

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.1850
(01/2010)

Подробные спецификации радиоинтерфейсов для спутниковой компоненты Международной подвижной электросвязь-2000 (ИМТ-2000)

Серия М

**Подвижная спутниковая служба, спутниковая
служба радиоопределения, любительская
спутниковая служба и относящиеся к ним
спутниковые службы**



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

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.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R M.1850

**Подробные спецификации радиointерфейсов для спутниковой компоненты
Международной подвижной электросвязи-2000 (IMT-2000)***

(2010)

Сфера применения

В этой Рекомендации определяются спецификации спутниковых радиointерфейсов IMT-2000, изначально основанные на ключевых характеристиках, определенных в результате работ, выполненных вне рамок МСЭ.

Эти спутниковые радиointерфейсы поддерживают функции и проектные параметры IMT-2000, включая возможность обеспечить всемирную совместимость, международный роуминг и доступ к высокоскоростным услугам передачи данных.

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1 Введение.....	2
2 Связанные Рекомендации.....	3
3 Основные соображения.....	4
3.1 Радиointерфейсы для спутниковой компоненты IMT-2000.....	4
3.2 Включение материала по спецификациям, разработанным вне рамок МСЭ.....	4
3.3 Интерфейсы спутниковой компоненты.....	5
3.3.1 Радиointерфейсы.....	6
3.3.2 Другие интерфейсы.....	6
4 Рекомендации (спутниковая компонента).....	7
4.1 Интерфейс центральной сети.....	7
4.2 Интерфейс спутникового/наземного терминала.....	7
4.3 Спецификации спутниковых радиointерфейсов.....	8
4.3.1 Спецификации спутникового радиointерфейса А.....	8
4.3.2 Спецификации спутникового радиointерфейса В.....	19
4.3.3 Спецификации спутникового радиointерфейса С.....	38
4.3.4 Спецификации спутникового радиointерфейса D (SRI-D).....	79

* Рекомендуемые подробные спецификации радиointерфейсов для IMT-2000 содержатся в основных глобальных спецификациях, которые являются неотъемлемой частью этой Рекомендации посредством ссылок на унифицированные указатели ресурсов (URL) на веб-сайте МСЭ. Для тех случаев, когда признанная внешняя организация преобразовала эти основные глобальные спецификации или их части в свои собственные утвержденные стандарты, ссылка на соответствующий внешний документ включена в текст этой Рекомендации при помощи URL на их веб-сайты. Такие ссылки не придают внешним документам статуса отдельных документов или Рекомендаций МСЭ. Любая ссылка на внешний документ действительна на время одобрения этой Рекомендации. Поскольку внешние документы могут быть пересмотрены, пользователям этой Рекомендации рекомендуется обратиться к источнику внешнего документа для определения того, остается ли ссылка действительной. Эта Рекомендация будет периодически обновляться, и эти обновления будут скоординированы с соответствующими признанными внешними организациями, ответственными за внешние документы, на которые ссылается эта Рекомендация.

	<i>Стр.</i>	
4.3.5	Спецификации спутникового радиointерфейса E.....	93
4.3.6	Спецификации спутникового радиointерфейса F.....	103
4.3.7	Спецификации спутникового радиointерфейса G.....	113
4.3.8	Спецификации спутникового радиointерфейса H.....	150
5	Рекомендации по пределам нежелательных излучений от терминалов спутниковых систем ИМТ-2000.....	170
	Приложение 1 – Сокращения	170

1 Введение¹

ИМТ-2000 – это системы подвижной связи третьего поколения, которые при помощи одного или нескольких каналов радиосвязи обеспечивают доступ к широкому спектру услуг электросвязи, предоставляемых сетями фиксированной электросвязи (например, КТСОП/ЦСИС/интернет-протокол (IP)), и к другим услугам, которые характерны для пользователей подвижной связи.

Охватывается широкий диапазон терминалов подвижной связи, связанных с наземными и/или спутниковыми сетями, и эти терминалы могут быть разработаны для подвижного и фиксированного применения.

Ключевыми возможностями ИМТ-2000 являются:

- высокая степень общности архитектуры по всему миру;
- совместимость услуг в рамках ИМТ-2000 и с фиксированными сетями;
- высокое качество;
- небольшой терминал для использования по всему миру;
- возможность всемирного роуминга;
- возможность работы с мультимедийными приложениями и широкий диапазон услуг и терминалов.

ИМТ-2000 определяется набором взаимосвязанных Рекомендаций, частью которого является эта Рекомендация.

Рекомендация МСЭ-R М.1457 является частью процесса определения наземных радиointерфейсов ИМТ-2000, который определен в Рекомендации МСЭ-R М.1225. Она определяет подробные спецификации для наземных радиointерфейсов ИМТ-2000.

Эта Рекомендация является заключительной частью процесса определения радиointерфейсов ИМТ-2000, который определен в Рекомендации МСЭ-R М.1225. Она определяет подробные спецификации для спутниковых радиointерфейсов ИМТ-2000.

Обновления и дополнения спутниковых радиointерфейсов, входящих в эту Рекомендацию, прошли определенный процесс разработки и рассмотрены для обеспечения совместимости с исходными целями и задачами, поставленными перед ИМТ-2000 при этом не отрицалось обязательство учитывать изменяющиеся потребности глобального рынка.

За счет обновления существующих технологий, гармонизации существующих интерфейсов и введения новых механизмов ИМТ-2000 остается на переднем крае радиотехнологии подвижной связи.

¹ Сокращения, используемые в этой Рекомендации, приведены в Приложении 1.

2 Связанные Рекомендации

Далее перечислены существующие Рекомендации ИМТ-2000, которые, как считается, имеют значение при разработке этой Рекомендации:

- Рекомендация МСЭ-R M.687: Международная подвижная электросвязь-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.816: Концепция услуг, предоставляемых в Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.817: Международная подвижная электросвязь-2000 (ИМТ-2000) – Архитектура сети.
- Рекомендация МСЭ-R M.818: Спутниковая связь в рамках Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.819: Международная подвижная электросвязь-2000 (ИМТ-2000) для развивающихся стран.
- Рекомендация МСЭ-R M.1034: Требования к радиointерфейсу(ам) Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.1035: Концепция радиointерфейса(ов) и функций подсистемы радиосвязи Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.1036: Вопросы спектра радиочастот для внедрения Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000) в полосах частот 1885–2025 МГц и 2110–2200 МГц.
- Рекомендация МСЭ-R M.1167: Концепция спутниковой компоненты Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.1224: Словарь терминов Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.1225: Руководящие указания по оценке технологий радиопередачи для ИМТ-2000.
- Рекомендация МСЭ-R M.1308: Эволюционное развитие систем сухопутной подвижной связи в направлении к ИМТ-2000.
- Рекомендация МСЭ-R M.1311: Концепция модульности и общности радиосистем в рамках ИМТ-2000.
- Рекомендация МСЭ-R M.1343: Основные технические требования к подвижным земным станциям для глобальных негеостационарных систем подвижной спутниковой службы в диапазоне частот 1–3 ГГц.
- Рекомендация МСЭ-R M.1457: Подробные спецификации радиointерфейсов Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000).
- Рекомендация МСЭ-R M.1480: Основные технические требования к подвижным земным станциям для глобальных геостационарных систем подвижной спутниковой службы, которые реализуют глобальную спутниковую систему персональной мобильной связи (GMPCS) – Меморандум о взаимопонимании относительно распределения участков полосы частот 1–3 ГГц.
- Рекомендация МСЭ-R SM.329: Нежелательные излучения в области побочных излучений.
- Рекомендация МСЭ-T Q.1701: Концепция сетей ИМТ-2000.
- Рекомендация МСЭ-T Q.1711: Функциональная модель сети ИМТ-2000.
- Рекомендация МСЭ-T Q.1721: Информационные потоки для набора возможностей 1 системы ИМТ-2000.
- Рекомендация МСЭ-T Q.1731: Требования к радиointерфейсу ИМТ-2000 Уровня 2, не зависящие от технологии.

Справочник по сухопутной подвижной связи, включая беспроводной доступ, Том 2 – Принципы и подходы к эволюции ИМТ-2000/FPLMTS.

3 Основные соображения

3.1 Радиointерфейсы для спутниковой компоненты ИМТ-2000

ИМТ-2000 состоит из радиointерфейсов как наземной компоненты, так и спутниковой компоненты. Все спутниковые радиointерфейсы для ИМТ-2000 рассмотрены и определены на основе информации, приведенной в этой Рекомендации.

Из-за ограничений на разработку и развертывание спутниковой системы, для ИМТ-2000 потребуется несколько спутниковых радиointерфейсов (подробнее смотрите Рекомендацию МСЭ-R М.1167).

Так как ресурсы спутниковой системы ограничены, например ограничены мощность и спектр, следовательно, ее радиointерфейсы определяются главным образом на основе оптимизации всей системы целиком, которая поддерживается потребностями рынка и коммерческими задачами. Как правило, создать единый радиointерфейс для спутниковой и наземной компонент ИМТ-2000 технически сложно, и эта идея нежизнеспособна с коммерческой точки зрения. Тем не менее при разработке и проектировании спутниковой системы ИМТ-2000 желательна достичь ее максимально возможной совместимости с наземной компонентой.

Сильная зависимость между техническим проектом и коммерческими задачами спутниковой системы ИМТ-2000 требует большой гибкости в спецификациях спутниковых радиointерфейсов. Тем не менее могут потребоваться будущие модификации и обновления этих спецификаций для учета изменений потребностей рынка, коммерческих задач, технологических достижений и требований эксплуатации, а также, по возможности, для достижения максимальной общности с наземными системами ИМТ-2000.

Радиointерфейсы для наземных составляющих подробно описаны в п. 5 Рекомендации МСЭ-R М.1457. Радиointерфейсы для спутниковых составляющих подробно описаны в п. 4 этой Рекомендации.

3.2 Включение материала по спецификациям, разработанным вне рамок МСЭ

ИМТ-2000 – это система, разработка которой ведется во всем мире, и спецификации радиointерфейсов ИМТ-2000 определенные в этой Рекомендации, разрабатываются МСЭ в сотрудничестве с организациями, предлагающими технологии радиointерфейсов, глобальными партнерскими проектами и региональными организациями по стандартизации (SDO). МСЭ предоставил глобальную и общую концепцию и требования, а также совместно с этими организациями разработал базовые глобальные спецификации. Подробная стандартизация выполнялась признанными внешними организациями (см. Примечание 1), которые работают вместе с организациями, предлагающими технологии радиointерфейсов, и глобальными партнерскими проектами. Следовательно, эта Рекомендация широко использует ссылки на спецификации, разработанного вне рамок МСЭ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – "Признанная организация" в этом контексте определяется как признанная SDO, которая имеет юридический статус, постоянный секретариат, назначенного представителя, и открытые справедливые и документируемые методы работы.

Этот подход считается наиболее подходящим решением для завершения разработки этой Рекомендации в рамках напряженного графика, установленного МСЭ и потребностями администраций, операторов и производителей.

Следовательно, эта Рекомендация сформирована так, чтобы полностью использовать преимущества этого метода работы и чтобы выдержать временной график глобальной стандартизации. Основной текст этой Рекомендации разработан МСЭ, в тексте каждого радиointерфейса имеются ссылки, ведущие на сайт, где размещена более подробная информация. Подразделы, содержащие эту подробную информацию, разработаны МСЭ и признанными внешними организациями. Такое использование ссылок позволило своевременно завершить высокоуровневые элементы этой Рекомендации, с изменением процедур контроля, транспозиции (преобразование базовых спецификаций в результаты работы SDO), и процедур общественного опроса, которые были проведены в рамках признанных внешних организаций.

Структура подробных спецификаций, полученных от признанной внешней организации, была, в общем, одобрена, с учетом необходимости минимизировать дублирование работ, а также потребности упростить и поддержать непрерывный процесс технического обслуживания и обновления.

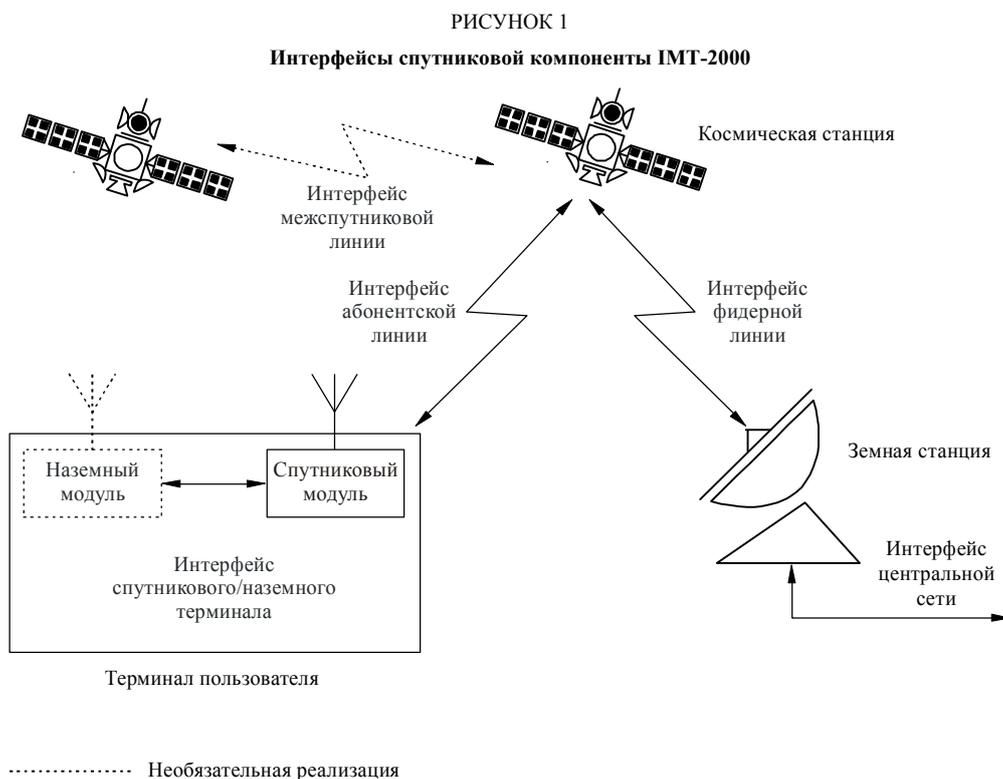
Это общее соглашение о том, что подробные спецификации радиоинтерфейса должны в большой степени создаваться посредством ссылок на работу признанных внешних организаций, освещающая не только значительную роль МСЭ, как катализатора в продвижении, координации и содействии разработке новейших технологий электросвязи, но также и прогрессивный и гибкий подход к разработке этого и других стандартов электросвязи для XXI века.

3.3 Интерфейсы спутниковой компоненты

Наземная и спутниковая компоненты дополняют друг друга, при этом наземная компонента обеспечивает покрытие больших территорий, где плотность населения считается достаточно большой для экономического оправдания создания наземных систем, а спутниковая компонента предоставляет услуги в остальных местах, имея почти глобальное покрытие. Следовательно, для ИМТ-2000 повсеместное покрытие может быть реализовано только с использованием комбинации спутниковых и наземных радиоинтерфейсов.

