если данный бит установлен в НУЛЬ, то это означает, что функциональные возможности, определяемые в настоящем Приложении, не поддерживаются.

Если бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных FEXT" в сообщениях CLR согласно ITU-T G.994.1 установлен в ЕДИНИЦУ, это означает поддержку профиля 35b и возможную поддержку любого другого профиля.

Если бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных FEXT" в сообщениях CL согласно ITU-T G.994.1 установлен в ЕДИНИЦУ и в СО-МІВ разрешен профиль 35b, это означает поддержку профиля 35b и возможную поддержку любого другого профиля.

Если бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных FEXT" в сообщениях MS согласно ITU-T G.994.1 установлен в ЕДИНИЦУ, то работа осуществляется в соответствии с Приложением Q к [ITU-T G.993.2] и профилем 17a или 35b.

А.6 Функциональные возможности TIGAV

Как VTU-O, так и VTU-R должны поддерживать функциональные возможности, связанные с процедурой TIGAV.

Цель этой процедуры – быстрая реализация изменений прекодера в условиях высокого уровня перекрестных помех путем указания блоку VTU-R соответствующих изменений компенсирующего усиления и ожидаемых изменений битовой нагрузки на соответствующих поднесущих в нисходящем направлении.

VTU-O начинает процедуру путем передачи блоку VTU-R команды TIGAV с указанием коэффициента компенсации относительного усиления (r_i) и предлагаемой битовой нагрузки (b_i), которые должны применяться к обозначенному набору поднесущих в нисходящем направлении. В ответ VTU-R, основываясь на принимаемых значениях r_i , вычисляет фактическую битовую нагрузку в нисходящем направлении и передает результат блоку VTU-O в команде TIGAVRESP. Затем VTU-O передает в VTU-R метку времени, указывающую позицию символа, в которой VTU-R применяет новые значения r_i и оба VTU применяют фактические значения b_i , запрошенные VTU-R. Подробности обмена сообщениями излагаются в пункте А.6.2.

VTU-R может либо принять фактическую битовую нагрузку, предложенную в команде TIGAV, либо запросить другую фактическую битовую нагрузку. В последнем случае фактическая битовая нагрузка, запрошенная блоком VTU-R в команде TIGAVRESP, должна соответствовать правилам, определяемым в пункте А.6.1.2.

А.6.1 Команды TIGAV и TIGAVRESP

TIGAV и TIGAVRESP – это команды OLR, которые используются для упрощения процедуры TIGAV. Обе команды имеют высокий приоритет; первые октеты команд и соответствующих ответов – это команды OLR, тип которых определяется в таблице 11-2 [ITU-T G.993.2]. Последующие октеты этих команд должны соответствовать определению в таблице А.7. Последующие октеты ответов определяются в таблице А.8. Октеты всех команд и ответов передаются с использованием формата, описываемого в пункте 11.2.3.1 [ITU-T G.993.2]. Применяется сегментация сообщений согласно определению в пункте 11.2.3.3 [ITU-T G.993.2].

Команда TIGAV передается только блоком VTU-O.

Команда TIGAVRESP передается только блоком VTU-R.

Для идентификации конкретной команды TIGAV используется 4-битовый идентификационный номер TIGAV (TID). TID увеличивается всякий раз, когда VTU-O инициирует TIGAV с новым набором параметров, и сбрасывается на счете 1111₂, т. е. переходит от 1111₂ к 0000₂. VTU-R указывает в команде TIGAVRESP то же значение TID, какое указано блоком VTU-O в соответствующей команде TIGAV.

Таблица А.7 – Команды TIGAV и TIGAVRESP

Наименование	Длина (байты)	Номер октета	Содержание	Поддержка
Запрос Type 7 (TIGAV)	Переменная	2	10 ₁₆ (примечание 1)	Обязательная
		3	Четыре MSB составляют TID (с допустимым диапазоном значений от 0 до 15 в формате целого числа без знака). Четыре LSB составляют количество подполей параметров полос поднесущих ($1 \leq N_{scbt} \leq 15$ в формате целого числа без знака).	
		Переменная	Поле параметров полос поднесущих, включая подполя параметров полос поднесущих N_{scbt} , см. таблицу A.10.	
		Переменная	1 октет для кода сегмента (SC)	
Запрос Type 8 (TIGAVRESP) (примечание 2)	Переменная	2	11 ₁₆ (примечание 1)	Обязательная
		3–4	Два октета с новым значением для L_1	
		5	Один октет с новым значением для B_{10}	
		6	Один октет с новым значением для M_1	
		7	Один октет с новым значением для R_1	
		8	Один октет с новым значением для Q	
		9	Один октет с новым значением для V	
		10	Один октет с новым значением для Q_{tx}	
		11	Один октет с новым значением для lb	
		12	Четыре MSB составляют TID (с допустимым диапазоном значений от 0 до 15 в формате целого числа без знака). Четыре LSB составляют количество подполей параметров полос поднесущих ($0 \leq N_{scbr} \leq 15$ в формате целого числа без знака). $N_{scbr} = 0$: согласие с битовой нагрузкой, предложенной TIGAV. $N_{scbr} > 0$: ответ со значениями битовой нагрузки, запрошенными VTU-R, которые указаны в поле параметров полос поднесущих.	
		Переменная	Поле параметров полос поднесущих, включая подполя параметров полос поднесущих N_{scbr} (см. таблицу A.14). Если $N_{scbr} = 0$, то длина этого поля составляет 0 байтов.	
		Переменная	1 октет для кода сегмента (SC)	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все прочие значения резервируются МСЭ-Т.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Параметры кадрирования в октетах 3–11 должны быть представлены так, как определено для запросов типа 5 в пункте C.3.2 [ITU-T G.998.4].

TIGAV-Reject и TIGAV-ACK, а также TIGAVRESP-Reject и TIGAVRESP-ACK – это соответственно ответы на команды TIGAV и TIGAVRESP (см. таблицу А.8). Коды причин отклонения ответов определяются в таблице А.9.

Ответы TIGAV-Reject и TIGAV-ACK передаются только блоком VTU-R.

Ответы TIGAVRESP-Reject и TIGAVRESP-ACK передаются только блоком VTU-O.

Таблица А.8 – Ответы TIGAV и TIGAVRESP

Наименование	Длина (байты)	Номер октета	Содержание	Поддержка
Запрос Reject Type 7 (TIGAV-Reject)	3	2	87 ₁₆ (примечание)	Обязательная
		3	1 октет для кода причины	
Запрос ACK Type 7 (TIGAV-ACK)	2	2	89 ₁₆ (примечание)	Обязательная
Запрос Reject Type 8 (TIGAVRESP-Reject)	3	2	88 ₁₆ (примечание)	Обязательная
		3	1 октет для кода причины	
Запрос ACK Type 8 (TIGAVRESP-ACK)	2	2	8A ₁₆ (примечание)	Обязательная
ПРИМЕЧАНИЕ. – Все прочие значения резервируются МСЭ-Т.				

Таблица А.9 – Коды причины для ответов TIGAV и TIGAVRESP

Причина	Значение октета	Применимо к ответу Reject Type 7	Применимо к ответу Reject Type 8
Занят	01 ₁₆ (примечание)	Нет	Да
Недопустимые параметры	02 ₁₆ (примечание)	Да	Да
ПРИМЕЧАНИЕ. – Все прочие значения резервируются МСЭ-Т.			

А.6.1.1 Параметры команды TIGAV

Поле параметров полос поднесущих в команде TIGAV включает подполя параметров полос поднесущих N_{scbt} . Формат каждого подполя параметра полосы поднесущих определяется в таблице А.10.

Каждое из подполей параметров полос поднесущих идентифицирует одну полосу TIGAV. Диапазон TIGAV ограничивается индексами поднесущих i_{start} и i_{stop} :

- Индекс i_{start} может приходиться на активную или неактивную поднесущую (т. е. $g_i = 0$). Индекс i_{stop} может приходиться на активную или неактивную поднесущую (т. е. $g_i = 0$). В пределах полосы TIGAV также могут присутствовать неактивные поднесущие.
- Индексы i_{start} и i_{stop} определяют сетку контролируемых индексов поднесущих для интерполяции " r_i " (см. пункт А.6.1.3) следующим образом:

$$i = i_{start} + k \times F_{sub_TIGAV}, \text{ где } k = 0, 1, 2, \dots (N_r - 1),$$
 со следующим ограничением: $i_{stop} = i_{start} + (N_r - 1) \times F_{sub_TIGAV}$, где N_r – целое число, большее 1, а F_{sub_TIGAV} – применяемая подвыборка r_i , как определено в таблице А.10.
- Индексы i_{start} и i_{stop} должны удовлетворять следующим неравенствам:

$$i_{start} > i_{start_DSx} - F_{sub_TIGAV},$$

$$i_{stop} < i_{stop_DSx} + F_{sub_TIGAV},$$

где i_start_DSx и i_stop_DSx – соответственно минимальный и максимальный индексы поднесущих, принадлежащие конкретной полосе частот в нисходящем направлении (см. пункт 7.1 [ITU-T G.993.2]).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Это позволяет свободно выбирать местоположение сетки контрольных точек TIGAV.

- Индексы i_start и i_stop не зависят от набора MEDLEYds, т. е. индекс i_start может быть меньше, больше минимального индекса поднесущей из набора MEDLEYds или равен ему, а индекс i_stop – соответственно меньше, больше максимального индекса поднесущей из набора MEDLEYds или равен ему.
- Индексы i_start и i_stop не зависят от векторных полос (меняющихся в поле *vectored bands* команды Error Feedback, определяемой в таблице 8-3).

Для каждой конкретной TIGAV-полосы n , за которой следует TIGAV-полоса $n + 1$ (n = от 1 до $N_{scbt} - 1$):

- индекс $i_stop(n)$ меньше или равен $i_start(n + 1)$, т. е. один общий индекс или отсутствует;
- если $i_stop(n) = i_start(n + 1)$ (т. е. один общий индекс), значения r_i и b_i должны удовлетворять следующим ограничениям: $r(i_stop(n)) = r(i_start(n + 1))$ и $b(i_stop(n)) = b(i_start(n + 1))$.

Вне диапазонов TIGAV могут существовать как неактивные, так и активные поднесущие. На этих активных поднесущих блок VTU-R принимает значение $r_i = 1$ (т. е. TIGAV не влияет на FEQ) и не предполагает никаких изменений b_i .

Полосы TIGAV передаются в порядке увеличения их интервалов индексов поднесущих.

Таблица А.10 – Подполе параметров полосы поднесущих команды TIGAV

Параметр	Длина (байты)	Определение
Control byte (Управляющий байт)	1	[c000 ffff] Управляющий бит $c = 0$ указывает, что это подполе содержит действительные параметры r_i (см. примечание 2). Управляющий бит $c = 1$ указывает, что это подполе содержит комплексные параметры r_i (см. примечание 2). Управляющие биты ffff = F_sub_TIGAV для этого подполя, представленные в формате целого числа без знака.
i_start	2	Индекс начальной поднесущей полосы TIGAV (i_start), представленный в виде 16-битового целого числа без знака.
i_stop	2	Индекс конечной поднесущей полосы TIGAV (i_stop), представленный в виде 16-битового целого числа без знака.
b_i	$\text{ceil}(N_b/2)$ (примечание 1)	Это поле содержит N_b параметров b_i TIGAV (см. таблицу А.11) для поднесущих с индексами от i_start до i_stop в порядке возрастания индексов поднесущих.
real r_i	$2 \times N_r$	Это поле присутствует тогда и только тогда, когда управляющий бит $c = 0$. Это поле содержит N_r действительных параметров r_i TIGAV (см. таблицу А.13) для поднесущих с индексами $i_start + k \times F_sub_TIGAV$ при $k = 0 \dots N_r - 1$ в порядке возрастания индексов поднесущих.
complex r_i	$3 \times N_r$	Это поле присутствует тогда и только тогда, когда управляющий бит $c = 1$. Это поле содержит N_r комплексных параметров r_i TIGAV (см. таблицу А.12) для поднесущих с индексами $i_start + k \times F_sub_TIGAV$ при $k = 0 \dots N_r - 1$ в порядке возрастания индексов поднесущих.
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – $N_b = i_stop - i_start + 1$. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Во всех подполях параметров полосы поднесущих устанавливается одно и то же значение бита c .		

Допустимые значения F_{sub_TIGAV} : 1, 4 и 8 (т. е. значения r_i могут быть подвергнуты дополнительной выборке).

VTU-O и VTU-R должны поддерживать все допустимые значения i_{start} , i_{stop} и F_{sub_TIGAV} .

Таблица А.11 – Формат параметра b_i в команде TIGAV

Бит	Длина (бит)	Параметр (см. примечания 1 и 2)	Формат
3-0	4	b_i (поднесущей k)	Целое число без знака в диапазоне [0:15]
7-4	4	b_i (поднесущей $k + 1$)	Целое число без знака в диапазоне [0:15]
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Включаются значения b_i для тех поднесущих, которые находятся в указанном диапазоне (т. е. от i_{start} до i_{stop}), но не входят в набор MEDLEYds. Они устанавливаются в нуль передатчиком и игнорируются приемником. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если N_b – нечетное число, то биты 7-4 параметра b_i, относящегося к самому высокому индексу поднесущей, устанавливаются в 0000₂.			

Таблица А.12 – Формат комплексных параметров r_i команды TIGAV

Бит	Длина (биты)	Параметр (см. примечания 1 и 2)	Формат
2-0	3	Показатель степени r_i	E3/4
12-3	10	Мантисса действительной части r_i	M10(1Q9) со знаком
22-13	10	Мантисса мнимой части r_i	M10(1Q9) со знаком
23	1	Резервируется МСЭ-Т	Бит устанавливается в 0
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметрам r_i для тех поднесущих, которые находятся в указанном диапазоне (т. е. от i_{start} до i_{stop}), но не входят в набор MEDLEYds, присваивается ненулевое значение по усмотрению поставщика. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Байт, передаваемый первым, содержит биты от 23 (MSB) до 16 (LSB). Второй передаваемый байт содержит биты от 15 (MSB) до 8 (LSB). Третий передаваемый байт содержит биты от 7 (MSB) до 0 (LSB).			

Дескриптор формата **L M ML(iQf) E LE/V** означает формат с плавающей запятой с общей длиной слова L . Длина слова мантиссы составляет ML битов, причем запятая в двоичном числе находится справа от i -го старшего значащего бита (включая бит знака, если это целое число со знаком), и f битов располагаются после двоичной запятой (т. е. $ML = i + f$). Показатель степени всегда является числом без знака при длине слова LE . Когда значение показателя степени равно V , это соответствует единичному усилению. Буквы M , Q и E служат синтаксическими разделителями.

Действительная и мнимая части комплексного значения усиления r_i имеют формат 13M10 (1Q9) E3/4 при наличии мантиссы со знаком и общего показателя степени.

Ненулевое комплексное значение r_i должно находиться в пределах допустимого диапазона, выраженного в дБ следующим образом:

$$-18 \text{ дБ} < 20 \times \log_{10}(\text{abs}(r_i)) < +18 \text{ дБ},$$

где $\text{abs}(x)$ – это модуль комплексного значения x .

Особым значением комплексного параметра r_i является значение $r_i = 0$, которое кодируется посредством мантиссы, равной 0, и показателя степени, равного 0, как для действительной, так и для мнимой частей; оно должно сопровождаться значением $b_i = 0$.

Таблица А.13 – Формат действительных параметров r_i команды TIGAV

Бит	Длина (биты)	Параметр (см. примечания 1 и 2)	Формат
2-0	3	Показатель степени r_i	E3/4
12-3	9	Мантисса r_i	M9(0Q9) без знака (см. примечание 3)
15-12	4	Резервируются МСЭ-Т	Биты устанавливаются в 0
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Параметрам r_i для тех поднесущих, которые находятся в указанном диапазоне (т. е. от i_{start} до i_{stop}), но не входят в набор MEDLEYds, присваивается ненулевое значение по усмотрению поставщика. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Байт, передаваемый первым, содержит биты от 15 (MSB) до 8 (LSB). Второй передаваемый байт содержит биты от 7 (MSB) до 0 (LSB). ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Действительные значения r_i могут быть только положительными.			

Действительное значение r_i имеет формат числа с плавающей запятой без знак: 12M9(0Q9) E3/4.

Ненулевое действительное значение r_i должно находиться в пределах допустимого диапазона, выраженного в дБ следующим образом:

$$-18 \text{ дБ} < 20 \times \log_{10}(r_i) < +18 \text{ дБ}.$$

Особым значением действительного параметра r_i является значение $r_i = 0$, которое кодируется посредством мантиссы, равной 0, и показателя степени, равного 0; оно должно сопровождаться значением $b_i = 0$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Процедура TIGAV не изменяет значений g_i в нисходящем направлении. Изменение мощности передачи поднесущих в нисходящем направлении, связанных с TIGAV, достигается путем соответствующей модификации прекодера.

А.6.1.2 Параметры, управляемые командой TIGAVRESP

Поле параметров полос поднесущих в команде TIGAVRESP включает подполя параметров полос поднесущих N_{schr} . Формат каждого подполя параметров полос поднесущих определяется в таблице А.14.

Каждое из подполей параметров полос поднесущих идентифицирует одну полосу TIGAVRESP. Полосы TIGAVRESP в команде TIGAVRESP подчиняются тем же требованиям, какие определены для полос TIGAV в команде TIGAV в пункте А.6.1.1, а также следующим дополнительным требованиям:

- 1) N_{schr} заменяется на N_{schr} .
- 2) Если для N_{schr} в команде TIGAVRESP устанавливается ненулевое значение, то полосы TIGAVRESP в команде TIGAVRESP должны включать в себя по крайней мере все поднесущие MEDLEY, охваченные соответствующей командой TIGAV.
- 3) Значения b_i , запрашиваемые командой TIGAVRESP для всех поднесущих MEDLEY, охваченных соответствующей командой TIGAV, не должны превышать значений b_i , предложенных командой TIGAV. В дополнение к этому обязательному верхнему пределу фактическая битовая нагрузка в команде TIGAVRESP ограничивается сверху битовой нагрузкой, основанной на изменении отношения сигнал/шум (SNR), ожидаемом при новых значениях r_i , а также может быть ограничена сверху другими факторами.
- 4) Если в полосы TIGAVRESP в команде TIGAVRESP входит больше поднесущих MEDLEY, чем в соответствующей команде TIGAV, то значения b_i на этих дополнительных поднесущих MEDLEY определяются исключительно блоком VTU-R.

Таблица А.14 – Подполе параметров полос поднесущих в команде TIGAVRESP

Параметр	Длина (байты)	Определение
i_start	2	Индекс начальной поднесущей полосы TIGAVRESP (i_start), представленный в виде 16-битового целого числа без знака
i_stop	2	Индекс конечной поднесущей полосы TIGAVRESP (i_stop), представленный в виде 16-битового целого числа без знака
b_i	$\text{ceil}(N_b/2)$ (примечание)	Это поле содержит N_b параметров b_i TIGAVRESP (см. таблицу А.15) для поднесущих с индексами от i_start до i_stop в порядке возрастания индексов поднесущих
ПРИМЕЧАНИЕ. – $N_b = i_stop - i_start + 1$.		

Таблица А.15 – Формат параметра b_i в команде TIGAVRESP

Бит	Длина (биты)	Параметр (см. примечания 1, 2 и 3)	Формат
3-0	4	b_i (поднесущей k)	Целое число без знака в диапазоне [0:15]
7-4	4	b_i (поднесущей $k + 1$)	Целое число без знака в диапазоне [0:15]
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Включаются значения b_i для тех поднесущих, которые находятся в указанном диапазоне (т. е. от i_start до i_stop), но не входят в набор MEDLEY. Они устанавливаются в нуль передатчиком и игнорируются приемником. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значения b_i передаются в порядке возрастания индексов поднесущих. ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Если N_b нечетное число, то биты 7-4 параметра b_i, относящегося к самому высокому индексу поднесущей, устанавливаются в 0000₂.			

А.6.1.3 Интерполяция значений r_i

Для каждой конкретной полосы TIGAV n ($n = 1 \dots N_{sbt}$) VTU-R получает значения r_i на всех активных поднесущих между $i_start(n)$ и $i_stop(n)$ (включительно) путем линейной интерполяции в промежутке между значениями r_i при контрольных индексах поднесущих, переданных в сообщении TIGAV. Линейная интерполяция осуществляется по линейной шкале по оси r_i и линейной шкале по оси индексов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – VCE должен выбирать значения r_i в команде TIGAV таким образом, чтобы линейная интерполяция в VTU-R давала желаемые выходные значения на промежуточных активных поднесущих. Метод определения этих значений r_i (контрольных точек) определяется поставщиком VCE.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Индексы i_start и i_stop могут приходиться на неактивную поднесущую. VCE должен выбирать значения r_i , соответствующие индексам i_start и i_stop , в команде TIGAV таким образом, чтобы линейная интерполяция в VTU-R давала желаемые выходные значения на промежуточных активных поднесущих.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – VTU-R известны неактивные поднесущие, входящие в TIGAV. VTU-R не нужно вычислять интерполяцию для этих несущих.

А.6.2 Процедура TIGAV

VTU-O не инициирует команду TIGAV, если в восходящем или нисходящем направлении выполняется процедура восстановления рабочего режима (SOS) типа 4 или 6.

Обмен между VTU при выполнении процедуры TIGAV иллюстрируется на рисунке А.1 и определяется следующим образом.

- 1) По указанию VCE блок VTU-O через интерфейс ε_m инициирует процедуру TIGAV, отправив команду запроса OLR типа 7. Команда TIGAV может быть сегментирована. В течение 100 мс после отправки последнего сегмента команды TIGAV блок VTU-O ожидает получения ответа TIGAV-ACK или TIGAV-Reject. Если время ожидания истекло, последний сегмент команды TIGAV может быть повторен.

- a) Если во время или после передачи запроса OLR типа 7 и до получения ответа блок VTU-O получает запрос OLR типа 1, 3 или 5, он отклоняет этот запрос (см. примечание 1).
- b) Если во время процедуры TIGAV блок VTU-O получает запрос OLR SOS типа 4 или 6, он немедленно прерывает процедуру TIGAV и отвечает на запрос OLR SOS.
- c) VTU-O может инициировать процедуру запроса OLR SOS типа 4 или 6 в любое время, когда команда TIGAV инициирована, но еще не завершена. Инициированный запрос SOS прерывает процедуру TIGAV (см. примечания 2 и 3).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Ожидается, что в целях ускорения запуска TIGAV блок VTU-O может отбрасывать любые ожидающие запросы SRA, поскольку изменение параметров передачи, предписываемое этим запросом, все равно будет отменено командой TIGAV.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Прерывание процедуры TIGAV из-за запроса OLR SOS выполняется только для той линии, по которой поступил запрос SOS; другие линии векторной группы могут продолжать свои процедуры TIGAV.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В пункте 11.2.2 [ITU-T G.993.2] описывается возможность передачи высокоприоритетного сообщения, прерывающего низкоприоритетное сообщение. Это прерывание команды TIGAV командой SOS представляет собой случай, когда высокоприоритетное сообщение прерывается другим высокоприоритетным сообщением и, следовательно, является расширением пункта 11.2.2 [ITU-T G.993.2].

- 2) Получив последний сегмент команды TIGAV, VTU-R либо подтверждает команду TIGAV, отправляя ответ TIGAV-ACK (см. таблицу A.7), либо отклоняет ее, отправляя ответ TIGAV-Reject с соответствующим кодом причины.
 - a) Получив первый сегмент команды TIGAV, VTU-R отклоняет любую ожидающую команду OLR типа 1, 3 и 5 и не инициирует никаких процедур запроса OLR типа 1, 3 и 5 до завершения процедуры TIGAV.
 - b) Если в любое время процедуры TIGAV от VTU-O поступает запрос OLR SOS типа 4 или 6, VTU-R немедленно прерывает процедуру TIGAV и отвечает на запрос OLR SOS.
 - c) VTU-R может инициировать процедуру запроса OLR SOS типа 4 или 6 в любое время после инициирования команды TIGAV, но до начала отправки последнего сегмента команды TIGAVRESP. Изменения битовой нагрузки, содержащиеся в запросе SOS, применяются к текущей активной таблице загрузки битов (т.е. битовая нагрузка, отправленная в команде TIGAV, игнорируется). Инициированный запрос SOS прерывает процедуру TIGAV. VTU-O отвечает на запрос OLR SOS сообщением SYNC FLAG.
 - d) Блок VTU-R не должен инициировать процедуру запроса OLR SOS типа 4 или 6 после начала передачи последнего сегмента команды TIGAVRESP и до конца процедуры TIGAV.
- 3) В течение 300 мс после передачи ответа TIGAV-ACK блок VTU-R отправляет команду TIGAVRESP. Команда TIGAVRESP может быть сегментирована. В течение 100 мс после отправки последнего сегмента команды TIGAVRESP блок VTU-R ожидает получения ответа TIGAVRESP-ACK или TIGAVRESP-Reject. Если время ожидания после последнего сегмента команды TIGAVRESP истекло, VTU-R повторяет последний сегмент команды TIGAVRESP. После отправки ответа TIGAV-Reject блок VTU-R завершает процедуру TIGAV.
- 4) После приема ответа TIGAV-ACK блок VTU-O ожидает получения первого сегмента команды TIGAVRESP. VTU-O должен либо подтвердить последний сегмент команды TIGAVRESP, отправив ответ TIGAVRESP-ACK, либо отклонить команду TIGAVRESP, отправив ответ TIGAVRESP-Reject с соответствующим кодом причины. Отправив ответ TIGAVRESP-ACK, VTU-O в течение времени, определенного VCE, передает последовательность TIGAV-SYNCHRO. Отправив ответ TIGAVRESP-Reject, VTU-O завершает процедуру TIGAV.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Последовательность TIGAV-SYNCHRO должна передаваться одновременно по всем соответствующим линиям векторной группы. Для этого VCE необходимо получить команду TIGAVRESP от всех линий векторной группы до отправки последовательности TIGAV-SYNCHRO. Это должно быть выполнено в пределах глобального времени ожидания TIGAV.

- 5) Получив ответ TIGAV-Reject, блок VTU-O завершает процедуру TIGAV. VTU-O может немедленно начать новую процедуру TIGAV, отправив новую команду TIGAV.
- 6) Получив ответ TIGAVRESP-Reject, VTU-R вновь отправляет команду TIGAVRESP. Если отклонение повторяется, VTU-R завершает процедуру TIGAV.

- 7) Начиная с первого символа, следующего за последовательностью TIGAV-SYNCHRO, блоки VTU-O и VTU-R синхронно применяют коэффициент компенсации относительного усиления, указанный в команде TIGAV, и битовую нагрузку, указанную в команде TIGAVRESP. Синхронизация изменений параметров кадрирования должна соответствовать пункту C.4 [ITU-T G.998.4].
- 8) Если последовательность TIGAV-SYNCHRO не будет получена в течение 4 секунд после того, как VTU-R отправил сообщение TIGAV ACK, время ожидания процедуры истекает. В этом случае VTU-R завершает процедуру TIGAV.

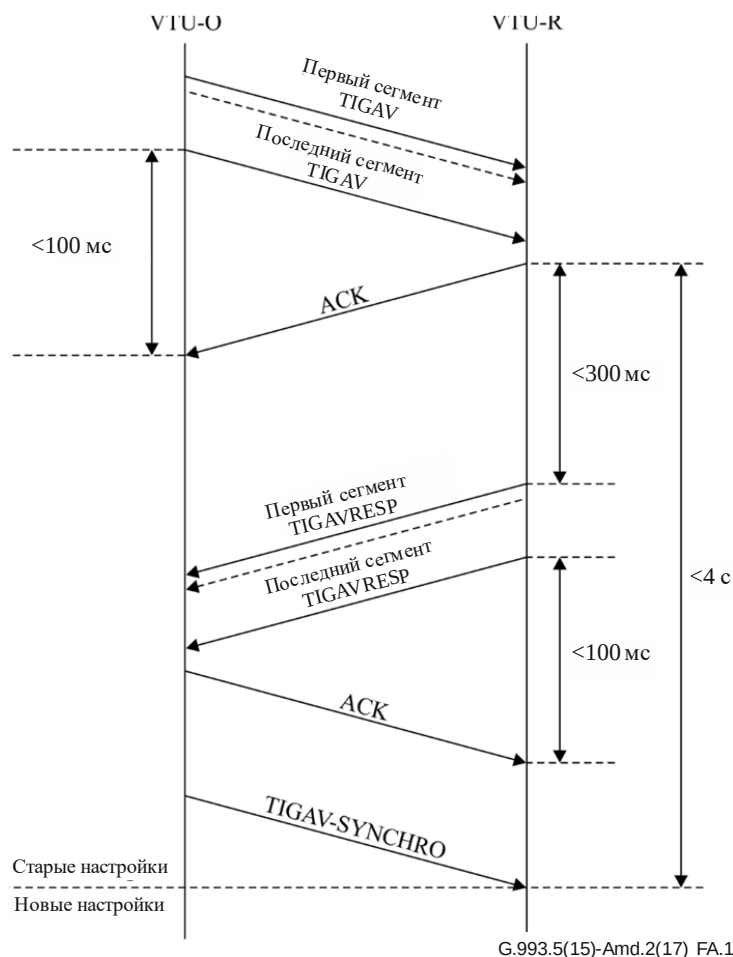


Рисунок А.1 – Временная диаграмма процедуры TIGAV

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – На рисунке А.1 не показаны случаи отклонения команды TIGAV и отклонения команды TIGAVRESP.

А.6.2.1 Определение последовательности TIGAV-SYNCHRO

Последовательность TIGAV-SYNCHRO состоит из одного символа синхронизации с инвертированными флаговыми тонами (передаваемого в конце суперкадра в позиции символа синхронизации, см. рисунок 10-2 [ITU-T G.993.2]), за которым следует последовательность из девяти символов синхронизации с неинвертированными флаговыми тонами (передаваемая в первых девяти позициях символов следующего суперкадра).

Символ синхронизации определяется в пункте 10.2 [ITU-T G.993.2].

А.6.2.2 Реализация изменения усиления по команде TIGAV в VTU-R

Для реализации коэффициента компенсации относительного усиления (r_i), указанного в команде TIGAV, применяются следующие правила.