Для обеспечения сферы охвата в этой Рекомендации описываются элементы, необходимые для всемирной совместимости эксплуатации, отмечая, что международное использование непременно обеспечивается за счет глобального покрытия спутниковой системы. Это описание включает в себя рассмотрение всех интерфейсов спутниковой компоненты.

На рисунке 1, который был создан на основе рисунка 1 Рекомендации МСЭ-R М.818, показаны различные интерфейсы в спутниковой компоненте ИМТ-2000.



3.3.1 Радиоинтерфейсы

3.3.1.1 Интерфейс абонентской линии

Интерфейс абонентской линии – это радиоинтерфейс между подвижной земной станцией (MES) (спутниковый модуль терминала пользователя (UT)) и космической станцией.

3.3.1.2 Интерфейс фидерной линии

Интерфейс фидерной линии – это радиоинтерфейс между космическими станциями и земными станциями (LES). Фидерные линии аналогичны радиоинтерфейсам, используемым в магистральной фиксированных линиях для передачи трафика к/от наземных базовых станций (БС). При разработке спутниковой системы специальные требования к системе применяются и к реализации фидерных линий, поскольку:

- фидерные линии могут работать в любой из множества полос частот, которые не входят в список полос, идентифицированных для IMT-2000;
- каждая отдельная фидерная линия имеет собственные проблемы, часть из которых связана с архитектурой спутниковой системы, а другие связаны с рабочими полосами частот.

Следовательно, интерфейс фидерной линии, по большому счету, является внутрисистемной спецификацией, и его можно рассматривать как проблему реализации. Она рассмотрена в Рекомендации МСЭ-R М.1167, в которой сказано, что "радиоинтерфейсы между спутниками и LES, т. е. фидерные линии, не подлежат стандартизации в рамках IMT-2000". Следовательно, спецификация этого интерфейса выходит за рамки этой Рекомендации.

3.3.1.3 Интерфейс межспутниковой линией

Интерфейс межспутниковой линии – это интерфейс между двумя космическими станциями, отметим, что некоторые системы могут не иметь такого интерфейса. Проблемы, рассмотренные выше для интерфейса фидерной линии, здесь также применимы, и, следовательно, интерфейс межспутниковой линии, по большому счету, является внутрисистемной спецификацией, и его можно рассматривать как проблему реализации. Следовательно, спецификация этого интерфейса выходит за рамки этой Рекомендации.

3.3.2 Другие интерфейсы

Понятно, что описанные ниже интерфейсы центральной сети (CN) и спутникового/наземного терминала не являются радиоинтерфейсами. Однако понятно также, что они оказывают непосредственное влияние на разработку спецификаций спутниковых радиоинтерфейсов и на всемирную совместимость работы. Другие Рекомендации IMT-2000 также ссылаются на эти интерфейсы.

3.3.2.1 Интерфейс CN

Интерфейс CN – это интерфейс между участком радиодоступа станции LES и сетью CN.

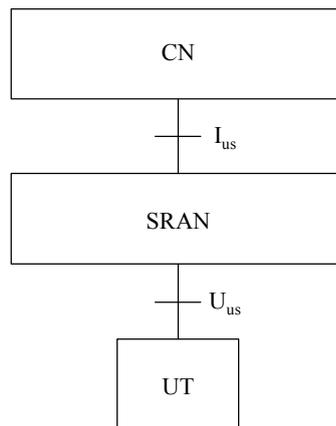
Далее описывается одна из возможных в спутниковой компоненте архитектур для интерфейса с CN, показанная на рисунке 2. Эта архитектура будет обеспечивать определенную совместимость с наземной компонентой. В этом примере интерфейс CN для спутниковой компоненты называется Ius. Интерфейс Ius выполняет функции, аналогичные функциям интерфейса Iu, описанного в пп. 5.1 и 5.3 Рекомендации МСЭ-R М.1457, и будет разработан так, чтобы достичь максимально возможной общности с интерфейсом Iu, для того чтобы быть совместимым с интерфейсом Iu.

Спутниковая сеть радиодоступа (SRAN) состоит из станции LES и спутника вместе с фидерной линией и межспутниковыми линиями (если таковые имеются). Сеть SRAN использует интерфейс Ius для связи с сетью CN и интерфейс Uus для связи с терминалом пользователя (UT) для предоставления услуг спутниковой связи. Интерфейс Uus – это радиоинтерфейс абонентской линии спутниковой связи, который определен в п. 4.3.

Так как спутниковая компонента IMT-2000 является глобальной по своей природе, нет необходимости в интерфейсе от сети SRAN одной спутниковой сети к сети SRAN другой спутниковой сети. Кроме того, интерфейс между станциями LES одной спутниковой сети представляет собой внутренний вопрос реализации спутниковой сети, следовательно нет необходимости стандартизировать этот интерфейс.

РИСУНОК 2

Пример архитектуры интерфейса спутниковой сети



1850-02

3.3.2.2 Интерфейс спутникового/наземного терминала

Интерфейс спутникового/наземного терминала – это интерфейс между спутниковым и наземным модулями в терминале пользователя. Для терминалов, объединяющих обе компоненты ИМТ-2000 – спутниковую и наземную, требуется определить и то, каким образом эти две компоненты работают вместе, и то, какие интерфейсы требуются между ними.

Например, Рекомендация МСЭ-R М.818 подчеркивает "что должен быть разработан протокол для определения того, какая компонента – наземная или спутниковая – должна использоваться для данного вызова". В Рекомендации МСЭ-R М.1167 также признается, что "пользователь ИМТ-2000 необязательно должен запрашивать для терминала доступ к спутниковой или наземной компоненте", а также, что "для того чтобы упростить роуминг, важно, чтобы пользователь был бы доступен при наборе единственного номера, вне зависимости от того, работает ли подвижный терминал в данный момент с наземной или спутниковой компонентой".

4 Рекомендации (спутниковая компонента)

Ассамблея радиосвязи МСЭ рекомендует, что принципы, описанные в п. 4.1 и 4.2, должны применяться спутниковыми системами, обеспечивающими работу спутниковой компоненты ИМТ-2000. В этих разделах описываются базовые функции и возможности интерфейса центральной сети и интерфейса спутникового/наземного терминала.

Ассамблея радиосвязи МСЭ рекомендует, что радиоинтерфейсы, описанные в п. 4.3, должны быть интерфейсами спутниковой компоненты ИМТ-2000.

4.1 Интерфейс центральной сети

Спутниковая компонента должна иметь интерфейс с центральной сетью, аналогичный интерфейсу с наземной компонентой. Следовательно, могут поддерживаться ключевые требования ИМТ-2000, например соответствующая маршрутизация вызова, автоматический роуминг в сети, общий биллинг и т. д., в зависимости от технических и рыночных соображений. Однако для поддержки специального спутникового радиоинтерфейса могут потребоваться и некоторые различия.

4.2 Интерфейс спутникового/наземного терминала

Спутниковые терминалы пользователя ИМТ-2000 будут обеспечивать один или несколько режимов работы: один спутниковый режим и, возможно, один или несколько наземных режимов. Если наземный режим реализуется, то терминалы должны быть способны спутниковый или наземный режим работы автоматически или по выбору пользователя.

Интерфейс спутникового/наземного терминала выполняет следующие функции:

- предоставляет возможности для согласования абонентской линии в наземной и в спутниковой сетях;
- поддерживает роуминг между наземной и в спутниковой сетями;
- обеспечивает управление и предоставление услуг в соответствии с Рекомендациями ИМТ-2000.

Переключение между наземной и в спутниковой компонентами не является требованием ИМТ-2000. Решение о реализации переключения между наземной и в спутниковой компонентами принимает оператор. Если переключение не реализуется, то роуминг между наземной и в спутниковой компонентами могут стать всего лишь функцией коммутации, т. е., если терминал пользователя теряет связь с наземной сетью, он может искать спутниковую сеть.

Места нахождения терминалов регистрируются и обновляются наземной и в спутниковой базах данных, используя стандартные процедуры обновления данных о местоположении для обновления данных о местоположении между различными сетями сухопутной подвижной связи общего пользования (ССПС).

Для роуминга между наземной и в спутниковой сетями могут применяться стандартные процедуры обновления данных о местоположении, применяемые в ССПС, так как обе сети могут рассматриваться как отдельные сети ССПС. Например, когда пользователь выходит из зоны покрытия наземной сети и входит в зону спутникового покрытия, применяются стандартные процедуры обнаружения и инициирования действий по обновлению данных о местоположении, применяемые для роуминга между сетями ССПС. Когда пользователь входит в зону покрытия наземной сети из зоны покрытия спутниковой сети, и наземная сеть в терминале определена как предпочтительная сеть, терминал регистрируется в наземной сети, иницируя процедуры обнаружения и инициирования действий по обновлению данных о местоположении, аналогичные тем, что используются для роуминга между сетями ССПС.

Должна иметься возможность обратиться к терминалу ИМТ-2000, используя единый номер, вне зависимости от того, в какой компоненте в настоящее время используется терминал (наземной или спутниковой).

4.3 Спецификации спутниковых радиointерфейсов

Спецификация каждого спутникового радиointерфейса приведена в последующих подразделах. Они включают только элементы, связанные с интерфейсом абонентской линии; интерфейсы фидерной линии и межспутниковой линии в этой Рекомендации не определяются.

Из-за сильной зависимости между разработкой радиointерфейса и общей организацией спутниковой системы в этот раздел включены описание архитектуры и систем, а также РЧ спецификации и спецификации полосы групповых частот радиointерфейсов.

4.3.1 Спецификации спутникового радиointерфейса А

Спутниковый широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (SW-CDMA) – это спутниковый радиointерфейс, разработанный так, чтобы удовлетворялись требования спутниковой компоненты систем беспроводной связи третьего поколения (3G). Радиointерфейс SW-CDMA в настоящее время исследуется Техническим комитетом SES ETSI в составе семейства спутниковых радиointерфейсов системы ИМТ-2000 как добровольный стандарт.

SW-CDMA основан на адаптации к условиям спутниковой связи ИМТ-2000 наземного радиointерфейса CDMA с прямым расширением спектра (Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) с частотным дуплексом (FDD) или широкополосного CDMA (WCDMA)) (см. п. 5.1 Рекомендации МСЭ-R М.1475). Целью является повторно использовать ту же центральную сеть и повторно использовать спецификации радиointерфейсов для интерфейсов Iu и Cu. К условиям спутниковой связи будет адаптироваться только интерфейс Uu.

SW-CDMA работает в режиме FDD с шириной полосы РЧ канала 2,350 или 4,700 МГц для каждого направления передачи. Опция использовании полосы шириной 2,350 МГц и половинной скорости передачи обеспечивает более тонкое деление спектра, приводя к более простым решениям по совместному использованию спектра между различными системами.

SW-CDMA предоставляет широкий диапазон скоростей в абонентском канале передаточных данных от 1,2 до 144 кбит/с. Могут поддерживаться качественные услуги электросвязи, включая телефонную связь голосового качества и услуги передачи данных в условиях глобального спутникового покрытия. Отклонения в SW-CDMA от вышеуказанного наземного радиointерфейса таковы:

- Максимальная поддерживаемая скорость передачи ограничена значением 144 кбит/с.
- Постоянное мягкое переключение на работающих прямых каналах для группировок, обеспечивающих спутниковое разнесение.

- Постоянное спутниковое разнесение в обратном канале для группировок, обеспечивающих спутниковое разнесение.
- Предварительная компенсация эффекта Доплера для центра лучей фидерной линии (шлюз-спутник) и спутниковой линии к пользователю.
- Двухэтапная (вместо трехэтапной в наземной сети) процедура получения прямого канала.
- Дополнительный режим с половинной скоростью передачи чипов для улучшения деления спектра.
- Введение мощного пейджингового канала для проникновения внутрь зданий.
- Дополнительное (нестандартное) использование символов пилот-сигнала в каналах связи.
- Уменьшенный коэффициент регулировки мощности с многоуровневой предсказуемой цепью управления для противостояния большим задержкам распространения.
- Укороченная длина скремблирующей последовательности (2560 чипов) в прямом канале.
- Дополнительное использование в прямом канале короткой скремблирующей последовательности (256 чипов), которая позволяет бороться с помехами CDMA на отдельном уровне терминала пользователя.
- Более длинная последовательность преамбулы случайного доступа.

SW-CDMA обеспечивает высокую степень общности с наземным радиоинтерфейсом, что упрощает взаимодействие между наземной и спутниковой компонентами IMT-2000.

4.3.1.1 Описание архитектуры

4.3.1.1.1 Структура каналов

Спецификация этого радиоинтерфейса относится лишь к абонентской линии, фидерная линия не является его частью.

Абонентская линия состоит из прямого канала между спутниковой станцией и станцией MES и обратного канала в противоположном направлении.

На физическом уровне информационный поток в направлении к станции MES и от нее передается по логическим каналам, как определено в Рекомендации МСЭ-R М.1035. Эти логические каналы используют физические каналы в качестве среды передачи данных, как показано в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Преобразование физического канала в логический

Логические каналы	Физические каналы	Направление
BCCH	Первичный CCPCH	Прямой
FACH PCH	Вторичный CCPCH	Прямой
DSCH	PDSCCH PDSCH	Прямой Прямой
RACH RTCH	PRACH	Обратный
DCCH	DPDCH	Двунаправленный
DTCH	DPDCH	Двунаправленный
Сигнализация Уровня 1	DPCCCH	Двунаправленный

В прямом направлении предусматривается два радиовещательных физических канала – первичный и вторичный физический канал с общим управлением (CCPCH). Первичный CCPCH поддерживает радиовещательный канал управления (BCCH), используемый для радиовещательной передачи информации о системе и о луче. Вторичный CCPCH поддерживает два логических канала, а именно прямой канал доступа (FACH), в котором передается управляющая информация на определенную станцию MES, когда ее местоположение известно, и пейджинговый канал (PCH), используемый как пейджинговый канал хорошего проникновения.

Физический канал случайного доступа (PRACH) поддерживает канал случайного доступа (RACH), по которому передается управляющая информация, и канал случайного трафика (RTCH), по которому передаются короткие пакеты пользователя.

Выделенный физический канал управления (DPCCCH) используется для передачи данных сигнализации Уровня 1.

Выделенный физический канал передачи данных (DPDCH) или управляющей информации, например сигнализации более высоких уровней, передаваемых по выделенному каналу управления (DCCH), и двунаправленных данных пользователя, передаваемых по выделенному каналу трафика (DTCH).

Вышеперечисленные услуги канала передачи данных могут использоваться для предоставления услуг передачи данных с коммутацией каналов или пакетов. В прямом канале пакетный трафик поддерживается либо в канале FACH, либо в совместно используемом канале (DSCH) на линии вниз, где при помощи структуры временного мультиплексирования в одном соединении может предоставляться множество услуг пользователя, либо в выделенном канале, если требуется большая пропускная способность. В обратном канале канал RACH может использоваться для передачи нерегулярных коротких пакетов пользователя. Для регулярного трафика с умеренной пропускной способностью и/или для пакетного трафика с малой скважностью пакетов, станция LES будет присваивать пользователю временные коды во избежание столкновения кодов с другими пользователями канала RACH. В этом случае канал RTCH продолжает преобразовываться в физический канал типа RACH. Однако часть данных может иметь переменную длину, равную любому числу длин кадра физического уровня. Каналам пакетной передачи с более высокой пропускной способностью в обратном канале может быть присвоена пара DPCCCH/DPDCH. Канал DPDCH передается только, когда очередь пакетов не пустая. Кроме того, в этом случае пакет может быть разделен на несколько кадров физического уровня. В этом случае также поддерживается высокая скорость.

Услуга передачи сообщения с хорошим проникновением предусматривается как однонаправленная услуга в прямом направлении, т. е. между спутниковой станцией и станцией MES, поддерживающими низкие скорости передачи данных, а сообщения содержат несколько десятков байтов. Ее основное предназначение – услуги пейджинга или аварийная сигнализация для станций MES, расположенных внутри зданий.

В дополнение к каналам, определенным в Рекомендации МСЭ-R М.1035, вводится выделенный физический канал для сигнализации Уровня 1. Он передает контрольные символы для оценки канала и синхронизации.

4.3.1.1.2 Группировка

SW-CDMA не соответствует какой-либо конкретной группировке. Он разрабатывается как поддерживаемый группировками LEO, MEO, GEO или NEO.

Даже несмотря на то что использование нескольких разнесенных спутников будет гарантировать наилучшие показатели качества системы, его не следует рассматривать в качестве обязательного требования к системе.

4.3.1.1.3 Спутники

SW-CDMA не соответствует какой-либо конкретной архитектуре спутника. Он может использоваться либо в архитектуре с прозрачными спутниковыми транспондерами, либо с регенерирующими транспондерами. Для обратного канала применение разнесения спутниковых трасс требует прозрачного транспондера, поскольку демодуляция выполняется на земле.

4.3.1.2 Описание системы

4.3.1.2.1 Функции услуг

В зависимости от класса станции MES, SW-CDMA поддерживает услуги передачи данных в канале со скоростями от 1,2 до 144 кбит/с с соответствующим максимальным коэффициентом ошибок по битам (КОБ) от 1×10^{-3} до 1×10^{-6} .

Максимальная допустимая задержка составляет до 400 мс, что совместимо с вышеуказанными спутниковыми группировками.

4.3.1.2.2 Функции системы

В обоих каналах – прямом и обратном – поддерживается два коэффициента расширения, либо 3,840 Мчип/с (полная чиповая скорость), либо 1,920 Мчип/с (половинная чиповая скорость).

Передача организована в кадрах. Период кадра составляет 10 мс для варианта 3,840 Мчип/с и 20 мс для варианта 1,920 Мчип/с. Кадры организованы в иерархическую структуру. Мультикадр (MF) состоит из 8 кадров (вариант с полной скоростью) или из 4 кадров (вариант с половинной скоростью). Период MF составляет 80 мс. MF объединяются в суперкадры. Один суперкадр состоит из 9 MF и его период равен 720 мс.

Регулировка мощности по замкнутой цепи реализована и для прямого, и для обратного канала. Цепь настроена так, чтобы установить измеренное значение SNIR после комбинации пальцев RAKE в требуемое значение. Требуемое значение само адаптивно меняется при помощи более медленной цепи внешней регулировки, основанной на измерениях коэффициента ошибок по кадрам (FER). Для выполнения измерений FER к данным в каждом кадре применяется 8-битовая CRC (4 бита для 2400 бит/с).

Для передачи пакетов предусмотрена регулировка мощности по открытой цепи и исходная установка мощности на этапе установления соединения.

При помощи конкатентного кодирования и перемежения поддерживается три базовых класса услуг:

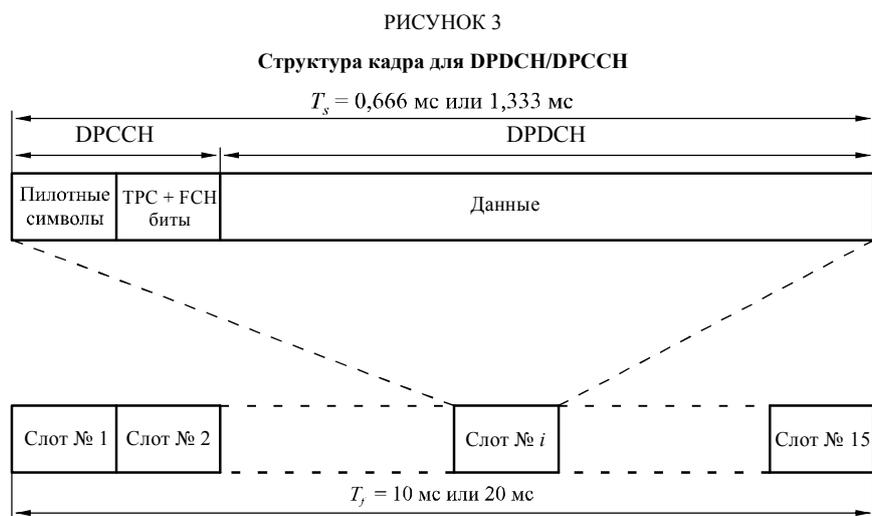
- Стандартные услуги с внутренним кодированием (конволюционное с коэффициентом 1/3, коэффициенты полинома 557, 663, 711) и только перемежение, требуемое значение КОБ равно 1×10^{-3} .
- Высококачественные услуги с внутренним кодированием и перемежением плюс внешнее кодирование RS и перемежение (или дополнительно турбокодирование). Требуемое значение КОБ равно 1×10^{-6} .
- Услуги с кодированием, определяемым услугой. Для этих услуг на радиointерфейсе не применяется специального метода кодирования с упреждающей коррекцией ошибок (FEC). Возможное кодирование FEC полностью управляется на более высоком уровне.

Эти классы позволяют удовлетворить различные требования к классу обслуживания (QoS) выбранных услуг спутниковой связи и разрешают при необходимости улучшить QoS за счет выбора кодирования, определяемого услугой.

Схема перемежения согласовывается в процессе установления вызова, в зависимости от фактической скорости передачи. Глубина перемежения меняется и может быть равна целому числу периодов кадра. Блок перемежения записывается построчно в числе столбцов, которое равно значению степени двух, в экспоненциальной зависимости от фактической скорости передачи. На стороне приема блок перемежения считывается по столбцам, и получается перемеженная последовательность, т. е. столбцы считываются в обратном порядке двоичных номеров.

Описание доступа – Прямой канал

DPDCH/DPCCN – Структура кадра *DPDCH/DPCCN* показана на рисунке 3. Каждый кадр делится на 15 слотов времени, и в каждом слоте времени в режиме мультиплексирования с разделением по времени передается канал *DPDCH* и соответствующий ему канал *DPCCN*.



1850-03

В канале *DPCCN* передается дополнительные (см. Примечание 1) контрольные (пилотные) символы, поле регулировки мощности (регулировка мощности передачи (TPC)) и заголовок управления кадром (FCH), который указывает фактические формат и скорость *DPDCH*. Контрольные пилотные символы являются необязательными.

Формат и скорость передачи в *DPDCH* во время сеанса связи от кадра к кадру могут меняться: станция MES может определить формат и скорость текущего кадра из канала FCH. Канал *DPDCH* с некоторых кадров может даже отсутствовать. С изменением скорости передачи в *DPDCH*, меняется также и относительный уровень мощности в *DPDCH* и *DPCCN*.

Поле TSP состоит из двух битов. Для функции TPC достаточно одной команды "увеличить/уменьшить" на кадр из-за большой задержки в цепи, однако, многоуровневая цепь обеспечивает более быструю реакцию на изменения условия в канале. Поэтому для этих целей распределен еще один бит в кадре.

Поле FCH состоит из трех битов. Эти 3 бита могут обратиться к восьми различным форматам DPDCH: поскольку число возможных форматов DPDCH больше восьми, канал FCH будет фактически выбирать формат данных в подмножестве доступных форматов, которые определяются на этапе установочного согласования.

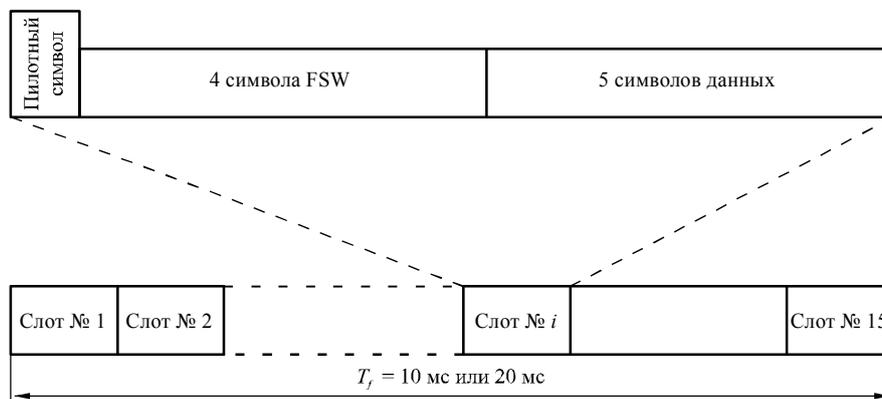
Биты TPC и FCH кодируются совместно путем преобразования полученного 5-битового слова в одну последовательность длиной 15 битов (кодовое слово), принадлежащую семейству из 32 последовательностей. Предлагаемое семейство последовательностей длиной 15 битов получается посредством 15 циклических сдвигов последовательности ML длиной $2^4 - 1$ плюс последовательность из всех нулей плюс последовательности, обратные предыдущим последовательностям. Таким образом, общее число доступных последовательностей 32. Кросс-корреляция между последовательностями составляет либо -1 , либо -15 . Эти последовательности являются либо ортогональными, либо обратными.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Как правило, оценка канала выполняется при помощи канала SSPCH, так что в отдельном канале DPSSCH не нужны никакие пилотные символы.

SSPCH – Структура кадра первичного и вторичного каналов SSPCH показана на рисунке 4.

Первичный SSPCH передается непрерывно с фиксированной скоростью передачи (15 кбит/с в варианте с полной чиповой скоростью и 7,5 кбит/с в варианте с половинной чиповой скоростью). Он используется для передачи канала BCH и слова синхронизации кадров (FSW).

РИСУНОК 4
Структура кадра для SSPCH



1850-04

Первичный SSPCH – это каналный код для этого канала одинаковый во всех лучах и спутниках и известен всем станциям MES. Используется два различных FSW. Один FSW используется во всех кадрах, кроме первого кадра каждого MF, в котором используется другой FSW. Следует заметить, что в SSPCH пилотный символ не используется. Для этих целей предполагается использовать общий пилот-сигнал.

Вторичный SSPCH передает канал пейджинга (PCH) и прямой канал доступа (FACH). Этот канал тоже является каналом с постоянной скоростью передачи и передается только, когда есть трафик пользователя. Во вторичном SSPCH каналы FACH и PCH покадрово мультиплексированы по времени в рамках структуры суперкадра. Множество кадров, распределенных каналам FACH и PCH соответственно, передается в канале BSSCH в режиме радиовещательной передачи. В первичном и вторичном SSPCH никакой регулировки мощности не реализовано.

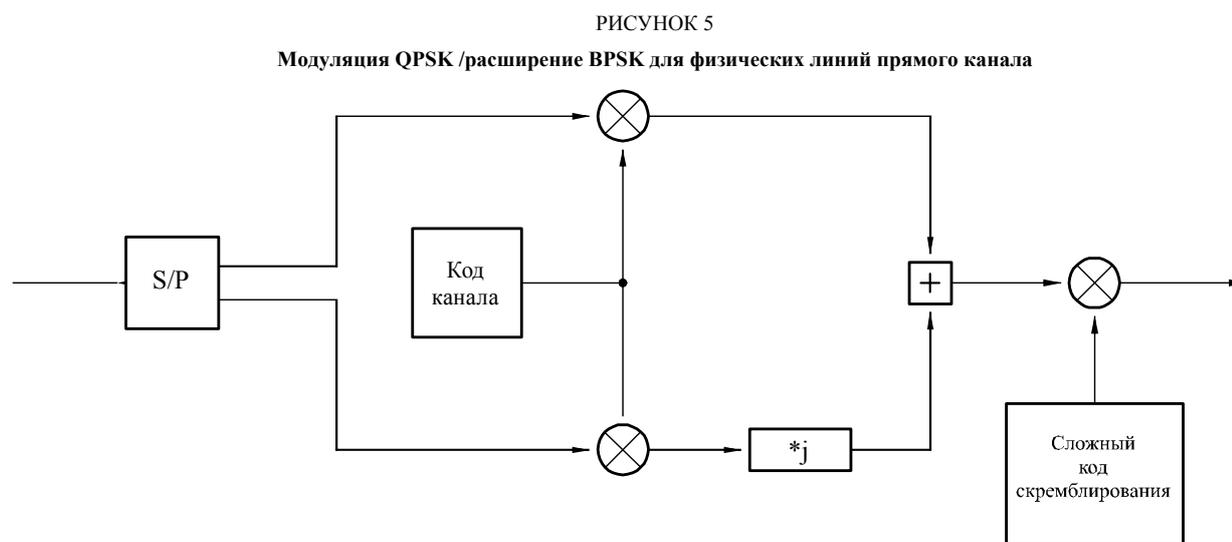
PDSCH/PDSCCH – В совместно используемом физическом канале на линии вниз (PDSCH) передаются пакеты данных на станции MES без необходимости выделять каждому пользователю постоянный канал DCH, что может привести к нехватке кодов для каналов на линии вниз. Каналы PDSCH используют ветвь кодового дерева OVSF. В случае самого низкого узла суперкадра кодовой ветви (т. е. корня ветви) обслуживается одна станция MES на кадр. Несколько станций MES на кадр могут обслуживаться при помощи мультиплексирования кода в случае, когда используется более высокий коэффициент суперкадра (т. е. нижние узлы на дереве ветви). Все каналы PDSCH совместно используют один канал PDSCCH, который передается с кодовым мультиплексированием и содержит кодовые присвоения, информацию FCH и TPC для всех пользователей.

Модуляция и расширение

Схемой модуляции (см. рисунок 5) является квадратурная фазовая манипуляция (QPSK), в которой каждая пара битов отображается на ветви I и Q. Затем они расширяются, образуя чиповую скорость с одинаковым кодом канала (с_{ch}), а затем скремблируются с одинаковым кодом сложного скремблирования, определяемым лучом (с_{scramb}).

Для более низких скоростей передачи данных пользователя (≥ 4800 бит/с) вместо модуляции QPSK используется двоичная фазовая манипуляция (BPSK) для уменьшения чувствительности к фазовым ошибкам.

Выбор коротких кодов расширения позволяет реализовать на станции MES линейный адаптивный CDMA с минимальной выходной энергией (МОЕ). Возможное использование детекторов CDMA МОЕ позволяет повысить пропускную способность системы и/или качество обслуживания без воздействия на космический сегмент.