- Для поднесущих с $r_i \neq 0$ блок VTU-R умножает текущие настройки каскада усиления своего приемника для каждой поднесущей i , имеющей $g_i > 0$, на величину (r_i):

$$new_gainstage_i = current_gainstage_i \times r_i.$$

ПРИМЕЧАНИЕ. – Такое масштабирование помогает VTU-R и далее регулировать усиление приемника после обновления прекодера.

- Для поднесущих с $r_i = 0$ блок VTU-R устанавливает ненулевое значение коэффициента усиления своего приемника по усмотрению поставщика.

A.6.2.3 Связь между TIGAV и последующей автономной SRA в нисходящем направлении

После команды TIGAV значения битовой нагрузки b_i автономной SRA, запрашиваемой VTU-R, должны быть меньше или равны значениям b_i , запрошенным в последнем сообщении TIGAV, предшествующем этому запросу SRA.

A.7 Поправки к основному тексту, связанные с MREFPSD

A.7.1 Определения (взамен пунктов 3.31 и 3.32 [ITU-T G.993.2])

3.31 Эталонная PSD MEDLEY: эталонные значения PSD MEDLEY в нисходящем и восходящем направлениях обозначаются соответственно MREFPSDds и MREFPSDus. MREFPSDus – это PSD сигналов, передаваемых VTU-R на каждой частоте (т. е. как в полосе пропускания, так и в полосах заграждения) во время фазы настройки, а также фазы анализа канала и обмена в процессе инициализации. MREFPSDds – это спектральная плотность мощности (PSD) сигналов, передаваемых VTU-O на каждой частоте (т. е. как в полосе пропускания, так и в полосах заграждения) только во время фазы настройки.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этой Рекомендации, включая настоящее Приложение, MREFPSDds относится только к TXPSD прямого сигнала VTU-O, без сигналов предварительной компенсации. В [b-ITU-T G.9701] MREFPSDds относится к TXPSD полного сигнала VTU-O в U-интерфейсе, включая сигналы предварительной компенсации.

3.32 Маска эталонной PSD MEDLEY: маска эталонной PSD MEDLEY – это маска PSD передачи, ограниченная на каждой частоте (т. е. как в полосе пропускания, так и в полосах заграждения) верхним предельным значением PSD и ограниченная до -80 дБм/Гц на частотах, соответствующих назначенным полосам RFI. В восходящем направлении маска эталонной PSD MEDLEY дополнительно уменьшается в соответствии с требованиями сброса мощности в восходящем направлении (UPBO). Маски эталонной PSD MEDLEY в нисходящем и восходящем направлениях обозначаются соответственно MREFMASKds и MREFMASKus.

A.7.2 Номинальная совокупная мощность передачи (NOMATP) (взамен пункта 10.3.4.2.1 [ITU-T G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если не указано иное, ссылки в этом разделе относятся к [ITU-T G.993.2].

Номинальная совокупная мощность передачи в восходящем направлении (NOMATPus) рассчитывается как на стороне VTU-R, так и на стороне VTU-O, как указано в пункте 10.3.4.2.1 [ITU-T G.993.2].

На стороне VTU-R номинальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (NOMATPds) рассчитывается в соответствии с определением в пункте 10.3.4.2.1 [ITU-T G.993.2]. Параметры настройки g_i , определяемые VTU-R, должны быть такими, чтобы значение NOMATPds (определенное для VTU-R) не превышало параметра CO-MIB MAXNOMATPds. На стороне VTU-O номинальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (NOMATPds) представляет собой оценку общей выходной мощности в единицах дБм, доставляемой функцией PMD передачи в контрольную точку U-O2 (определена на рисунке 5-4 [ITU-T G.993.2]) на оконечную нагрузку 100 Ом.

Номинальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (NOMATPds) вычисляется VTU-O совместно с VCE в соответствии со следующим уравнением:

$$NOMATPds = 10 \log_{10} (\sum_{i \in MEDLEYds} P_Zi'),$$

где P_Zi' – мощность полного передаваемого сигнала на выходе прекодера для поднесущей i , относящаяся к интерфейсу U-O, в милливаттах, при условии что входной импеданс сети составляет 100 Ом активной нагрузки (см. примечание 1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В реальных применениях входной импеданс сети/шлейфа может отклоняться от 100 Ом активной нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – NOMATPds включает в себя прямой сигнал, а также сигналы компенсации прекодера.

VTU-O вместе с VCE должны обеспечивать, чтобы значение NOMATPds не превышало значения параметра CO-MIB MAXNOMATPds.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Определения NOMATPds на стороне VTU-R и на стороне VTU-O различаются. На стороне VTU-R определение NOMATPds не изменилось по сравнению с [ITU-T G.993.2], поэтому и способ вычисления g_i VTU-R не изменился. На стороне VTU-O определение NOMATPds изменилось по сравнению с [ITU-T G.993.2].

Общая величина выходной мощности, доставляемой функцией PMD передачи в контрольную точку U-O2 на оконечную нагрузку сопротивлением 100 Ом, не должна отклоняться от NOMATPds более чем на 1 дБ.

А.7.3 Формирование спектра частотной области передачи (tss_i) (взамен пункта 10.3.4.3 [ITU-T G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если не указано иное, ссылки в этом разделе относятся к [ITU-T G.993.2].

Коэффициенты tss_i предназначены для формирования спектра частотной области в обоих направлениях: восходящем и нисходящем. Значения tss_i определяются поставщиком оборудования и должны лежать в диапазоне между 0 и 1 (линейные) с шагом $\frac{1}{1024}$. Значения tss_i устанавливаются такими, чтобы самое

большое значение tss_i по всем поднесущим было 1. Меньшие значения tss_i обеспечивают затухание, а значение $tss_i = 0$ относится к состоянию, когда нет передачи мощности на определенной поднесущей. Если не применяется какое-либо формирование спектра частотной области, то значения tss_i равны 1 для всех поднесущих.

Значения tss_i в дБ ($\log_tss_i$) определяются как $20 \times \log_{10}(tss_i)$ и преобразуются в линейные значения tss_i с применением уравнения

$$tss_i = \frac{\text{Округление} \left(1024 \times 10^{\frac{\log_tss_i}{20}} \right)}{1024}.$$

Значения tss_i для заданного направления передачи определяются передающим блоком VTU как набор контрольных точек $\{(i_1, \log_tss_{i1}), \dots, (i_n, \log_tss_{in})\}$, где i – это индекс поднесущей. Этот набор передается приемным блоком VTU в течение фазы раскрытия канала при инициализации с использованием сообщений O-PRM и R-PRM, как описывается в пункте 12.3.3.2. Как передающий, так и приемный блоки VTU получают значения tss_i для поднесущих между контрольными точками, используя линейную интерполяцию определенных значений $\log_tss_i$ по линейной шкале индексов поднесущих. Приемный блок VTU присваивает значения tss_i , равные tss_{in} , для $i > i_n$, и tss_{i1} для $i < i_1$.

Полученные значения tss_i подходят только к тем поднесущим, которые фактически передаются. Приемник игнорирует значения tss_i , принимаемые либо получаемые с помощью интерполяции для тех поднесущих, которые не используются для передачи ($Z_i = 0$, см. таблицу 10-4).

Суммарная точность линейной интерполяции значений $\log_tss_i$ и преобразования в линейные значения tss_i должна быть менее половины разряда LSB для формата 10-битового представления линейных значений tss_i . Не должны вноситься ошибки, если $\log_tss_i$ равен 0 дБ или интерполируется между значениями $\log_tss_i$, которые равны 0 дБ.

Передатчик VTU-O устанавливает значения tss_i таким образом, чтобы PSD сигнала передачи, измеренная на эталонном полном сопротивлении в контрольной точке U-O2 во время фазы настройки, не отклонялась от значений MREFPSDds, переданных в сообщении O-PRM, более чем на 1 дБ (параметр "эталонная PSD MEDLEY", см. пункт 12.3.3.2).

Передатчик VTU-R устанавливает значения tss_i таким образом, чтобы до регулировки усиления (т. е. при условии $g_i = 1$) PSD сигнала передачи, измеренная в контрольном полном сопротивлении на интерфейсе U, с самого начала фазы соединения и для оставшейся части инициализации не отклонялась от значений

MREFPSD_{us}, переданных R-PRM, более чем на 1 дБ (параметр "эталонная PSD MEDLEY", см. пункт 12.3.3.2).

Таким образом, установочные параметры tss_i должны учитывать любое дополнительное формирование спектра, вызванное фильтрами временной области и аналоговыми фильтрами, включенными в тракт передачи между выходом модулятора и интерфейсом U.

A.7.4 Общие положения (поправка к пункту 6.1 ITU-T G.993.5)

...

Объект VCE в составе канальной матрицы или в отдельности настраивает прекодер таким образом, чтобы его выходные сигналы (значения Z' , показанные на рисунке 6-1) в контрольной точке U-O2 не приводили к нарушению MREFMASK даже при самых высоких действительных значениях g_i (т. е. $g_i = +2,5$ дБ) во всех линиях векторной группы.

A.7.5 Краткие сведения о PSD и маске PSD (поправка к пункту 7.2.3 [ITU-T G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если не указано иное, ссылки в этом разделе относятся к [ITU-T G.993.2].

...

Таблица 7-5 – Краткие сведения: определение и использование PSD и масок PSD

Параметр	При определении	При установлении связи между блоками VTU (примечание)	При использовании
Маска эталонной PSD MEDLEY (MREFMASK)	В конце фазы раскрытия канала; VTU-O определяет MREFMASK _{ds} , VTU-R определяет MREFMASK _{us}	Связь не установлена	С начала фазы настройки и впоследствии в период инициализации и в рабочем режиме
Эталонная PSD MEDLEY в нисходящем направлении (MREFPSD _{ds})	В конце фазы раскрытия канала; VTU-O определяет MREFPSD _{ds}	MREFPSD _{ds} передается блоком VTU-O в VTU-R в сообщении O-PRM	В течение фазы соединения
Эталонная PSD MEDLEY в восходящем направлении (MREFPSD _{us})	В конце фазы раскрытия канала; VTU-R определяет MREFPSD _{us}	MREFPSD _{us} передается блоком VTU-R в VTU-O в R-PRM	В течение фаз настройки и анализа канала и обмена
PSD рабочего режима	В конце фазы анализа канала и обмена	Определяется значениями PSD фазы анализа канала и обмена и значениями коэффициента усиления (g_i), передаваемыми в фазе анализа канала и обмена (сообщения O-PMD и R-PMD). Не должны превышать значения MREFMASK.	В течение рабочего режима
ПРИМЕЧАНИЕ. – В период инициализации передается только минимальный набор необходимых параметров, характеризующих PSD и маски PSD. Протоколы и форматы передачи данных описываются в пункте 12.			

A.7.6 Функция характеристик канала по каждой группе поднесущих (CCF-ps) (поправка к пункту 11.4.1.1.1 [ITU-T G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если не указано иное, ссылки в этом разделе относятся к [ITU-T G.993.2].

...

Измерение функции характеристик канала является результатом каскадного включения трех функций:

- функции характеристик фильтра передатчика;
- функции характеристик канала; и
- функции характеристик фильтра приемника.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Функция характеристик канала соответствует функции $H_{\text{channel}}(f)$, используемой в определении перекрестной наводки на дальнем конце линии (см. пункт 7.4.1 [ITU-T G.996.1]).

Целью является обеспечение средств, с помощью которых могут быть точно идентифицированы характеристики канала. Таким образом, необходимо, чтобы функция PMD приема передавала оценку характеристик канала. Такая задача может оказаться сложной, ввиду того что функция PMD приема только ведет наблюдение за каскадом из трех элементов канала. Предполагается, что та часть полосы пропускания сообщаемой функции $H(f)$, которая наиболее важна для устранения возможных проблем с физическим шлейфом, незначительно зависит от характеристик фильтра приемника (не включая AGC приемника). Функция PMD приема должна, таким образом, инвертировать то усиление (AGC), которое было приложено ею к принятому сигналу, и сделать все возможное, чтобы устранить влияние характеристик фильтра приемника на ближнем конце линии. Результатом является наилучшая оценка того, как приемник воспринимает характеристики канала в полосе пропускания плюс характеристики фильтра передатчика. Так как та часть спектра, которая располагается внутри полосы пропускания, также предполагается не слишком зависимой от характеристик фильтра передатчика, то этот результат считается удовлетворительной оценкой характеристик канала для применений с желательными условиями шлейфа.

Определяются два формата для характеристик канала:

- $H_{\text{lin}}(f)$ – формат, обеспечивающий комплексные значения на линейной шкале; и
- $H_{\text{log}}(f)$ – формат, обеспечивающий абсолютные значения на основе логарифмической шкалы по основанию 10.

Для $H_{\text{log}}(f)$: функция PMD приема также должна использовать значение PSD на интерфейсе U функции PMD передачи (переданного в сообщениях в период инициализации) для устранения влияния характеристик фильтра передачи на дальнем конце линии.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – H_{log} учитывает влияние сигналов предварительной компенсации, связанных с этой линией, передаваемых по другим линиям векторной группы, которые находятся в состоянии линии L0.

Для функции $H_{\text{lin}}(f)$: если о характеристиках канала сообщается через интерфейс OAM блока VTU-O (см. рисунок 5-3), то блок VTU-O должен сделать все возможное, чтобы устранить влияние характеристик фильтра передачи на ближнем конце линии на характеристики канала, измеряемые в блоке VTU-R. Если о характеристиках канала сообщается через интерфейс OAM блока VTU-R, то блок VTU-R должен сделать все возможное, чтобы устранить влияние характеристик фильтра передачи на ближнем конце линии на характеристики канала, измеряемые в блоке VTU-O.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – H_{lin} учитывает влияние сигналов предварительной компенсации, связанных с этой линией, передаваемых по другим линиям векторной группы, которые находятся в состоянии линии L0.

Функция $H_{\text{lin}}(f)$ должна быть отправлена объекту VME на дальнем конце линии в течение режима диагностики шлейфа и должна быть отправлена по запросу объекту VME на ближнем конце линии в течение режима диагностики шлейфа.

...

A.7.7 Команды и ответы PMD Test Parameter Read (взамен пункта 11.2.3.11 [ITU-T G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ. – Метки исправлений в этом разделе указывают на изменения по сравнению с пунктом. 11.2.3.11 [ITU-T G.993.2].

Если не указано иное, ссылки в этом разделе относятся к [ITU-T G.993.2].

Команды PMD Test Parameter Read (считывание контролируемых параметров PMD) используются для поиска значений контролируемых параметров PMD, указанных в пункте 11.4.1, и поддерживаются блоком VTU на дальнем конце линии связи. Команды PMD Test Parameter Read приводятся в таблице 11-26 и могут иницироваться любым из двух блоков VTU. Ответы приводятся в таблице 11-27. Первым октетом всех команд и ответов PMD Test Parameter Read должно быть

присвоенное значение для типа команды PMD Test Parameter Read, как показано в таблице 11-5. Последующие октеты команд должны быть такими, как показано в таблице 11-26. Последующие октеты ответов должны быть такими, как показано в таблице 11-27. Октеты должны отправляться с использованием формата, описываемого в пункте 11.2.3.1.

Таблица 11-26 – Команды PMD Test Parameter Read, передаваемые запрашивающими VTU

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание	Поддержка
Single Read	2	2	01 ₁₆ (примечание 1)	Обязательная
Next Multiple Read	2	2	03 ₁₆ (примечание 1)	Обязательная
Multiple Read	4	2	04 ₁₆ (примечание 1)	Обязательная
		от 3 до 4	2 октета, описывающие индекс группы поднесущих	
Block Read	6	2	05 ₁₆ (примечание 1)	Обязательная
		от 3 до 4	2 октета, описывающие начальный индекс группы поднесущих	
		от 5 до 6	2 октета, описывающие конечный индекс группы поднесущих	
Vector Block Read	7	2	06 ₁₆ (примечание 1)	Необязательная
		3	1 октет, описывающий тип считываемого контролируемого параметра (примечание 2) 01 ₁₆ : функция передачи канала $Hlog(f)$ на группу поднесущих 03 ₁₆ : PSD шума тихой линии $QLN(f)$ на группу поднесущих 04 ₁₆ : отношение сигнал/шум $SNR(f)$ на группу поднесущих	
		от 4 до 5	2 октета, описывающие начальный индекс группы поднесущих	
		от 6 до 7	2 октета, описывающие конечный индекс группы поднесущих	
Scalar Read	3	2	07 ₁₆ (примечание 1)	Необязательная
		3	1 октет, описывающий тип скалярных считываемых контролируемых параметров (примечание 2) От 21 ₁₆ до 28 ₁₆ : индекс считываемого параметра в соответствии с идентификатором из таблицы 11-28.	
<u>SATN для Приложения A G.993.5</u>	<u>12</u>	<u>2</u>	<u>08₁₆ (примечание 1)</u>	<u>Обязательная</u>
		<u>от 3 до 12</u>	<u>Пять 2-октетных значений TXpower_dBm_D (m) для 5 потенциально доступных полос в нисходящем направлении</u>	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все прочие значения октета с номером 2 резервируются МСЭ-Т.				
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Все прочие значения октета с номером 3 резервируются МСЭ-Т.				

Таблица 11-27 – Ответы PMD Test Parameter Read, передаваемые отвечающими VTU

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание	Поддержка
Single Read ACK	42 (примечание 1)	2	81 ₁₆ (примечание 2)	Обязательная
		от 3 до 42	Октеты для контролируемых параметров, предназначенные для формата однократного считывания	
Multiple Read ACK	12 (примечание 1)	2	82 ₁₆ (примечание 2)	Обязательная
		от 3 до 12	Октеты для контролируемых параметров, предназначенные для формата многократного считывания	
NACK	2	2	80 ₁₆ (примечание 2)	Обязательная

Таблица 11-27 – Ответы PMD Test Parameter Read, передаваемые отвечающими VTU

Наименование	Длина (октеты)	Номер октета	Содержание	Поддержка
Block Read ACK	Зависит от параметра (примечание 1)	2	84 ₁₆ (примечание 2)	Обязательная
		3+	Октеты для контролируемых параметров, предназначенные для формата считывания блока	
Vector Block Read ACK	Зависит от параметра (примечание 1)	2	86 ₁₆ (примечание 2)	Необязательная
		3+	Октеты для контролируемых параметров, предназначенные для формата считывания блока	
Scalar Read ACK	Зависит от параметра (примечание 1)	2	87 ₁₆ (примечание 2)	Необязательная
		3+	Октеты для контролируемых параметров, предназначенные для скалярного формата считывания	
<u>SATN для Приложения А G.993.5 ACK</u>	<u>12 (примечание 1)</u>	<u>2</u>	<u>88₁₆ (примечание 2)</u>	<u>Обязательная</u>
		<u>от 3 до 12</u>	<u>Октеты для SATN, предназначенные для скалярного формата считывания</u>	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Длина сообщения равна 2 октетам плюс длина, указанная в таблице 11-28.				
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Все прочие значения октета с номером 2 резервируются МСЭ-Т.				

Таблица 11-28 – Значения идентификаторов контролируемых параметров PMD и длина ответов

ID контролируемых параметров (примечание 1)	Наименование контролируемого параметра	Длина для однократного считывания (октеты)	Длина для многократного считывания (октеты)	Длина для считывания блоков или векторных блоков (октеты)	Длина для скалярного считывания (октеты)	Поддержка
01 ₁₆	Функция передачи канала Hlog(f) для группы поднесущих	N/A	4	2 + (конечный индекс группы поднесущих – начальный индекс группы поднесущих + 1) × 2 (примечание 2)	N/A	Обязательная
03 ₁₆	PSD шума тихой линии QLN(f) на группу поднесущих	N/A	3	2 + (конечный индекс группы поднесущих – начальный индекс группы поднесущих + 1) (примечание 2)	N/A	Обязательная
04 ₁₆	Отношение сигнал/шум SNR (f) на группу поднесущих	N/A	3	2 + (конечный индекс группы поднесущих – начальный индекс группы поднесущих + 1) (примечание 2)	N/A	Обязательная
21 ₁₆	Затухание шлейфа LATN	2 × 5	N/A	N/A	2 × 5	Обязательная
22 ₁₆	Затухание сигнала SATN	2 × 5	N/A	N/A	2 × 5	Обязательная
23 ₁₆	Запас отношения сигнал/шум SNRM и SNRM-pb	2 × 6	N/A	N/A	2 × 6	Обязательная

**Таблица 11-28 – Значения идентификаторов контролируемых параметров PMD
и длина ответов**

ИД контролируемых параметров (примечание 1)	Наименование контролируемого параметра	Длина для одно- кратного считывания (октеты)	Длина для много- кратного считывания (октеты)	Длина для считывания блоков или векторных блоков (октеты)	Длина для скаляр- ного считывания (октеты)	Поддержка
24 ₁₆	Достижимая чистая скорость передачи данных ATTNDR (основной метод)	4	N/A	N/A	4	Обязательная
24 ₁₆	Достижимая чистая скорость передачи данных ATTNDR (улучшенный метод)	8	N/A	N/A	8	Необязательная
25 ₁₆	Фактическая совокупная мощность передачи на ближнем конце АСТАР	2	N/A	N/A	2	Обязательная
26 ₁₆	Фактическая совокупная мощность передачи на дальнем конце АСТАР	2	N/A	N/A	2	Обязательная
27 ₁₆	Фактическая защита от импульсных помех на дальнем конце INP_act	N/A	N/A	N/A	2	Необязательная
28 ₁₆	Запас фактического отношения сигнал/шум на дальнем конце надежного служебного канала SNRM-ROC	N/A	N/A	N/A	2	Необязательная
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Все прочие значения идентификатора контролируемых параметров резервируются МСЭ-Т. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Поскольку количество поднесущих G в группе поднесущих (см. пункт 11.4.1) для QLN, Hlog и SNR может быть разным, значения QLN, Hlog и SNR, передаваемые в сообщениях Multiple Read, Block Read или Vector Block Read для одного и того же индекса группы поднесущих, может соответствовать разным индексам поднесущих. Индекс поднесущей для каждого параметра равен $G \times \text{subcarrier group_index}$, где значение G определяется в таблице 11-42 в пункте 11.4.1 (для рабочего режима), а $\text{subcarrier group_index}$ – индекс группы поднесущих – имеет значение от 0 до 511.						

После приема команды PMD Test Parameter Read отвечающий блок VTU отправляет соответствующий ответ. Если формат команды неверный, то блок VTU отвечает уведомлением об отказе (NACK). Ни на какие функции запрашивающего или отвечающего блока VTU это не влияет.

Команда Single Read используется для поиска всех контролируемых параметров со значениями ID от 21₁₆ до 26₁₆ включительно. В ответе на команду Single Read значения контролируемых параметров (одно значение для каждого параметра) передаются в возрастающем порядке нумерации ID параметра, показанном в таблице 11-28. Формат октетов для каждого параметра указывается в пункте 11.4.1. Значения, форматированные как множество октетов, преобразуются в ответы в порядке от старших октетов к младшим. Формат параметров LATN, SATN и SNRM состоит из пяти 2-октетных значений, предназначенных для пяти потенциально доступных полос частот для каждого направления передачи. Эти 2-октетные значения передаются в порядке, указанном в таблице 11-29. Значение 00₁₆ используется для указания на запрещенные полосы. Октеты, указанные как зарезервированные, устанавливаются в НУЛЬ в передатчике и игнорируются приемником. Контролируемый параметр SNRM в добавление ко всем значениям SNRM-pb (пункт 11.4.1.1.6.3) включает в себя общее значение SNRM (пункт 11.4.1.1.6.2). Первое 2-октетное значение представляет собой общее значение SNRM, за которым следуют пять 2-октетных значений SNRM-pb, как указано в таблице 11-29. Для ATTNDR во

время инициализации настраивается использование базового или улучшенного метода (см. пункт 11.4.1.1.7). Контролируемый параметр ATTNDR указывается в таблице 11-30.

При работе в соответствии с Приложением А к [ITU-T G.993.5] ответ VTU-R на команду скалярного считывания SATN и команду однократного считывания содержит значения SATN, равные особому значению 1023. VTU-O игнорирует это значение (т. е. VME не передает это значение в EIA для сохранения в объекте SATNds CO-MIB).

Таблица 11-29 – Порядок передачи параметров LATN, SATN и SNRM-pb

Номер октета	Восходящее направление	Нисходящее направление
1	US0	DS1
2		
3	US1	DS2
4		
5	US2	DS3
6		
7	US3	DS4
8		
9	US4	Зарезервированы
10		

Таблица 11-30 – Контролируемый параметр ATTNDR

Номер октета	Основной метод	Улучшенный метод
1–4	ATTNDR	ATTNDR
5	N/A	Зарезервирован и установлен в 00 ₁₆
6	N/A	ATTNDR_INP_act ₀
7	N/A	Зарезервирован и установлен в 00 ₁₆
8	N/A	ATTNDR_delay_act ₀
ПРИМЕЧАНИЕ. – Формат полей определяется в пункте 11.4.1.1.7.		

Команда Scalar Read используется для приема одного контролируемого параметра. Поддержка этой команды считывания необязательна. Идентификатор искомого контролируемого параметра содержится в третьем октете команды считывания, как указано в таблице 11-26. В ответ на команду Scalar Read блок VTU передает значение контролируемого параметра, если эта команда и контролируемый параметр поддерживаются блоком VTU; в противном случае VTU передает ответ с сообщением NACK. Формат октетов для каждого значения параметра описывается в пункте 11.4.1. Значения, отформатированные как несколько октетов, преобразуются в ответы в порядке от старшего октета к младшему. Формат параметров LATN, SATN, SNRM и ATTNDR идентичен формату, используемому для команды Single Read Command. Параметр "защита от фактического импульсного шума на дальнем конце" (ID = 27₁₆) состоит из 1-октетных значений и передается в порядке, приведенном в таблице 11-31. Для указания запрещенных носителей используется значение FF₁₆.

Таблица 11-31 – Команда на отправку фактических параметров защиты от импульсного шума на дальнем конце

Номер октета	Параметр
1	INP_act для канала-носителя 0
2	INP_act для канала-носителя 1

Команда "SATN для Приложения А к G.993.5" используется для поиска параметра SATN при работе в соответствии с Приложением А к [ITU-T G.993.5]. Она содержит пять 2-октетных значений TXpower dBm D(m) для пяти потенциально доступных полос в нисходящем направлении. Формат октетов каждого параметра должен соответствовать формату, указанному для фактической совокупной мощности передачи (АСТАР) в пункте 11.4.1.1.8. Значения, отформатированные как несколько октетов, преобразуются в ответы в порядке от старшего октета к младшему. 2-октетные значения передаются в порядке, приведенном в таблице 11-29. Для указания запрещенных полос используется значение 00₁₆. Октеты, обозначенные как зарезервированные, устанавливаются в НУЛЬ в передатчике и игнорируются приемником.

В ответ на команду "SATN для Приложения А к G.993.5" VTU передает значение SATN. Формат октетов для каждого значения параметра описывается в пункте 11.4.1. Значения, отформатированные как несколько октетов, преобразуются в ответы в порядке от старшего октета к младшему. Формат параметра SATN идентичен формату, используемому для команды Scalar Read Command. VTU-O передает это значение для хранения в объекте SATNds CO-MIB.

Если после команды SATN и до ответа блок VTU-R обнаруживает TIGAV или другую процедуру OLR, он отвечает особым значением SATN, равным 1023. VTU-O передает это значение для хранения в объекте SATNds CO-MIB, а затем повторно иницирует команду SATN. VTU-O передает это значение в EIA для сохранения в объекте SATNds CO-MIB. VME-O повторно иницирует команду SATN. Время этого повторного иницирования определяется поставщиком.

Команды Multiple Read и Next Multiple Read используются для поиска контролируемых параметров одной группы поднесущих. В ответ на команду Multiple Read или Next Multiple Read блок VTU передает информацию по всем контролируемым параметрам со значениями ID 01₁₆, 03₁₆ и 04₁₆, связанным с указанной группой поднесущих. Команда Multiple Read содержит индекс требуемой группы поднесущих (см. таблицу 11-26). Если нужно отправить команду Next Multiple Read, то она может быть отправлена только после команды Multiple Read. В ответ на каждую последующую команду Next Multiple Read индекс группы поднесущих увеличивается на единицу. Если индекс группы поднесущих превышает 511 (см. пункт 11.4.1), то в ответ передается сообщение NACK. Значения параметров PMD для каждой группы поднесущих вставляются в сообщение в порядке нумерации ID параметров, указанных в таблице 11-28. Формат октетов каждого параметра указан в пункте 11.4.1. Значения, форматированные как множество октетов, преобразуются в ответ в порядке от старших октетов к младшим.

Команда Block Read используется для поиска контролируемых параметров по всему диапазону групп поднесущих. В ответ на команду Block Read блок VTU передает информацию по всем контролируемым параметрам со значениями ID 01₁₆, 03₁₆, и 04₁₆, связанным с конкретным блоком группы поднесущих. Для контролируемых параметров, определенных для группы поднесущих, все значения для групп поднесущих с индексами от #start до #stop передаются в одном ответе. Если индекс группы поднесущих превышает 511, передается ответ с сообщением NACK. Значения параметров PMD для группы поднесущих вставляются в сообщение в порядке возрастания ID параметров, указанных в таблице 11-27. Формат октетов для каждого значения параметра описывается в пункте 11.4.1. Значения, форматированные как множество октетов, преобразуются в ответ в порядке от старших октетов к младшим. Количество октетов в команде Block Read не должно превышать максимальную длину P сообщения eos, указанную в пункте 11.2.3.1.

Команда Vector Block Read используется для поиска одного контролируемого параметра по всему диапазону групп поднесущих. Поддержка этой команды считывания необязательна. Идентификатор искомого контролируемого параметра содержится в третьем октете команды считывания, как указано в таблице 11-26. В ответ на команду Vector Block Read блок VTU передает информацию для контролируемого параметра, связанного с указанным блоком групп поднесущих, если эта команда поддерживается VTU; в противном случае VTU отправляет сообщение NACK. Все значения для групп поднесущих с индексами от #start до #stop передаются в одном ответе. Если индекс группы поднесущих превышает 511, передается ответ с сообщением NACK. Формат октетов для каждого значения параметра описывается в пункте 11.4.1. Значения, отформатированные как несколько октетов, преобразуются в ответы в порядке от старшего октета к младшему.

При передаче значений Nlog(f) функции передачи канала, шума в тихой линии QLN(f) или отношения сигнал/шум SNR(f) в ответ включается время измерения для каждого контролируемого параметра.