1850-05

Распределение кодов и синхронизация

Коды скремблирования – Код скремблирования – это сложная квадратичная последовательность длиной 2560 чипов. Дополнительно, в случае подавления на станции MES помех с использованием CDMA на базе МОЕ, предусмотрено использование укороченного (256 чипов) реального кода скремблирования.

Тот же код скремблирования (прореженный на фиксированное число чипов) может использоваться повторно в каждом луче данного спутника. Каждому космическому аппарату присваиваются различные наборы кодов скремблирования. Если к данному космическому аппарату в одном слоте частоты получают доступ разные станции LES, то они должны быть либо взаимно синхронизированы, либо они должны использовать различные коды скремблирования. В зависимости от параметров орбиты скремблирующие последовательности могут повторно использоваться спутниками, не находящимися одновременно в зоне видимости для одного и того же региона. Распределение кодов скремблирования может выполняться в соответствии с несколькими стратегиями, в зависимости от группировки и типов нагрузки (прозрачная или регенеративная), а также от степени точности синхронизации станций LES.

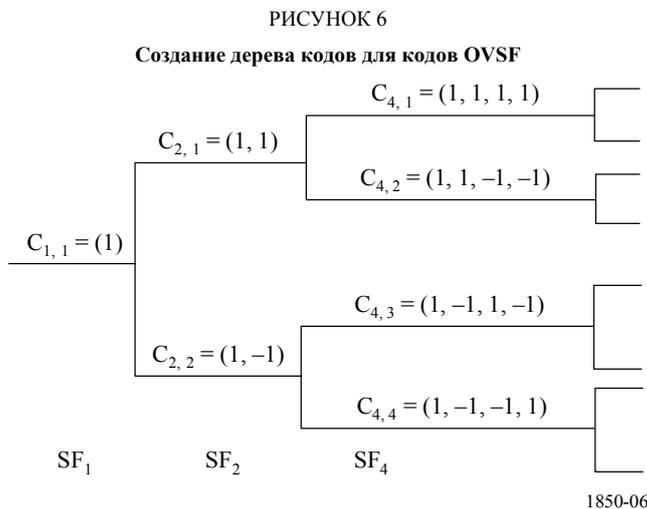
Общий пилот-сигнал ССПСН требуется для поддержки первоначального получения кода и частоты, и выполнения операций спутниковой доставки. Возможное использование контрольных символов в дополнение к общему пилот-сигналу может потребоваться для поддержки адаптивных антенн.

Канальные коды – Канальные коды принадлежат семейству ортогональных переменных коэффициентов расширения (OVSF). Эти коды сохраняют ортогональность между каналами с разными скоростями и коэффициентами расширения в прямом канале. Отметим, что поскольку ССПСН отличается от DPDCH только канальным кодом (см. Примечание 1), что существенно отличается от соответствующего наземного радиointерфейса, в котором канал ССПСН ортогонален каналу DPDCH.

Коды OVSF можно определить, используя дерево кодов на рисунке 6.

Каждый уровень дерева кодов определяет каналные коды длиной SF_i . Все коды на дереве кодов не могут использоваться одновременно в одном и том же луче. Код может использоваться в луче, если и только если не используется ни один другой код на трассе от конкретного кода до корня или на нижележащем поддереве. Это означает, что количество доступных каналных кодов не фиксировано, но зависит от скорости и коэффициента расширения каждого физического канала.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Канал СРСН и канал DPDCN совместно используют одну и ту же скремблирующую последовательность.



Прием и синхронизация

Первоначальный прием сигнала на станции MES выполняется с использованием общего пилот-сигнала. Пилот-сигнал модулирован с низкоскоростной известной последовательностью и его каналный код известен (обычно кодовая последовательность "все нули"). Известный шаблон, модулирующий общий пилот-сигнал, способен расширить период сигнала для поддержки операции спутниковой доставки. После включения питания станция MES ищет код скремблирования общего пилот-сигнала.

Эффективность такого поиска и, следовательно, скорость преобразования первоначального вхождения в связь зависит от количества кодов, которые нужно просмотреть, и возможного значения станции MES о спутниках-кандидатах. Предлагаемое использование прореженной скремблирующей последовательности для различных лучей спутника поможет уменьшить время первоначального вхождения в связь. Повторное использование скремблирующей последовательности различными спутниками также является способом сократить первоначальные размеры пространства поиска.

После того, как пилот-сигнал принят, расширение первичного канала СРСН может быть отменено, и восстановлен канал ВССН. Это сохраняет нужную информацию списка спутников-кандидатов с соответствующими кодами скремблирования для того, чтобы ускорить вхождение в связь с другими спутниками..

Переключение

Предусмотрены четыре возможные ситуации переключения: переключение луча, переключения спутника, переключение станции LES и переключение по частоте.

Переключение луча – Станция MES всегда измеряет $C/(N+I)$ нерасширенного пилот-сигнала, принятого от соседних лучей и сообщает результаты измерений на станцию LES. Когда качество пилот-сигнала в луче приближается к уровню системного порога, станция LES обычно инициирует процедуру переключения луча. В соответствии с отчетами станции MES о пилот-сигнале, станция LES принимает решение передавать один и тот же канал в двух различных лучах (мягкое переключение луча) и командует станции MES добавить палец для демодуляции дополнительного сигнала. Как только станция LES примет подтверждение того, что новый сигнал принят, она разрывает соединение в прежнем луче.

Межспутниковое переключение – эта процедура аналогична процедуре переключения луча. Единственным различием является то, что станция MES должна также производить поиск различных кодов скремблирования пилот-сигнала. Если обнаружен новый код скремблирования пилот-сигнала, результаты измерений сообщаются на станцию LES, которая может принять решение использовать спутниковую доставку для передачи того же сигнала через различные спутники.

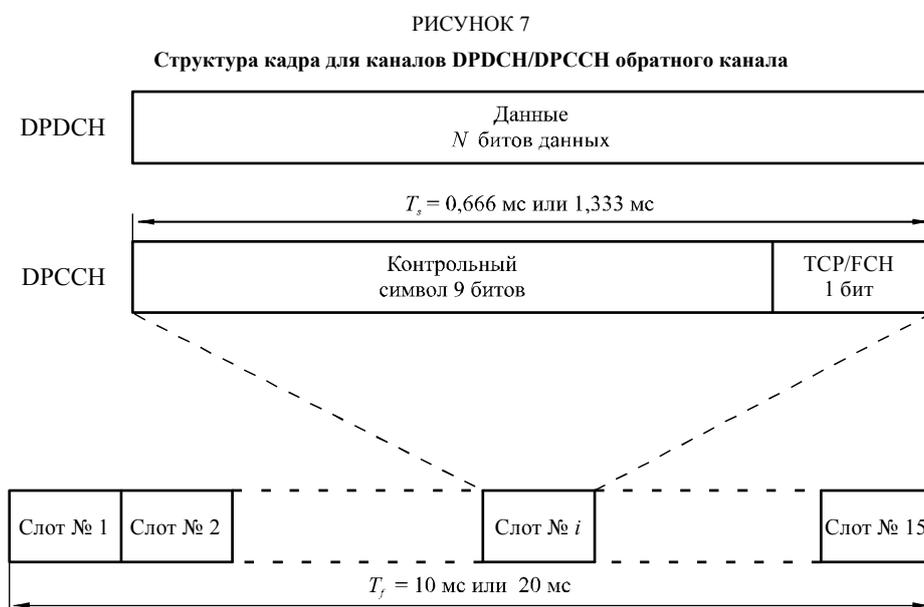
Когда спутниковая группировка обеспечивает множественное разнесение маршрутов, это полезно для того, чтобы подвижные пользователи постоянно работали в режиме мягкого переключения. В этом случае станция LES связывает один и тот же канал с наиболее мощным маршрутом в спутниковом разнесении. Станция MES использует разнесение маршрутов, комбинируя максимальный коэффициент.

Переключение между станциями LES – В некоторых случаях может потребоваться переключение между станциями LES в зависимости от характеристик группировки. Переключение между станциями LES должно согласовываться между станциями LES. В частности, новая станция LES начинает передачу своей несущей в направлении подвижного пользователя, который одновременно получает от прежней LES указание искать сигнал новой LES. Когда MES подтверждает прежней станции LES, что она принимает также и сигнал от новой станции, прежняя LES прекращает передачи для этой MES.

Переключение между частотами – Поддерживается только жесткое переключение между частотами. Это переключение может выполняться либо внутри шлюза, либо между шлюзами.

Описание доступа – обратный канал

Структура кадра DPDCH/DPCCCH – Структура кадра DPDCH/DPCCCH в обратном канале (см. рисунок 7) та же самая, что и в прямом канале. Однако, в отличие от прямого канала, DPDCH и DPCCCH мультиплексированы с кодовым, а не с временным разделением.



1850-07

В канале DPCCCH поле TPC/FCH выполняет ту же функцию, что и в прямом канале. Как и в прямом канале эти биты преобразуются в последовательность, принадлежащую к семейству из 32 последовательностей. Предлагаемое семейство из 32 последовательностей длиной 15 битов получается посредством 15 циклических сдвигов последовательности ML длиной $2^4 - 1$ плюс последовательность из всех нулей плюс последовательности, обратные предыдущим последовательностям. Эти последовательности являются либо ортогональными, либо обратными.

Контрольный шаблон битов описывается в таблице 2. Затененная часть может использоваться как слово кадровой синхронизации. Значение плотного бита, отличного от слова кадровой синхронизации, должно быть 1. Для указания начала MF слово кадровой синхронизации инвертируется.

Скорость, с которой передаются биты контрольных символов TPC/FCH, фиксирована и равна 15 кбит/с для варианта полной чиповой скорости и 7,5 кбит/с для варианта половинной чиповой скорости.

Как и в прямом канале, в каждом кадре будет передаваться 2 и 3 бита соответственно для функций TPC и FCH.

– Число битов в слоте DPDCH связано с коэффициентом расширения (SF) физического канала следующим образом $SF = 256/2^k$, где $k = 0, \dots, 4$. Таким образом, коэффициент расширения может иметь значение от 256 до 16.

ТАБЛИЦА 2

Шаблон контрольных битов для DPSSN на линии вверх

Слот №	Бит №								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1	1	0	1
3	1	0	1	0	1	1	1	0	1
4	1	0	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	1	0	1	1	1
7	1	0	1	1	1	1	1	0	1
8	1	1	1	0	1	1	1	1	1
9	1	0	1	1	1	1	1	0	1
10	1	1	1	0	1	0	1	0	1
11	1	0	1	0	1	0	1	0	1
12	1	0	1	1	1	0	1	0	1
13	1	0	1	0	1	1	1	1	1
14	1	1	1	0	1	1	1	0	1
15	1	0	1	0	1	1	1	1	1

Структура кадра PRACH – Структура кадра PRACH показана на рисунке 8.

РИСУНОК 8
Структура кадра PRACH



1850-08

Сегмент преамбулы формируется при помощи модулирования кодового слова из 48 символов по коду расширения с периодом 256 чипов.

Преамбула – кодовое слово из 48 символов – случайным образом выбирается станцией MES из небольшого набора квадратурных кодовых слов. Код расширения случайным образом выбирается из кодов расширения, доступных для случайного доступа. Информация о доступных кодах расширения передается в канале BCCH.

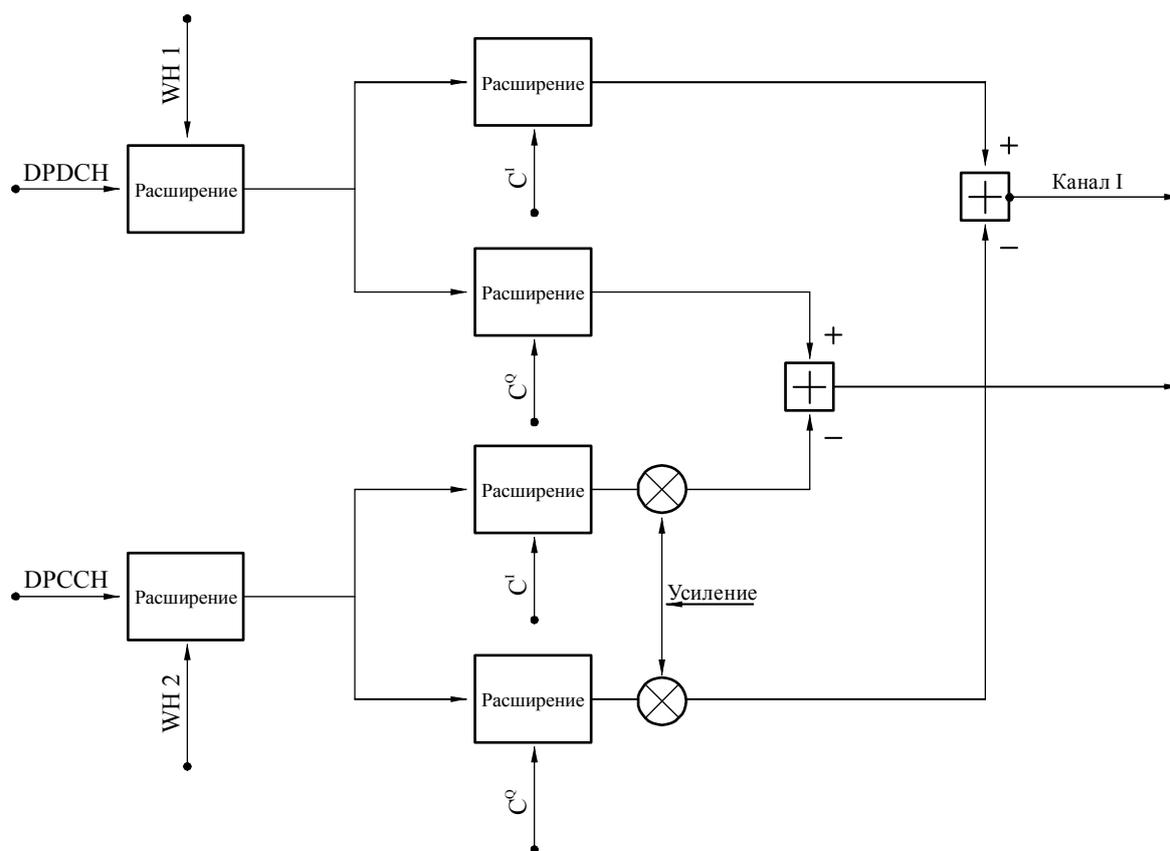
Сегмент данных пакета RACH фактически создается из канала данных в ветви передачи I и связанного канала управления в ветви передачи Q, передающем контрольные символы для когерентной демодуляции, и канала FCH, информирующего о скорости передачи и формате в ветви I. Скорость передачи сегмента преамбулы, наоборот, фиксирована и равна 15 ксимволов/с или 7,5 ксимволов/с в соответствии с вариантом чиповой скорости. Длина сегмента данных в пакете RACH равна длине кадра (т. е. 10 или 20 мс в соответствии с вариантом чиповой скорости).

В канале RACH не поддерживается комбинирование сигналов разнесения.