За сообщением ACK (см. таблицу 11-27) следует время измерения $HLOG(f)$ и значение m (см. пункт 11.4.1.1.1), за ними следуют время измерения $QLN(f)$ и значение n (см. пункт 11.4.1.1.2), а далее – время измерения $SNR(f)$ и значение SNR (см. пункт 11.4.1.1.3). Время измерения включается в ответ на команду Block Read или Vector Block Read только один раз и должно включаться для каждого контролируемого параметра в каждом ответе на команду Multiple Read или Next Multiple Read.

Значения некоторых контролируемых параметров представляются с использованием меньшего количества битов, чем содержится в соответствующем поле, определенном для ответа в таблице 11-28. Если в поле имеется больше одного октета, то в ответе биты преобразуются в LSB многооктетного поля. В неиспользуемых MSB многооктетного поля устанавливаются НУЛЬ для величин без знака и значение бита знака для величин со знаком.

A.7.8 Затухание сигнала в полосе (SATN-pb) (взамен пункта 11.4.1.1.5 [ITU-T G.993.2])

Затухание сигнала в m -й полосе в нисходящем направлении обозначается как SATN_D(m), а в восходящем направлении – как SATN_U(m).

При работе в соответствии с Приложением А к [ITU-T G.993.5] затухание сигнала m -й полосы в восходящем направлении SATN_U(m) рассчитывается, как указано в основном тексте пункта 11.4.1.1.5 [ITU-T G.993.5].

При работе в соответствии с Приложением А к [ITU-T G.993.5] затухание сигнала m -й полосы в нисходящем направлении, SATN_D(m), определяется как разность в дБ между мощностью, принимаемой на ближнем конце, и мощностью, передаваемой с дальнего конца в m -й полосе в нисходящем направлении.

Математически это записывается следующим образом:

$$SATN_D(m) = TXpower_dBm_D(m) - RXpower_dBm_D(m).$$

В режиме инициализации и в режиме диагностики шлейфа мощность принимаемого сигнала в дБм RXpower_dBm_D(m) рассчитывается как принимаемая мощность поднесущей, суммируемая по тем поднесущим данной полосы, которые входят в набор MEDLEYds. VTU-R предполагает, что во время передачи сигнала O-P-MEDLEY показатель PSD передачи для поднесущих в наборе MEDLEYds находится на уровне MREFPSDs. Следовательно, для оценки мощности сигнала, которая будет приниматься в рабочем режиме, мощность принимаемого сигнала должна быть точно настроена на значения g_i для каждой поднесущей в наборе MEDLEYds.

Математически это соответствует формуле

$$RXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} (Received_subcarrier_power_mW(i) \times g_i^2) \right).$$

В рабочем режиме мощность принимаемого сигнала в дБм Rxpower_dBm_D(m) рассчитывается как принимаемая мощность поднесущей в рабочем режиме, суммируемая по тем поднесущим данной полосы, которые входят в набор MEDLEYds.

Математически это соответствует формуле

$$RXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} (Received_subcarrier_power_mW(i)) \right).$$

В обоих уравнениях $MEDLEYds \cap DS(m)$ означает все поднесущие набора MEDLEYds, которые попадают в m -ю полосу в нисходящем направлении, Received_subcarrier_power_mW – это принимаемая мощность на поднесущей i , выраженная в милливаттах, а g_i – это коэффициент усиления (по линейной шкале) для поднесущей i .

Для значения SATN, определяемого во время инициализации, чтобы оценить мощность сигнала, который будет получен в рабочем режиме, мощность принимаемого сигнала на каждой поднесущей i в наборе MEDLEYds должна быть точно настроена на значение g_i , передаваемое в сообщениях O-PMD (в восходящем направлении) и R-PMD (в нисходящем направлении). В режиме диагностики шлейфа точная настройка ограничивается использованием значений g_i , равных 0 (для поднесущих, которым не могут быть выделены биты) и 1 (для поднесущих, которым может быть выделен по меньшей мере один

бит). Для значения SATN, определяемого в рабочем режиме, принимаемая мощность сигнала на поднесущей считается как измеренная.

Для значения SATN, определяемого во время инициализации и в режиме диагностики шлейфа блок VTU-R вычисляет значение $TXpower_dBm_D(m)$ как совокупную мощность передачи, суммируемую по поднесущим данной полосы, входящим в набор MEDLEYds. VTU-R предполагает, что во время передачи сигнала O-P-MEDLEY показатель PSD передачи для поднесущих в наборе MEDLEYds находится на уровне MREFPSDs. Следовательно, для оценки мощности сигнала, которая будет передаваться в рабочем режиме, мощность передаваемого сигнала должна быть точно настроена на значения g_i для каждой поднесущей в наборе MEDLEYds.

Математически это соответствует формуле

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \times \log_{10} \Delta f + 10 \times \log_{10} \left(\sum_{i \in MEDLEYds \cap DS(m)} \left(10^{\frac{MREFPSD[i]}{10}} \times g_i^2 \right) \right),$$

где $MEDLEYds \cap DS(m)$ означает все поднесущие из набора MEDLEYds, которые попадают в m -ю полосу в нисходящем направлении, $MREFPSD[i]$ – это значение MREFPSDs для поднесущей i в дБм/Гц, передаваемое в сообщении O-PRM, g_i – это коэффициент усиления (по линейной шкале) для поднесущей i , а Δf – это разнос поднесущих в Гц.

VTU-O вместе с VCE обновляют значение SATN в нисходящем направлении, переданное блоком VTU-R во время инициализации, используя подходящие значения $TXpower_dBm_D(m)$. Они вычисляются блоком VTU-O вместе с VCE в качестве оценки совокупной мощности передачи, суммируемой по поднесущим данной полосы, которые входят в набор MEDLEYds, точно настроенным на значения g_i для каждой поднесущей из набора MEDLEYds в целях оценки мощности сигнала, который будет передаваться в рабочем режиме.

Математически это соответствует формуле

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} P_{direct_Zi'} \times g_i^2 \right),$$

где $MEDLEYds \cap DS(m)$ означает все поднесущие из набора MEDLEYds, которые попадают в m -ю полосу в нисходящем направлении, а $P_{direct_Zi'}$ – это мощность прямого сигнала на выходе прекодера для поднесущей i во время передачи сигнала O-P-MEDLEY, относящейся к интерфейсу U-O, в милливаттах, при условии что входной импеданс сети составляет 100 Ом.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В реальных применениях входной импеданс сети/шлейфа может отличаться от 100 Ом активной нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В реализациях с использованием матрицы прекодера P_i для поднесущей i значение $P_{direct_Zi'}$ можно вычислить с использованием диагонального коэффициента матрицы P_i , " $diag(P_i)$ ", с использованием следующего уравнения:

$$P_{direct_Zi'} = |diag(P_i)|^2 \times P_{Zi} = \Delta f \times 10^{\frac{MREFPSD(i)}{10}} \times (|diag(P_i)|)^2.$$

Для значения SATN в нисходящем направлении, определяемого во время инициализации, чтобы оценить мощность сигнала, передаваемого в рабочем режиме, мощность передаваемого сигнала для каждой поднесущей i из набора MEDLEYds должна быть точно настроена на значение g_i , передаваемое в сообщениях R-PM (в нисходящем направлении). В режиме диагностики шлейфа точная настройка ограничивается использованием значений g_i , равных 0 (для поднесущих, которым не могут быть выделены биты) и 1 (для поднесущих, которым может быть выделен по меньшей мере один бит).

Для значения SATN в нисходящем направлении, определяемого в рабочем режиме, VTU-R должен использовать значения $TXpower_dBm_D(m)$, передаваемые блоком VTU-O в команде запроса контролируемых параметров SATN. Они вычисляются блоком VTU-O вместе с VCE в качестве оценки совокупной мощности передачи, суммируемой по поднесущим данной полосы, которые входят в набор MEDLEYds. В рабочем режиме эта мощность уже включает в себя влияние значений g_i .

Математически это соответствует уравнению

$$TXpower_dBm_D(m) = 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in (MEDLEYds \cap DS(m))} P_{direct_Zi'} \right),$$

где $MEDLEYds \cap DS(m)$ означает все поднесущие из набора MEDLEYds, которые попадают в m -ю полосу в нисходящем направлении, а $P_{direct_Zi'}$ – это мощность прямого сигнала на выходе прекодера для поднесущей i в рабочем режиме, относящейся к интерфейсу U-O, в милливаттах, при условии что входной импеданс сети составляет 100 Ом активной нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В реальных применениях входной импеданс сети/шлейфа может отличаться от 100 Ом активной нагрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В реализациях с использованием матрицы прекодера P_i для поднесущей i значение $P_{direct_Zi'}$ можно вычислить с использованием диагонального коэффициента матрицы P_i , " $diag(P_i)$ ", с использованием следующего уравнения:

$$P_{direct_Zi'} = |diag(P_i)|^2 \times P_{Zi} = \Delta f \times 10^{\frac{MREFPSD(i)}{10}} \times (|diag(P_i)| \times g_i)^2.$$

Затухание сигнала измеряется функцией PMD приема в режиме диагностики шлейфа и во время инициализации (т. е. затухание сигнала оценивается в начале рабочего режима). В рабочем режиме результат измерения обновляется по запросу от дальнего конца линии. В рабочем режиме величина затухания сигнала передается на дальний конец линии по запросу.

Затухание сигнала на полосу в нисходящем направлении SATN_D(m) представляется в виде 10-битового целого числа без знака $satn$, причем значение SATN_D(m) определяется как $SATN_D(m) = satn/10$ дБ. Этот формат данных поддерживает дискретность SATN_D(m) в 0,1 дБ и динамический диапазон SATN_D (m) 102,2 дБ (от 0 до 102,2 дБ).

Имеется особое значение SATN_D(m), обозначаемое как $satn = 1023$. Оно указывает на то, что затухание сигнала находится за пределами заданного диапазона или "не определено".

A.7.9 Параметр состояния GAINSpds

Параметр состояния GAINSpds определяется следующим образом:

$$GAINSpds_i = g_i \times 10^{\frac{(TXPSD_{direct_Zi'} - MREFPSDds(i))}{20}},$$

где:

$TXPSD_{direct_Zi'}$ – это PSD прямого сигнала на выходе прекодера для поднесущей i , относящаяся к интерфейсу U-O, в дБм/Гц, при условии что входной импеданс сети составляет 100 Ом активной нагрузки;

$MREFPSDds$ – это значение MREFPSDds, передаваемое в сообщении O-PRM, в дБм/Гц.

VTU-O совместно с VCE обновляют параметр GAINSpds_i по получении команд OLR, изменяющих значение g_i , и команд TIGAV, изменяющих значение $TXPSD_{direct_Zi'}$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – По этой причине GAINSpds обновляется только при состоянии канала L0.

Допустимые значения для GAINSpds – это числа от 0 до приблизительно 1,33 (т. е. максимально допустимое значение g_i).

Значение GAINSpds представляется в виде 16-битового целого числа без знака, выражающего значения GAINSpds, кратные 1/512, так что диапазон допустимых значений составляет от 0 до 682. Все прочие значения резервируются МСЭ-Т.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если VTU-O работает не в соответствии с настоящим приложением, то GAINSpds_i – это фактические значения g_i .

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В реализациях с применением матрицы прекодера P_i для поднесущей i значение GAINSpds можно вычислить при использовании диагонального коэффициента матрицы P_i , " $diag(P_i)$ ", с помощью следующего уравнения (см. рисунок 6-1):

$$GAINSpds_i = g_i \times diag(P_i).$$

A.8 Управление

В этом разделе определяются параметры конфигурации, состояния и ресурсов CO-MIB, относящиеся к работе в соответствии с Приложением А. Эти параметры должны поддерживаться, если VTU-O поддерживает Приложение А.

А.8.1 Параметры конфигурации

А.8.1.1 Режим STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE)

Параметр конфигурации STRONGFEXT_MODE (см. пункт 7.3.1.17.1 [ITU-T G.997.1]) – это параметр, используемый для управления работой в соответствии с Приложением А к ITU-T G.993.5 в процессе инициализации.

Этот параметр имеет четыре допустимых значения.

0: DISABLED (запрещено): работа в соответствии с Приложением А к ITU-T G.993.5 запрещена. Бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных помех FEXT" в сообщении CL ITU-T G.994.1 устанавливается в НУЛЬ.

1: PREFERRED (предпочтительно): работа в соответствии с Приложением А к ITU-T G.993.5 предпочтительна для оператора. Бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных помех FEXT" в сообщении CL ITU-T G.994.1 указывает, поддерживает ли VTU-O данное приложение.

2: FORCED (принудительно): принудительное использование Приложения А к ITU-T G.993.5. Бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных помех FEXT" в сообщении CL ITU-T G.994.1 указывает, поддерживает ли VTU-O данное приложение. Если в сообщении MS ITU-T G.994.1 бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных помех FEXT" или бит Spar(2) "ITU-T G.993.5" не установлены в ЕДИНИЦУ, то бит Spar(1) "ITU-T G.993.2" в сообщении MS устанавливается в НУЛЬ.

3: FORCED_ABOVE_17MHZ (принудительно выше 17 МГц):

- Если в сообщении MS согласно ITU-T G.994.1 бит Spar(1) "ITU-T G.993.2" установлен в ЕДИНИЦУ и бит Spar(2) "ITU-T G.993.5" установлен в ЕДИНИЦУ, а бит Npar(3) "Поддержка ослабления сильных помех FEXT" установлен в НУЛЬ, то сообщение согласно MS ITU-T G.994.1:
 - либо выбирает работу в соответствии с профилем, отличным от профилей 30a и 35b,
 - либо выбирает работу в соответствии с профилем 35b, причем набор SUPPORTEDCARRIERS в сообщении O-SIGNATURE в нисходящем и восходящем направлениях ограничен индексом поднесущей 4095.
- Если в сообщении MS согласно ITU-T G.994.1 бит Spar(1) "ITU-T G.993.2" установлен в ЕДИНИЦУ, а бит Spar(2) "ITU-T G.993.5" установлен в НУЛЬ, то сообщение MS согласно ITU-T G.994.1 выбирает работу в соответствии с любым профилем, причем набор SUPPORTEDCARRIERS в нисходящем и восходящем направлениях в сообщении O-SIGNATURE ограничен индексом поднесущей, заданным поставщиком, но не превышающим 4095.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Наибольший индекс поднесущей, заданный поставщиком, выбирается таким образом, чтобы создаваемые другим линиям векторной группы перекрестные помехи были достаточно низкими, например индекс поднесущей 511 (что может соответствовать работе на основе ITU-T G.992.5).

Если для режима STRONGFEXT_MODE устанавливается значение PREFERRED, FORCED или FORCED_ABOVE_17MHz, то

- для RA-MODEs устанавливается режим 3 (DYNAMIC) или 4 (DYNAMIC с SOS);
- для RTX_MODE_ds устанавливается режим RTX_FORCED, RTX_PREFERRED или RTX_TESTMODE.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Настоящее приложение применимо только в том случае, если VTU работает в соответствии с Приложением Q к [ITU-T G.993.2], которое требует обязательной поддержки SRA и повторной передачи в нисходящем направлении. В настоящем Приложении предполагается, что SRA и повторная передача в нисходящем направлении разрешены в CO-MIB.

Если для режима STRONGFEXT_MODE устанавливается значение FORCED или FORCED_ABOVE_17MHz для одной линии векторной группы, то устанавливается один и тот же режим для всех линий векторной группы (т. е. все или ни одной).

A.8.2 Параметры состояния

A.8.2.1 Режим Actual STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE_ACTUAL)

Параметр состояния STRONGFEXT_MODE_ACTUAL (см. пункт 7.5.1.45.1 [ITU-T G.997.1]) указывает, выбрана ли для линии работа в соответствии с Приложением А к ITU-T G.993.5 в сообщении MS согласно ITU-T G.994.1 (независимо от того, является ли этот выбор автономным со стороны самих VTU или принудительным через CO-MIB).

Допустимые значения:

- NOT-SELECTED: работа согласно Приложению А к ITU-T G.993.5 *не* выбрана;
- SELECTED: выбрана работа согласно Приложению А к ITU-T G.993.5.

A.8.3 Параметры ресурсов

A.8.3.1 Поддержка режима STRONGFEXT (STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_O/R)

Параметры ресурсов STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_O (см. пункт 7.4.15.1 [ITU-T G.997.1]) и STRONGFEXT_MODE_SUPPORT_R (см. пункт 7.4.15.2 [ITU-T G.997.1]) указывают, поддерживает ли соответственно VTU-O и VTU-R Приложение А к ITU-T G.993.5 (установлено значение 1) или не поддерживает (установлено значение 0).

Приложение В

Векторизация VDSL2 большой дальности

(Это Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В.1 Введение

В данном Приложении определяется режим векторизации большой дальности VDSL2 (VDSL2-LR).

Режим VDSL2-LR предоставляет дополнительные функциональные возможности как для VTU-O, так и для VTU-R. Этот режим обеспечивает различное поведение при работе с коротким, средним и длинным шлейфом по разным парам одной и той же векторной группы. Выбор работы с коротким, средним или длинным шлейфом осуществляется автономно с учетом потерь в шлейфе, если только такой выбор не запрещен сетевым управлением.

Предусмотрены следующие характеристики.

- 1) Развертываемая система может содержать как линии VDSL2, так и линии VDSL2-LR. Линии VDSL2-LR и линии VDSL2 могут находиться в одной и той же векторной группе.
- 2) Если VTU-O и VTU-R поддерживают режим VDSL2-LR, то работа в соответствии с настоящим Приложением выбирается для VTU-O и VTU-R в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1.
- 3) Линии VDSL2 и VDSL2-LR настраиваются на использование определенного профиля VDSL2 (например, 8a/b или 17a) в зависимости от требуемых услуг по линиям VDSL2. Линии VDSL2 и VDSL2-LR начинают инициализацию в соответствии с процедурой ITU-T G.993.5 и выбранным профилем.
- 4) В US0 перекрывающийся спектр не допускается – для US0 используется только полоса частот от 25 до 138/276 кГц, а выше этой полосы применяется обычная частотная схема полос VDSL2.
- 5) В режиме VDSL2-LR для работы с длинным шлейфом спектр ограничивается полосами US0 и DS1 до поднесущей 511 (2,208 МГц).
- 6) В режиме VDSL2-LR поддерживается только обязательное циклическое расширение (CE).
- 7) Если в данном Приложении явно не указано иное, то режим VDSL2-LR поддерживает все функциональные возможности, применимые к основному тексту настоящей Рекомендации (например, DPBO).
- 8) В линиях, для которых выбрана работа с длинным шлейфом VDSL2-LR, подавление перекрестных помех в восходящем направлении не поддерживается (поскольку используется только полоса US0).

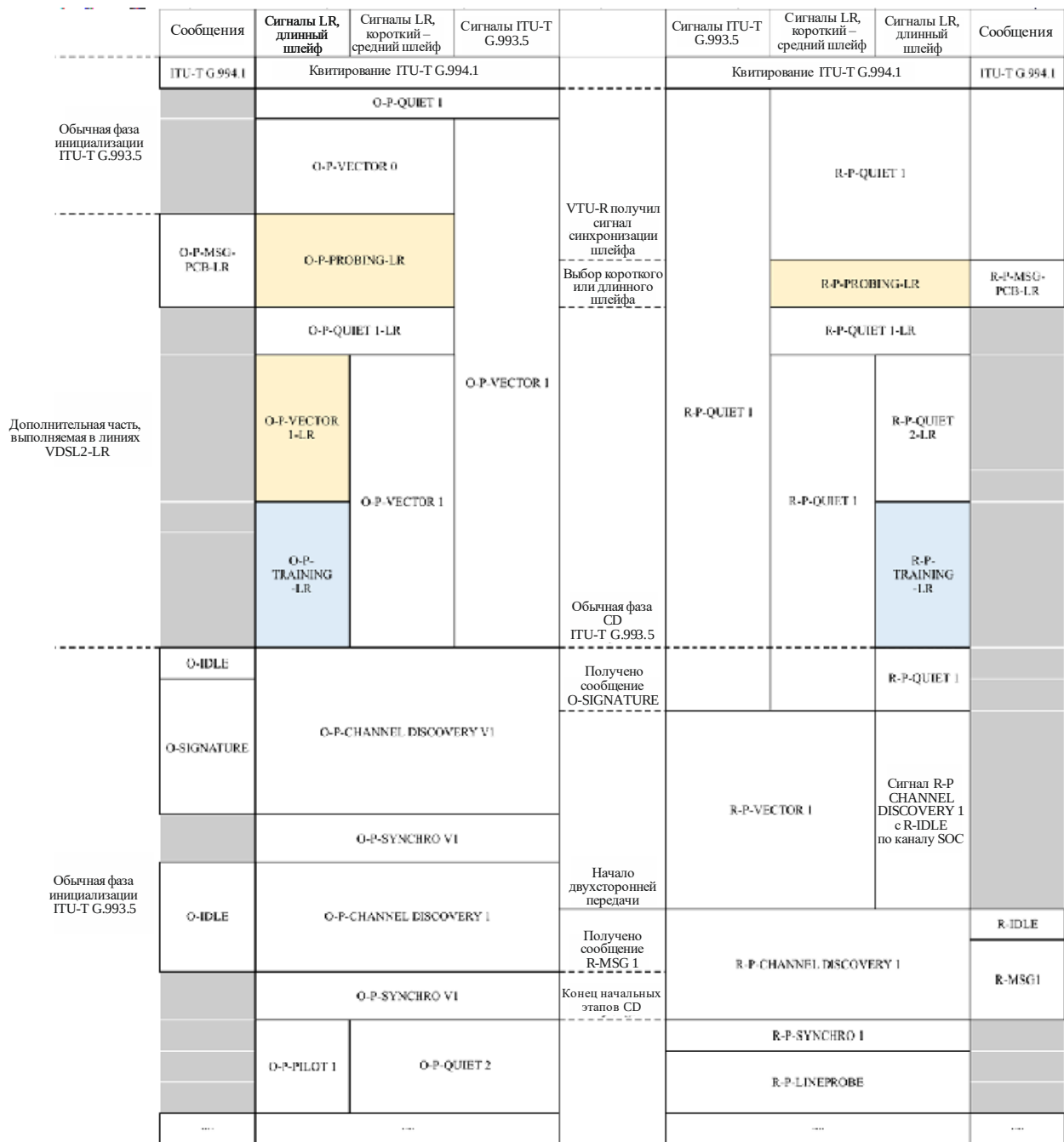
В.2 Обзор процедуры инициализации

Процедура инициализации VDSL2-LR состоит из двух частей:

- 1) обычной процедуры согласно ITU-T G.993.5 (включая оценку канала согласно ITU-T G.993.5) с небольшими изменениями и
- 2) дополнительных этапов:
 - PROBING (зондирование): на этом этапе VTU-R определяет длину линии и указывает VTU-O, продолжать ли инициализацию VDSL2-LR в режиме работы с коротким – средним шлейфом или в режиме работы с длинным шлейфом. Следуя указаниям VTU-R, оба блока VTU-O и VTU-R продолжают инициализацию линии в режиме работы с коротким – средним шлейфом или в режиме работы с длинным шлейфом;
 - TRAINING (настройка): данный этап присутствует, если VTU-R выбрал продолжение инициализации линии в режиме работы с длинным шлейфом. На этом этапе VTU-O и VTU-R настраивают линию для работы с длинным шлейфом.

Структурная схема процедуры инициализации представлена на рисунке В.1, где показана инициализация VDSL2-LR (по сравнению с обычной инициализацией согласно ITU-T G.993.5) с использованием следующих условных обозначений передаваемых сигналов:

- сигналы согласно G.993.5 – используются, если это обычная линия согласно ITU-T G.993.5, т.е. она не работает в соответствии с настоящим Приложением (обычная линия ITU-T G.993.5);
- сигналы LR, короткий – средний шлейф, – используются, если на этапе PROBING для линии выбрано продолжение инициализации VDSL2-LR в режиме работы с коротким – средним шлейфом (так что эта линия становится короткой или средней линией VDSL2-LR);
- сигналы LR, длинный шлейф, – используются, если на этапе PROBING для линии выбрано продолжение инициализации VDSL2-LR в режиме работы с длинным шлейфом (так что эта линия становится длинной линией VDSL2-LR).



G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.1

Рисунок В.1 – Обзор инициализации VDSL2-LR
(по сравнению с обычной инициализацией согласно ITU-T G.993.5)

В.3 Фаза квитирования согласно ITU-T G.994.1

В фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 определяется, будет ли выбран режим работы по линии VDSL2-LR или по обычной линии согласно ITU-T G.993.5. В том случае, если выбрана работа по линии VDSL2-LR, также указывается PROBING PSD (см. пункт В.6) (посредством значений NOMPSD и $\log_{tss_i}$). Определенные кодовые точки SPar(2) принадлежат кодовому дереву ITU-T G.993.2 и определены в таблице 11.68.0.1/G.994.1 (стандартное информационное поле – кодирование SPar(2) ITU-T G.993.2 – октет 2). Порядок использования этих кодовых точек в сообщениях CL, CLR и MS ITU-T G.994.1 определяется в таблицах В.1–В.8.

Таблица В.1 – Определения битов SPar(2) сообщения CL VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение бита SPar(2)
Поддержка VDSL2-LR	Устанавливается в НУЛЬ, если: • VTU-O не поддерживает режим VDSL2 большой дальности (VDSL2-LR) в соответствии с настоящим Приложением или • в CO-MIB не допускается работа с коротким, средним или длинным шлейфом (см. пункт В.10.1.1); в противном случае может быть установлен в ЕДИНИЦУ.
Границы спектра нисходящего потока	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что VTU-O добавляет границы спектра нисходящего потока, определенные в соответствующем NPar(3).
Форма спектра нисходящего потока	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что VTU-O включает форму спектра нисходящего потока, определенную в соответствующем NPar(3).
Границы спектра восходящего потока	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что VTU-O добавляет границы спектра восходящего потока, определенные в соответствующем NPar(3).
Форма спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Изображения передаваемого сигнала выше частоты Найквиста	Всегда установлен в НУЛЬ.
Смещение выборки IDFT № 0 в нисходящем направлении	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ.
Смещение выборки IDFT № 0 в восходящем направлении	Всегда установлен в НУЛЬ.

Таблица В.2 – Определения битов NPar(3) сообщения CL VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Поддержка VDSL2-LR	Если бит SPar(2) устанавливается в ЕДИНИЦУ: Бит 1: тип работы с коротким шлейфом: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда в CO-MIB разрешена работа VDSL2-LR с коротким шлейфом (см. пункт В.10.1.1). Бит 2: тип работы со средним шлейфом: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда в CO-MIB разрешена работа VDSL2-LR со средним шлейфом (см. пункт В.10.1.1). Бит 3: тип работы с длинным шлейфом: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда в CO-MIB разрешена работа VDSL2-LR с длинным шлейфом (см. пункт В.10.1.1). Бит 4: всегда установлен в ЕДИНИЦУ.

Таблица В.2 – Определения битов NPar(3) сообщения CL VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов NPar(3)
Границы спектра нисходящего потока	Блок параметров, указывающий номинальный уровень PSD передачи. Длина блока параметров составляет 2 октета. Номинальный уровень PSD передачи (<i>NOMPSDs</i>) представляется как 9-битовое значение со знаком в формате дополнения до 2 с шагом 0,1 дБ в диапазоне от –25,6 до +25,5 дБ относительно значения –40 дБм/Гц и кодируется в битах от 3 до 1 в октете 1 и битах от 6 до 1 в октете 2.
Форма спектра нисходящего потока	Блок параметров, состоящий из пар, содержащих индекс поднесущей и значение формы спектра <i>log_tssi</i> на этой поднесущей. Пары передаются в порядке возрастания индексов поднесущей. Каждая пара представляется в 4 октетах. Длина блока параметров должна быть кратной 4 октетам. Максимальное количество контрольных точек равно 32. Кодовые точки структурируются следующим образом: индекс поднесущей представляет собой 9-битовое значение без знака, указывающее индекс поднесущей от 1 до $2 \times NSCs - 1$, кодируемый в битах от 3 до 1 в октете 1 и битах от 6 до 1 в октете 2; указание, включается ли поднесущая в набор SUPPORTEDCARRIERS (указатель в значении 1) или не включается (указатель в значении 0). Этот указатель кодируется в бите 6 октета 3; значения формы спектра <i>log_tssi</i>; представляется в логарифмическом масштабе в виде 7-битового значения без знака с шагом –0,5 дБ в диапазоне от 0 дБ (значение 0) до –62,5 дБ (значение 125) и кодируются в бите 1 октета 3 и битах от 6 до 1 в октете 4. Особое значение 127 указывает, что поднесущая не передается (т. е. <i>tssi</i> = 0 в линейном масштабе). Особое значение 126 указывает, что значение <i>log_tssi</i> на этой поднесущей интерполируется в соответствии с пунктом 8.13.2.4 [ITU-T G.992.3]. По меньшей мере одна пара (индекса поднесущей и значения <i>log_tssi</i> для формы спектра на этой поднесущей), указанная как включенная в набор SUPPORTEDCARRIERS, должна иметь значение <i>log_tssi</i>, установленное в 0 дБ.
Границы спектра восходящего потока	Блок параметров с тем же определением и структурой, что и для границ спектра при <i>NOMPSD</i> = <i>NOMPSDus</i> .
Смещение выборки IDFT № 0 в нисходящем направлении	Указывает смещение между выборками IDFT № 0 сигналов O-P-SEGUE 1-LR и O-P-CHANNEL DISCOVERY-V1 для выборок на частоте 4,416 МГц. Значение кодируется как 7-битовое целое число без знака.

Таблица В.3 – Определения битов SPar(2) сообщения CLR VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение бита SPar(2)
Поддержка VDSL2-LR	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда VTU-R поддерживает режим VDSL2 большой дальности (VDSL2-LR) в соответствии с настоящим Приложением.
Границы спектра нисходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Форма спектра нисходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Границы спектра восходящего потока	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то VTU-R добавляет границы спектра восходящего потока, определенные в соответствующем NPar(3).

Таблица В.3 – Определения битов SPar(2) сообщения CLR VTU-R

Форма спектра восходящего потока	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то VTU-R добавляет границы спектра восходящего потока, определенные в соответствующем бите NPar(3).
Изображения передаваемого сигнала выше частоты Найквиста	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то VTU-R добавляет изображения передаваемого сигнала выше частоты Найквиста, определенные в соответствующем бите NPar(3).
Смещение выборки IDFT № 0 в нисходящем направлении	Всегда установлен в НУЛЬ.
Смещение выборки IDFT № 0 в восходящем направлении	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда бит "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ.

Таблица В.4 – Определения битов NPar(3) сообщения CLR VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов Npar(3)
Поддержка VDSL2-LR	Бит 1: всегда установлен в ЕДИНИЦУ. Бит 2: всегда установлен в ЕДИНИЦУ. Бит 3: всегда установлен в ЕДИНИЦУ. Бит 4: FMT-O-P-TREF2: если установлен в ЕДИНИЦУ, то это означает, что VTU-R запрашивает в VTU-O передачу символов O-P-TREF во время сигнала O-P-ECT-LR. Если установлен в НУЛЬ, то VTU-R запрашивает в VTU-O передачу символов O-P-QUIET во время сигнала O-P-ECT-LR.
Границы спектра восходящего потока	Блок параметров с теми же определением и структурой, что и у блока параметров границ спектра восходящего потока в сообщении CL.
Форма спектра восходящего потока	Блок параметров с теми же определением и структурой, что и у блока параметров формы спектра нисходящего потока в сообщении CL, при $NSC = NSC_{us}$ и с максимальным количеством контрольных точек, равным 16.
Изображения передаваемого сигнала выше частоты Найквиста	Блок параметров, указывающий тип изображений передаваемого сигнала выше частоты Найквиста. Блок параметров состоит из одного октета. Кодовые точки структурируются как биты от 6 до 3, указывающие значение N (для IDFT из $2N$ точек, см. пункт 10.4.3 [ITU-T G.993.2]), а биты 2 и 1 содержат определение изображений передаваемого сигнала выше частоты Найквиста (см. пункт 10.4.3 [ITU-T G.993.2]). Кодирование должно быть следующим: • $(b6b5b4b3) = n$, при $1 \leq n \leq 15$ указывает, что $N = 2^n$; • $(b2b1 = 01)$: комплексное сопряжение сигнала основной полосы; • $(b2b1 = 10)$: заполнены нулями; • $(b2b1 = 00)$: другое (ничего из вышеперечисленного); • $(b2b1 = 11)$: зарезервированы.
Смещение выборки IDFT № 0 в восходящем направлении	Указывает смещение между выборками IDFT № 0 сигналов R-P-SEGUE 1-LR и R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 при выборках на частоте 276 кГц. Значение кодируется как 3-битовое целое число без знака.

Таблица В.5 – Определения битов SPar(2) сообщения MS VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение бита SPar(2)
Поддержка VDSL2-LR	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то это указывает, что и VTU-O, и VTU-R должны продолжать инициализацию режима VDSL2-LR, как определено в настоящем Приложении. Если установлен в НУЛЬ, то это указывает, что и VTU-O, и VTU-R должны продолжить инициализацию, как определено в пункте 10. Если этот бит установлен в ЕДИНИЦУ, то бит SPar(2) длины CE устанавливается в НУЛЬ.
Границы спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Форма спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Границы спектра нисходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Форма спектра нисходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Изображения передаваемого сигнала выше частоты Найквиста	Всегда установлен в НУЛЬ.
Смещение выборки IDFT № 0 в нисходящем направлении	Всегда установлен в НУЛЬ.
Смещение выборки IDFT № 0 в восходящем направлении	Всегда установлен в НУЛЬ.

Таблица В.6 – Определения битов NPar(3) сообщения MS VTU-O

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов Npar(3)
Поддержка VDSL2-LR	Бит 1: короткий шлейф: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то разрешена работа с коротким шлейфом. Бит 2: средний шлейф: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то разрешена работа со средним шлейфом. Бит 3: длинный шлейф: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то разрешена работа с длинным шлейфом. Бит 4: FMT-O-P-TREF2: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то VTU-O передает символы O-P-TREF во время сигнала O-P-ECT-LR. Если установлен в НУЛЬ, то VTU-O передает символы O-P-QUIET во время сигнала O-P-ECT-LR.

Таблица В.7 – Определения битов SPar(2) сообщения MS VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение бита SPar(2)
Поддержка VDSL2-LR	Устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то это указывает, что и VTU-O, и VTU-R должны продолжать инициализацию для режима VDSL2-LR, как определено в настоящем Приложении. Если установлен в НУЛЬ, то это указывает, что и VTU-O, и VTU-R должны продолжить инициализацию, как определено в пункте 10. Если этот бит установлен в ЕДИНИЦУ, то бит SPar(2) длины CE устанавливается в НУЛЬ.
Границы спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Форма спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Границы спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Форма спектра восходящего потока	Всегда установлен в НУЛЬ.
Изображения передаваемого сигнала выше частоты Найквиста	Всегда установлен в НУЛЬ.
Смещение выборки IDFT № 0 в нисходящем направлении	Всегда установлен в НУЛЬ.
Смещение выборки IDFT № 0 в восходящем направлении	Всегда установлен в НУЛЬ.

Таблица В.8 – Определения битов NPar(3) сообщения MS VTU-R

Бит SPar(2) ITU-T G.994.1	Определение битов Npar(3)
Поддержка VDSL2-LR	Бит 1: короткий шлейф: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то разрешена работа с коротким шлейфом. Бит 2: средний шлейф: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то разрешена работа со средним шлейфом. Бит 3: длинный шлейф: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то разрешена работа с длинным шлейфом. Бит 4: FMT-O-P-TREF2: устанавливается в ЕДИНИЦУ тогда и только тогда, когда последние предыдущие сообщения CLR и CL установили этот бит в ЕДИНИЦУ. Если установлен в ЕДИНИЦУ, то VTU-O передает символы O-P-TREF во время сигнала O-P-ECT-LR. Если установлен в НУЛЬ, то VTU-O передает символы O-P-QUIET во время сигнала O-P-ECT-LR.

Если в сообщении MS ITU-T G.994.1 бит SPar(2) "Поддержка VDSL2-LR" установлен в ЕДИНИЦУ, то он:

- указывает на использование обязательной длины CE;
- указывает на работу в соответствии с профилем, отличным от профиля 30a (см. таблицы 6-1 и Q.1 [ITU-T G.993.2]);
- устанавливает в ЕДИНИЦУ бит SPar(2) US0 (Приложение В) и один из битов NPar(3) 25–138 кГц (А), 25–276 кГц (М) или 120–276 кГц (В).

Выбор работы с конкретным шлейфом (коротким, средним или длинным) осуществляется на следующих этапах инициализации, как описывается в пункте В.2. Работа с конкретным шлейфом может быть выбрана только тогда, когда она разрешена (т. е. если соответствующий бит Npar(3) сообщения MS ITU-T G.994.1 "Короткий шлейф", "Средний шлейф" или "Длинный шлейф" установлен в ЕДИНИЦУ).

В.4 Сигналы, передаваемые VTU-O в фазах раскрытия канала и настройки

Максимальная длительность сигналов O-P-VECTOR 0, O-P-VECTOR 1-LR и O-P-VECTOR 1 определяется соответственно в пунктах В.4.2, В.4.5 и В.4.7. Кроме того, если в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 включается бит "Длительность O-P-VECTOR 1 = 8192 суперкадрам" (см. пункт 10.2), то суммарная длительность всех этапов, начиная с O-P-VECTOR 0 и заканчивая O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, но не включая его, не должна превышать $8 \times 1024 \times 257$ символов.

VTU-R с указанием "Поддержка режима VDSL2-LR" в сообщении CLR согласно ITU-T G.994.1 также должен указывать на поддержку бита "Длительность O-P-VECTOR 1 = 8192 суперкадрам".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Обычные линии согласно ITU-T G.993.5, для которых бит "Длительность O-P-VECTOR 1 = 8192 суперкадрам" выключен в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1, могут инициализироваться в другой объединяющей группе, которая не включает в себя линии VDSL2-LR.

В.4.1 O-P-QUIET 1

После фазы квитирования согласно ITU-T G.994.1 блок VTU-O начинает инициализацию с помощью сигнала O-P-QUIET 1, определяемого в пункте 12.3.3.3.1.1 [ITU-T G.993.2].

Длительность сигнала O-P-QUIET 1 должна составлять не менее 512, но не более 1024 периодов повторения символа.

За сигналом O-P-QUIET 1 следует сигнал O-P-VECTOR 0.

В.4.2 O-P-VECTOR 0

Сигнал O-P-VECTOR 0 идентичен сигналу O-P-VECTOR 1, определяемому в пункте 10.3.3.1. Он включает в себя все поднесущие из набора SUPPORTEDCARRIERS в нисходящем направлении. PSD сигнала O-P-VECTOR 0 рассчитывается по тем же правилам, что и для PSD сигнала O-P-VECTOR 1 (см. пункт 10.3.3.1), за исключением того, что совокупная мощность передачи сигнала O-P-VECTOR 0 не должна превышать минимальной величины исходя из максимальной совокупной мощности передачи в нисходящем направлении, определяемой для выбранного профиля в таблице 6-1 [ITU-T G.993.2], и значения MAXNOMATPds, настроенного в CO-MIB.

Во время передачи сигнала O-P-VECTOR 0 объект VCE оценивает каналы FEXT в нисходящем направлении от линий инициализации в векторных линиях на основе усеченных выборок ошибок, полученных от блоков VTU-R векторных линий. После этого в блоках VTU-O устанавливаются матрицы подавления FEXT для всех векторных линий в нисходящем направлении, и помехи FEXT от инициализирующих линий в векторных линиях подавляются.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 0 определяется блоком VTU-O под управлением VCE. VCE может выбрать длительность O-P-VECTOR 0 соответствующим образом, с тем чтобы синхронизировать начало сигналов O-P-PROBING-LR во всех линиях VDSL2-LR векторной группы.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 0 не должна превышать $M \times 1024 \times 257$ символов. Если в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 включается бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 = 8192 суперкадрам" (см. пункт 10.2), то $M = 8$. В противном случае $M = 1$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При $M = 8$ максимальная длительность сигнала O-P-VECTOR 0 будет превышать максимальную длительность на всех этапах, начиная с O-P-VECTOR 0 и заканчивая O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, но не включая его (см. пункт В.4).

За сигналом O-P-VECTOR 0 следуют сигналы O-P-PROBING-LR.

В.4.3 O-P-PROBING-LR

Сигналы O-P-PROBING-LR состоят из нескольких периодических сигналов, как определено в пункте В.6. Эти сигналы предназначены для синхронизации блока VTU-R, чтобы он мог оценить длину линии и сообщить VTU-O, должна ли инициализация линии продолжаться либо в режиме

работы с коротким – средним шлейфом (так что эта линия становится короткой или средней линией VDSL2-LR) либо в режиме работы с длинным шлейфом (так что эта линия становится длинной линией VDSL2-LR). Если выбирается режим работы с длинным шлейфом, то VTU-O также получает сведения о назначенном блоком VTU-R пилотном тоне и об определенном VTU-R необходимом снижении мощности в нисходящем направлении (PCB).

Сигналы O-P-PROBING-LR могут передаваться с размером IDFT, отличающимся от начального размера IDFT, указанного в сообщении CL согласно ITU-T G.994.1. Размер IDFT ($2N$) должен быть не менее 2048 (т. е. $n \geq 11$).

PSD сигналов O-P-PROBING-LR должна быть такой, как указано в пункте B.6.1.1.

За сигналами O-P-PROBING-LR следует сигнал O-P-QUIET 1-LR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Пока VTU-O передает сигналы O-P-PROBING-LR, рекомендуется, чтобы VCE "заморозил" обновления прекодера для линий, в которых VTU-O находится в состоянии O-SHOWTIME.

B.4.4 O-P-QUIET 1-LR

Сигнал O-P-QUIET 1-LR идентичен сигналу O-P-QUIET 1.

При передаче этого сигнала блок VTU-O выполняет всю реконфигурацию, необходимую для выбранного продолжения инициализации – в режиме с коротким – средним шлейфом (так что эта линия становится короткой или средней линией VDSL2-LR) или в режиме с длинным шлейфом (так что эта линия становится длинной линией VDSL2-LR).

Длительность сигнала O-P-QUIET 1-LR составляет 64 символа.

Если инициализация линии должна продолжаться в режиме работы с коротким – средним шлейфом, то за сигналом O-P-QUIET 1-LR следует сигнал O-P-VECTOR 1, определяемый в пункте B.4.7.

Если инициализация линии должна продолжаться в режиме работы с длинным шлейфом, то за сигналом O-P-QUIET 1-LR следует сигнал O-P-VECTOR 1-LR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Пока VTU-O передает сигнал O-P-QUIET 1-LR, рекомендуется, чтобы VCE "заморозил" обновления прекодера для линий, в которых VTU-O находится в состоянии O-SHOWTIME.

B.4.5 O-P-VECTOR 1-LR

Сигнал O-P-VECTOR 1-LR идентичен сигналу O-P-VECTOR 1, определяемому в пункте 10.3.3.1, за исключением того, что:

- он включает в себя только все поднесущие из набора SUPPORTEDCARRIERS нисходящего потока с индексами поднесущей до 511 (примерно до 2,2 МГц);
- его PSD должна быть такой же, как PSD сигналов O-P-TRAINING-LR (см. пункт B.7.1.1);
- он передается с размером IDFT ($2N$), который может отличаться от начального размера IDFT, указанного в сообщении CL согласно ITU-T G.994.1, но должен быть не менее 2048 (т. е. $n \geq 11$), так чтобы не было изображения выше поднесущей с индексом 511.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 1-LR определяется блоком VTU-O под управлением VCE. VCE может выбрать длительность O-P-VECTOR 1-LR соответствующим образом, с тем чтобы синхронизировать начало сигналов O-P-TRAINING-LR во всех линиях VDSL2-LR векторной группы при работе с длинным шлейфом.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 1-LR не должна превышать $M \times 1024 \times 257$ символов. Если в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 включается бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 = 8192 суперкадрам" (см. пункт 10.2), то $M = 8$. В противном случае $M = 1$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При $M = 8$ максимальная длительность сигнала O-P-VECTOR 1-LR будет превышать максимальную длительность на всех этапах, начиная с O-P-VECTOR 0 и заканчивая O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, но не включая его (см. пункт B.4).

За сигналом O-P-VECTOR 1-LR следуют сигналы O-P-TRAINING-LR.

Сигнал O-P-VECTOR 1-LR необходим для учета возможных изменений импеданса во время реконфигурации линии VDSL2-LR, когда она была выбрана для работы с длинным шлейфом.

ПРИМЕЧАНИЕ. – На этапе PROBING блок VTU-R использует спектр до 2,2 МГц, и для работы с коротким – средним шлейфом может потребоваться перенастройка, что может изменить импеданс, и это повлияет на настройки прекодера для тех линий, в которых VTU-O находится в состоянии O-SHOWTIME. Влияние этих изменений компенсируется во время передачи сигналов O-P-VECTOR 1.

B.4.6 O-P-TRAINING-LR

Сигналы O-P-TRAINING-LR определяются в пункте B.7.

Пока VTU-O передает сигналы O-P-TRAINING-LR, VTU-R передает сигналы R-P-TRAINING-LR. Сигналы O/R-P-TRAINING-LR позволяют VTU-O и VTU-R настраивать свои эхоподаватели (EC) и эквалайзеры во временной области (TEQ). PSD сигналов O-P-TRAINING-LR определяется в пункте B.7.1.1.

После настройки EC и TEQ оба блока VTU готовы поддерживать связь через SOC. Поэтому по завершении обмена сигналами O/R-P-TRAINING-LR рассматриваемая линия продолжает обычную инициализацию согласно ITU-T G.993.5, обмениваясь соответствующими сообщениями через SOC.

Размер IDFT во время передачи сигнала O-P-TRAINING-LR должен быть таким же, как и во время передачи сигнала O-P-VECTOR 1-LR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Пока VTU-O передает сигналы O-P-TRAINING-LR, рекомендуется, чтобы VCE "заморозил" обновления прекодера на всех поднесущих до поднесущей с индексом 511.

Сигнал O-P-TRAINING-LR имеет переменную длительность. Максимальная длительность сигнала O-P-TRAINING-LR должна соответствовать правилу, определяемому в пункте B.4.

За сигналами O-P-TRAINING-LR следуют сигнал O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 и оставшаяся часть фазы раскрытия канала, как определено в пункте B.4.8.

B.4.7 O-P-VECTOR 1

Сигнал O-P-VECTOR 1 идентичен сигналу O-P-VECTOR 0, определяемому в пункте B.4.2.

Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 не должна превышать $M \times 1024 \times 257$ символов. Если в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 включается бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 = 8192 суперкадрам" (см. пункт 10.2), то $M = 8$. В противном случае $M = 1$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При $M = 8$ максимальная длительность сигнала O-P-VECTOR 1 будет превышать максимальную длительность на всех этапах, начиная с O-P-VECTOR 0 и заканчивая O-P-CHANNEL DISCOVERY V1, но не включая его (см. пункт B.4).

За сигналом O-P-VECTOR 1 следуют сигнал O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 и оставшаяся часть фазы раскрытия канала, как определено в пункте B.4.8.

B.4.8 Фаза раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5

Если на этапе PROBING выбрана работа с коротким – средним шлейфом, то применяется фаза раскрытия канала ITU-T G.993.5 с поправками, определяемыми в этом разделе. Если на этапе PROBING выбрана работа с длинным шлейфом, то применяется фаза раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 с поправками, определяемыми в пункте B.8.

B.4.8.1 O-SIGNATURE (поправка к пункту 12.3.3.2.1.1 [ITU-T G.993.2])

Поле № 8 "Номинальная максимальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (MAXNOMATPds)" используется для вычисления значения параметра управления MAXNOMATPds, определяющего максимальную мощность широкополосной передачи, которую может передавать VTU-O. Значение MAXNOMATPds, передаваемое в поле № 28, не должно превышать минимума в 20,5 дБм и значения MAXNOMATPds, настроенного в CO-MIB, независимо от конкретного профиля [ITU-T G.993.2], выбранного в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 процедуры инициализации.

Значение параметра управления MAXNOMATPds рассчитывается как минимальная величина исходя из максимальной совокупной мощности передачи в нисходящем направлении, определяемой для выбранного профиля в таблице 6-1 [ITU-T G.993.2], и значения MAXNOMATPds, указанного в поле № 8 сообщения O-SIGNATURE.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Следует отметить тот факт, что значение параметра управления *MAXNOMATPds* может отличаться от значения *MAXNOMATPds*, передаваемого в сообщении O-SIGNATURE, что недопустимо в случае [ITU-T G.993.2].

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значение параметра управления *MAXNOMATPds* известно обоим блокам VTU-O и VTU-R, и его не нужно передавать из VTU-O в VTU-R.

В.4.8.2 O-UPDATE (поправка к пункту 12.3.3.2.1.2 [ITU-T G.993.2])

Если в сообщении MS согласно ITU-T G.994.1 бит короткого шлейфа установлен в НУЛЬ, то самая высокая разрешенная поднесущая восходящего потока, указанная VTU-O в сообщении O-UPDATE (см. таблицу 12-28 в [ITU-T G.993.2]), должна соответствовать условию работы со средним шлейфом, определяемому в пункте В.4.8.3 (принудительная работа со средним шлейфом).

В.4.8.3 O-PRM (поправка к пункту 12.3.3.2.1.3 [ITU-T G.993.2])

Если в сообщении MS согласно ITU-T G.994.1 бит среднего шлейфа установлен в ЕДИНИЦУ и если самая высокая разрешенная поднесущая восходящего потока, указанная VTU-O в сообщении O-UPDATE (см. таблицу 12-28 [ITU-T G.993.2]), и предлагаемая самая высокая поднесущая нисходящего потока, указанная VTU-R в сообщении R-UPDATE (см. таблицу 12-35 [ITU-T G.993.2]), не превышают значения для максимального индекса поднесущей, определяемого для полосы DS2 в применяемой схеме полос, а также не превышают значения для индекса 1971 (8,5 МГц, см. таблицу 6-1 [ITU-T G.993.2]), то линия VDSL2-LR должна работать в режиме среднего шлейфа. В противном случае линия VDSL2-LR должна работать в режиме короткого шлейфа.

Если линия VDSL2-LR работает в режиме среднего шлейфа, то значение параметра управления *MAXNOMATPds* заменяется значением *MAXNOMATPds*, указанным в поле № 8 сообщения O-SIGNATURE. Если линия VDSL2-LR работает в режиме короткого шлейфа, то значение параметра управления *MAXNOMATPds* остается неизменным, как определено в пункте В.4.8.1.

Параметр *MREFPSds*, указанный в O-PRM (см. таблицу 12-30 в [ITU-T G.993.2]), должен задавать совокупную мощность передачи, не превышающую этого значения *MAXNOMATPds*.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для работы со средним шлейфом *MREFPSds* может задавать совокупную мощность передачи, превышающую максимальную совокупную мощность передачи в нисходящем направлении (как определено в таблицах 6-1 и Q.1 [ITU-T G.993.2]) для конкретного профиля [ITU-T G.993.2], выбранного в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 процедуры инициализации.

В.4.9 Фаза настройки согласно ITU-T G.993.5

Если на этапе PROBING выбирается работа с длинным шлейфом, то применяется фаза настройки согласно ITU-T G.993.5 с поправками, определяемыми в пункте В.8. Если на этапе PROBING выбрана работа с коротким – средним шлейфом, используется первоначальная фаза настройки согласно ITU-T G.993.5.

В.5 Сигналы, передаваемые VTU-R в фазах раскрытия канала и настройки

В.5.1 R-P-QUIET 1

После фазы квитирования согласно ITU-T G.994.1 VTU-R начинает инициализацию с помощью сигнала R-P-QUIET 1, определяемого в пункте 12.3.3.3.2.1 [ITU-T G.993.2].

Длительность сигнала R-P-QUIET 1 определяется блоком VTU-O. VTU-R завершает сигнал R-P-QUIET 1 не позднее чем через 64 символа после того, как VTU-O завершил первый сигнал O-P-PROBING-LR (O-P-COMB 2-LR, см. пункт В.6.1.3).

За сигналом R-P-QUIET 1 следуют сигналы R-P-PROBING-LR.

В.5.2 R-P-PROBING-LR

Сигнал R-P-PROBING-LR состоит из нескольких периодических сигналов, как определено в пункте В.6.

При передаче сигналов O-P-PROBING-LR блок VTU-R определяет, продолжать ли инициализацию линии в режиме с коротким – средним шлейфом (так что эта линия становится короткой или средней линией VDSL2-LR) или в режиме с длинным шлейфом (так что эта линия становится длинной линией

VDSL2-LR). В последнем случае VTU-R также назначает пилотный тон и определяет минимальное снижение мощности в нисходящем направлении (PCBs, см. таблицу В.10), если это необходимо.

Сигналы R-P-PROBING-LR передаются с размером IDFT и типом изображения, указанными VTU-R в блоке "Передача изображений сигнала выше частоты Найквиста" в сообщении CLR согласно ITU-T G.994.1. Размер IDFT может отличаться от начального размера IDFT, указанного в сообщении CL согласно ITU-T G.994.1.

PSD сигналов R-P-PROBING-LR должна соответствовать определению в пункте В.6.2.1.

За сигналами R-P-PROBING-LR следует сигнал R-P-QUIET 1-LR.

В.5.3 R-P-QUIET 1-LR

Сигнал R-P-QUIET 1-LR идентичен сигналу R-P-QUIET 1.

При передаче этого сигнала VTU-R выполняет всю реконфигурацию, необходимую для выбранного продолжения инициализации – в режиме с коротким – средним шлейфом (так что эта линия становится короткой или средней линией VDSL2-LR) или в режиме с длинным шлейфом (так что эта линия становится длинной линией VDSL2-LR).

Длительность сигнала R-P-QUIET 1-LR должна составлять 64 периода повторения символов.

Если инициализация должна продолжаться в режиме работы с коротким – средним шлейфом, то за сигналом R-P-QUIET 1-LR следует сигнал R-P-QUIET 1, определяемый в пункте 10.3.4.1, а оставшаяся часть фазы обнаружения канала должна быть такой, как определено в пункте 10.3, за исключением изменений, определяемых в пунктах В.4.8 и В.10.4.1.

Если инициализация линии должна продолжаться в режиме работы с длинным шлейфом, то за сигналом R-P-QUIET 1-LR следует сигнал R-P-QUIET 2-LR.

В.5.4 R-P-QUIET 2-LR

Сигнал R-P-QUIET 2-LR идентичен сигналу R-P-QUIET 1.

Длительность сигнала R-P-QUIET 2-LR определяется блоком VTU-O. VTU-R завершает сигнал R-P-QUIET 2-LR не позднее чем через 64 символа после того, как VTU-O завершил первый сигнал O-P-TRAINING-LR (O-P-REVERB 1-LR, см. пункт В.7.1.1)).

За сигналом R-P-QUIET 2-LR следуют сигналы R-P-TRAINING-LR.

В.5.5 R-P-TRAINING-LR

Сигналы R-P-TRAINING-LR определяются в разделе В.7.

Пока VTU-R передает сигналы R-P-TRAINING-LR, VTU-O передает сигналы O-P-TRAINING-LR. Сигналы O/R-P-TRAINING-LR позволяют VTU-O и VTU-R настраивать свои эхоподаватели (EC) и эквалайзеры во временной области (TEQ). PSD сигналов R-P-TRAINING-LR должна быть такой же, как для сигналов R-P-PROBING-LR (см. пункт В.6.1.1).

После настройки EC и TEQ оба VTU готовы поддерживать связь через SOC. По завершении обмена сигналами O/R-P-TRAINING-LR рассматриваемая линия продолжает обычную инициализацию согласно ITU-T G.993.5, обмениваясь соответствующими сообщениями через SOC.

Размер IDFT во время передачи R-P-TRAINING указывается устройством VTU-R в блоке "Передача изображений сигнала выше частоты Найквиста" в сообщении CLR согласно ITU-T G.994.1.

За сигналом R-P-TRAINING-LR следует сигнал R-P-QUIET 1, определяемый в пункте 10.3.4.1, а оставшаяся часть фазы раскрытия канала определяется в пункте 10.3.

В.5.6 Фаза раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5

Если на этапе PROBING выбирается работа с длинным шлейфом, то применяется фаза раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 с поправками, определяемыми в пункте В.8. Если на этапе PROBING выбирается работа с коротким – средним шлейфом, то применяется фаза раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 с поправками, определяемыми в пункте В.5.6.

В обоих случаях значение параметра управления *MAXNOMATP_{us}* должно быть таким, как определено в пункте В.10.1.7.

В.5.6.1 R-UPDATE (поправки к пункту 12.3.3.2.2.2 [ITU-T G.993.2])

Если в сообщении MS согласно ITU-T G.994.1 бит короткого шлейфа установлен в НУЛЬ, то самая высокая предлагаемая поднесущая нисходящего потока, указанная блоком VTU-R в сообщении R-UPDATE (см. таблицу 12-35 [ITU-T G.993.2]), должна соответствовать условию работы со средним шлейфом, определяемому в пункте В.4.8.3 (принудительная работа со средним шлейфом).

В.5.7 Фаза настройки согласно ITU-T G.993.5

Если на этапе PROBING выбирается работа с длинным шлейфом, то применяется фаза настройки согласно ITU-T G.993.5 с поправками, определяемыми в пункте В.8. Если на этапе PROBING выбирается работа с коротким – средним шлейфом, применяется первоначальная фаза настройки согласно ITU-T G.993.5.

В.6 Обмен сигналами O/R-P-PROBING-LR

При обмене сигналами O/R-P-PROBING-LR используются сигналы, определяемые в ITU-T G.992.5, с тем ограничением, что завершение передаваемых сигналов и переходы между различными сигналами происходят на границах символов DMT с циклическим расширением (CE). Это ограничение идентично ограничению, определяемому в пункте 12.3.6.1 [ITU-T G.993.2] для передачи сигналов O/R-P-PERIODIC. Поскольку в режиме VDSL2-LR поддерживается только обязательное CE, длительность каждого сигнала кратна 64 символам с CE (или 69 символам без CE).

Обмен сигналами O/R-P-PROBING-LR показан на рисунке В.2.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Продолжительность обмена сигналами O/R-P-PROBING-LR составляет от 1,5 до 1,9 с.

В.6.1 Сигналы O-P-PROBING-LR

В.6.1.1 PSD передачи сигналов O-P-PROBING-LR

PSD передачи сигналов O-P-PROBING-LR (*PROBINGPSD_{ds}*) получается из значений *NOMPSD* и *log_{tss_i}*, которые передаются в блоках параметров границ спектра нисходящего потока и формы спектра нисходящего потока сообщения CL согласно ITU-T G.994.1 в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1, как определено в пункте 8.13.2.4 [ITU-T G.992.3], а также по формуле:

$$PROBINGPSD_{ds}(f) = CL_NOMPSD_{ds} + log_{tss_i}_{ds}(f),$$

где *CL_NOMPSD_{ds}* – это значение *NOMPSD_{ds}*, указанное VTU-O в сообщении CL, согласно ITU-T G.994.1. Значение *CL_NOMPSD_{ds}* должно быть меньше или равно значению *MAXNOMPSD_{ds}*, настроенному в CO-MIB (см. пункт В.10.1.2).

Предельным значением PSD для сигналов O-P-PROBING-LR является *PSDMASK_{ds}*. Значение *PROBINGPSD_{ds}(f)* не должно превышать *PSDMASK_{ds}(f)* минус 3,5 дБ для всех поднесущих в наборе *SUPPORTEDCARRIERS_{ds}* с индексами до 511. Значение *PSDMASK_{ds}(f)* определяется в таблице 7-4 [ITU-T G.993.2] и получается с учетом *LIMITMASK_{ds}*, как определено в пункте В.9.

Все поднесущие, включенные в сигналы O-P-PROBING-LR, передаются при *PROBINGPSD_{ds}*, измеренной с точностью ±1 дБ в контрольной точке U-O2.

Совокупная мощность передачи сигналов O-P-PROBING-LR не должна превышать минимального уровня исходя из значений максимальной совокупной мощности передачи в нисходящем направлении, определяемой в пункте В.9 для соответствующего приложения [ITU-T G.993.2], и значения *MAXNOMATP_{ds}*, настроенного в CO-MIB. VTU-O определяет значение *CL_NOMPSD_{ds}* и *log_{tss_i}_{ds}* таким образом, чтобы совокупная мощность передачи сигнала O-P-PROBING-LR не превышала указанного выше значения.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для работы с длинным шлейфом сигналы O-P-PROBING-LR могут иметь совокупную мощность передачи, превышающую максимальную совокупную мощность передачи в нисходящем направлении (указанную в таблицах 6-1 и Q.1 [ITU-T G.993.2]) для конкретного профиля [ITU-T G.993.2], выбранного в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 процедуры инициализации. Однако это вряд ли произойдет, поскольку в сигналах O-P-PROBING-LR используются символы COMB.