Модуляция и расширение – модуляция/код расширения, используемые в обратном канале, показаны на рисунке 9. Модуляция данных – BPSK, в которой DPDCH и DPSSN отображаются на ветвях I и Q несущей, соответственно. Ветви I и Q затем расширяются до чиповой скорости с двумя различными канальными кодами c_D/c_C и затем подвергаются сложному скремблированию при помощи четырехфазного кода скремблирования, определяемого станцией MS.

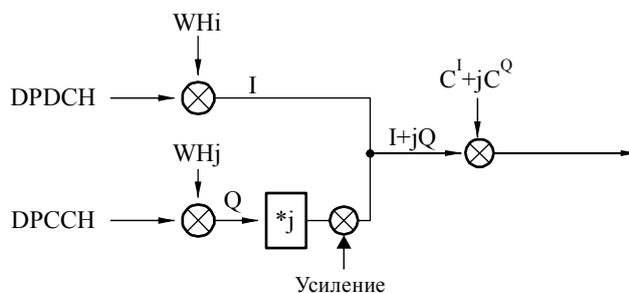
РИСУНОК 9

Схема модуляции с расширением в обратном канале для выделенных физических каналов а) и их комплексное представление б)



а)

Коды деления каналов (OVSF)



б)

1850-09

Длина кода скремблирования равна одному кадру (38 400 чипов). Вариант с коротким кодом (256) в настоящее время оценивается совместно с методом подавления помех на основе MMSE. Скремблирующие последовательности здесь те же, что определены в спецификации TS25.213 (подготовленной Проектом 3GPP).

Коды скремблирования станции MES присваиваются станцией LES на полупостоянной основе.

Канальные коды – это те же коды OVSF, что и для прямого канала.

4.3.1.2.3 Функции терминала

SW-CDMA поддерживает четыре класса станций MES: носимая (H), автомобильная (V), перевозимая (T) и фиксированная (F). В таблице 3 показано соответствие между функциями терминала и классами терминалов.

ТАБЛИЦА 3
Услуги в канале передачи данных

Скорость передачи в канале передачи данных (кбит/с)	Поддерживаемое QoS	Класс MES
1,2	10^{-6}	H,V,T,F
2,4	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
4,8	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
9,6	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
16	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
32	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
64	$10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
144	$10^{-5}, 10^{-6}$	T,F

4.3.1.2.4 РЧ спецификации

4.3.1.2.5 Спутниковая станция

РЧ спецификации спутниковой станция зависят от фактической архитектуры космического сегмента.

4.3.1.2.6 Станция MES

В таблице 4 приведены РЧ спецификации для различных классов станций MES.

ТАБЛИЦА 4
РЧ спецификации станций MES

РЧ параметр	Класс MES		
	H	V	T
Ширина полосы канала (кГц)	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾
Стабильность частоты на линии вверх (ppm)	3	3	3
Стабильность частоты на линии вниз (ppm)	0,5	0,5	0,5
Максимальная э.и.и.м. (дБВт)	3,0	16,0	16,0
Средняя э.и.и.м. на канал (дБВт)	(3)	(3)	(3)
Усиление антенны (дБи)	-1,0	2,0 ⁽⁴⁾ , 8,0 ⁽⁵⁾	4,0 ⁽⁴⁾ , 25,0 ⁽⁵⁾
Диапазон регулировки мощности (дБ)	20,0	20,0	20,0
Шаг регулировки мощности (дБ)	0,2-1	0,2-1	0,2-1
Скорость регулировки мощности (Гц)	50 ÷ 100	50 ÷ 100	50 ÷ 100
Развязка передача/прием (дБ)	> 169	> 169	> 169
G/T (дБ/К)	-23,0 ⁽⁴⁾ , -23,0 ⁽⁵⁾	-23,5 ⁽⁴⁾ , -20,0 ⁽⁵⁾	-23,5 ⁽⁴⁾ , -20,0 ⁽⁵⁾
Компенсация сдвига Допплера	Да	Да	Не применимо
Ограничение подвижности (максимальная скорость) (км/ч)	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	Не применимо

(1) Вариант с половинной скоростью (1,920 Мчип/с).

(2) Вариант с полной скоростью (3,840 Мчип/с).

(3) В зависимости от характеристик спутниковой станции.

(4) Типовое значение для группировки LEO.

(5) Типовое значение для группировки GEO.

Спецификации полосы групповых частот

Спецификации полосы групповых частот представлены в таблице 5.

ТАБЛИЦА 5

Характеристики полосы групповых частот

ВВ-1	Многостанционный доступ	
ВВ-1.1	Метод	CDMA с прямой последовательностью
ВВ-1.2	Чиповая скорость (если применимо)	1,920 Мчип/с или 3,840 Мчип/с
ВВ-1.3	Слоты времени (если применимо)	15 слотов времени в кадре
ВВ-2	Тип модуляции	– Двухкодовая BPSK на линии вверх – QPSK или BPSK на линии вниз
ВВ-3	Динамическое распределение каналов (да/нет)	Нет
ВВ-4	Дуплексный разнос (например FDD, TDD)	FDD
ВВ-5	FEC	– Стандартное качество: конволюционное кодирование с коэффициентом кода 1/3 или 1/2 ограниченной длины $k = 9$. Переменное повторение прореживания для соответствия требуемой информационной скорости – Высокое качество: конкатентный код RS над GF(28), объединенный с внутренним конволюционным кодом с коэффициентом 1/3 или 1/2, ограниченной длины $k = 9$. Как вариант – турбокодер
ВВ-6	Перемежение	– Перемежение на базе отдельных кадров (по умолчанию) – Перемежение на базе мультикадров (дополнительно)
ВВ-7	Требуемая синхронизация между спутниками (да/нет)	– Не требуется синхронизации между БС, работающими через различные спутники – Требуется синхронизации между БС, работающими через один спутник

Подробные спецификации

Подробная спецификация радиointерфейса SW-CDMA основана на следующих документах:

- *Физический уровень*: самая последняя версия документов SW-CDMA, полученных из серии 25.200 (см. Примечание 1).
- *Протоколы*: самые последние версии проектов спецификаций 25.300 (см. Примечание 2).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Этот комплект подробных спецификаций в настоящее время разрабатывается в рабочей группе ETSI TC-SES S-UMTS в составе семейства добровольных стандартов для спутникового радиointерфейса IMT-2000. Эта спецификация также предоставит общее описание физического уровня радиointерфейса SW-CDMA.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Разработано в 3GPP RAN TSG. Эти документы можно найти по адресу: <http://www.3gpp.org/RAN> и <http://www.3gpp.org/RAN4-Radio-performance-and>. Эта спецификация описывает документы, создаваемые рабочей группой 3GPP TSG RAN WG 4.

4.3.2 Спецификации спутникового радиointерфейса В

Широкополосный многостанционный доступ с кодовым/временным разделением каналов (W-C/TDMA) – это спутниковый радиointерфейс, разработанный так, чтобы выполнялись требования спутниковой компоненты системы беспроводной связи третьего поколения (3G) (см. Примечание 1).

Предполагается, что радиointерфейс W-C/TDMA будет совместим с радиointерфейсом CN и связанными с ним спецификациями для интерфейса Iu м Си.

W-C/TDMA основан на гибридном коде и методе многостанционного доступа (C/TDMA), где ширина полосы РЧ равна либо 2,350, либо 4,700 МГц в каждом направлении передачи.

W-C/TDMA характеризуется лотовой структурой, квазисинхронной работой на линии вверх, что приводит к квазиортогональному разделению большей части радиоресурсов отдельной многолучевой спутниковой системы.

В соответствии действующими правилами регулирования спутниковых полос частот IMT-2000, основной схемой дуплексного разделения является FDD: однако поддерживается и схема TDD/FDD, в которой прием и передача ведутся в различных слотах времени и в различных полосах частот. Вариант с половинной скоростью обеспечивает более тонкое деление спектра и устойчивость в отношении чиповой синхронизации и отслеживания сигнала в канале с большим сдвигом Допплера.

W-C/TDMA предоставляет широкий диапазон услуг в канале передачи данных со скоростями от 1,2 до 144 кбит/с. Могут поддерживаться высококачественные услуги электросвязи, включая телефонию с голосовым качеством и услуги передачи данных в условиях глобального спутникового покрытия. W-C/TDMA поддерживает дополнительные функции специфичные для условий спутниковой связи, например предоставление пейджингового канала хорошего проникновения.

Наиболее привлекательны следующие функции W-C/TDMA:

- W-C/TDMA предоставляет систему с более высокой пропускной способностью, чем узкополосная система TDMA или FDMA.
- Поддерживает режим работы FDD/TDD, для которого нужны терминалы с менее сложными дуплексерами антенн.
- Обеспечивает большую гибкость распределения ресурсов, благодаря ортогональному делению (TDM/TDMA) большого процента радиоресурсов на CDM/CDMA.
- Позволяет полное многократное использование частот, что упрощает частотное планирование.
- Обеспечение более тонкого деления скоростей передачи данных пользователя по сравнению с узкополосными системами, что исключает высокие отношения пиковой мощности к средней.
- Предоставление точных данных о местоположении пользователя без использования внешних средств.
- Поддерживает услуги передачи сообщений с высоким проникновением.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Радиointерфейс W-C/TDMA в настоящее время исследуется техническим комитетом (ETSI) SES в составе семейства спутниковых радиointерфейсов IMT-2000 в качестве добровольного стандарта.

4.3.2.1 Описание архитектуры

4.3.2.1.1 Структура каналов

Спецификация этого радиointерфейса относится только к абонентской линии, фидерная линия в него не входит.

Абонентская линия состоит из прямого канала между спутниковой станцией и станцией MES и обратного канала в противоположном направлении.

На физическом уровне информационный поток в направлении к станции MES и от нее передается по логическим каналам, как определено в Рекомендации МСЭ-R М.1035.

Эти логические каналы в качестве среды передачи данных используют физические каналы.

W-C/TDMA использует ту же структуру канала, что и наземный радиointерфейс. Соответствие между физическими и логическими каналами показано в таблице 6.

В прямом направлении предусмотрено два радиовещательных физических канала и вторичный общий физический канал управления P/S-CCPCH.

Первичный CCPCH поддерживает радиовещательный канал управления (BCCH), используемый для радиовещательной передачи системной информации и информации о луче.

Вторичный CCPCH поддерживает два логических канала, а именно прямой канал доступа (FACH), в котором передается управляющая информация на определенную станцию MES, когда ее местоположение известно.

Канал PRACH поддерживает канал RACH, в котором передается управляющая информация, и канал RTCH, в котором передаются короткие пакеты пользователя.

ТАБЛИЦА 6

Преобразование физического канала в логический

Логические каналы	Физические каналы	Направление
BSSCH	Первичный CCPCH	Прямой
FACH	Вторичный CCPCH	Прямой
Пилот-сигнал	PI-CCPCH	Прямой
PCH	HP-CCPCH	Прямой
RACH RTCH	PRACH	Обратный
DSSCH	DDPCH	Двунаправленный
DTCH	DDPCH	Двунаправленный
Сигнализация Уровня 1 и символы пилот-сигнала	DCPCH	Двунаправленный

Выделенный физический канал управления (DCPCH) используется для сигнализации Уровня 1.

Канал DDPCH используется для передачи либо управляющей информации, например, сигнализации высшего уровня, передаваемой через выделенный канал управления (DSSCH), или для двусторонней передачи данных пользователя, передаваемых через выделенный канал трафика (DTCH).

Вышеперечисленные услуги в канале передачи данных можно использовать для предоставления услуг передачи данных с коммутацией каналов и с коммутацией пакетов.

Многопользовательские услуги могут поддерживаться в одном соединении с применением структуры мультиплексирования во времени.

В связи с этим был введен специальный физический канал управления HP-CCPCH, который поддерживает в прямом канале пейджинговый канал хорошего проникновения, низкоскоростной канал передачи данных, главной задачей которого является предоставление услуг пейджинга или сигнализации для станций MES, расположенных внутри зданий.

4.3.2.1.2 Группировка

Система W-С/TDMA не принадлежит конкретной группировке. Она разрабатывается для того, чтобы можно работать с низкоорбитальными, средневысотными и геостационарными или высокоэллиптическими группировками (LEO, MEO, GEO или NEO).

Даже несмотря на то что покрытие многолучевой системы будет обеспечивать наилучшие показатели качества системы, его не следует рассматривать как обязательное требование к системе.

4.3.2.1.3 Спутники

Система W-С/TDMA не принадлежит конкретной спутниковой архитектуре. Она может работать либо в "трубе" прозрачного спутникового транспондера, либо с использованием архитектуры регенеративного транспондера.

4.3.2.2 Описание системы**4.3.2.2.1 Функции услуг**

В зависимости от класса станции MES, W-С/TDMA поддерживает услуги в канале передачи данных со скоростями от 1,2 кбит/с до 144 кбит/с с соответствующим максимальным значением КОБ от 1×10^{-3} до 1×10^{-6} .

Максимальная допустимая задержка достигает 400 мс, что совместимо с любой из вышеперечисленных спутниковых группировок.

4.3.2.2.2 Функции системы

Как в прямом, так и в обратном канале поддерживается два коэффициента расширения 3,840 Мчип/с (полная чиповая скорость) и 1,920 Мчип/с (половинная чиповая скорость).

Регулировка мощности по замкнутой цепи реализована и для прямого, и для обратного канала. Эта цепь работает так, чтобы установить измеренную величину SNIR после комбинации RAKE в заданное значение. Требуемое значение само адаптивно меняется под действием медленной цепи внешнего управления, основанной на внешней цепи медленного управления, работающей на основе измерений FER. Для выполнения измерений FER в каждый кадр к данным добавляется 8 битов CRC (4 бита для 2400 бит/с).

Регулировка мощности по открытой цепи выполняется для передачи пакетов и исходной установки мощности на этапе установления вызова.

При помощи объединения кодирования и перемежения поддерживается три базовых класса услуг:

- стандартные услуги с внутренним кодированием (конволюционное с коэффициентом 1/3, полиноминое 557, 663, 711) и только перемежение, требуемое значение КОБ равно 1×10^{-3} ;
- высококачественные услуги с внутренним кодированием и перемежением плюс внешнее кодирование RS и перемежение. Требуемое значение КОБ после внутреннего декодирования составляет 1×10^{-6} ;
- услуги с кодированием, определяемым услугой. Для этих услуг на радиointерфейсе не применяется специального метода кодирования с прямой коррекцией ошибок (FEC). Возможное кодирование FEC полностью управляется на более высоком уровне.

Эти классы позволяют сопоставлять различные требования по QoS у выбранных услуг спутниковой связи и, при необходимости, разрешают улучшать QoS за счет выбора кодирования, определяемого услугой.

Схема перемежения согласовывается в процессе установки вызова, в зависимости от фактической скорости передачи. Глубина перемежения меняется и может быть равна целому числу периодов кадра. Блок перемежения записывается построчно в числе столбцов, которое равно значению степени двух, в экспоненциальной зависимости от фактической скорости передачи. На стороне приема блок перемежения считывается по столбцам и получается перемеженная последовательность, т. е. столбцы считываются в обратном порядке двоичных номеров.

Разнесение спутников

В сценарии с покрытием от нескольких спутников станция LES может принять решение об объединении сигналов обратного канала со спутников, имеющих одну область покрытия с сигналами обратного канала, принимаемыми от основного спутника, для улучшения SNIR и для уменьшения вероятности затенения. Поскольку квазисинхронная работа ограничена основным спутником, результирующее значение SIR на демодуляторе вторичного спутника, когда у пользователя осуществляется асинхронный прием, как правило, меньше. Несмотря на эти неравенства SIR, можно видеть, что имеется заметный выигрыш из-а применения методов комбинирования с выбором максимального отношения, которые могут использоваться для повышения эффективности по мощности и пропускной способности обратного канала.

Описание доступа

В прямом канале от спутниковой станции до MES применяется ортогональная СТDM. В обратном канале от станции MES до спутниковой станции применяется квазисинхронная W-C/TDMA.

Передача организована в кадрах, как показано на рисунке 10. Период кадра составляет 20 мс, и он делится на 8 слотов времени. Кадры объединены в мультикадры (MF) с периодом 180 мс, состоящие из 8 обычных кадров плюс один дополнительный кадр.

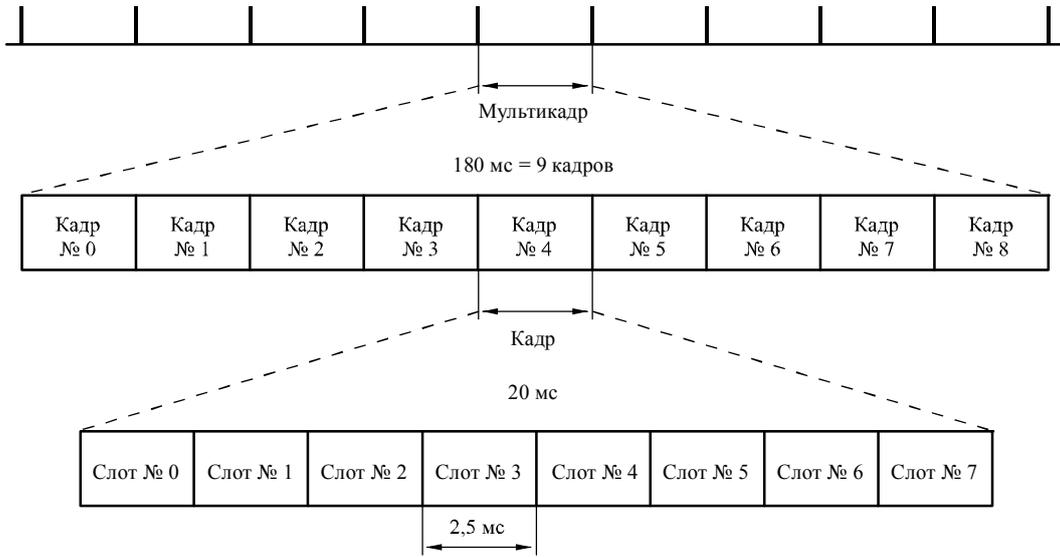
Сосуществование синхронного и асинхронного трафика (начального доступа) обеспечивается при помощи сегрегированного подхода, в котором доступные ресурсы делятся во времени на два кадра, каждый из которых предназначен для определенного использования

В прямом канале кадр 0 предназначен для радиовещательной передачи общих функций (пейджинг, канал передачи сообщений высокой степени проникновения, синхронизация и т. д.).

Первый кадр в каждом MF (кадр 0) зарезервирован для асинхронного трафика: в обратном канале пакеты передаются станциями MES в полусинхронном режиме в кадре 0 каждого мультикадра, как показано на рисунке 11.

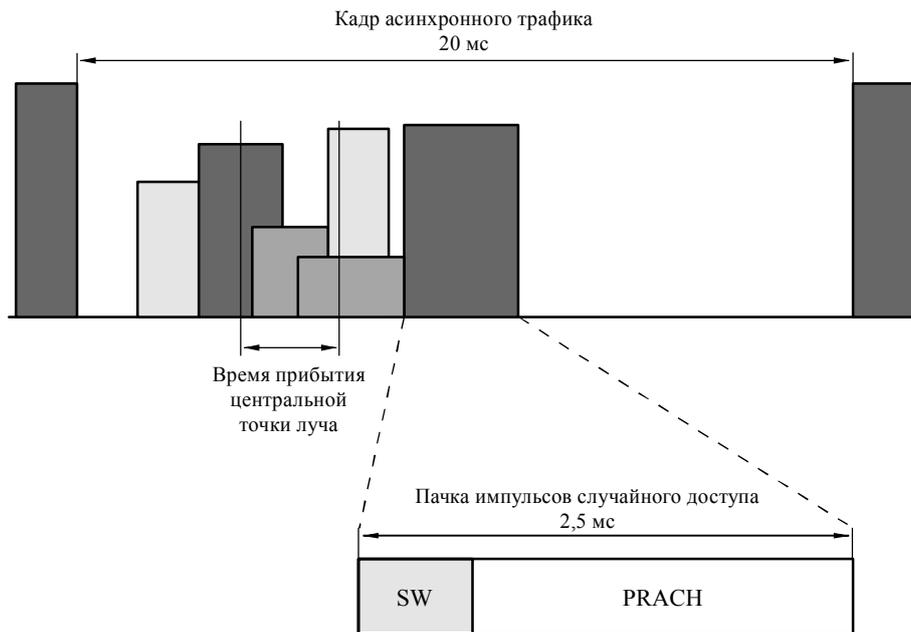
Пачки импульсов – Передача ведется в пачках импульсов, которые могут иметь продолжительность в один слот времени, или могут растягиваться на целое число слотов времени.

РИСУНОК 10
Структура кадров в прямом и обратном каналах



1850-10

РИСУНОК 11
Асинхронный график в обратном канале, кадр 0



1850-11

В случае синхронного трафика пачка импульсов может растягиваться на целое число слотов времени, необязательно непрерывных.

В случае асинхронного трафика, пачки импульсов передаются, в кадре, не разделенном на слоты, в случайные моменты времени, обеспечивая непроникновения в соседние кадры.

Предусматривается два размера пачки импульсов: короткая, содержащая 160 байтов, и длинная, содержащая 320 байтов.

Длительность пачки импульсов зависит от выбранной чиповой скорости и коэффициента расширения.

Размер пачки импульсов и коэффициент расширения управляются станцией LES, и не могут быть изменены во время сеанса связи. Скорость передачи информации в разных пачках импульсов может меняться.

Прямой канал

DCPCH/DDPCH – в прямом канале DCPCH и DDPCH мультиплексируются в одной пачке импульсов (выделенная пачка импульсов прямого канала). Структура пачки показана на рисунке 12.

В канале DPCCN передается контрольные символы (пилот-сигнал), поле регулировки мощности (TPC), заголовок управления кадром (FCH), который указывает фактическую скорость кодирования, а также поле управления временем и частотой (TFC), требуемой для квазисинхронной работы.

РИСУНОК 12

Выделенная пачка импульсов для прямого канала

DCPCH				DDPCH
FCH	TPC	TFC	Пилот-сигнал	Данные пользователя
n_{FFD}	n_{TPD}	n_{TFD}	(n_{PFD})	n_{DFD}
n_{OFD}				
Пережаемые данные пользователя и управляющие данные, равномерно распределенные пилотные символы				
1, 2 или 4 слота				

1850-12

Общая пачка импульсов прямого канала переносит CCPCH. Ее структура показана на рисунке 13.

РИСУНОК 13

Общая пачка импульсов обратного канала

ССРСН	
FCH	Данные
n_{FFC}	n_{DFC}
n_{OFC}	
Перемежаемые данные пользователя и управляющие данные	
1, 2 или 4 слота	

1850-13

Пачка импульсов синхронизации прямого канала переносит пайджинговый канал хорошего проникновения (НР-ССРСН). Его структура показана на рисунке 14.

РИСУНОК 14

Пачка импульсов синхронизации прямого канала

НР-ССРСН		
SW	Пилот-сигнал	Данные
n_{SWS}	n_{PFS}	n_{DFS}
n_{OFS}		
SW	Равномерно распределенные пилотные символы	
1 слот		

1850-14

Обратный канал

В обратном канале предусматривается две структуры: пачка импульсов случайного доступа и выделенная пачка импульсов обратного канала. Их структура показана на рисунках 15 и 16, соответственно.

РИСУНОК 15

Пачка импульсов случайного доступа обратного канала

PRACH		
SW	Пилот-сигнал	Данные
n_{SRR}	n_{PRR}	n_{DRR}
n_{ORR}		
SW	Равномерно распределенные пилотные символы	
1 слот		

1850-15

РИСУНОК 16

Выделенная пачка импульсов обратного канала

DCPCH			DDPCH
FCH	TPC	Пилот-сигнал	Данные пользователя
n_{FRD}	n_{TRD}	(n_{PRD})	n_{DRD}
n_{ORD}			
Данные пользователя и управления с перемежением, равномерно распределенные пилотные символы			
1, 2 или 4 слота			

1850-16

Определение параметров пачки импульсов

Параметры пачки импульсов определены в таблицах 7–11.

ТАБЛИЦА 7

Выделенная пачка импульсов прямого канала

		Короткая пачка импульсов		Длинная пачка импульсов	
		Символы	Проценты	Символы	Проценты
Всего	N_{OFD}	160	100	320	100
Данные	N_{DFD}	112	70	256	80
(Пилот-сигнал)	(N_{PFD})	(16)	(10)	(32)	(10)
FCH	N_{FFD}	16	10	16	5
TPC	N_{TFD}	8	5	8	2,5
TFC	N_{TFD}	8	5	8	2,5
Общая избыточность		48	30	64	20

ТАБЛИЦА 8

Общая пачка импульсов управления прямого канала

		Короткая пачка импульсов		Длинная пачка импульсов	
		Символы	Проценты	Символы	Проценты
Всего	N_{OFC}	160	100	320	100
Данные	N_{DFC}	144	90	304	95
FCH	N_{FFC}	16	10	16	5
Общая избыточность		16	10	16	5

ТАБЛИЦА 9

Пачка импульсов синхронизации прямого канала

		Короткая пачка импульсов	
		Символы	Проценты
Всего	N_{OFS}	160	100
Данные	N_{DFS}	112	70
SW	N_{SWS}	32	20
Пилот-сигнал	N_{PFS}	16	10
Общая избыточность		48	30

ТАБЛИЦА 10

Пачка импульсов случайного доступа

		Короткая пачка импульсов	
		Символы	Проценты
Всего	N_{ORR}	160	100
Данные	N_{DRR}	112	70
SW	N_{SRR}	32	20
Пилот-сигнал	N_{PRR}	16	10
Общая избыточность		48	30

ТАБЛИЦА 11

Выделенная пачка импульсов обратного канала

		Короткая пачка импульсов		Длинная пачка импульсов	
		Символы	Проценты	Символы	Проценты
Всего	N_{ORD}	160	100	320	100
Данные	N_{DRD}	120	75	264	82,5
Пилот-сигнал	N_{PRD}	16	10	32	10
FCH	N_{FRD}	16	10	16	5
TRC	N_{TRD}	8	5	8	2,5
Общая избыточность		40	25	56	17,5

Присвоение каналов и режим передачи

Комбинация назначения нескольких кодов расширения и слотов времени в мультикадре образует присвоение виртуальных каналов. Количество кодов, вероятно, будет равно одному, но могло быть больше одного, если станции MES имеет возможность мультикодового приема и/или передачи. Присвоение слотов для выделенных каналов ограничено кадрами с № 1 до № 8 (№ 5 в первых пяти кадрах для варианта с мультикадром). Присвоение каналов остается действительным на протяжении сеанса связи.

Принцип кодов OVSF позволяет сосуществовать ортогональным или квазиортогональным каналам с кодами, связанными с различными коэффициентами расширения. Код расширения, слоты, тип пачки импульсов и другие параметры линии для прямого и обратного канала присваиваются станцией LES во время установления сеанса связи. Предлагается не менять код расширения (коэффициент расширения) во время сеанса связи. Переменная скорость передачи реализуется только путем изменения скорости кода.

Рассматриваются различные режимы передачи:

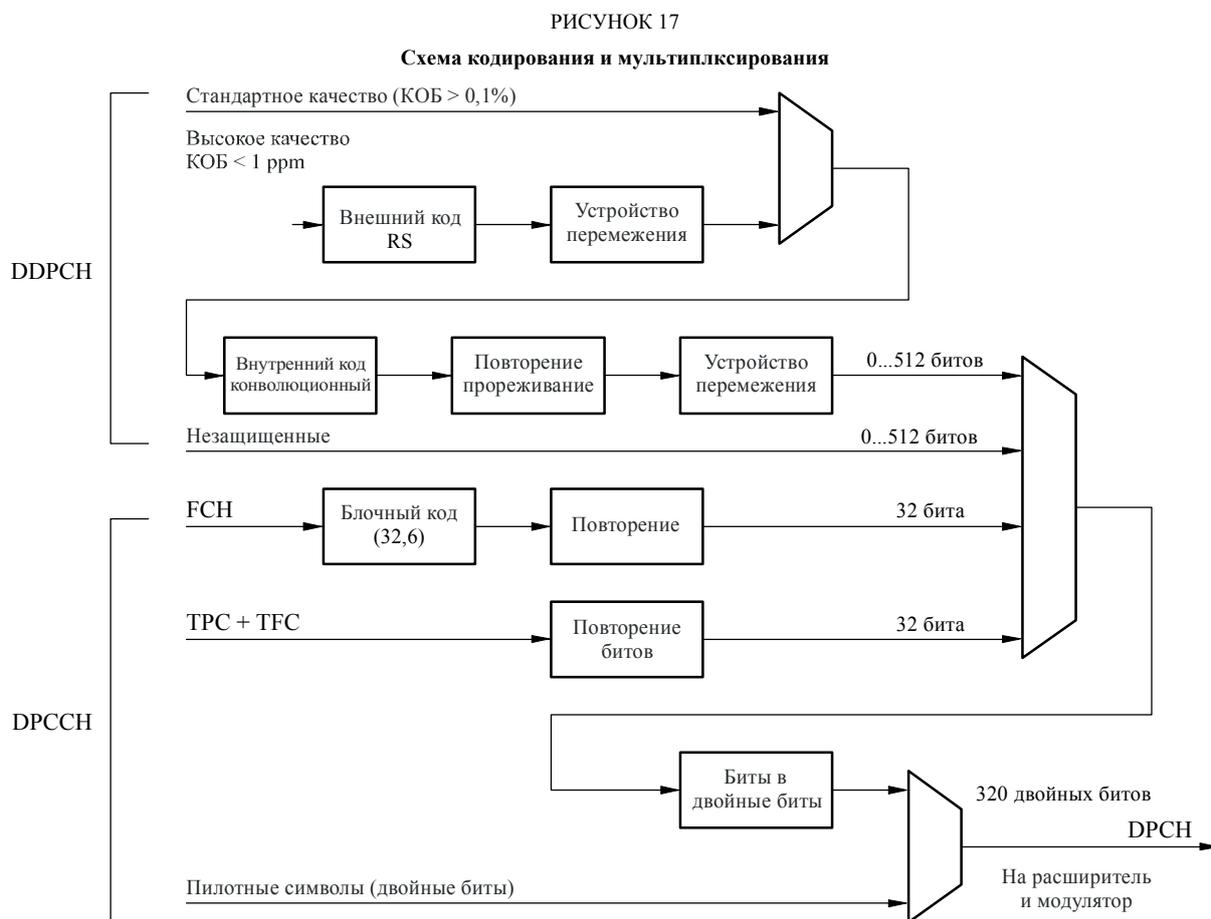
- Режим передачи двунаправленного потока: канал связи присваивается в прямом и обратном канале.
- Режим передачи однонаправленного потока в прямом канале: канал связи присваивается только в прямом канале.
- Режим передачи однонаправленного потока в обратном канале: этот режим запрещен, поскольку в прямом канале нет возможности передать команды TFC.