В.6.1.2 Определения символов сигналов O-P-PROBING-LR

Символ O-P-QUIET характеризуется как идентичный символу C-QUIET, определяемому в пункте 8.13.3.1.1 [ITU-T G.992.3].

Для символа O-P-COMB используется набор поднесущих, определяемый в пункте 8.13.3.1.2 [ITU-T G.992.5]. Для целей определения набора поднесущих O-P-COMB значение *NSCds* устанавливается равным 512. Должны использоваться все поднесущие O-P-COMB из набора SUPPORTEDCARRIERSds с индексами до 511. Эти поднесущие модулируются методом 4-QAM. Эти поднесущие должны соответствовать значению 11. Точки совокупности на этих поднесущих циклически сдвигаются на основе 2-битового числа, указанного квадрантным скремблером, определяемым в пункте 12.3.6.2 [ITU-T G.993.2]. Этот скремблер используется в режиме переустановки (см. пункт 12.3.6.2.1 [ITU-T G.993.2]).

Символ O-P-ICOMB определяется как идентичный символу O-P-COMB, за исключением того, что те же поднесущие должны соответствовать значению 00.

Все сигналы, состоящие из символов O-P-COMB или O-P-ICOMB, реализуются как периодические сигналы, такие как O/R-P-PERIODIC 1 (см. пункт 12.3.6.1 [ITU-T G.993.2]).

В.6.1.3 O-P-COMB 2-LR

Состояние O-P-COMB 2-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-COMB 2-LR блок VTU-O передает 3648 символов O-P-COMB.

За состоянием O-P-COMB 2-LR следует состояние O-P-QUIET 3-L.

В.6.1.4 O-P-QUIET 3-LR

Состояние O-P-QUIET 3-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии O-P-QUIET 3-LR блок VTU-O передает кратное 64 количество символов O-P-QUIET, при минимуме 256 и максимуме 960 символов O-P-QUIET. За состоянием O-P-QUIET 3-LR следует состояние O-P-COMB 3-LR.

В.6.1.5 O-P-COMB 3-LR

Состояние O-P-COMB 3-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-COMB 3-LR блок VTU-O передает 64 символа O-P-COMB.

За состоянием O-P-COMB 3-LR следует состояние O-P-ICOMB 2-LR.

В.6.1.6 O-P-ICOMB 2-LR

Состояние O-P-ICOMB 2-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-ICOMB 2-LR блок VTU-O передает 64 символа O-P-ICOMB.

За состоянием O-P-ICOMB 2-LR следует состояние O-P-QUIET 4-LR.

В.6.1.7 O-P-QUIET 4-LR

Состояние O-P-QUIET 4-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии O-P-QUIET 4-LR блок VTU-O передает кратное 64 количество символов O-P-QUIET, минимум 1152 и максимум 1408 символов O-P-QUIET.

В продолжение этого состояния VTU-O принимает и декодирует контент сообщения R-MSG-PCB.

VTU-O продолжает передавать символы O-P-QUIET до тех пор, пока VTU-R не перейдет в состояние R-P-QUIET 4-LR. В продолжение 128 символов после перехода VTU-R в состояние R-P-QUIET 4-LR блок VTU-O переходит в следующее состояние.

Если VTU-O успешно принял сообщение R-P-MSG-PCB, то за состоянием O-P-QUIET 4-LR следует состояние O-P-COMB 4-LR. В противном случае VTU-O возвращается в состояние O-SILENT.

В.6.1.8 O-P-COMB 4-LR

Состояние O-P-COMB 4-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-COMB 4-LR блок VTU-O передает 64 символа O-P-COMB.

Сигнал O-P-COMB 4-LR служит в качестве подтверждения успешного приема сообщения R-P-MSG PCB.

За состоянием O-P-COMB 4-LR следует состояние ICOMB 4-LR.

В.6.1.9 O-P-ICOMB 4-LR

Состояние O-P-ICOMB 4-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-ICOMB 4-LR блок VTU-O передает 64 символа O-P-ICOMB.

За состоянием O-P-ICOMB 4-LR следует состояние O-P-MSG-PCB-LR.

В.6.1.10 O-P-MSG-PCB-LR

В нисходящем направлении мощность передачи дополнительно регулируется с помощью значения снижения мощности, определяемого VTU-O на этапе PROBING, на основе максимально используемых поднесущих нисходящего потока, запрошенных VTU-R в сообщении R-P-MSG-PCB-LR.

Состояние O-P-MSG-PCB-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-MSG-PCB-LR блок VTU-O передает 512 символов O-P-COMB или O-P-ICOMB для модуляции сообщения O-P-MSG-PCB-LR. Сообщение O-P-MSG-PCB-LR передает определенный уровень снижения мощности VTU-O в нисходящем направлении.

Значение m сообщения O-P-MSG-PCB-LR определяется следующим образом:

$$m = \{m_7, \dots, m_0\}.$$

Биты определяются как показано в таблице В.9.

Таблица В.9 – Определение битов для сообщения O-P-MSG-PCB-LR

Индекс бита	Параметр	Определение
3...0	<i>O-PCB_DS</i>	Окончательное снижение мощности нисходящего потока VTU-O в дБ, представленное в виде целого числа без знака в диапазоне от 0 до 15 (4-битовое значение с MSB в бите 3 и LSB в бите 0) (см. примечание).
7...4	Зарезервированы МСЭ-Т	Устанавливаются в 0 и игнорируются приемником.
ПРИМЕЧАНИЕ. – Это снижение мощности используется в дальнейшем вместо минимального снижения мощности в нисходящем направлении, указанного в сообщении R-MSG-PCB-LR. Его значение должно быть меньше или равно значению R-MIN_PCB_DS, запрошенному блоком VTU-R. Если VTU-R указывает, что линия должна продолжить инициализацию в режиме с коротким – средним шлейфом, то это поле устанавливается равным 0 и игнорируется VTU-R.		

8 битов $m_0 - m_7$ передаются периодами по 512 символов (первый – m_0 , последний – m_7). Бит НУЛЬ передается в виде 64 последовательных символов O-P-COMB (1 бит на 69 символов без CE). Бит ЕДИНИЦА передается в виде 64 последовательных символов O-P-ICOMB.

Состояние O-P-MSG-PCB-LR также указывает VTU-R, что этап PROBING завершен.

За состоянием O-P-MSG-PCB-LR следует состояние O-P-QUIET 1-LR.

В.6.2 Сигналы R-P-PROBING-LR

В.6.2.1 PSD передачи сигналов R-P-PROBING-LR

PSD передачи сигналов R-P-PROBING-LR ($PROBINGPSD_{us}$) выводится из значений $NOMPSD$ и log_tss_i , которые передаются в блоках параметров в границах спектра восходящего потока и формы спектра восходящего потока сообщения CLR ITU-T G.994.1 в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1, как определено в пункте 8.13.2.4 [ITU-T G.992.3], а также по формуле

$$PROBINGPSD_{us}(f) = MIN(CL_NOMPSD_{us}, CLR_NOMPSD_{us}) - PCBus + log_tss_{i_us}(f),$$

где CL_NOMPSD_{us} – значение $NOMPSD_{us}$, указанное VTU-O в сообщении CL, а CLR_NOMPSD_{us} – значение $NOMPSD_{us}$, указанное VTU-R в сообщении CLR ITU-T G.994.1. Значение CL_NOMPSD_{us}

должно быть меньше или равно значению $MAXNOMPSD_{us}$, настроенному в CO-MIB (см. пункт B.10.1.2).

Предельным значением PSD для сигналов R-P-PROBING-LR является $PSDMASK_{us}$. Значение $PROBINGPSD_{us}(f)$ не должно превышать $PSDMASK_{us}(f)$ минус 3,5 дБ для всех поднесущих из набора $SUPPORTEDCARRIERS_{us}$ в полосе $US0 [f_{0L}, f_{0H}]$. Значение $PSDMASK_{us}(f)$ определяется в таблице 7-4 [ITU-T G.993.2] и выводится с учетом $LIMITMASK_{us}$, как указано в пункте B.9.

VTU-R применяет $PCBus = 10$ дБ, если определяет, что рассматриваемая линия короткая или средняя, и $PCBus = 0$ дБ, если определяет, что линия длинная. VTU-R оценивает длину линии перед отправкой первого активного символа сигнала R-P-PROBING-LR (см. рисунок B.2). VTU-R использует эти правила настройки $PCBus$ независимо от того, разрешена ли работа с коротким, средним или длинным шлейфом в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1 (см. пункт B.3).

PSD передачи сигнала R-P-LINEPROBE-LR не должна превышать $PROBINGPSD_{us}$.

Все поднесущие, включенные в сигналы R-P-PROBING-LR, передаются при $PROBINGPSD_{us}$, уменьшенной на $PCBus$ и измеренной с точностью ± 1 дБ в контрольной точке U-R2.

Совокупная мощность передачи сигналов R-P-PROBING-LR не должна превышать значения параметра управления $MAXNOMATP_{us}$, указанного в пункте B.10.1.7. VTU-O определяет значение CL_NOMPSD_{us} таким образом, чтобы для любой действительной настройки параметров CLR_NOMPSD_{us} , $PCBus$ и log_tssi_us , выбранной блоком VTU-R, совокупная мощность передачи сигнала R-P-PROBING-LR не превышала указанного выше значения.

B.6.2.2 Определения символов для сигналов R-P-PROBING-LR

Символ R-P-QUIET определяется как идентичный символу R-QUIET, указанному в пункте 8.13.3.2.1 [ITU-T G.992.3].

Для символа R-P-COMB используется набор поднесущих, определяемый в пункте 8.13.3.2.2 [ITU-T G.992.5]. Для целей определения набора поднесущих R-P-COMB значение NSC_{us} устанавливается равным 32 или 64 в соответствии с маской PSD $US0$, приведенной в пункте B.9.2.2. Используются все поднесущие R-P-COMB с индексами в полосе пропускания маски PSD $US0$. Эти поднесущие модулируются методом 4-QAM. Эти поднесущие должны соответствовать значению 11. Точки совокупности на этих поднесущих циклически сдвигаются на основе 2-битового числа, указанного квадрантным скремблером, определяемым в пункте 12.3.6.2 [ITU-T G.993.2]. Скремблер используется в режиме переустановки (см. пункт 12.3.6.2.1 [ITU-T G.993.2]).

Символ R-P-ICOMB определяется как идентичный символу R-P-COMB, за исключением того, что те же поднесущие должны соответствовать значению 00.

Все сигналы, состоящие из символов R-P-COMB или R-P-ICOMB, реализуются как периодические сигналы, такие как O/R-P-PERIODIC 1 (см. пункт 12.3.6.1 [ITU-T G.993.2]).

B.6.2.3 R-P-COMB 2-LR

Состояние R-P-COMB 2-LR имеет фиксированную длительность. В состоянии R-P-COMB 2-LR блок VTU-R передает 256 символов R-P-COMB.

За состоянием R-P-COMB 2-LR следует состояние R-P-ICOMB 1-LR, если VTU-R желает использовать состояние R-P-LINEPROBE-LR. В противном случае за состоянием R-P-COMB 2-LR следует состояние R-P-QUIET 3-LR.

B.6.2.4 R-P-ICOMB 1-LR

Состояние R-P-ICOMB 1-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-COMB 1-LR блок VTU-R передает 64 символа R-P-ICOMB.

За состоянием R-P-ICOMB 1-LR следует состояние R-P-LINEPROBE-LR.

В.6.2.5 R-P-LINEPROBE-LR

Состояние R-P-LINEPROBE-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-LINEPROBE-LR блок VTU-R передает по усмотрению поставщика сигнал длительностью 512 периодов повторения символов.

За состоянием R-P-LINEPROBE-LR следует состояние R-P-QUIET 3-LR.

В.6.2.6 R-P-QUIET 3-LR

Состояние R-P-QUIET 3-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии R-P-QUIET 3-LR блок VTU-R передает кратное 64 количество символов R-P-QUIET, при минимуме 128 и максимуме 320 символов R-P-QUIET.

VTU-R продолжает передавать символы R-P-QUIET до тех пор, пока VTU-O не перейдет в состояние O-P-QUIET 4-LR. В продолжение 128 символов после перехода VTU-O в состояние O-P-QUIET 4-LR блок VTU-R переходит в следующее состояние.

За состоянием R-P-QUIET 3-LR следует состояние R-P-COMB 3-LR.

В.6.2.7 R-P-COMB 3-LR

Состояние R-P-COMB 3-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-COMB 3-LR блок VTU-R передает 64 символа R-P-COMB.

За состоянием R-P-COMB 3-LR следует состояние R-P-ICOMB 2-LR.

В.6.2.8 R-P-ICOMB 2-LR

Состояние R-P-ICOMB 2-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-ICOMB 2-LR блок VTU-R передает 64 символа R-P-ICOMB.

За состоянием R-P-ICOMB 2-LR следует состояние R-P-MSG-PCB-LR.

В.6.2.9 R-P-MSG-PCB-LR

В нисходящем направлении мощность передачи уменьшается на величину снижения мощности. Минимальное значение снижения мощности в нисходящем направлении определяется VTU-R на этапе PROBING.

ПРИМЕЧАНИЕ. – VTU-R может учитывать динамический диапазон своего приемника, определяемый путем наблюдения за сигналом O-P-COMB 2-LR, и условия локальной линии, определяемые по дополнительному сигналу R-P-LINEPROBE-LR при установлении минимального значения снижения мощности в нисходящем направлении.

Состояние сигнала R-P-MSG-PCB-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-MSG-PCB-LR блок VTU-R передает 1536 символов R-P-COMB или R-P-ICOMB для модуляции сообщения R-P-MSG-PCB. Сообщение R-P-MSG-PCB передает определяемое VTU-R минимальное значение снижения мощности в нисходящем направлении и тональный пилот-сигнал в нисходящем направлении, используемый для восстановления синхронизации в других состояниях.

Значение m сообщения R-P-MSG-PCB определяется следующим образом:

$$m = \{m_{23}, \dots, m_0\},$$

где биты определяются, как указано в таблице В.10.

Таблица В.10 – Определение битов сообщения R-P-MSG-PCB-LR

Индекс бита	Параметр	Определение
[3:0]	<i>R-MIN_PCB_DS</i>	Минимальное снижение мощности нисходящего потока VTU-R в дБ, представленное в виде целого числа без знака в диапазоне от 0 до 15 (4-битовое значение с MSB в бите 3 и LSB в бите 0).
[12:4]	<i>O-P-PILOT</i>	Индекс поднесущей пилотного тона в нисходящем потоке, представленный как целое число без знака в диапазоне от 32 до 511 (9-битовое значение с MSB в бите 12 и LSB в бите 4) (см. примечания 1 и 4).

Таблица В.10 – Определение битов сообщения R-P-MSG-PCB-LR

13	<i>OPTYPE</i>	Устанавливается в 0, если инициализация линии должна продолжаться в режиме короткого – среднего шлейфа (так что эта линия становится короткой или средней линией VDSL2-LR). Устанавливается в 1, если инициализация линии должна продолжаться в режиме длинного шлейфа (так что эта линия становится длинной линией VDSL2-LR) (см. примечания 2 и 3).
[22:14]	<i>LAST_TONE_DS</i>	Индекс поднесущей наивысшей передаваемой частоты в нисходящем потоке на этапе TRAINING, выраженный целым числом без знака (9-битовое значение с MSB в бите 22 и LSB в бите 14) (примечания 4 и 5).
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Указанное значение <i>O-P-PILOT</i> используется в качестве индекса пилотной поднесущей <i>O-P-TREF</i> (см. пункт В.7.1.4) для поддержки/восстановления синхронизации VTU-R на этапе <i>O-P-TRAINING</i>. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если бит <i>OPTYPE</i> установлен в 0, то VTU-O игнорирует все другие параметры сообщения. ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Если бит длинного шлейфа в сообщении MS ITU-T G.994.1 установлен в НУЛЬ, то бит <i>OPTYPE</i> устанавливается в НУЛЬ. Если бит короткого и среднего шлейфа в сообщении MS ITU-T G.994.1 установлен в НУЛЬ, то бит <i>OPTYPE</i> устанавливается в ЕДИНИЦУ (принудительная работа в режиме длинного шлейфа). ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Если бит <i>OPTYPE</i> установлен в 0 (линия должна продолжить инициализацию в режиме с коротким – средним шлейфом), то в этом поле устанавливается значение 491. ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Действительные значения <i>LAST_TONE_DS</i> – это те, которые связаны с поднесущими из набора символов <i>O-P-COMB</i>, как определено в пункте В.6.1.2, а также дополнительное действительное значение 511.		

24 бита m_0 – m_{23} передаются периодами по 1536 символов (первый – m_0 , последний – m_{23}). Бит НУЛЬ передается как 64 последовательных символа R-P-COMB (1 бит на 69 символов без СЕ). Бит ЕДИНИЦА передается как 64 последовательных символа R-P-ICOMB.

За состоянием R-P-MSG-PCB-LR следует состояние R-P-QUIET 4-LR.

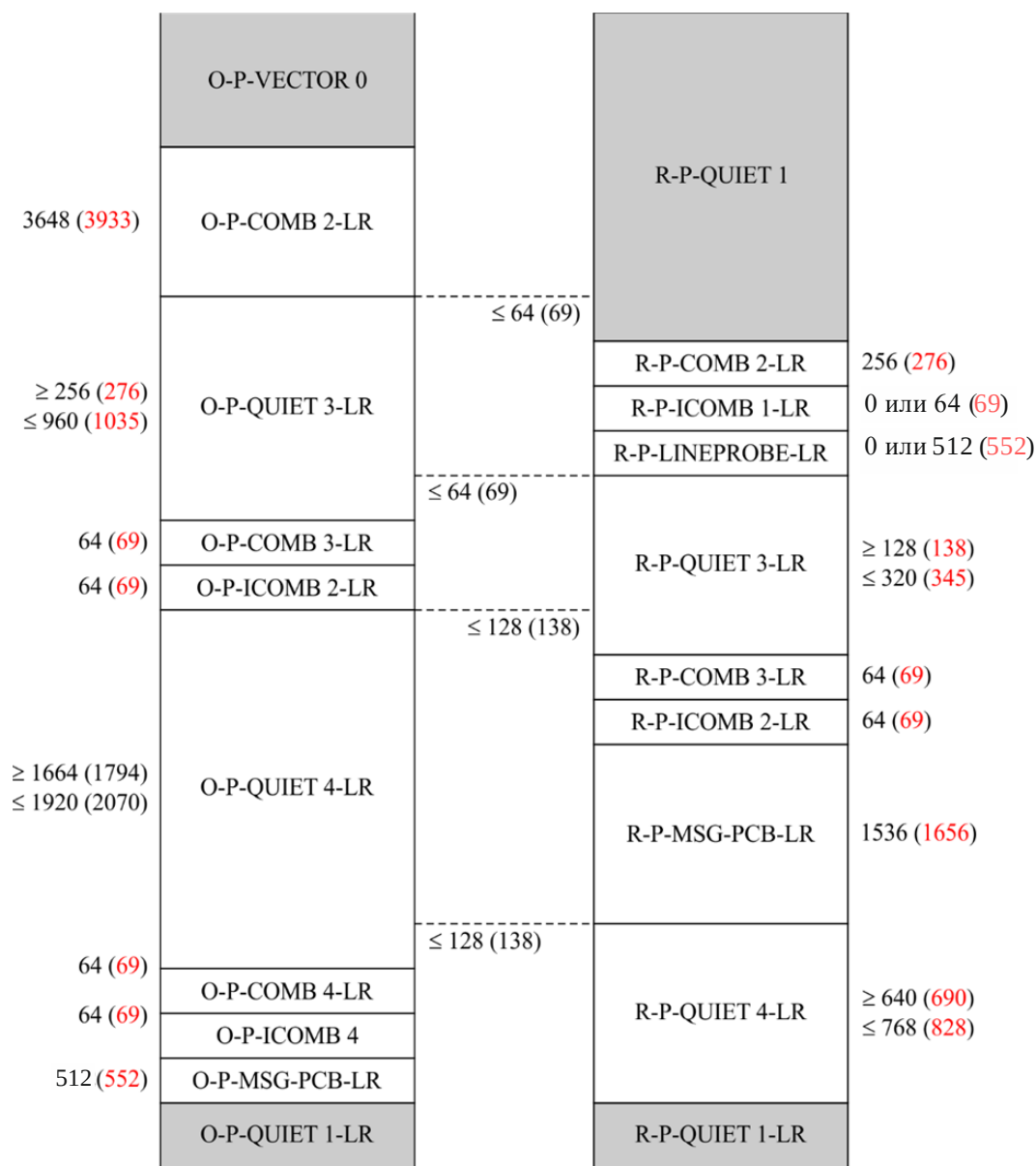
В.6.2.10 R-P-QUIET 4-LR

Состояние R-P-QUIET 4-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии R-P-QUIET 4-LR блок VTU-R передает кратное 64 количество символов R-P-QUIET, при минимуме 64 и максимуме 192 символа R-P-QUIET.

Если VTU-R успешно обнаружил сигнал O-P-COMB 4-LR, то за состоянием R-P-QUIET 4-LR следует состояние R-P-QUIET 1-LR. В противном случае VTU-R возвращается в состояние R-SILENT.

В.6.3 Временная диаграмма сигналов O/R-P-PROBING-LR

Обмен сигналами иллюстрируется на рисунке В.2.



G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.2

Рисунок В.2 – Временная диаграмма сигналов O/R-P-PROBING-LR

На рисунке В.2 значения длительности сигналов выражены в символах с СЕ (значения в скобках – это длительности сигналов, выраженные в символах без СЕ). Сигналы, затененные серым цветом, входят в состав предыдущего и последующего этапов инициализации (см. рисунок В.1).

В.7 Обмен сигналами O/R-P-TRAINING-LR

На рисунке В.4 иллюстрируется обмен сигналами O/R-P-TRAINING-LR с использованием сигналов, определяемых в [ITU-T G.992.5], с тем ограничением, что переходы между разными сигналами происходят на границах символов DMT с СЕ. Длительность каждого сигнала кратна 64 символам с СЕ (или 69 символам без СЕ).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Обмен сигналами O/R-P-TRAINING-LR позволяет проводить настройку ТЕQ и ЕС до передачи в полном дуплексном режиме. Продолжительность этого обмена составляет от 1,9 до 9,7 с.

В.7.1 Сигналы O-P-TRAINING-LR

В.7.1.1 PSD передачи сигналов O-P-TRAINING-LR

PSD передачи сигналов O-P-TRAINING-LR ($TRAININGPSDds$) получается из значений $NOMPSD$ и log_tssi , которые передаются в блоках параметров границ и формы спектра нисходящего потока сообщения CL ITU-T G.994.1 в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1, как определено в пункте 8.13.2.4 [ITU-T G.992.3], и значения $O-PCB_DS$, указанного VTU-O на этапе PROBING, следующим образом:

$$TRAININGPSDds(f) = NOMPSDds - PCBds + ceiled_log_tssi_ds(f),$$

где

$$ceiled_log_tssi_ds(f) = MIN(log_tssi_ds(f) + PCBds, 0 \text{ dB}),$$

и

$$PCBds = O-PCB_DS.$$

Все поднесущие, включенные в сигналы O-P-TRAINING-LR, передаются при $TRAININGPSDds$, измеренной с точностью ± 1 дБ в контрольной точке U-O2.

PSD сигналов O-P-TRAINING-LR ограничена маской $PSDMASKds$. Значение $TRAININGPSDds(f)$ не должно превышать $PSDMASKds(f)$ минус 3,5 дБ для всех поднесущих в наборе $SUPPORTEDCARRIERSds$ с индексами до 511. Значение $PSDMASKds$ определяется в таблице 7-4 [ITU-T G.993.2] и получается с учетом $LIMITMASKds$, как указано в пункте В.9, с использованием самой высокой поднесущей с индексом, равным значению $LAST_TONE_DS$, указанному VTU-R на этапе PROBING.

Совокупная мощность передачи сигналов O-P-TRAINING-LR не должна превышать минимального из значений максимальной совокупной мощности передачи в нисходящем направлении, как определено в пункте В.9 для соответствующего приложения к [ITU-T G.993.2], и значения $MAXNOMATPds$, настроенного в CO-MIB.

VTU-O определяет значение $CL_NOMPSDds$, log_tssi_ds и $PCBds$ таким образом, чтобы совокупная мощность передачи сигнала O-P-TRAINING-LR не превышала указанного выше значения.

В.7.1.2 Определения символов сигналов O-P-TRAINING-LR

Символ O-P-REVERB содержит все поднесущие вплоть до индекса 511. Эти поднесущие модулируются методом 4-QAM. Эти поднесущие должны соответствовать значению 11. Точки совокупности на этих поднесущих циклически сдвигаются на основе двухбитового числа, указанного квадрантным скремблером, определяемым в пункте 12.3.6.2 [ITU-T G.993.2]. Скремблер используется в режиме переустановки (см. пункт 12.3.6.2.1 [ITU-T G.993.2]).

Символ O-P-QUIET такой же, какой был определен для сигнала O-P-PROBING-LR.

Символ O-P-TREF должен быть однотоновым символом. Передается только тот индекс поднесущей O-P-PILOT, который указан VTU-R в сообщении R-P-MSG-PCB (т. е. пилотный тон O-P-TREF). Пилотный тон O-P-TREF модулируется с помощью точки совокупности 4-QAM {0,0}. На других поднесущих никакая мощность не передается (т. е. $X_i = Y_i = 0$).

Символ O-P-SEGUE определяется как идентичный символу O-P-REVERB, за исключением того, что одни и те же поднесущие должны соответствовать значению 00.

Все сигналы, состоящие из символов O-P-REVERB, O-P-SEGUE или O-P-TREF, реализуются как периодические сигналы, такие как O/R-P-PERIODIC 1 (см. пункт 12.3.6.1 [ITU-T G.993.2]).

Символ O-P-PILOT определяется как идентичный символам, передаваемым во время O-P-PILOT 1 [ITU-T G.993.2] (см. пункт 12.3.3.3.1.4 [ITU-T G.993.2]). Во время передачи символа O-P-PILOT передается только тот индекс поднесущей O-P-PILOT, который указан VTU-R в сообщении R-P-MSG-PCB-LR (т. е. пилотный тон O-P-TREF).

В.7.1.3 O-P-REVERB 0-LR

Состояние O-P-REVERB 0-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-REVERB 0-LR блок VTU-O передает 3648 символов O-P-REVERB.

В состоянии O-P-REVERB 0-LR блок VTU-R восстанавливает синхронизацию шлейфа, настраивает AFE и получает сигнал синхронизации символов в нисходящем направлении.

За состоянием O-P-REVERB 0-LR следует состояние O-P-QUIET 5-LR.

В.7.1.4 O-P-QUIET 5-LR

Состояние O-P-QUIET 5-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-QUIET 5-LR блок VTU-O передает 128 символов O-P-QUIET.

В состоянии O-P-QUIET 5-LR блок VTU-O обнаруживает сигнал R-P-REVERB 1-LR и готовится к двунаправленной передаче.

За состоянием O-P-QUIET 5-LR следует состояние O-P-REVERB 1-LR.

В.7.1.5 O-P-REVERB 1-LR

Состояние O-P-REVERB 1-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-REVERB 1-LR блок VTU-O передает 512 символов O-P-REVERB.

В состоянии O-P-REVERB 1-LR блок VTU-O может точно настроить свой AGC (пока VTU-R находится в состоянии R-P-REVERB 1-LR) и выполнять адаптивные алгоритмы AFE.

За состоянием O-P-REVERB 1-LR следует состояние O-P-TREF 1-LR.

В.7.1.6 O-P-TREF 1-LR

Состояние O-P-TREF 1-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии O-P-TREF 1-LR блок VTU-O передает от 512 до максимум 15 872 символов O-P-TREF.

В состоянии O-P-TREF 1-LR блок VTU-O может настроить свой TEQ.

За состоянием O-P-TREF 1-LR следует состояние O-P-REVERB 2-LR.

В.7.1.7 O-P-REVERB 2-LR

Состояние O-P-REVERB 2-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-REVERB 2-LR блок VTU-O передает 64 символа O-P-REVERB.

Переход в состояние O-P-REVERB 2-LR указывает блоку VTU-R, что VTU-O завершил настройку TEQ.

За состоянием O-P-REVERB 2-LR следует состояние O-P-ECT-LR.

В.7.1.8 O-P-ECT-LR

Состояние O-P-ECT-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-ECT-LR блок VTU-O передает сигнал по усмотрению поставщика длительностью 512 периодов повторения символа.

В этом состоянии VTU-O может настроить свой эхоподавитель.

За состоянием O-P-ECT-LR следует состояние O-P-REVERB 3-LR.

В.7.1.9 O-P-REVERB 3-LR

Состояние O-P-REVERB 3-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии O-P-REVERB 3-LR блок VTU-O передает от 448 до максимум 15 936 символов O-P-REVERB.

В состоянии O-P-REVERB 3-LR блок VTU-R получает сигнал настройки (предположительно, для TEQ).

VTU-O продолжает передавать символы O-P-REVERB до тех пор, пока VTU-R не перейдет в состояние R-P-REVERB 3-LR. В продолжение 64 символов после перехода VTU-R в состояние R-P-REVERB 3-LR блок VTU-O переходит в следующее состояние.

Если VTU-R указал в сообщении CLR ITU-T G.994.1, что ему требуется для того, чтобы в состоянии R-P-ECT-LR блок VTU-O передавал символы O-P-TREF (т. е. установил бит "FMT-O-P-TREF2" в ЕДИНИЦУ), то за состоянием O-P-REVERB 3-LR будет следовать состояние O-P-TREF 2-LR. Если VTU-R указал, что ему требуется для того, чтобы в состоянии R-P-ECT-LR блок VTU-O передавал символы O-P-QUIET (т. е. установил бит "FMT-O-P-TREF2" в НУЛЬ), то за состоянием O-P-REVERB 3-LR следует состояние O-P-QUIET 6-LR.

В.7.1.10 O-P-TREF 2-LR

Состояние O-P-TREF 2-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-TREF 2-LR блок VTU-O передает 576 символов O-P-TREF.

Состояние O-P-TREF 2-LR облегчает настройку ЕС в VTU-R. В этом состоянии VTU-O игнорирует сигнал, передаваемый блоком VTU-R.

За состоянием O-P-TREF 1-LR следует состояние O-P-REVERB 4-LR.

В.7.1.11 O-P-QUIET 6-LR

Состояние O-P-QUIET 6-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-QUIET 6-LR блок VTU-O передает 576 символов O-P-QUIET.

В этом состоянии VTU-O игнорирует сигнал, передаваемый блоком VTU-R.

За состоянием O-P-QUIET 6-LR следует состояние O-P-REVERB 4-LR.

В.7.1.12 O-P-REVERB 4-LR

Состояние O-P-REVERB 4-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-REVERB 4-LR блок VTU-O передает 1024 символа O-P-REVERB.

В состоянии O-P-REVERB 4-LR блок VTU-O может отрегулировать свои параметры для двунаправленной передачи.

За состоянием O-P-REVERB 4-LR следует состояние O-P-SEGUE 1-LR.

В.7.1.13 O-P-SEGUE 1-LR

Состояние O-P-SEGUE 1-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии O-P-SEGUE 1-LR блок VTU-O передает 64 символа O-P-SEGUE. Первый символ O-P-SEGUE 1-LR используется в качестве маркерной точки для облегчения выравнивания между временной привязкой настройки VDSL2-LR и фазой раскрытия канала G.993.5 (см. пункт В.8.1). За состоянием O-P-SEGUE 1-LR следует состояние O-P-PILOT-LR.

В.7.1.14 O-P-PILOT-LR

Фаза O-P-PILOT-LR предназначена для выравнивания длительности фазы TRAINING между разными линиями векторной группы. В состоянии O-P-PILOT-LR блок VTU-O передает целое количество символов O-P-PILOT. Состояние O-P-PILOT-LR имеет переменную продолжительность, которая регулируется VCE и может находиться в диапазоне от 128 до 31 360 символов.

Сигнал O-P-PILOT – непериодический. Для выравнивания символов O-P-PILOT и состояния O-P-SEGUE 1-LR используются две контрольные точки, связанные с выборкой № 0 IDFT специальных символов. Выборка № 0 IDFT определяется как первая выборка блока из $2N$ временных выборок, генерируемых IDFT.

Первая контрольная точка представляет собой выборку № 0 IDFT первого символа состояния O-P-SEGUE 1-LR, а вторая контрольная точка – выборку № 0 IDFT первого символа состояния O-P-PILOT-LR, как показано на рисунке В.3.

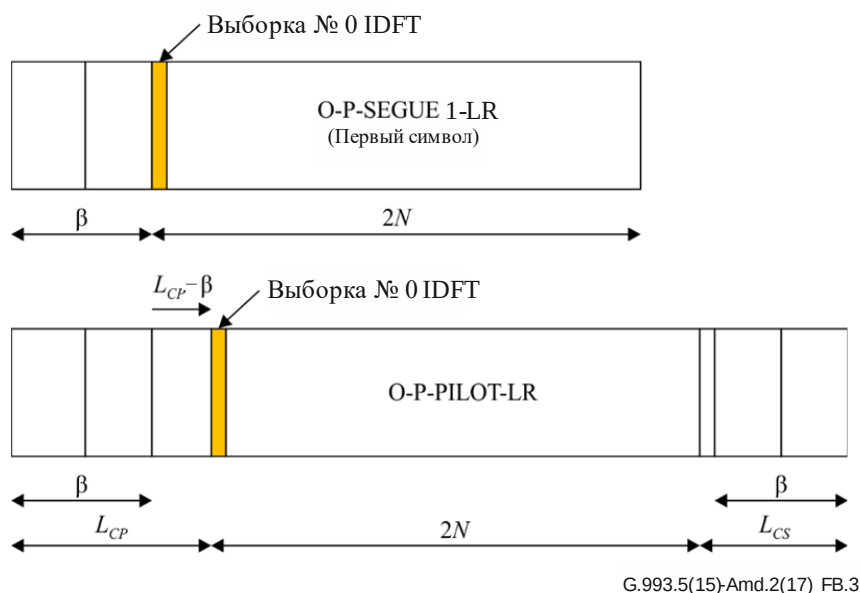


Рисунок В.3 – Контрольные выборки для выравнивания символов в нисходящем направлении между состояниями O-SEGUE 1-LR и O-P-PILOT-LR

Смещение по времени, выраженное в выборках, между этими контрольными точками по модулю периода символа DMT с CE, т. е. $2N + L_{CE}$, должно быть таким, как указано VTU-O в кодовой точке Spar(2) ITU-T G.994.1 "смещение выборки № 0 IDFT". Параметр "смещение выборки IDFT № 0" представляет собой целое количество выборок на частоте 4,416 МГц.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение этого смещения равно $L_{CP} - \beta$, что всегда меньше или равно L_{CE} , см. рисунок В.4. Знание этого смещения приемником позволяет VTU-R определить временную привязку символа во время передачи сигнала O-P-PILOT-LR и перехода в фазу раскрытия канала ITU-T G.993.5 с временной привязкой, полученной на этапе VDSL2-LR TRAINING. Это, в свою очередь, позволяет повторно использовать настройки TEQ и другие настройки преемопередатчика, полученные на этапе VDSL2-LR TRAINING.

Объект VCE использует состояние O-P-PILOT-LR для выравнивания начала сигнала O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 во всех линиях VDSL2-LR (независимо от типа работы: с коротким, средним или длинным шлейфом) и обычных линиях ITU-T G.993.5. Фактическая продолжительность состояния O-P-PILOT-LR зависит от продолжительности состояний O-P-TREF 1-LR и O-P-REVERB 3-LR: суммарная продолжительность состояний O-P-PILOT-LR, O-P-TREF 1-LR и O-P-REVERB 3-LR не должна превышать сумму максимальной продолжительности состояний O-P-TREF 1-LR и O-P-REVERB 3-LR и минимальной продолжительности состояния O-P-PILOT-LR, т. е. $15\,872 + 15\,936 + 128 = 31\,936$ символов.

За сигналом O-P-PILOT-LR следуют сигнал O-P-CHANNEL DISCOVERY V1 и оставшаяся часть фазы раскрытия канала ITU-T G.993.5, как определено в пункте В.8.

В.7.2 Сигналы R-P-TRAINING-LR

В.7.2.1 PSD передачи сигналов R-P-TRAINING-LR

PSD передачи сигнала R-P-TRAINING-LR ($TRAININGPSD_{us}$) идентична значению $PROBINGPSD_{us}$:

$$TRAININGPSD_{us}(f) = PROBINGPSD_{us}(f).$$

Все поднесущие, включенные в сигналы R-P-TRAINING-LR, передаются при $TRAININGPSD_{us}$, измеренной с точностью ± 1 дБ в контрольной точке U-O2.

PSD сигналов R-P-TRAINING-LR ограничена маской $PSDMASK_{us}$. Значение $PSDMASK_{us}$ определяется в таблице 7-4 [ITU-T G.993.2] и получается с учетом $LIMITMASK_{us}$, как указано в пункте В.9.

Максимальная совокупная мощность передачи сигналов R-P-TRAINING-LR не должна превышать значения параметра управления $MAXNOMATP_{us}$, как определено в пункте В.10.1.7. VTU-O определяет

значение CL_NOMPSD_{us} таким образом, чтобы для любой действительной настройки параметров CLR_NOMPSD_{us} , $PCBus$ и log_tss_{us} , выбранной блоком VTU-R, совокупная мощность передачи сигнала R-P-TRAINING-LR не превышала указанного выше значения.

В.7.2.2 Определения символов для сигналов R-P-TRAINING-LR

Символ R-P-QUIET такой же, как и тот, что определен для R-P-PROBING-LR.

Символ R-P-REVERB содержит все поднесущие вплоть до индекса $NSC_{us} - 1$ (значение NSC_{us} определяется в пункте В.6.2.2). Эти поднесущие модулируются методом 4-QAM. Эти поднесущие должны соответствовать значению 11. Точки совокупности на этих поднесущих циклически сдвигаются на основе 2-битового числа, указанного квадрантным скремблером, определяемым в пункте 12.3.6.2 [ITU-T G.993.2]. Скремблер используется в режиме переустановки (см. пункт 12.3.6.2.1 [ITU-T G.993.2]).

Символ R-P-SEGUE определяется как идентичный символу R-P-REVERB, причем одни и те же поднесущие должны соответствовать значению 00.

Все сигналы, состоящие из символов R-P-REVERB или R-P-SEGUE, реализуются как периодические сигналы, такие как O/R-P-PERIODIC 1 (см. пункт 12.3.6.1 [ITU-T G.993.2]).

В.7.2.3 R-P-REVERB 1-LR

Состояние R-P-REVERB 1-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-REVERB 1-LR блок VTU-O передает 640 символов R-P-REVERB.

Во время состояния R-P-REVERB 1-LR блок VTU-R может точно настроить свой AGC, выполняет восстановление синхронизации и другие адаптивные алгоритмы AFE.

За состоянием R-P-REVERB 1-LR следует состояние R-P-REVERB 2-LR.

В.7.2.4 R-P-REVERB 2-LR

Состояние R-P-REVERB 2-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии R-P-REVERB 2-LR блок VTU-R передает от 384 до максимум 16 000 символов R-P-REVERB.

В состоянии R-P-REVERB 2-LR блок VTU-O получает сигнал настройки (предположительно, для TEQ).

VTU-R продолжает передавать символы R-P-REVERB до тех пор, пока VTU-O не перейдет в состояние O-P-REVERB 2-LR. В продолжение 64 символов после перехода VTU-O в состояние O-P-REVERB 2-LR блок VTU-R переходит в следующее состояние.

За состоянием R-P-REVERB 2-LR следует состояние R-P-QUIET 5-LR.

В.7.2.5 R-P-QUIET 5-LR

Состояние R-P-QUIET 5-LR имеет переменную продолжительность. В состоянии R-P-QUIET 5-LR блок VTU-R передает от 1024 до максимум 16 384 символов R-P-QUIET. Количество символов, передаваемых в состоянии R-P-QUIET 5-LR, должно быть кратным 512. Однако последний символ R-P-QUIET, передаваемый в состоянии R-P-QUIET 5-LR, может быть сокращен на любое целое количество выборок (при тактовой частоте выборки $2N \times \Delta f$, как определено в пункте 10.4.4 [ITU-T G.993.2]) для согласования выравнивания кадров между передатчиком и приемником.

В этом состоянии VTU-R игнорирует сигнал, передаваемый блоком VTU-O в состоянии O-P-ECT-LR. Пока VTU-O находится в состоянии O-P-REVERB 3-LR, VTU-R может измерять характеристики нисходящего канала и настраивать его TEQ. По завершении необходимой настройки VTU-R переходит в следующее состояние.

За состоянием R-P-QUIET 5-LR следует состояние R-P-REVERB 3-LR.

В.7.2.6 R-P-REVERB 3-LR

Состояние R-P-REVERB 3-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-REVERB 3-LR блок VTU-R передает 64 символа R-P-REVERB.

Переход в состояние R-P-REVERB 3-LR указывает блоку VTU-O, что VTU-R завершил настройку TEQ. Он также создает метку времени для состояния R-P-ECT-LR.

За состоянием R-P-REVERB 3-LR следует состояние R-P-ECT-LR.

B.7.2.7 R-P-ECT-LR

Состояние R-P-ECT-LR имеет фиксированную продолжительность. В этом состоянии VTU-R передает сигнал по усмотрению поставщика длительностью 512 периодов повторения символа.

В этом состоянии VTU-R может настраивать свой эхоподаватель.

За состоянием R-P-ECT-LR следует состояние R-P-REVERB 4-LR.

B.7.2.8 R-P-REVERB 4-LR

Состояние R-P-REVERB 4-LR имеет фиксированную продолжительность. В этом состоянии VTU-R передает 1024 символа R-P-REVERB.

В состоянии R-P-REVERB 4-LR блок VTU-R может регулировать свои параметры двунаправленной передачи.

За состоянием R-P-REVERB 4-LR следует состояние R-P-SEGUE 1-LR. Переход из состояния R-P-REVERB 4-LR в состояние R-P-SEGUE 1-LR служит меткой времени для начала передачи символа R-P-QUIET 1 и готовности VTU-R к приему сообщения O-SIGNATURE.

B.7.2.9 R-P-SEGUE 1-LR

Состояние R-P-SEGUE 1-LR имеет фиксированную продолжительность. В состоянии R-P-SEGUE 1-LR блок VTU-R передает 64 символа R-P-SEGUE. Первый символ R-P-SEGUE 1-LR используется в качестве контрольной точки, чтобы сохранить синхронизацию между фазой настройки VDSL-LR и фазой раскрытия канала ITU-T G.993.5 (см. пункт B.8.3).

Переход к следующему состоянию служит меткой времени для окончания этапа TRAINING и указывает, что VTU-R должен быть готов принять сообщение O-SIGNATURE.

За состоянием R-P-SEGUE 1-LR следует состояние R-P-QUIET1 ITU-T G.993.5.

В.7.3 Временная диаграмма обмена сигналами O/R-P-TRAINING-LR

Обмен сигналами показан на рисунке В.4.

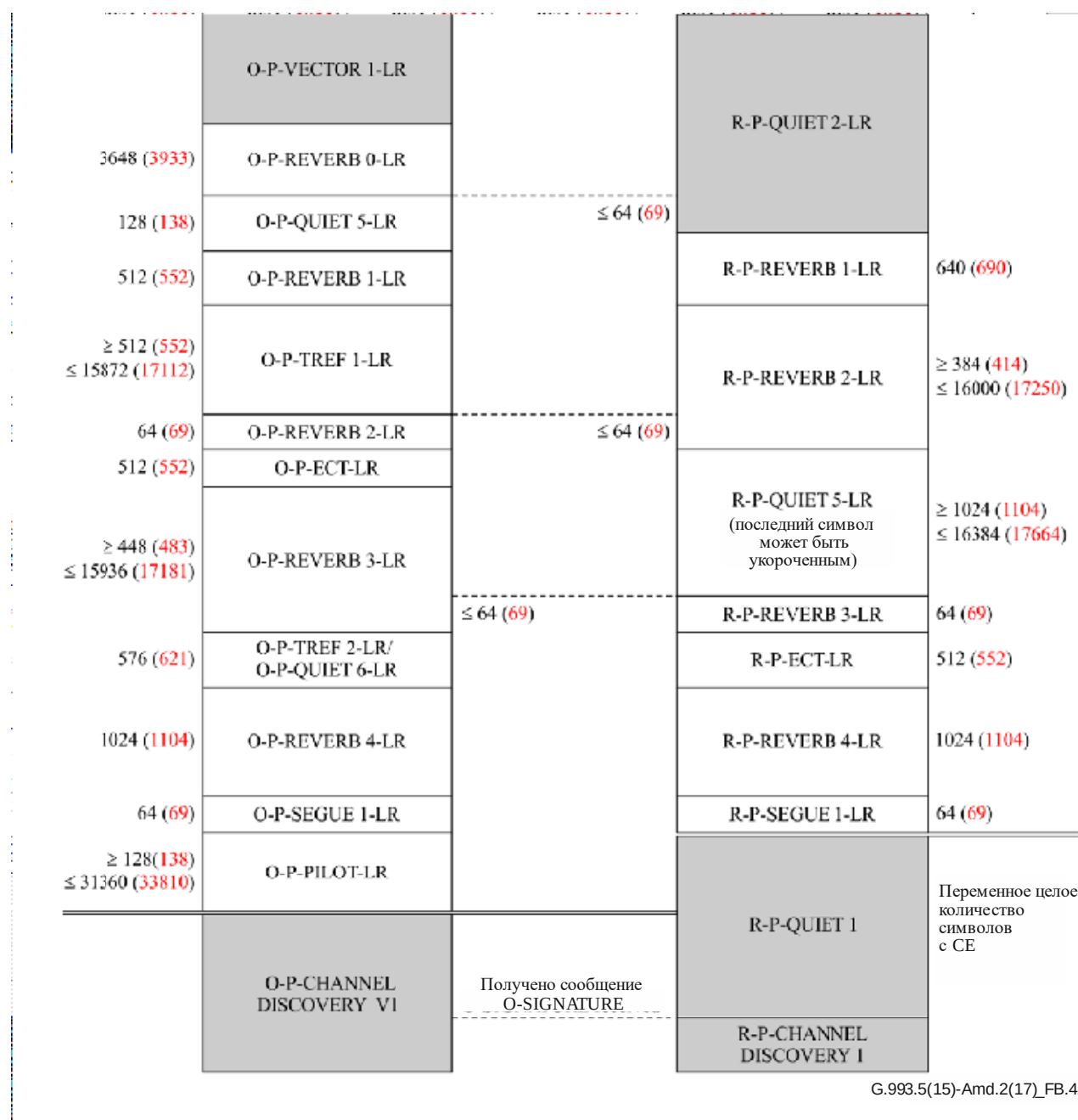


Рисунок В.4 – Временная диаграмма обмена сигналами O/R-P-TRAINING-LR

На рисунке В.4 длительность сигналов выражена в символах с СЕ (в скобках указана длительность сигналов, выраженная в символах без СЕ). Сигналы, затененные серым цветом, входят в состав предыдущего и последующего этапов инициализации (см. рисунок В.1).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Настройка TEQ может быть сокращена по времени приемником в том случае, если TEQ проходит дальнейшую настройку на этапе инициализации VDSL2. При самом коротком времени настройки TEQ продолжительность этого этапа составляет около 1,9 с.

В.8 Фаза раскрытия канала и фаза настройки согласно ITU-T G.993.5 при работе с длинным шлейфом

В этом разделе содержатся дополнительные требования к фазе раскрытия канала и фазе настройки согласно ITU-T G.993.5, которые применяются, если выбрана работа с длинным шлейфом VDSL2-LR (см. пункты В.4.8, В.4.9, В.5.6 и В.5.7).

В фазах раскрытия канала и настройки согласно ITU-T G.993.5 настройка тракта передачи между выходом IDFT и соответствующим U-интерфейсом как VTU-R, так и VTU-O, выполненная на этапе TRAINING, должна оставаться неизменной. Размер и тип IDFT изображения, используемого в фазах раскрытия канала и настройки согласно ITU-T G.993.5, должны быть такими же, как на этапе TRAINING.

В.8.1 Фаза раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 при работе с длинным шлейфом

Набор SUPPORTEDCARRIERSds ограничен индексом поднесущей 511.

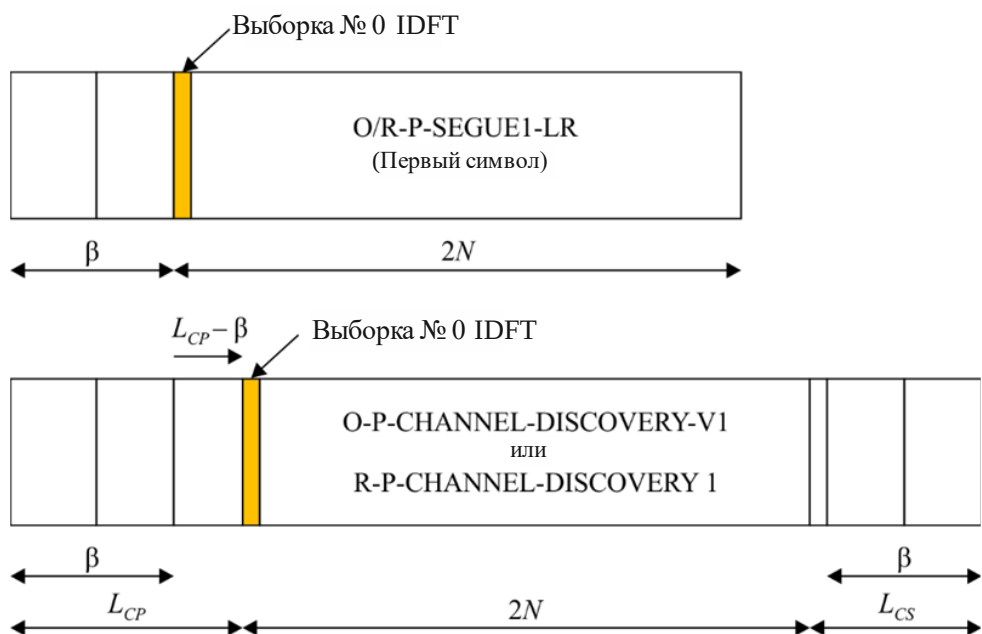
Набор SUPPORTEDCARRIERSus ограничен индексом поднесущей 31 для US0 типа А и индексом поднесущей 63 для US0 типов В и М.

В.8.1.1 Переход в фазу раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5

В нисходящем направлении символы в фазе раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 выравниваются с символами сигнала O-P-PILOT-LR.

В восходящем направлении переход от этапа VDSL2-LR TRAINING в фазу раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 выравнивается с использованием двух контрольных точек, связанных с выборкой № 0 IDFT специальных символов. Выборка № 0 IDFT определяется как первая выборка блока из $2N$ временных выборок, генерируемых IDFT.

Первая контрольная точка представляет собой выборку № 0 IDFT первого символа состояния R-P-SEGUE 1-LR, а вторая контрольная точка – выборку № 0 IDFT первого символа сигнала R-P-CHANNEL DISCOVERY 1, как показано на рисунке В.5.



G.993.5(15)-Amd.2(17)_FB.5

Рисунок В.5 – Контрольные выборки для выравнивания символов в восходящем направлении между этапом VDSL2-LR TRAINING и фазой раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5

Смещение по времени, выраженное в выборках между этими контрольными точками по модулю периода символа DMT с CE, т. е. $2N + L_{CE}$, должно быть таким, как указано VTU-R в кодовой точке

Spar(2) ITU-T G.994.1 "смещение выборки № 0 IDFT". Параметр "смещение выборки № 0 IDFT", указанный VTU-R, представляет собой целое количество выборок на частоте 276 кГц.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение этого смещения равно $L_{CP} - \beta$, что всегда меньше или равно L_{CE} , см. рисунок В.5. Знание этого смещения блоком VTU-O позволяет определить временную привязку символа в фазе раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5 из сигнала, полученного на этапе VDSL2-LR TRAINING. Это, в свою очередь, позволяет повторно использовать настройки TEQ и другие настройки приемопередатчика, полученные на этапе VDSL2-LR TRAINING.

В.8.1.2 Использование сигнала PILOT во время передачи сигнала R-P-LINEPROBE

Если запрашивается сигнал R-P-LINEPROBE согласно ITU-T G.993.5, то VTU-O передает сигнал O-P-PILOT 1 и через 640 символов после окончания передачи сигнала O-P-SYNCHRO 1 переходит к передаче сигнала O-P-PERIODIC 1. Для сигнала O-P-PILOT 1 используется индекс тона, указанный на этапе PROBING.

В.8.1.3 Замена сигналов R-P-VECTOR

Поскольку, когда выбран режим работы VDSL2-LR с длинным шлейфом, подавление перекрестных помех в восходящем направлении не активировано, сигналы R-P-VECTOR удаляются или заменяются другими сигналами.

Сигнал R-P-VECTOR 1 заменяется сигналом R-P-CHANNEL DISCOVERY 1 с передачей по каналу SOC сигнала R-IDLE до тех пор, пока не будет получен сигнал O-P-SYNCHRO V1. После получения сигнала O-P-SYNCHRO V1 блок VTU-R передает сигнал R-IDLE как минимум в течение 512 символов, прежде чем передать сигнал R-MSG 1.

В.8.1.4 O-SIGNATURE (поправка к пункту 12.3.3.2.1.1 [ITU-T G.993.2])

В поле № 8 "Номинальная максимальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (MAXNOMATPds)" указано значение параметра управления *MAXNOMATPds*, определяющего максимальную мощность в широкой полосе частот, которую может передавать VTU-O. Значение *MAXNOMATPds* не должно превышать минимальной величины из максимальной совокупной мощности передачи в нисходящем направлении, указанной в пункте В.9 для соответствующего приложения [ITU-T G.993.2], и значения *MAXNOMATPds*, настроенного в CO-MIB, независимо от конкретного профиля [ITU-T G.993.2], выбранного в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1.

В.8.1.5 Корректировки PSD в фазе раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5

Корректировки PSD, определяемые в фазе раскрытия канала согласно ITU-T G.993.5, включают в себя потенциальные изменения наиболее активно используемой поднесущей нисходящего потока и фактической PSD передачи нисходящего потока, что может привести к тому, что PSD передачи нисходящего потока будет отличаться от той, которая была определена на этапе PROBING. Во избежание изменений в канале передачи и соответствующих ухудшений в настройке TEQ упомянутая корректировка PSD выполняется исключительно в частотной области.

В.8.2 Фаза настройки согласно ITU-T G.993.5 в режиме работы с длинным шлейфом

Во время перехода в фазу настройки согласно ITU-T G.993.5 блок VTU-R сохраняет синхронизацию символов. Для облегчения синхронизации в шлейфе символы молчания O-P-VECTOR 1-1 заменяются символами, содержащими одну поднесущую с индексом пилот-тона нисходящего потока, указанным в сообщении R-P-MSG-PCB. Пилот-тон модулируется с помощью точки совокупности (0,0).

Чтобы сохранить позицию выборки № 0 IDFT между фазами раскрытия канала и настройки в восходящем направлении, длительность сигнала R-P-QUIET V1 должна составлять целое количество символов DMT.

В.8.2.1 Замена сигналов R-P-VECTOR

Сигнал R-P-VECTOR 1-1 не передается, т. е. первым сигналом фазы настройки приемопередатчика является R-P-TRAINING 1.

Сигнал R-P-VECTOR 1-2 заменяется сигналом R-P-TRAINING 1-2. Сигнал R-P-TRAINING 1-2 должен быть идентичен сигналу R-P-TRAINING 1.

Символы синхронизации в сигнале R-P-VECTOR 2 заменяются символами R-P-TRAINING 2 с активированным расширенным каналом SOC.

В.9 Определение масок предельной PSD

В этом разделе определяются маски предельной PSD и требования по максимальной совокупной мощности передачи (АТР), применимые к режиму VDSL2-LR при работе с длинным шлейфом. Эти требования относятся к этапу TRAINING-LR, оставшейся части инициализации и состоянию SHOWTIME.

В.9.1 Работа в соответствии с Приложением А к [ITU-T G.993.2]

Режим VDSL2-LR в соответствии с Приложением А к [ITU-T G.993.2] не определяется.

В.9.2 Работа в соответствии с Приложением В к [ITU-T G.993.2]

В.9.2.1 Маска предельной PSD в нисходящем направлении и максимальная совокупная мощность передачи

Тип PSD US0 выбирается в сообщении MS ITU-T G.994.1. Соответствующее значение LIMITMASKds для режима VDSL2-LR должно быть таким, как определено в таблице В.7А [ITU-T G.993.2] для масок PSD B8-11 (для US0 типа А), B8-12 (для US0 типа В) и B8-17 (для US0 типа М), с плоским расширением на уровне -100 дБм/Гц в диапазоне от 3,925 до 30 МГц и плоским расширением на уровне -110 дБм/Гц на частотах выше 30 МГц, а также с изменениями, приведенными в таблице В.11.

Максимальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (как указано в пунктах В.6.1.1 и В.8.1.4) составляет 20,5 дБм независимо от профиля VDSL2 и типа US0, выбранных в фазе квитирования согласно ITU-T G.994.1.

Таблица В.11 – Изменения в значениях LIMITMASKds для режима VDSL2-LR

Частота (кГц)	Значения LIMITMASKds для VDSL2-LR (дБм/Гц)
f_1	$-36,50$
$f_1 + 138$	$-33,50$
948,75	$-33,50$
1104	$-36,50$
ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение f_1 составляет 138 кГц для US0 типа А и 276 кГц для US0 типов В и М.	

В.9.2.2 Маска предельной PSD

Тип PSD US0 выбирается в сообщении MS ITU-T G.994.1. Соответствующее значение LIMITMASKus для режима VDSL2-LR должно быть таким, как определено в таблице В.6А [ITU-T G.993.2] для масок PSD B8-11 (для US0 типа А), B8-12 (для US0 типа В) и B8-17 (для US0 типа М), с плоским расширением на уровне -100 дБм/Гц в полосе от 686 кГц до 30 МГц и плоским расширением на уровне -110 дБм/Гц на частотах выше 30 МГц.

Значение NSCus устанавливается равным 32 для US0 типа А и 64 для US0 типов В и М.

В.9.3 Работа в соответствии с Приложением С к [ITU-T G.993.2]

Режим VDSL2-LR в соответствии с Приложением С к [ITU-T G.993.2] не определяется.

В.9.4 Работа в соответствии с Приложением N к [ITU-T G.993.2]

Режим VDSL2-LR в соответствии с Приложением N к [ITU-T G.993.2] не определяется.

В.10 Управление

В этом разделе определяются параметры конфигурации, состояния и оборудования CO-MIB, относящиеся к режиму VDSL2-LR. Эти параметры должны поддерживаться, если VTU-O поддерживает режим VDSL2-LR.

В.10.1 Параметры конфигурации

В.10.1.1 Разрешения для VDSL2-LR (VDSL2-LR_ENABLE)

Параметр конфигурации VDSL2-LR_ENABLE (см. пункт 7.3.1.16.1 [ITU-T G.997.1]) указывает, какие режимы работы VDSL2-LR разрешены для линии. Такой параметр определяется как набор битов со следующими значениями:

- короткий шлейф: разрешена работа с коротким шлейфом в соответствии с настоящим приложением;
- средний шлейф: разрешена работа со средним шлейфом в соответствии с настоящим приложением;
- длинный шлейф: разрешена работа с длинным шлейфом в соответствии с настоящим приложением.

Если ни один из этих режимов работы не разрешен, то режим VDSL2-LR (т. е. работа в соответствии с настоящим Приложением) "запрещается". Если разрешен хотя бы один из указанных режимов работы, то режим VDSL2-LR (т. е. работа в соответствии с настоящим Приложением) "разрешается" (см. таблицу В1).

В.10.1.2 Максимальная номинальная спектральная плотность мощности в нисходящем направлении (MAXNOMPSDds)

Параметр конфигурации MAXNOMPSDds (см. пункт 7.3.1.2.1 [ITU-T G.997.1]) устанавливает максимальное значение *NOMPSDds* для линии (используемое для определения *PROBINGPSDds*, см. пункт В.6.1.1), указанное блоком VTU-O в границах спектра нисходящего потока в сообщении CL ITU-T G.994.1.