- Передача пакетных данных: Если частота передачи пакетов в том же направлении невелика, канал не присваивается и пакеты передаются в кадре № 0. Это действует для обоих направлений. Зоны на границах кадра № 0, где предполагается меньшая нагрузка, будут предпочтительно использоваться для передачи пакетов в обратном направлении. Если частота передачи пакетов в том же направлении достаточно высока, чтобы оправдать сеанс связи, выделенный канал может быть присвоен в кадрах с № 1 до № 8.

Оптимальный выбор порога обоснования для присвоения выделенного канала является жизненно важным. Он должен предотвратить перегрузку кадра № 0 в определенном обратном канале и сэкономить мощность спутника. Передача пакетных данных без установления соединения не позволяют регулировать мощность. Таким образом, для передачи пакетов, требующей большей мощности спутника, должны быть обеспечены более высокие запасы в канале. С другой стороны, для присвоения каналов требуется избыточность сигнализации, что также требует дополнительной энергии спутника и снижает пропускную способность.

Канальное кодирование, адаптер скорости и мультиплексирование услуг

Схема канального кодирования и мультиплексирования услуг показана на рисунке 17 и применима для прямого и обратного канала выделенного физического канала. Эта диаграмма является общей и применяется только в простом случае, когда в отдельной пачке импульсов отдельного кодового канала передается только одна услуга с определенным качеством и скоростью, а также в более общем случае, когда в отдельной пачке импульсов отдельного кодового канала одновременно передается несколько услуг, требующих различные скорость передачи и качество.



1850-17

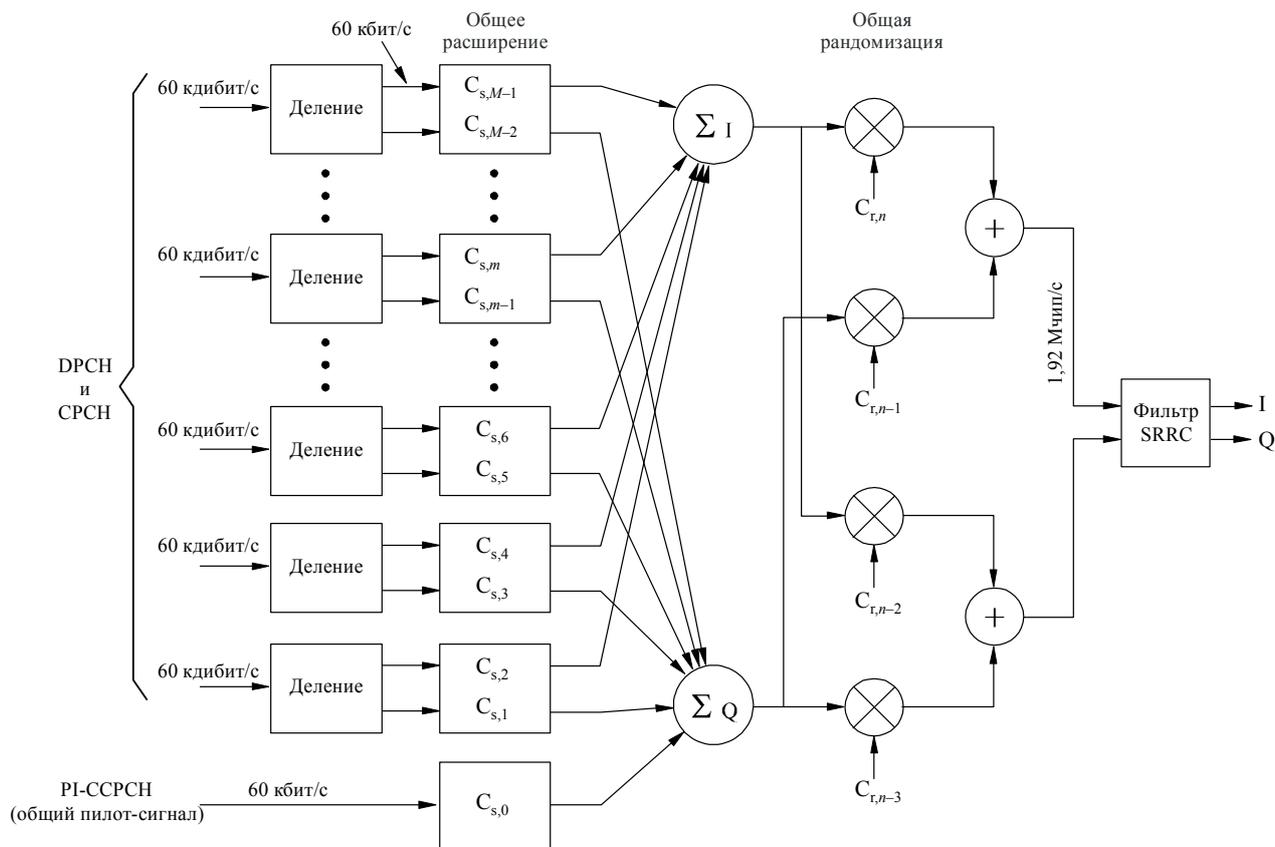
Схемы демультимплексирования и декодирования, которые должны применяться на стороне приема, указываются в канале FCH.

Модуляция и расширение

На рисунке 18 показаны предлагаемые общие устройства расширения и модуляторы для прямого и обратного канала, соответственно. Принцип предлагаемой схемы расширения и модуляции для прямого и обратного канала можно описать следующим образом: после введения (мультиплексирования) пилотных символов (дифитов), при необходимости, поток дифитов разделяется на два потока биполярных данных, которые называются потоками I и Q. Эти данные, синхронизированные с частотой символов, мультиплексируются с биполярными компонентами вектора кода расширения, обозначенными $c_{s,m}$, синхронизированными с чиповой скоростью, так что один отсчет биполярных данных является скалярным коэффициентом кодового вектора. Эта операция называется расширением или делением на каналы.

РИСУНОК 18

Общее устройство расширения и модулятор для прямого канала
(указанные скорости относятся к варианту 1,920 Мчип/с и коэффициенту расширения 32)



1850-18

Результирующие I- и Q-расширенные последовательности передачи дополнительно рандомизируются с использованием биполярных PN-последовательностей, называемых кодами рандомизации, обозначаемых $c_{r,n}$, при этом передаваемый сигнал получается шумоподобным на приемнике, который не синхронизирован или не использует тот же код расширения. Существует три различных способа рандомизации:

- реальная рандомизация с использованием одного кода рандомизации;
- комплексная рандомизация и с использованием пары кодов рандомизации и полным комплексным перемножением;
- рандомизация, зависящая от I/Q с использованием такой пары кодов рандомизации, где один код перемножается с сигналом в ветви I, а другой код – с сигналом в ветви Q.

Возможные конфигурации кодов для QPSK и двойной BPSK, использующие либо реальную, либо комплексную рандомизацию, перечислены в таблице 12.

ТАБЛИЦА 12

Конфигурации кодов расширения и рандомизации

Модуляция данных	Коды расширения	Коды рандомизации	Примечания
QPSK	$c_{s,m} = c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$	Реальная рандомизация
QPSK	$c_{s,m} = c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-2} \neq c_{r,n-1} = c_{r,n-3}$	Комплексная рандомизация
Двойная BPSK	$c_{s,m} = c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$	Различная рандомизация в ветвях I и Q
Двойная BPSK	$c_{s,m} \neq c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-3}, c_{r,n-1} = c_{r,n-2} = 0$	Реальная рандомизация
Двойная BPSK	$c_{s,m} \neq c_{s,m-1}$	$c_{r,n} = c_{r,n-2} \neq c_{r,n-1} = c_{r,n-3}$	Комплексная рандомизация

Вместе со схемой, применяемой для соответствующего наземного радиointерфейса, предлагаются коды с переменным ортогональным коэффициентом расширения (OVSF), основанные на наборе кодов Уолша-Адамара длиной 128 битов для варианта 1,920 Мчип/с и наборе кодов Уолша-Адамара длиной 256 битов для варианта 3,840 Мчип/с.

Прямой канал

Общая форма устройства расширения и модулятора прямого канала показана на рисунке 18. За исключением пилотного канала (PI-CCPCH), могут применяться различные конфигурации кодов расширения и рандомизации. Поскольку одна и та же рандомизация используется одновременно во всех прямых каналах передачи, суммирование выполняется до рандомизации.

Для всех каналов DPCH и CPCH предлагается использовать либо QPSK, либо двойную BPSK и реальную рандомизацию. Обычно в прямом канале одновременно передается множество кодовых каналов, что приводит в любом случае к получению кругового распределения амплитуды I/Q. Следовательно, реальная рандомизация равнозначна то, что требует минимальной сложности.

Использование двойной BPSK уменьшит число ортогональных кодовых каналов до половины, поскольку в ветвях I и Q применяются различные коды расширения. Отдельный код расширения двойной BPSK с независимой рандомизацией I/Q представляет собой способ исключения возможности ограничения кодовой книги за счет повышенной чувствительности к фазовым ошибкам несущей.

Двойная BPSK с реальной рандомизацией используется для пачки импульсов синхронизация (HP-CCPCH). PI-CCPCH преобразуется в код расширения № 0, который представляет собой последовательность из одних единиц. Данные PI-CCPCH являются просто бесконечной последовательностью длиной 1 с, прерываемой в тех слотах, где передается пачка импульсов синхронизации. Таким образом, PI-CCPCH само по себе является кодом рандомизации.

Обратный канал

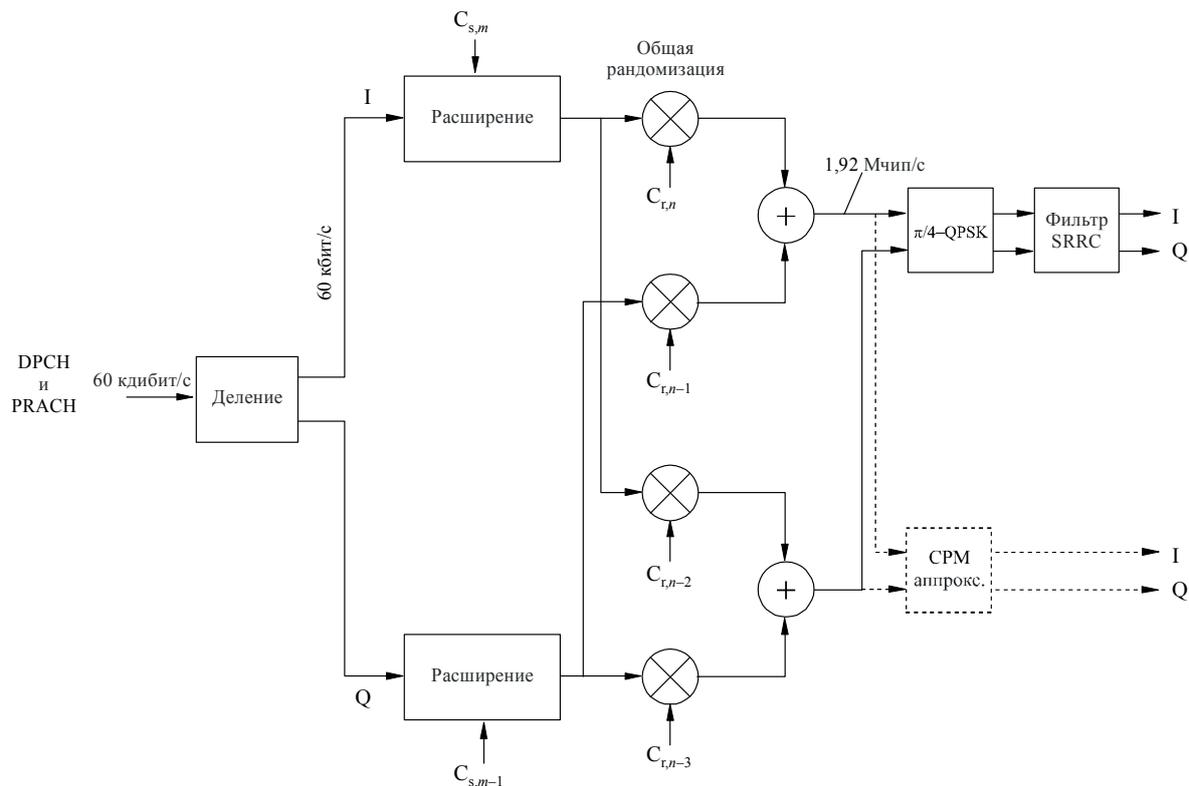
Общая форма устройства расширения и модулятора обратного канала показана на рисунке 19. Как и в прямом канале могут применяться различные конфигурации кодов расширения и рандомизации.

Предлагается использовать либо QPSK, либо двойную BPSK модуляцию данных, обе с комплексной рандомизацией для DPCH. Использование ортогональной двойной BPSK уменьшит число кодовых каналов наполовину. Если размер кодовой книги представляет проблему, можно рассмотреть двойную BPSK с независимым расширением I/Q без уменьшения числа кодовых каналов. Для пачки импульсов случайного доступа (PRACH) предлагается наиболее устойчивая двойная BPSK с комплексной рандомизацией.

В отличие от прямого канала, предлагается модуляция $\pi/4$ -QPSK с расширением для того, чтобы уменьшить флуктуации огибающей. Дополнительно может быть предусмотрена частотная модуляция с предварительной компенсацией (PFM). PFM – это метод модуляции с постоянной огибающей, который может быть разработан для работы со стандартным $\pi/4$ -QPSK приемником с фильтром Найквиста. PFM представляет собой компромисс между помехами по соседнему каналу (полосе частот) (ACI), переходными помехами кодовых каналов и показателем КОБ в условиях белого гауссовского шума (AWGN).