В.10.1.3 Максимальная номинальная спектральная плотность мощности в восходящем направлении (MAXNOMPSDus)

Параметр конфигурации MAXNOMPSDus (см. пункт 7.3.1.2.2 [ITU-T G.997.1]) устанавливает максимальное значение *NOMPSDus* для линии (используемое для определения *PROBINGPSDus*, см. пункт В.6.2.1), указанное блоком VTU-O в границах спектра в восходящем направлении в сообщении CL ITU-T G.994.1.

В.10.1.4 Маска PSD в нисходящем направлении (MIBMASKds) (поправка к пункту 7.2.1.1 [ITU-T G.993.2])

Параметр конфигурации MIBMASKds (см. пункт 7.3.1.2.9 [ITU-T G.997.1]) представляет собой маску PSD MIB и должен находиться на уровне или ниже максимальных значений маски предельной PSD, указанной в выбранном приложении к [ITU-T G.993.2], и, если режим VDSL2-LR "разрешен", маски предельной PSD, приведенной в пункте В.9 (см. пункт В.10.1.1). Его определение зависит от управления сетью (механизм, управляемый MIB), как указано в [ITU-T G.997.1].

Контрольные точки для построения маски PSD MIB определяются так, чтобы минимальные значения маски предельной PSD, указанной в выбранном приложении, и маски PSD MIB можно было построить с использованием не более 32 контрольных точек в тех диапазонах частот, в которых определяется маска PSD MIB.

В.10.1.5 Выбор класса маски VDSL2 PSD (CLASSMASK)

Если режим VDSL2-LR "разрешается" (см. пункт В.10.1.1), то для параметра конфигурации CLASSMASK (см. пункт 7.3.1.2.15 в [ITU-T G.997.1]) должен быть установлен один из классов маски из Приложения В: 997-M2x, 998-M2x, 998ADE-M2x, 998E35-M2x или 998ADE35-M2x.

В.10.1.6 Максимальная номинальная совокупная мощность передачи в нисходящем направлении (MAXNOMATPds)

Параметр конфигурации MAXNOMATPds определяется в CO-MIB (см. пункт 7.3.1.2.3 [ITU-T G.997.1]) и указывает:

- верхнее граничное значение совокупной мощности передачи в нисходящем направлении на этапе PROBING для всех режимов работы (с коротким, средним или длинным шлейфом);
- верхнее граничное значение совокупной мощности передачи в нисходящем направлении на этапе TRAINING при работе с длинным шлейфом;
- верхнее граничное значение совокупной мощности передачи сигнала O-P-VECTOR 1 в нисходящем направлении при работе с коротким и средним шлейфом;
- верхнее граничное значение параметра управления MAXNOMATPds в сообщении O-SIGNATURE для всех режимов работы (с коротким, средним или длинным шлейфом); а также
- верхнее граничное значение пересчитанного параметра управления MAXNOMATPds для определения MREFPSDs в фазе анализа канала и обмена согласно ITU-T G.993.5 при работе со средним шлейфом.

Значение настройки MAXNOMATPds, заданное в CO-MIB, не должно превышать 20,5 дБм.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В настоящем приложении настройка MAXNOMATPds в CO-MIB может превышать значение максимальной совокупной мощности передачи в нисходящем направлении, указанное в таблице 6.1 [ITU-T G.993.2].

В.10.1.7 Максимальная номинальная совокупная мощность передачи в восходящем направлении (MAXNOMATPus)

Параметр управления MAXNOMATPus определяется значением максимальной совокупной мощности передачи в восходящем направлении, указанным в таблице 6-1 [ITU-T G.993.2].

ПРИМЕЧАНИЕ. – В CO-MIB параметр конфигурации MAXNOMATPus не определяется (см. таблицу 7.15 в [ITU-T G.997.1]).

В.10.2 Параметры состояния

В.10.2.1 Фактический режим работы VDSL2-LR (VDSL2-LR_ACTOPTYPE)

Параметр состояния VDSL2-LR_ACTOPTYPE (см. пункт 7.5.1.44.1 [ITU-T G.997.1]) указывает фактический режим работы линии (независимо от того, сделан ли этот выбор автономно блоком VTU-R или принудительно через CO-MIB).

Допустимые значения:

- Режим работы не выбран: работа не в соответствии с настоящим Приложением.
В сообщении MS ITU-T G.994.1 бит Spar(2) VDSL2-LR установлен в 0.
- Короткий шлейф: работа с коротким шлейфом в соответствии с настоящим Приложением.
В сообщении MS ITU-T G.994.1 бит Spar(2) VDSL2-LR установлен в 1, на этапе PROBING выбран режим работы с коротким – средним шлейфом и выполнено условие работы с коротким шлейфом (определено в пункте В.4.8.3).
- Средний шлейф: работа со средним шлейфом в соответствии с настоящим Приложением.
В сообщении MS ITU-T G.994.1 бит Spar(2) VDSL2-LR установлен в 1, на этапе PROBING выбран режим работы с коротким – средним шлейфом и выполнено условие работы со средним шлейфом (определено в пункте В.4.8.3).
- Длинный шлейф: работа с длинным шлейфом в соответствии с настоящим Приложением.
В сообщении MS ITU-T G.994.1 бит Spar(2) VDSL2-LR установлен в 1 и на этапе PROBING выбран режим длинного шлейфа.

В.10.3 Параметры оборудования

В.10.3.1 Поддержка VDSL2-LR (VDSL2-LR_SUPPORT_O/R)

Параметры оборудования VDSL2-LR_SUPPORT_O (см. пункт 7.4.14.1 [ITU-T G.997.1]) и VDSL2-LR_SUPPORT_R (см. пункт 7.4.14.1 [ITU-T G.997.1]) указывают соответственно для VTU-O и VTU-R, поддерживается (установлено в 1) или не поддерживается (установлено в 0) режим VDSL2-LR.

В.10.4 Контролируемые параметры

В.10.4.1 Размер группы контролируемых параметров

Если в последнем сообщении MS ITU-T G.994.1 бит "Поддержка VDSL2-LR" был установлен в ЕДИНИЦУ, то размер группы определяется в соответствии с уравнением из пункта 11.4.1 [ITU-T G.993.2], где θ равна наибольшему индексу поднесущей в наборе MEDLEY, для контролируемых параметров, измеряемых в фазе раскрытия канала, и для контролируемых параметров, измеряемых в других фазах.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Этот раздел относится к режиму VDSL2-LR независимо от того, выбрана ли работа с коротким, средним или длинным шлейфом.

В.11 Номинальная совокупная мощность передачи (NOMATP) (взамен пункта 10.3.4.2.1 [ITU-G.993.2])

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если не указано иное, ссылки в этом разделе относятся к [ITU-T G.993.2].

Номинальная совокупная мощность передачи (NOMATP) рассчитывается по следующему уравнению:

$$\text{NOMATP} = 10 \log_{10} \Delta f + 10 \log_{10} \left(\sum_{i \in \text{MEDLEY set}} \left(10^{\frac{\text{MREFPSD}[i]}{10}} g_i^2 \right) \right),$$

где MREFPSD[i] и g_i – соответственно значение MREFPSD в дБм/Гц и коэффициент усиления (в линейном масштабе) для поднесущей i из набора MEDLEY (см. пункт 12.3.3.2.1.3), а Δf – разнос поднесущих в Гц.

NOMATP в нисходящем направлении (NOMATPds) рассчитывается для поднесущих из набора MEDLEY в нисходящем направлении (MEDLEYds). NOMATP в восходящем направлении (NOMATPus) рассчитывается для поднесущих из набора MEDLEY в восходящем направлении (MEDLEYus).

Максимальное значение NOMATPds в фазах анализа канала и обмена согласно ITU-T G.993.5 и в рабочем режиме определяется параметром управления MAXNOMATPds. Значение этого параметра управления рассчитывается во время инициализации на основе параметра конфигурации CO-MIB MAXNOMATPds, значения MAXNOMATPds, указанного в поле № 8 сообщения O-SIGNATURE, а также режима работы (с коротким, средним или длинным шлейфом).

Настройки g_i в VTU-O и VTU-R должны быть такими, чтобы значения NOMATPds и NOMATPus не превышали соответственно параметров управления MAXNOMATPds и MAXNOMATPus.

Дополнение I

Моделирование канала перекрестных помех

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

I.1 Сфера применения

В этом Дополнении представлена информация о стохастических моделях канала проникновения помех FEXT MIMO в системах передачи на основе цифровых абонентских линий (DSL), работающих по кабелям "витая пара". Для ряда систем DSL проникновение помех FEXT среди них можно смоделировать в виде системы MIMO.

Эти модели рассчитываются с использованием статистического анализа измерений энергии, проникающей в пары кабеля из других пар того же кабеля. Данные, на которых основываются модели, собраны по результатам измерений существующих систем шлейфов, развернутых в различных регионах мира.

I.2 Назначение

Цель этого дополнения – предоставить отрасли инструмент для моделирования проникновения помех FEXT между несколькими линиями DSL.

I.3 Модель A канала перекрестных помех MIMO

Модель канала перекрестных помех для Северной Америки и Европы приведена в [b-ATIS-0600024]. Эта модель основывается на данных, собранных по результатам измерений существующей системы шлейфов, развернутой в Северной Америке и Европе. В документе [b-ATIS-0600024] определяется модель канала перекрестных помех MIMO на основе указанных измерений и приведено обоснование этой модели.

I.4 Модель C канала перекрестных помех MIMO

Данные, на которых основывается эта модель, собраны по результатам измерений существующей системы шлейфов, развернутой в Японии.

I.4.1 Допущения к модели перекрестных помех

Модель перекрестных помех основывается на применении кабеля диаметром 0,4 мм в полиэтиленовой изоляции (PE), называемого полиэтиленовым кабелем с цветовым кодированием (CCP). Структура связки пар, применяемая к кабелю с PE-изоляцией, показана на рисунке I.1, где связаны номера пар № 1–10. На рисунке показана четверка, образованная путем скручивания четырех изолированных проводников (две пары), а группа связки, называемая блоком, образуется путем связывания пяти четверок (десять пар). Хотя кабель с PE-изоляцией может содержать один или несколько блоков, для простоты влияние межблочных перекрестных помех можно игнорировать, поскольку межблочные перекрестные помехи гораздо слабее внутриблочных перекрестных помех. Затем модель одного блока из 10 пар (пять четверок) кабеля с PE-изоляцией применяется к модели перекрестных помех.

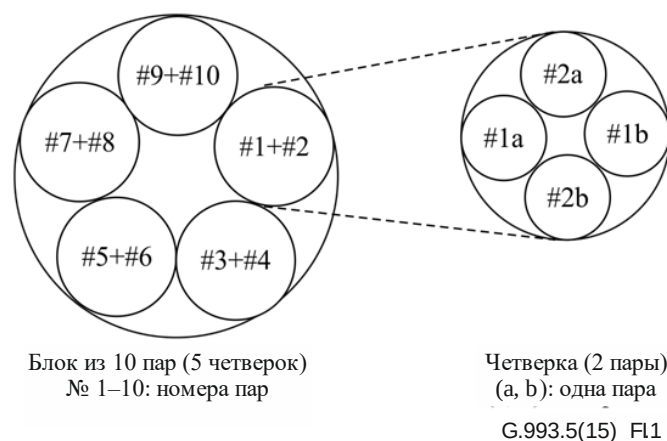


Рисунок I.1 – Модель кабеля (0,4-мм кабель с РЕ-изоляцией)

Известно, что функция плотности вероятности (PDF) потерь при проникновении перекрестных помех (ослабление сигнала) в децибелах представляет собой нормальное распределение со средним значением M (дБ) и стандартным отклонением σ (дБ). Существует три вида взаимосвязи между парами в зависимости от их местоположения в блоке кабеля с РЕ-изоляцией: внутри четверки, между соседними четверками и через одну четверку. Таким образом, существует три вида распределения потерь, вызванных перекрестными помехами, в блоке. Среднее значение M_k (дБ) [$k = 1, 2, 3$] и стандартное отклонение σ_k (дБ) [$k = 1, 2, 3$] потерь из-за помех FEXT приведены в таблице I.1, где индексы, $k = 1, 2, 3$, соответствуют трем видам взаимосвязи между парами в зависимости от их расположения в блоке, образующим каждое распределение.

Таблица I.1 – Среднее и стандартное отклонение FEXT

Показатели	$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
	Внутри четверки	Соседняя четверка	Через четверку
Среднее значение FEXT, M_k	69,2 (дБ)	74,2 (дБ)	75,7 (дБ)
Стандартное отклонение FEXT, σ_k	6,56 (дБ)	8,15 (дБ)	7,38 (дБ)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение M_k (дБ) задается значением потерь из-за FEXT при $f = f_{FXT} = 160 \cdot 10^3$ (Гц) и $d = d_{FXT} = 1 \cdot 10^3$ (м).			

I.4.2 Генерирование значений выборки потерь от проникновения помех FEXT

Случайные выборки потерь от проникновения помех FEXT, $XT_k(i)$ (дБ) [$k = 1, 2, 3$], между любыми двумя парами в блоке приведены в таблице I.2 в форме матрицы 10 на 10, где индекс " k " означает то же, что и в таблице I.1, а индекс " i " указывает, что может быть задано другое значение. Предполагается, что перекрестные помехи от пары (№ m), создающей помехи, к паре (№ n), испытывающей помехи, идентичны перекрестным помехам от пары (№ n), создающей помехи, к паре (№ m), испытывающей помехи. Таким образом, значения двух групп выборок симметричны относительно диагональной линии в таблице I.2. Следовательно, может быть максимум пять разных значений выборки для $XT_1(i)$ ($k = 1$), максимум 20 разных значений выборки для $XT_2(i)$ ($k = 2$) и максимум 20 разных значений выборки для $XT_3(i)$ ($k = 3$).

Таблица I.2 – Выборка потерь из-за FEXT

I-ed I-ing	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
№ 1		XT₁(1)	XT ₂ (1)	XT ₂ (2)	XT ₃ (1)	XT ₃ (2)	XT ₃ (3)	XT ₃ (4)	XT ₂ (3)	XT ₂ (4)
№ 2	XT₁(1)		XT ₂ (5)	XT ₂ (6)	XT ₃ (5)	XT ₃ (6)	XT ₃ (7)	XT ₃ (8)	XT ₂ (7)	XT ₂ (8)
№ 3	XT ₂ (1)	XT ₂ (5)		XT₁(2)	XT ₂ (9)	XT ₂ (10)	XT ₃ (9)	XT ₃ (10)	XT ₃ (11)	XT ₃ (12)
№ 4	XT ₂ (2)	XT ₂ (6)	XT₁(2)		XT ₂ (11)	XT ₂ (12)	XT ₃ (13)	XT ₃ (14)	XT ₃ (15)	XT ₃ (16)
№ 5	XT ₃ (1)	XT ₃ (5)	XT ₂ (9)	XT ₂ (11)		XT₁(3)	XT ₂ (13)	XT ₂ (14)	XT ₃ (17)	XT ₃ (18)
№ 6	XT ₃ (2)	XT ₃ (6)	XT ₂ (10)	XT ₂ (12)	XT₁(3)		XT ₂ (15)	XT ₂ (16)	XT ₃ (19)	XT ₃ (20)
№ 7	XT ₃ (3)	XT ₃ (7)	XT ₃ (9)	XT ₃ (13)	XT ₂ (13)	XT ₂ (15)		XT₁(4)	XT ₂ (17)	XT ₂ (18)
№ 8	XT ₃ (4)	XT ₃ (8)	XT ₃ (10)	XT ₃ (14)	XT ₂ (14)	XT ₂ (16)	XT₁(4)		XT ₂ (19)	XT ₂ (20)
№ 9	XT ₂ (3)	XT ₂ (7)	XT ₃ (11)	XT ₃ (15)	XT ₃ (17)	XT ₃ (19)	XT ₂ (17)	XT ₂ (19)		XT₁(5)
№ 10	XT ₂ (4)	XT ₂ (8)	XT ₃ (12)	XT ₃ (16)	XT ₃ (18)	XT ₃ (20)	XT ₂ (18)	XT ₂ (20)	XT₁(5)	

I-ed – номер пары, испытывающей помехи.
I-ing – номер пары, создающей помехи.

При генерировании случайной выборки $XT_k(i)$ (дБ) полезно использовать интегральную точку распределения Q (%) значения генерируемой выборки. Ниже приведена формула $XT_k(i)$ (дБ) с интегральной точкой распределения Q (%) при условии нормального распределения со средним значением M_k (дБ) и стандартным отклонением σ_k (дБ), приведенными в таблице I.1. В таблице I.3 приведен пример, рассчитанный по представленным ниже уравнениям.

$$XT_k(i) = M_k + \Delta_k(i)$$

$$\Delta_k(i) = \rho_i \sigma_k$$

$$pdf(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$$

$$Q(\rho_i) = \int_{\rho_i}^{\infty} pdf(u) du,$$

где $k = 1, 2, 3$,

при $k = 1, i = 1, 2, 3, \dots, \max(5)$;

при $k = 2, i = 1, 2, 3, \dots, \max(20)$;

при $k = 3, i = 1, 2, 3, \dots, \max(20)$.

M_k (дБ) – среднее значение потерь от проникновения помех FEXT при $f = f_{FXT}$ и $d = d_{FXT}$, см. таблицу I.1

σ_k (дБ) – стандартное отклонение потерь от проникновения помех FEXT, см. таблицу I.3.

Таблица I.3 – Пример случайной выборки $XT_k(i)$ с интегральной точкой распределения Q (%)

Интегральная точка распределения (%)	ρ_i	$XT_k(i)$ (дБ)		
		$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
		Внутри четверки	Соседняя четверка	Через четверку
$Q(\rho_i) = 0,01$ (%)	3,72	93,6 (дБ)	104,5 (дБ)	103,2 (дБ)
$Q(\rho_i) = 0,1$ (%)	3,09	89,5 (дБ)	99,4 (дБ)	98,5 (дБ)
$Q(\rho_i) = 1$ (%)	2,33	84,5 (дБ)	93,2 (дБ)	92,9 (дБ)
$Q(\rho_i) = 5$ (%)	1,64	80,0 (дБ)	87,6 (дБ)	87,8 (дБ)
$Q(\rho_i) = 10$ (%)	1,28	77,6 (дБ)	84,6 (дБ)	85,1 (дБ)
$Q(\rho_i) = 20$ (%)	0,842	74,7 (дБ)	81,1 (дБ)	81,9 (дБ)
$Q(\rho_i) = 30$ (%)	0,524	72,6 (дБ)	78,5 (дБ)	79,6 (дБ)

Таблица I.3 – Пример случайной выборки $XT_k(i)$ с интегральной точкой распределения Q (%)

Интегральная точка распределения (%)	ρ_i	$XT_k(i)$ (дБ)		
		$k = 1$	$k = 2$	$k = 3$
		Внутри четверки	Соседняя четверка	Через четверку
$Q(\rho_i) = 40$ (%)	0,253	70,9 (дБ)	76,3 (дБ)	77,6 (дБ)
$Q(\rho_i) = 50$ (%)	0	69,2 (дБ)	74,2 (дБ)	75,7 (дБ)
$Q(\rho_i) = 60$ (%)	-0,253	67,5 (дБ)	72,1 (дБ)	73,8 (дБ)
$Q(\rho_i) = 70$ (%)	-0,524	65,8 (дБ)	69,9 (дБ)	71,8 (дБ)
$Q(\rho_i) = 80$ (%)	-0,842	63,7 (дБ)	67,3 (дБ)	69,5 (дБ)
$Q(\rho_i) = 90$ (%)	-1,28	60,8 (дБ)	63,8 (дБ)	66,3 (дБ)
$Q(\rho_i) = 95$ (%)	-1,64	58,4 (дБ)	60,8 (дБ)	63,6 (дБ)
$Q(\rho_i) = 99$ (%)	-2,33	53,9 (дБ)	55,2 (дБ)	58,5 (дБ)
$Q(\rho_i) = 99,9$ (%)	-3,09	48,9 (дБ)	49,0 (дБ)	52,9 (дБ)
$Q(\rho_i) = 99,99$ (%)	-3,72	44,8 (дБ)	43,9 (дБ)	48,2 (дБ)

I.4.3 Передаточная функция канала проникновения помех FEXT

Для моделирования подавления собственных помех FEXT необходима передаточная функция напряжения канала проникновения помех FEXT. Она приведена ниже как $HFXT_{ki}(f, d)$, где индексы "k" и "i" означают то же, что и для $XT_k(i)$. $\Phi_k(i)$ дает вариацию фазы проникновения помех FEXT, а значение $\Phi_k(i)$ (рад/м) задается как произвольное значение в диапазоне $0-2\pi$ для каждой выборки, которое означает, что в таблице I.2 может быть максимум 45 разных значений.

$$HFXT_{ki}(f, d) = e^{(-\gamma d - j\Phi_k(i))} 10^{-XT_k(i)/20} \left(\frac{f}{f_{FXT}} \right) \left(\frac{d}{d_{FXT}} \right)^{1/2},$$

где

f (Гц),

d (м) – длина линии проникновения FEXT (= длина линии);

γ – постоянная распределения линии ($= \alpha + j\beta$, см. ITU-T G.993.1, Приложение F.3);

$XT_k(i)$ (дБ) – выборка FEXT (при $f = f_{FXT}$ и $d = d_{FXT}$);

$\Phi_k(i)$ (рад/м) – равномерно распределенная случайная переменная в диапазоне $[0-2\pi]$.

Пользователь этой модели заполняет матрицу проникновения помех 10×10 , описываемую в таблице I.2, с использованием случайной выборки из тримодальных распределений для геометрически зависимых связей, приведенных в таблице I.1. Эти значения случайного отбора можно оценить по их относительной вероятности путем сравнения с соответствующими значениями из таблицы I.3.

Дополнение II

Примеры процесса инициализации под управлением VCE при активации нескольких линий в векторной группе

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

II.1 Введение

Векторизация предназначена для подавления FEXT, охватывающего несколько линий VDSL2. В разделе 10 подробно описывается процесс инициализации – главным образом в отношении одной линии. В настоящем дополнении приводятся два примера методов, позволяющих VCE управлять активацией нескольких линий, которые присоединяются к векторной группе в произвольном порядке. Если в фазе ITU-T G.994.1 включен бит "Длительность сигнала O-P-VECTOR 1 равна 8192 суперкадрам" (см. пункт 10.2), то VCE может использовать первый метод, основанный на работе с линиями, опоздавшими на текущий цикл инициализации в группе ожидания. Иначе, VCE может использовать второй метод, основанный на возможностях квитирования согласно ITU-T G.994.1 по управлению временем готовности линии к соединению.

II.2 Работа VCE с двумя группами инициализируемых линий

При использовании этого метода VCE после образования векторной группы поддерживает инициализируемые линии в двух группах. Одна группа называется "группой присоединения", а другая – "группой ожидания". Обе группы имеют два состояния: открытое и закрытое. Когда линия входит в фазу раскрытия канала процесса инициализации, она добавляется к одной из групп. В таблице II.1 приведены решения в отношении того, к какой группе добавить линию.

Таблица II.1 – Принятие VCE решения, к какой группе добавить линию

Состояние группы присоединения	Открытое	Закрытое	Закрытое	Открытое
Состояние группы ожидания	Закрытое	Открытое	Закрытое	Открытое
Решение VCE для новых линий	Добавить к группе присоединения	Добавить к группе ожидания	Добавить к группе ожидания, когда она откроется	Недопустимо

Отметим, что группы присоединения и ожидания никогда не находятся в открытом состоянии одновременно. Ниже приведено полное описание всего механизма.

- 1 Группа присоединения – это группа линий, контролируемых VCE в процессе нормальной инициализации. Эти линии на данный момент проходят или готовятся пройти нормальный процесс инициализации по завершении фазы ITU-T G.994.1. Сначала, после включения питания системы, группа присоединения открыта и пуста. Когда VCE начинает оценку коэффициента FEXT-канала (VTU-O начинает передачу сигнала O-P-VECTOR 1), группа присоединения закрывается. По завершении процесса присоединения (в группе присоединения не осталось линий) группа присоединения может открыться вновь. Если во время инициализации линия в группе присоединения отключается или достигает рабочего режима, она удаляется из группы присоединения.
- 2 Группа ожидания – это группа линий, которые находятся под управлением VCE и ожидают, пока линии в группе присоединения завершат свою инициализацию, чтобы самим начать процесс нормальной инициализации после завершения фазы ITU-T G.994.1. Сначала, после включения питания системы, группа ожидания закрыта и пуста. VCE может добавлять в группу ожидания новые линии, завершившие процесс квитирования согласно ITU-T G.994.1, следующим образом:
 - если линия готова присоединиться к группе ожидания в момент, когда та открыта, она присоединяется к группе ожидания, и VTU-O начинает передачу по присоединившейся

- линии сигнала O-P-VECTOR 1 со всеми активными тонами до тех пор, пока не завершится инициализация линий в группе присоединения;
- если линия готова присоединиться к группе ожидания в момент, когда та закрыта, VTU-O выполняет следующие действия:
 - если в фазе ITU-T G.994.1 включается бит "Использовать только флаговые тона O-P-VECTOR 1", то линия присоединяется к группе ожидания, и VTU-O начинает передачу по присоединившейся линии сигнала O-P-VECTOR 1, в котором активны только флаговые тона, а другие тона маскируются. Когда группа ожидания открывается, VTU-O продолжает передачу сигнала O-P-VECTOR 1, в котором теперь все тона активны, до завершения инициализации линий в группе присоединения;
 - если в фазе ITU-T G.994.1 бит "Использовать только флаговые тона O-P-VECTOR 1" выключен, линия ожидает открытия группы ожидания в течение максимум 512 символов. Если группа ожидания открывается в течение 512 символов, VTU-O начинает передачу сигнала O-P-VECTOR 1 со всеми активными тонами до завершения инициализации линий в группе присоединения. В противном случае VTU-O возвращается в состояние O-SILENT.

Группа ожидания может быть открыта только тогда, когда группа присоединения закрыта. Пока VCE оценивает коэффициенты канала FEXT, группа ожидания остается закрытой во избежание внесения неортогональных перекрестных помех от новых линий. По окончании оценки коэффициентов FEXT-канала группа ожидания может вновь открыться. Если во время инициализации линия в группе ожидания отключается, она удаляется из группы ожидания.

- 3 Когда по присоединившимся линиям передаются сигналы O-P-VECTOR 1-1 и O-P-VECTOR 2-1, VCE оценивает коэффициенты проникновения помех FEXT в нисходящем направлении из линий группы ожидания в линии, находящиеся в рабочем режиме, и в линии группы присоединения. Таким образом, помехи FEXT из линий группы ожидания могут подавляться, так что SNR линий группы присоединения можно измерить без воздействия помех FEXT в нисходящем направлении со стороны линий ожидания.
- 4 Когда линии в группе присоединения находятся в фазе анализа канала и обмена процесса инициализации, группа ожидания остается закрытой во избежание добавления новых линий в группу ожидания до тех пор, пока все присоединившиеся линии не завершат измерения SNR. Поэтому в фазе анализа канала и обмена новые линии не могут помешать измерению SNR в группе присоединения.
- 5 Когда в группе присоединения не остается ни одной линии, все линии группы ожидания перемещаются в группу присоединения, и группа ожидания закрывается. После этого, если группа присоединения не пуста, то VCE может начать фазу раскрытия канала нового процесса инициализации. В противном случае группа присоединения остается открытой для новых активирующихся линий.

Описываемая выше процедура иллюстрируется на рисунке II.1.

Фазы инициализации ITU-T G.993.5	VCE	Группа присоединения	Группа ожидания	Новые активируемые линии
Квитирование		Открыта	Закрыта	Добавляются в группу присоединения и инициализируются, как обычно
O-P-QUIET 1				
O-P-VECTOR 1	Принимает выборки ошибок для оценки коэффициентов перекрестных помех в нисходящем направлении от линий группы присоединения, действующих на линии рабочего режима	Закрыта	Открыта	Добавляется в группу ожидания, и по этой линии передается сигнал O-P-VECTOR 1, в котором активны только флаговые тона
... ..				Добавляется в группу ожидания, и по этой линии передается сигнал O-P-VECTOR 1 со всеми активными тонами
O-P-VECTOR 1-1	Принимает выборки ошибок для обновления оценки коэффициентов перекрестных помех в нисходящем направлении от линий группы присоединения, действующих на линии рабочего режима		Закрыта	Добавляется в группу ожидания, и по этой линии передается сигнал O-P-VECTOR 1, в котором активны только флаговые тона
... ..			Открыта	Добавляется в группу ожидания, и по этой линии передается сигнал O-P-VECTOR 1 со всеми активными тонами
O-P-VECTOR 2-1	Принимает выборки ошибок для оценки коэффициентов перекрестных помех в нисходящем направлении от линий рабочего режима в группе присоединения и в группе ожидания действующих на линии группы присоединения		Закрыта	Добавляется в группу ожидания, и по этой линии передается сигнал O-P-VECTOR 1, в котором активны только флаговые тона
O-P- SYNCHRO V4				
Анализ канала и обмен	← Оценка SNR всех линий завершена →		Закрыта	Блокируется для добавления в группу ожидания до истечения времени ожидания
			Открыта	Добавляется в группу ожидания, и по этой линии передается сигнал O-P-VECTOR 1 со всеми активными тонами
Случай 1: рабочий режим Случай 2: O-P-VECTOR 1	Готовится к следующей процедуре инициализации, если линии в группе присоединения отсутствуют, или принимает выборки ошибок для оценки коэффициентов перекрестных помех в нисходящем направлении от линий группы присоединения, действующих на линии рабочего режима	Случай 1: открыта Случай 2: закрыта	Закрыта	Добавляются в группу присоединения и инициализируются, как обычно, или блокируются для добавления в обе группы до истечения времени ожидания

G.993.5(15)_F11.1

Рисунок П.1 – Состояние групп присоединения и ожидания и новых активируемых линий во время инициализации (в том случае, когда в фазе ITU-T G.994.1 включен бит "Использовать только флаговые тона O-P-VECTOR 1")

Этот механизм управления со стороны VCE обеспечивает по меньшей мере следующие три преимущества.