РИСУНОК 19

Общее устройство расширения и модулятор обратного канала
(скорости указаны для варианта 1,920 Мчип/с, коэффициент расширения = 32)



1850-19

Контрольное время и опорные частоты системы

Предполагается, что контрольное время и опорные частоты системы виртуально расположены на спутнике. Это значит, что сигналы, излученные спутником, соответствуют номинальным частотам и времени. В случае прозрачного транспондера станция LES сдвигает моменты времени передачи, частоты, чиповые скорости и т. д. в своей фидерной линии так, чтобы сигналы приходили на требуемый спутник синхронно с номинальным временем и частотой системы. Для абонентских линий могут дополнительно применяться зависящие от луча сдвиги времени и предварительная компенсация сдвигов Допплера. Для обратного канала предполагается, что станция LES управляет синхронизацией отдельных МТ так, что сигналы обратного канала приходят на требуемый спутник в квазисинхронизме с номинальным временем и частотой системы. Для обратных каналов абонентских линий могут дополнительно применяться зависящие от луча сдвиги времени.

Фидерная линия вниз не требует никаких спецификаций в этом контексте, поскольку время распространения сигнала в фидерной линии меняется для всех лучей абсолютно одинаково.

Внутриспутниковая синхронизация между лучами

Предлагается синхронизировать моменты времени передачи (структуру кадра) во всех лучах одного спутника. Будут существовать небольшие преднамеренные фиксированные сдвиги по времени порядка нескольких периодов чипа, позволяющие повторно использовать один код рандомизации во всех лучах одного спутника.

Сдвиги по времени потребуются также и в структуре кадра обратного канала для сигналов, поступающих на спутник из разных лучей, если для всех лучей спутника должен использоваться один код рандомизации. Такие же сдвиги по времени предлагаются и для структуры кадра обратного канала. Станция LES точно также управляет терминалами МТ, поскольку вышеуказанные сдвиги появляются на приемнике LES.

Как правило, будет существовать фиксированный сдвиг между структурой кадра прямого и обратного канала.

Межспутниковая синхронизация в масштабах системы

Предлагается поддерживать синхронизм во времени между всеми спутниками, принадлежащими одной сети SRAN. Это означает, что передачи от разных спутников синхронизированы друг с другом в том, что касается структуры кадра, с точностью порядка MS. В случае прозрачной нагрузки и отсутствия межспутниковых линий, синхронизация в масштабах системы может поддерживаться станциями LES, соединенными друг с другом наземной сетью. Синхронизация во времени ограничивает до минимально возможных значений временные различия между парами спутников. Считается, что это улучшает работу спутников при наличии разнесенных трасс и переключения.

Присвоение кодов рандомизации

Цель внешней рандомизации кода расширения состоит в том, чтобы сделать помехи по соседнему лучу и межспутниковые помехи похожими на шум в любой ситуации и в любое время. Предлагается следующий общий подход к присвоению кодов рандомизации:

- Каждому спутнику, принадлежащему к одной SRAN, присваивается одна особая и одна общая последовательность кода рандомизации (реальная рандомизация), которая должна использоваться в прямом канале.
- Каждому спутнику, принадлежащему к одной SRAN, присваивается специальная пара кодов рандомизации (комплексная рандомизация), которая должна использоваться в обратном канале.
- Особый код рандомизации прямого канала является уникальным в сети SRAN и применяется ко всем передачам в прямом канале, за исключением импульсов синхронизации, всех лучей одного спутника.
- Специальная пара кодов обратного канала является уникальной в сети SRAN и применяется ко всем квазисинхронным и асинхронным передачам в обратном канале всех лучей одного спутника.
- Общий код применяется к прямому каналу синхронизации пачки импульсов (HP-CCPCH) всех лучей всех спутников, принадлежащему к одной SRAN.
- Начало специального и общего кода рандомизации происходит в первом чипе слота № 1 кадра № 0 для трафика, как для синхронного трафика в прямом канале, так и для квазисинхронного трафика в обратном канале. Синхронизация кода рандомизации продолжается на протяжении любого периода передачи HP-CCPCH в прямом канале, или в кадре асинхронного трафика в обратном канале, где квазисинхронный трафик прерывается.
- В случае асинхронного трафика начало последовательностей кода рандомизации специальной пары происходит в первом чипе пачки импульсов случайного доступа.

Использование общего кода рандомизации для пачек импульсов синхронизации упрощает прием прямого канала и позволяет декодировать HP-CCPCH при наличии минимальной системной информации. С таким подходом неизбежна случайная дерандомизация из-за помех в случае приема HP-CCPCH. Для того чтобы уменьшить вероятность приема ошибок или потери сообщений в зонах с наложением задержек, свойственных сценариям с несколькими спутниками, предлагается искусственно менять мощность пачек импульсов синхронизации, передаваемых с различных спутников примерно на 6 дБ так, чтобы в каждый момент времени только один из обслуживающих спутников передавал бы сигнал с полной мощностью. Изменение мощности будет применяться только в тех лучах, которые охватывают зоны с перекрытием.

Прием и синхронизация в прямом канале

Предлагается следующая процедура приема и синхронизации в прямом канале:

- Станция MES первоначально входит в синхронизацию в прямом канале (по времени и частоте), используя периодические сигналы SW, передаваемые в слоте № кадра № 0. Расширенный SW имеет длину $32 \times 30 = 960$ чипов (для варианта с половинной скоростью) и он общий для всех лучей и всех спутников.
- Если обнаружено несколько сигналов SW от разных лучей или спутников, то для установления синхронизации частоты, кадров, символов и чипов она выбирает один, связанный с наибольшим пиком корреляции.
- Станция MES использует общий пилотный канал (PI-CCPCH) для выделения кода рандомизации, уникального для конкретного спутника при помощи корреляции принимаемого сигнала относительно всех возможных последовательностей рандомизации, используемых в сети SRAN.
- Станция MES пытается улучшить синхронизацию времени и частоты, используя PI-CCPCH.
- Станция MES считывает BCCH, переданный в кадре № 0 в основном CCPCH, для получения соответствующей высокоуровневой информации синхронизации и системной информации.

Синхронизация обратного канала

Предлагается следующая процедура для начального доступа, синхронизации и отслеживания обратного канала:

- Станция MES разрешается доступ к LES только после того, как успешно установлена синхронизация прямого канала.
- Станция MES считывает информацию о мгновенном сдвиге Допплера и задержке по времени в центральной точке луча, которая передается станцией LES в кадре № 0.
- Станция MES применяет предварительную компенсацию сдвига Допплера и опережение, так что пачка импульсов случайного доступа принимается на спутнике с минимальным сдвигом Допплера и минимальной ошибкой по времени. Станция MES затем вычисляет предварительную компенсацию частоты и синхронизации, которые должны применяться в обратном канале, используя информацию, собранную в прямом канале.
- Станция MES передает в кадре № 0 пачку импульсов случайного доступа с предварительной компенсацией в рассчитанный момент времени. Рассчитанное время для пачек импульсов случайного доступа может быть дополнительно слегка рандомизировано во избежание скопления помех в кадре асинхронного трафика. Однако эти сдвиги должны быть указаны в содержании пачки импульсов случайного доступа.
- Если станция LES успешно приняла пачку импульсов случайного доступа, она оценивает время и частоту, измеряет остаточные ошибки синхронизации и сдвига Допплера, и передает на станцию MES информацию о присвоении каналов, а также корректировки времени и частоты, используя ССПСН.
- После успешного приема сообщения прямого канала, станция MES корректирует предварительную компенсацию сдвига Допплера и время передачи чипов, и начинает передавать пачки импульсов в присвоенных слотах времени в пределах кадров квазисинхронного трафика. Передачу в обратном канале теперь можно считать квазисинхронной по отношению к другому трафику, поступающему на LES. Можно считать, что сдвиг Допплера в обратном канале полностью предварительно скомпенсирован относительно несущей частоты и чиповой синхронизации.
- Станция MES непрерывно отслеживает несущую частоту и чиповую синхронизацию в прямом канале и при получении команд TFC, которые непрерывно передаются станцией LES, корректирует несущую частоту и чиповую синхронизацию обратного канала.

Понимая, что требуемая точная синхронизация может быть случайно потеряна, например, из-за затенения, определяется также и процедура повторного приема для быстрого восстановления синхронизации.

Потеря синхронизации может быть определена на станции LES или на станции MES по тому факту, что значение КОБ, измеренное для нескольких принятых пачек импульсов, превышает определенный порог. В случае потери синхронизации станция LES может инициировать процедуру повторного приема. Процедура повторного приема аналогична процедуре приема в прямом и обратном канале, и предлагается в следующем виде:

- Станция LES запрашивает повторный прием, используя выделенный логический канал управления сразу после потери синхронизации обратного канала.
- После приема запроса на повторный прием или после обнаружения потери синхронизации на месте станция MES немедленно прекращает передачу трафика и, при необходимости, пытается восстановить синхронизацию прямого канала, для этой цели может быть достаточным использовать общий пилот-сигнал.
- В любом случае, станция MES передает подтверждение повторного приема только после получения запроса от станции LES, используя пачку импульсов случайного доступа. Поскольку можно предположить, что неопределенность синхронизации невелика по сравнению со случаем первоначального доступа, для этой цели могут использоваться специальные сегменты кадра, расположенные вблизи границ кадра асинхронного трафика, которые менее загружены.
- После полного восстановления синхронизации, передача трафика продолжается. Станция LES продолжает передавать команды TFC для отслеживания синхронизации обратного канала.

Квазисинхронный обратный канал с W-C/TDMA

Преимущество квазисинхронного обратного канала состоит в том, что межлучевые помехи поддерживаются на минимальном уровне, таким образом, допускаются более высокие уровни межлучевых и межспутниковых помех. Его недостаток состоит в необходимости иметь точное управление синхронизацией со стороны LES. Учитывая разнесение мультиспутниковых трасс, только часть станций MES будут синхронизированы с одним спутником. А именно те, что назначены этому спутнику сетью SRAN. Сигналы обратного канала остальных станций MES, которые присвоены другим спутникам, должны будут приниматься асинхронно.

Режим работы FDD/TDD

Предлагаемая схема W-C/TDMA предназначена для поддержки терминалов, работающих в дуплексном режиме с разделением по частоте/времени. Чистый режим TDD, использующий одну несущую частоту в обоих направлениях передачи, предлагаемый ETSI для наземной компоненты, здесь не рассматривается.

Станция MES, работающая с разделением по частоте/времени, передает и принимает сигналы в разные периоды времени и на разных несущих частотах, но никогда в один и тот же момент времени. Для таких станций MES требуются более простые дуплексеры на входе антенны.

В отличие от наземных сетей, для спутников на негеостационарной орбите время распространения сигнала может существенно меняться в пределах области засветки луча во время соединения. Станция LES управляет синхронизацией обратного канала так, чтобы кадровая синхронизация сигналов, приходящих на спутник, поддерживалась на сдвиге, определяемом лучом.

Как правило, также будет существовать неизвестный, но фиксированный сдвиг между структурами кадра прямого и обратного канала одного луча. Поскольку на спутнике (LES) поддерживается фиксированная синхронизация обратного канала, то для наблюдателя на станции MES при изменении длины трассы кадры синхронизации обратного канала будут непрерывно смещаться относительно кадров прямого канала. На протяжении того времени, когда станция MES перемещается в пределах зоны засветки одного луча, сдвиг кадров может меняться приблизительно до 12 мс, в зависимости от спутниковой системы. Соответствующий сдвиг кадра на станции MES, работающей в режиме FDD/TDD, предполагает требование по регулярному переприсвоению слотов для того чтобы предотвратить конфликт передача/прием. Режим FDD/TDD подходит, главным образом, для носимых терминалов.

4.3.2.2.3 Функции терминала

W-C/TDMA поддерживает четыре класса станций MES: носимые (H), автомобильные (V), перевозимые (T) и фиксированные (F). В таблице 13 показаны функции терминалов для каждого класса терминалов.

ТАБЛИЦА 13

Услуги в канале передачи данных

Скорость передачи данных в канале (кбит/с)	Поддерживаемое QoS	Класс MES
1,2	10^{-6}	H,V,T,F
2,4	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
4,8	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
9,6	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
16	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	H,V,T,F
32	$10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
64	$10^{-5}, 10^{-6}$	V,T,F
144	$10^{-5}, 10^{-6}$	T,F

4.3.2.3 РЧ спецификации

4.3.2.3.1 Спутниковая станция

РЧ спецификации спутниковой станции зависят от реальной архитектуры космического сегмента.

4.3.2.3.2 MES

В таблице 14 приведены РЧ спецификации для различных классов станций MES.

ТАБЛИЦА 14
РЧ спецификации станций MES

РЧ параметр	Класс MES		
	Н	V	T
Ширина полосы канала (кГц)	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾	2 350 ⁽¹⁾ , 4 700 ⁽²⁾
Стабильность частоты на линии вверх (ppm)	3	3	3
Стабильность частоты на линии вниз (ppm)	0,5	0,5	0,5
Максимальная э.и.и.м. (дБВт)	8,0 ⁽³⁾ , 12,0 ⁽⁴⁾	11,0 ⁽³⁾ , 18,0 ⁽⁴⁾	20,0 ⁽³⁾ , 20,0 ⁽⁴⁾
Средняя э.и.и.м. на канал (дБВт)	(5)	(5)	(5)
Усиление антенны (дБи)	2,0	2,0 ⁽⁶⁾ , 8,0 ⁽⁷⁾	4,0 ⁽⁶⁾ , 25,0 ⁽⁷⁾
Диапазон регулировки мощности (дБ)	20,0	20,0	20,0
Шаг регулировки мощности (дБ)	0,2/1	0,2/1	0,2/1
Скорость регулировки мощности (Гц)	50 ÷ 100	50 ÷ 100	50 ÷ 100
Развязка передача/прием (дБ)	> 169	> 169	> 169
G/T (дБ/К)	-23,0 ⁽⁶⁾ , -22,0 ⁽⁷⁾	-23,5 ⁽⁶⁾ , -20,0 ⁽⁷⁾	-23,5 ⁽⁶⁾ , -20,0 ⁽⁷⁾
Компенсация сдвига Допплера	Да	Да	Не применимо
Ограничение подвижности (максимальная скорость (км/ч))	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	250 ⁽¹⁾ , 500 ⁽²⁾	Не применимо

(1) При 1,920 Мчип/с.

(2) При 3,840 Мчип/с.

(3) Режим FDD/TDD.

(4) Режим FDD.

(5) В зависимости от характеристик спутниковой станции.

(6) Типовое значение для группировки LEO.

(7) Типовое значение для группировки GEO.

4.3.2.4 Спецификации полосы групповых частот

В таблице 15 приводятся результирующие характеристики полосы групповых частот W-C/TDMA.

ТАБЛИЦА 15

Характеристики полосы групповых частот

ВВ-1	Многостанционный доступ	
ВВ-1.1	Метод	<p>Прямой канал: Гибридный широкополосный Ортогональный CDM/TDM (W-O-C/TDM)</p> <p>Обратный канал: Гибридный широкополосный Квазисинхронный квазиортогональный CDMA/TDMA (W-QS-QO-C/TDMA)</p>
ВВ-1.2	Чиповая скорость	3,840 Мчип/с или 1,920 Мчип/с
ВВ-1.3	Слоты времени	8 слотов времени в кадре
ВВ-2	Тип модуляции	<ul style="list-style-type: none"> – QPSK или двухкоддовая BPSK на линии вверх – QPSK или BPSK (низкоскоростная) на линии вниз
ВВ-3	Динамическое распределение каналов (да