- 1 Линии группы ожидания могут начать передачу сигнала O-P-VECTOR 1, даже если они завершают фазу ITU-T G.994.1 после того, как другие присоединяющиеся линии вступили в фазу раскрытия канала. Таким образом, экономится время фазы ITU-T G.994.1. Время O-P-VECTOR 1 может значительно сократиться, поскольку VCE уже оценил перекрестные помехи от большинства линий в группе ожидания, действующие на активные линии.
- 2 В сценариях инициализации нескольких линий большинство линий, входящих в фазу раскрытия канала после того, как VCE начал оценивать коэффициенты канала проникновения помех FEXT, добавляется в группу ожидания. Следовательно, они могут начать процесс инициализации в синхронном режиме по завершении текущего процесса инициализации под управлением VCE. Все линии могут перейти в рабочий режим не более чем за два цикла процесса инициализации при векторизации (от раскрытия канала до анализа канала и обмена). Таким образом, время инициализации существенно сокращается по сравнению с обычным

процессом инициализации, когда линии, подключенные после начала инициализации, возвращаются к процедуре квитирования, и их инициализация может продолжаться несколько циклов процесса инициализации при векторизации.

- 3 Если после оценки SNR во время фазы анализа канала и обмена в группу ожидания не добавляется новых линий, то коэффициенты FEXT-канала в нисходящем направлении от линий группы ожидания к линиям рабочего режима уже обрабатываются VCE и этап O-P-VECTOR 1 может быть пройден напрямую при применении минимальной длительности сигнала O-P-VECTOR 1 в 4×257 символов. Это дополнительно экономит время инициализации.

II.3 VCE, использующий возможности квитирования

VCE может управлять активацией нескольких линий векторной группы путем использования возможностей квитирования согласно ITU-T G.994.1 следующим образом.

- 1 Когда новые линии векторной группы входят в фазу инициализации ITU-T G.994.1, VTU-R может непрерывно передавать сообщения R-TONES-REQ, чтобы инициировать процедуру квитирования, как определено в [ITU-T G.994.1].
- 2 VCE известно состояние всех приемопередатчиков, проходящих инициализацию согласно ITU-T G.993.5. Когда VCE обнаруживает завершение или близкое к завершению состояние цикла инициализации ITU-T G.993.5 действующей группы линий присоединения, VCE разрешает блокам VTU-O, обнаружившим сообщение R-TONES-REQ, ответить сообщением C-TONES, чтобы перейти к процедуре квитирования для построения следующей группы линий присоединения.
- 3 Время ожидания блоков VTU-R по обнаружению сообщения O-SIGNATURE зависит от поставщика. Замечено, что продолжительность сигнала O-P-QUIET 1 составляет максимум 1024 символа, продолжительность сигнала O-P-VECTOR 1 – 1024×257 символов, а продолжительность сигнала O-IDLE – максимум 2000 символов; это соответствует периоду времени приблизительно в 66,5 секунды.

Дополнение III

Метод оценки FEXT-канала на основе SNR

(Это Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

III.1 Инструменты

Описываемый в этом Дополнении метод оценки FEXT-канала на основе SNR использует передаваемые значения SNR-ps (от блока VTU-R блоку VTU-O), как определено в пункте 11.4.1 [ITU-T G.993.2].

III.2 Оценка FEXT-каналов от новой линии в существующих линиях

III.2.1 Введение

Пусть K – активные линии (индекс i изменяется от 0 до $K - 1$) и имеется одна инициализируемая линия с номером K ; тогда для принимаемого сигнала в нисходящем направлении на уровне CPE подвергающейся помехам линии с номером $i = 0$ можно записать:

$$y = Hx + n$$
$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{Полезный сигнал}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}x_i}_{\text{FEXT от активных линий}} + \underbrace{H_{0,K}x_K}_{\text{FEXT от новых линий}} + \underbrace{n_0}_{\text{Внешний шум}}, \quad (\text{III-1})$$

где:

$H_{0,0}$: Функция прямой передачи по каналу линии, испытывающей помехи;

$H_{0,i}$: Для $i = 1 \dots K - 1$ функция передачи по каналу перекрестных помех FEXT от активной линии i к линии, испытывающей помехи;

$H_{0,K}$: Функция передачи по каналу перекрестных помех FEXT от новой линии K к линии, испытывающей помехи;

x_0 : Символы данных от линии, испытывающей помехи, с дисперсией σ_0^2 ;

x_i : Для $i = 1 \dots K$ символы данных от активных линий с дисперсией σ_i^2 ;

x_K : Символы данных от линии K с дисперсией σ_K^2 ;

n_0 : Внешний шум в линии, испытывающей помехи, с дисперсией σ_n^2 .

ПРИМЕЧАНИЕ. – В уравнении III-1 предполагается, что предварительная компенсация FEXT еще не выполнена. Уравнения, применимые при наличии предварительной компенсации, приведены в пункте III.2.7.

Матрица предварительного кодирования F обычно обозначается как $H^{-1}diag(H)$.

Если определено значение $H = diag(H)(I + C)$, то F можно аппроксимировать (на уровне первого порядка) как $F = I - \hat{C}$,

где $\hat{C}$ – оценка C .

Следовательно, цель оценки канала состоит в том, чтобы найти элементы C , при

$$C_{v,i} = \frac{H_{v,i}}{H_{v,v}}, \quad v \neq i, \quad \text{что в данном случае при } v = 0 \text{ дает } C_{0,i} = \frac{H_{0,i}}{H_{0,0}}, \quad \text{для } i = 1 \dots K.$$

III.2.2 Зондирующий сигнал

При нормальных условиях можно использовать следующую модель:

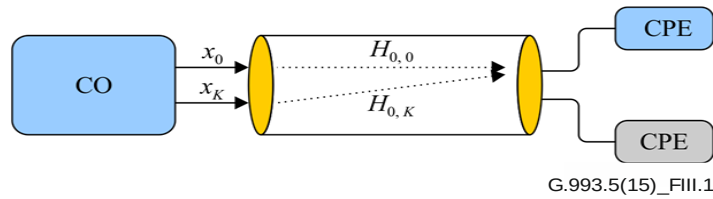


Рисунок III.1 – Модель перекрестных помех – нормальные условия

При этом для оценки канала перекрестных помех можно использовать специальный "зондирующий" сигнал.

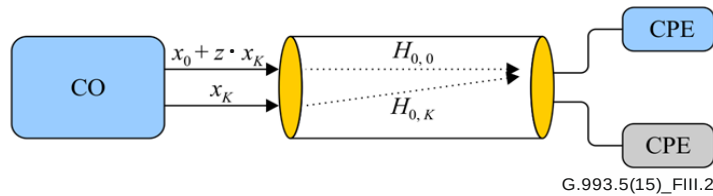


Рисунок III.2 – Модель зондирующего сигнала – нормальные условия

Зондирующий сигнал состоит из копии линии, создающей помехи, которая добавляется к линии, испытывающей помехи. Это приводит к некоторым вызывающим интерес свойствам SNR.

Определим SNR_b как отношение сигнал/шум до добавления новой линии K :

$$SNR_b = \frac{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_{n_0}^2}. \quad (\text{III-2})$$

При добавлении новой линии K и в зависимости от коэффициента зондирования z можно определить $SNR_a(z)$ как отношение сигнал/шум после добавления новой линии K :

$$SNR_a(z) = \frac{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2 + \sigma_{n_0}^2}. \quad (\text{III-3})$$

Следовательно, эти уравнения можно объединить в одно следующее уравнение:

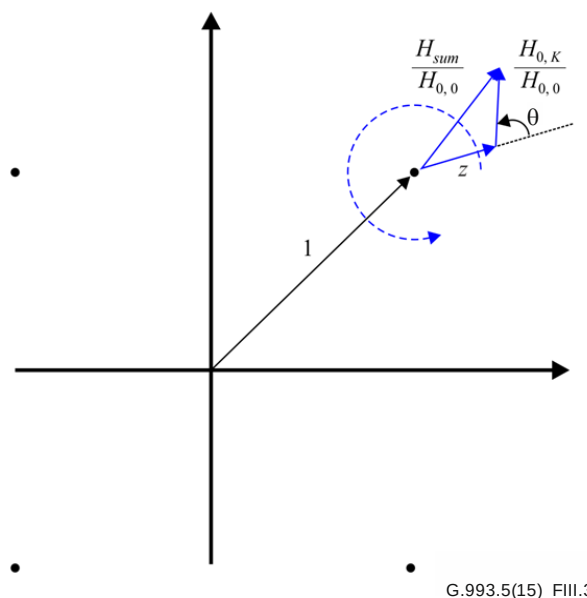
$$\frac{1}{SNR_a(z)} = \frac{\sum_{i=1}^{K-1} \sigma_i^2 |H_{0,i}|^2 + \sigma_{n_0}^2 + \sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2}{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2} = \frac{1}{SNR_b} + \frac{\sigma_K^2 |H_{0,K} + z \cdot H_{0,0}|^2}{\sigma_0^2 |H_{0,0}|^2}. \quad (\text{III-4})$$

На предыдущем этапе предполагается, что фоновый шум и перекрестные помехи от других линий $(1 \dots K-1)$ остаются постоянными в течение одной итерации.

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + z \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(z)} - \frac{1}{SNR_b} \right). \quad (\text{III-5})$$

III.2.3 Графическое представление

Влияние такого зондирующего сигнала на точку совокупности QAM можно представить графически следующим образом:



G.993.5(15)_FIII.3

Рисунок III.3 – Влияние зондирующего сигнала на точку совокупности

На этом рисунке, без излишнего усложнения, предполагается, что $\sigma_0^2 = \sigma_K^2$, но результат легко обобщается (в уравнениях) для случая, когда значения дисперсии сигналов в линии, создающей помехи, и в линии, испытывающей помехи, не идентичны.

Показаны только перекрестные помехи от линии K . Перекрестные помехи от линий $1...K-1$ не показаны, поскольку они могут слишком усложнить рисунок.

На рисунке можно выделить следующие элементы:

- декодированная точка совокупности (масштабированная FEQ обратно к единичному вектору размера 1);
- зондирующий вектор z , который добавляется как шум в прямой канал линии, испытывающей помехи;
- канал перекрестных помех, нормированный FEQ;
- угол θ между зондирующим вектором z и нормированным каналом перекрестных помех (оба модулируются одним и тем же символом пользовательских данных x_k , так что этот угол остается постоянным);
- нормированный общий шум $\frac{H_{sum}}{H_{0,0}}$, значение которого вращается вокруг точки совокупности.

III.2.4 Вывод уравнений для оценки канала перекрестных помех

Для расчета канала перекрестных помех $C_{0,K} = \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}}$ можно вывести следующие уравнения.

Начинаем с уравнения III-5:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + z \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{SNR_a(z)} - \frac{1}{SNR_b} \right) \quad (\text{III-6})$$

при

$z = 0$ это дает

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(0)} - \frac{1}{\text{SNR}_b} \right), \quad (\text{III-7})$$

при

$z = \varepsilon$ и применяя тригонометрию получаем:

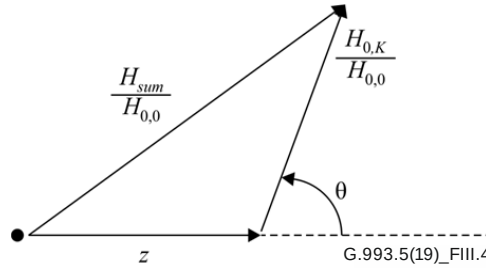


Рисунок III.4 – Детализация точки совокупности при $z = \varepsilon$

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + \varepsilon \right|^2 = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 + \varepsilon^2 - 2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\pi - \theta)$$

$$2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} + \varepsilon \right|^2 - \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right|^2 - \varepsilon^2$$

$$2 \cdot \varepsilon \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_b} \right) - \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(0)} - \frac{1}{\text{SNR}_b} \right) - \varepsilon^2,$$

при

$z = j\varepsilon$ получим:

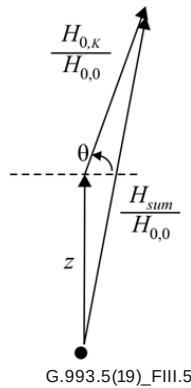


Рисунок III.5 – Детализация точки совокупности при $z = j\varepsilon$

III.2.5 Уравнения для оценки канала перекрестных помех

Результат для $z = \varepsilon$:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2}. \quad (\text{III-8})$$

Результат для $z = j\varepsilon$:

$$\left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(j\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2}. \quad (\text{III-9})$$

Вывод:

$$\frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} = \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) + j \cdot \left| \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta). \quad (\text{III-10})$$

III.2.6 Алгоритм оценки канала перекрестных помех

Из предыдущих уравнений видно, что для вычисления $C_{0,K} = \frac{H_{0,K}}{H_{0,0}}$ необходимо рассчитать амплитуду и фазу этой величины, которые являются независимыми параметрами.

Используя уравнения III-8 и III-9, имеем два независимых уравнения, основанных на трех измерениях SNR, для вычисления действительной и мнимой частей $C_{0,K}$ (двух независимых переменных).

Требуется следующие измерения:

- $SNR_a(0)$ SNR после инициализации новой линии K без зондирующего сигнала;
- $SNR_a(\varepsilon)$ SNR после инициализации новой линии K с зондирующим сигналом ε ;
- $SNR_a(j\varepsilon)$ SNR после инициализации новой линии K с зондирующим сигналом $j\varepsilon$.

Следовательно, алгоритм состоит из следующих шагов:

- 1) начать передачу сигнала типа MEDLEY по новой линии K с уменьшенным значением PSD передачи (без инициализации);
- 2) измерить $SNR_a(0)$;
- 3) исходя из полученной величины, можно выбрать подходящее значение ε (так чтобы влияние на SNR было заметным, но не чрезмерным) и добавить зондирующий сигнал (одновременно во все линии, испытывающие помехи);
- 4) измерить $SNR_a(\varepsilon)$;
- 5) заменить зондирующий сигнал на $(j\varepsilon)$;
- 6) измерить $SNR_a(j\varepsilon)$;
- 7) вычислить $\hat{C}_{0,K}$ для каждой линии, испытывающей помехи;
- 8) начать предварительное кодирование;
- 9) увеличить PSD сигнала типа MEDLEY в новой линии;
- 10) повторять, начиная с шага 2, до тех пор, пока PSD сигнала типа MEDLEY не достигнет максимально допустимого значения PSD для этой линии;
- 11) теперь можно начать обычную последовательность инициализации на этой линии.

Как правило, алгоритм сходится за несколько итераций.

III.2.7 Расширенные уравнения, применимые при выполнении предварительной компенсации

Если включено предварительное кодирование, то в уравнениях не происходит никаких существенных изменений.

Основным является уравнение III-1:

$$y = Hx + n$$

$$y_0 = \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{Полезный сигнал}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}x_i}_{\text{FEXT от активных линий}} + \underbrace{H_{0,K}x_K}_{\text{FEXT от новых линий}} + \underbrace{n_0}_{\text{Внешний шум}}$$

Известно, что $H = \text{diag}(H)(I + C)$, и с применением предварительного кодирования $w = Fx = (I - \hat{C})x$ получаем:

$$\begin{aligned}
y &= H(I - \hat{C})x \\
&= Hx - H\hat{C}x \\
&= \text{diag}(H)(I + C)x - \text{diag}(H)(I + C)\hat{C}x \\
&\approx \text{diag}(H)x + \text{diag}(H)Cx - \text{diag}(H)\hat{C}x
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_0 &= \underbrace{H_{0,0}x_0}_{\text{Полезный сигнал}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}(C_{0,i} - \hat{C}_{0,i})x_i}_{\text{Остаточные FEXT от активных линий}} + \underbrace{H_{0,K}(C_{0,K} - \hat{C}_{0,K})x_K}_{\text{Остаточные FEXT от линии K}} + \underbrace{n_0}_{\text{Внешний шум}} \\
&= H_{0,0}x_0 + \sum_{i=1}^{K-1} H_{0,i}|_{\text{residual}} x_i + H_{0,K}|_{\text{residual}} x_K + n_0.
\end{aligned}$$

Таким образом, уравнения III-8 и III-9 можно переписать следующим образом:

$$\left| \frac{H_{0,K}|_{\text{residual}}}{H_{0,0}} \right| \cos(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2}; \quad (\text{III-11})$$

$$\left| \frac{H_{0,K}|_{\text{residual}}}{H_{0,0}} \right| \sin(\theta) = \frac{1}{2\varepsilon} \frac{\sigma_0^2}{\sigma_K^2} \left(\frac{1}{\text{SNR}_a(j\varepsilon)} - \frac{1}{\text{SNR}_a(0)} \right) - \frac{\varepsilon}{2}. \quad (\text{III-12})$$

Следовательно, основное влияние предварительного кодирования заключается в том, что нужно выбрать другое значение ε (см. также шаг 4 в пункте III.2.6) и что фактически для остаточного канала перекрестных помех, который необходимо оценить:

- ε должно быть таким, чтобы влияние на SNR было заметным, но не чрезмерным;
- когда известно, что остаточные перекрестные помехи оценены, уравнение обновления становится тривиальным:

$$\hat{C}_{0,K}(t+1) = \hat{C}_{0,K}(t) + \frac{H_{0,K}|_{\text{residual}}}{H_{0,0}}. \quad (\text{III-13})$$

Это также показано графически, как на предыдущем рисунке:

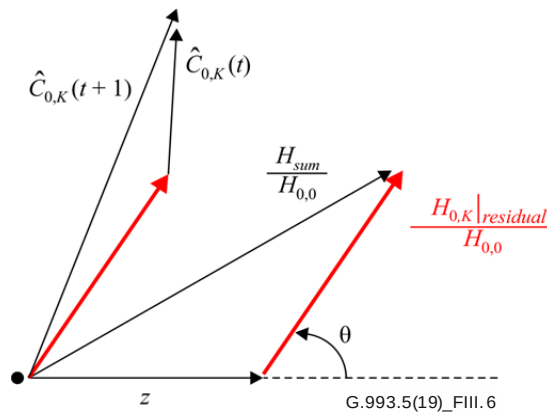


Рисунок III.6 – Детализация точки совокупности с предварительным кодированием

Красный вектор указывает остаточный нормированный канал перекрестных помех, для которого можно построить треугольник, аналогичный изображенному на предыдущем рисунке, применяя зондирующий сигнал. Следовательно, все уравнения остаются в силе.

III.3 Оценка FEXT-каналов от существующих линий в новой линии

III.3.1 Введение

Обозначим количество измерений SNR, используемых для оценки канала, как N . Каждое измерение SNR выполняется по L символам DMT, и, когда происходит оценка канала, все линии находятся в рабочем режиме. Рассмотрим передачу на одном тоне и обозначим символ данных QAM, предназначенный для линии i , на символе l DMT во время измерения SNR n как $s_i^{(n)}(l)$. Фактический сигнал, передаваемый по линии i , обозначается как $x_i^{(n)}(l)$.

III.3.2 Зондирующий сигнал

При инициализации новой линии K существующие линии продолжают передавать свои данные, как и прежде:

$$x_i^{(n)}(l) = s_i^{(n)}(l), \forall i < K.$$

Идентификация канала разрешается путем наложения зондирующего сигнала на сигнал, передаваемый по новой линии K VTU-O:

$$x_K^{(n)}(l) = s_K^{(n)}(l) + \varepsilon \sum_{i=1}^{K-1} z_i^{(n)} s_i^{(n)}(l). \quad (\text{III-14})$$

Отметим, что зондирующий сигнал состоит из линейной комбинации сигналов, передаваемых по существующим линиям от 1 до $K-1$. Размер шага ε выбирается таким, чтобы влияние зондирующего сигнала на SNR составляло менее 3,5 дБ. Это делается путем первого измерения величины SNR линии K при отсутствии какого-либо зондирующего сигнала. Обозначим эту величину как $SNR_K^{(0)}$. Затем установим размер шага:

$$\varepsilon = \min_i \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{SNR_K^{(0)}}} \frac{\sigma_K}{\sigma_i},$$

где σ_i^2 – мощность передачи по линии i . Отметим, что $z_i^{(n)}$ выбирается так, чтобы

$$\sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 = 1.$$

III.3.3 Вывод уравнений для оценки канала перекрестных помех

При использовании уравнения III-14 принимаемый сигнал по линии K имеет вид:

$$\begin{aligned} y_K^{(n)}(l) &= \sum_{i=1}^K h_{K,i} x_i^{(n)}(l) + w_K^{(n)}(l) \\ &= h_{K,K} s_K^{(n)}(l) + \sum_{i=1}^{K-1} (h_{K,i} + \varepsilon z_i^{(n)} h_{K,K}) s_i^{(n)}(l) + w_K^{(n)}(l). \end{aligned}$$

VTU-R измеряет мощность сигнала в линии K как

$$\begin{aligned} \text{signal}_K &= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |h_{K,K} s_K^{(n)}(l)|^2 \\ &\approx |h_{K,K}|^2 \sigma_K^2. \end{aligned} \quad (\text{III-15})$$

Мощность шума в линии K измеряется как

$$\begin{aligned} \text{noise}_K &= \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L |y_K^{(n)}(l) - h_{K,K} s_K^{(n)}(l)|^2 \\ &\approx \sum_{i=1}^{K-1} |h_{K,i} + \varepsilon z_i^{(n)} h_{K,K}|^2 \sigma_i^2 + \sigma_{w_K}^2, \end{aligned} \quad (\text{III-16})$$

где $\sigma_{w_K}^2$ обозначает мощность фонового шума. Затем VTU-R передает измеренное значение SNR в VTU-O:

$$\text{SNR}_K^{(n)} = \text{signal}_K / \text{noise}_K.$$

Из уравнений III-15 и III-16:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\text{SNR}_K^{(n)}} &= \frac{\text{noise}_K}{\text{signal}_K} \\ &\approx \frac{1}{\sigma_K^2} \left(\sum_{i=1}^{K-1} \left| \frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} \sigma_i + \varepsilon z_i^{(n)} \sigma_i \right|^2 + \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \\ &= \frac{1}{\sigma_K^2} \left(\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right), \end{aligned} \quad (\text{III-17})$$

где мы определили значение $\bar{\mathbf{a}} = [\bar{a}_1 \dots \bar{a}_{K-1}]^T$, $\bar{\mathbf{b}}^{(n)} = [\bar{b}_1^{(n)} \dots \bar{b}_{K-1}^{(n)}]^T$, при

$$\bar{a}_i = \frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} \sigma_i \quad (\text{III-18})$$

и

$$\bar{b}_i^{(n)} = z_i^{(n)} \sigma_i. \quad (\text{III-19})$$

Применяя теорему Пифагора в общем виде, получим

$$\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 = \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \text{Re}\{\bar{\mathbf{b}}^{(n)H} \bar{\mathbf{a}}\}. \quad (\text{III-20})$$

Разложим $\bar{\mathbf{a}}$ и $\bar{\mathbf{b}}^{(n)}$ на действительные и мнимые компоненты $a_{R,i} = \text{Re}\{\bar{a}_i\}$, $a_{I,i} = \text{Im}\{\bar{a}_i\}$, $b_{R,i}^{(n)} = \text{Re}\{\bar{b}_i^{(n)}\}$ и $b_{I,i}^{(n)} = \text{Im}\{\bar{b}_i^{(n)}\}$. Теперь

$$\begin{aligned} \text{Re}\{\bar{\mathbf{b}}^{(n)H} \bar{\mathbf{a}}\} &= \sum_{i=1}^{K-1} a_{R,i} b_{R,i}^{(n)} + a_{I,i} b_{I,i}^{(n)} \\ &= \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}, \end{aligned}$$

где мы определили

$$\mathbf{a} = [a_{R,1} \dots a_{R,K-1} \ a_{I,1} \dots a_{I,K-1}]^T \quad (\text{III-21})$$

и $\mathbf{b}^{(n)} = [b_{R,1}^{(n)} \dots b_{R,K-1}^{(n)} \ b_{I,1}^{(n)} \dots b_{I,K-1}^{(n)}]^T$. Для удобства определим также $a_i = [\mathbf{a}]_i$ и $b_i^{(n)} = [\mathbf{b}^{(n)}]_i$. Из уравнения III-20:

$$\|\bar{\mathbf{a}} + \varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 = \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}.$$

Теперь из уравнения III-17:

$$\|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2 + 2\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}}.$$

Следовательно,

$$\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \|\varepsilon \bar{\mathbf{b}}^{(n)}\|^2.$$

Применение уравнения III-19 дает:

$$\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2.$$

Определим

$$c^{(n)} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2. \quad (\text{III-22})$$

Следовательно,

$$\varepsilon \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} = c^{(n)}, \forall n. \quad (\text{III-23})$$

Определим матрицу $\mathbf{P}$ $M \times N$ с элементами $p_{m,n} = [\mathbf{P}]_{m,n}$, удовлетворяющую условию

$$\sum_{n=1}^N p_{m,n} = 0, \forall m. \quad (\text{III-24})$$

Назовем ее комбинационной матрицей SNR. Теперь из уравнения III-23:

$$\sum_n p_{m,n} c^{(n)} = \varepsilon \sum_n p_{m,n} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a} + \left(\frac{1}{2} \|\bar{\mathbf{a}}\|^2 + \frac{1}{2} \frac{\sigma_{w_K}^2}{|h_{K,K}|^2} \right) \sum_n p_{m,n}, \forall m.$$

Применяя уравнение III-24, получим:

$$\sum_n p_{m,n} c^{(n)} = \varepsilon \sum_n p_{m,n} \mathbf{b}^{(n)H} \mathbf{a}, \forall m. \quad (\text{III-25})$$

Для каждого n будем иметь одно уравнение в виде уравнения III-25. Собрав все эти уравнения в матрицу, получим

$$\mathbf{P} \begin{bmatrix} c^{(1)} \\ \vdots \\ c^{(N)} \end{bmatrix} = \varepsilon \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{b}^{(1)H} \\ \vdots \\ \mathbf{b}^{(N)H} \end{bmatrix} \mathbf{a}.$$

Определим $\mathbf{c} = [c^{(1)} \dots c^{(N)}]^T$ и зондирующую матрицу $\mathbf{B} = [\mathbf{b}^{(1)} \dots \mathbf{b}^{(N)}]^H$. Следовательно,

$$\varepsilon \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{a} = \mathbf{P} \mathbf{c}.$$

Теперь можно найти следующее решение наименьших квадратов для $\mathbf{a}$:

$$\mathbf{a} = \varepsilon^{-1} \text{pinv}(\mathbf{P} \mathbf{B}) \mathbf{P} \mathbf{c},$$

где $\text{pinv}(\cdot)$ – псевдоинверсная операция. Теперь, используя уравнения III-18 и III-21, можно найти нормированные коэффициенты перекрестных помех:

$$\frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} = \frac{1}{\sigma_i} (a_i + j a_{K-1+i}), \quad (\text{III-26})$$

которые можно использовать для создания диагонализующего прекомпенсатора первого порядка

$$\mathbf{F} = \mathbf{I}_K - \text{offdiag} \left(\begin{bmatrix} \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} & \dots & \frac{h_{1,K}}{h_{1,K}} \\ \frac{h_{1,1}}{h_{1,1}} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{K,1}}{h_{K,1}} & \dots & \frac{h_{K,K}}{h_{K,K}} \\ \frac{h_{K,1}}{h_{K,K}} & \dots & \frac{h_{K,K}}{h_{K,K}} \end{bmatrix} \right), \quad (\text{III-27})$$

где определим функцию $\text{offdiag}(\mathbf{X}) = \mathbf{X} - \text{diag}(\mathbf{X})$.

Отметим, что, для того чтобы система уравнений была достаточной для формирования оценки $\mathbf{a}$, необходимо, чтобы $\text{rank}(\mathbf{PB}) \geq 2(K-1)$. Дополнительное требование заключается в том, чтобы $\sum_n p_{m,n} = 0, \forall m$, что, по существу, означает, что минимальный размер $\mathbf{P}$ должен быть $2(K-1) \times (2K-1)$. Следовательно, используя этот алгоритм, можно формировать оценку каналов перекрестных помех только после $2K-1$ измерений SNR.

III.3.4 Алгоритм оценки канала перекрестных помех

Алгоритм идентификации канала работает следующим образом:

- предварительно вычислить $\mathbf{G} = \text{pinv}(\mathbf{PB})\mathbf{P}$;
- предварительно вычислить $d^{(n)} = \sum_{i=1}^{K-1} |z_i^{(n)}|^2 \sigma_i^2 / 2, \forall n$;
- для $i = 1 \dots$ количество итераций;
- передать $x_K^{(0)}(l) = s_K^{(0)}(l)$ по линии K ;
- VTU-R передает значение $\text{SNR}_K^{(0)}$;
- установить размер шага $\varepsilon = \min_i \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\text{SNR}_K^{(0)}}} \frac{\sigma_K}{\sigma_i}$;
- для $n = 1 \dots N$;
- передать $x_K^{(n)}(l) = s_K^{(n)}(l) + \sum_{i < K} z_i^{(n)} s_i^{(n)}(l)$ по линии K ;
- VTU-R передает значение $\text{SNR}_K^{(n)}$;
- вычислить $c^{(n)} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_K^2}{\text{SNR}_K^{(n)}} - \varepsilon^2 d^{(n)}$;
- конец;
- $\mathbf{a} = \varepsilon^{-1} \mathbf{G} \mathbf{c}$;
- $\frac{h_{K,i}}{h_{K,K}} = (a_i + j a_{K-1+i}) / \sigma_i, \forall i$;
- обновить прекомпенсатор перекрестных помех с использованием уравнения III-27;
- конец.

Следует отметить, что для ускорения вычислений предварительно были вычислены псевдоинверсия $\mathbf{G}$ и элемент $d^{(n)}$.

Библиография

- [b-ITU-T G.998.1] Рекомендация ITU-T G.998.1 (2005 г.), *Объединение нескольких пар на базе ATM.*
- [b-ITU-T G.998.2] Рекомендация ITU-T G.998.2 (2005 г.), *Соединение нескольких пар для передачи по сети Ethernet.*
- [b-ITU-T G.998.3] Рекомендация ITU-T G.998.3 (2005 г.), *Соединение по нескольким парам с использованием инверсного мультиплексирования с временным разделением.*
- [b-ITU-T G.9701] Recommendation ITU-T G.9701 (2019), *Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Physical layer specification.*
- [b-ATIS-0600024] ATIS Technical Report ATIS-0600024 (2009), *Multiple-Input Multiple-Output Crosstalk Channel Model.*

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи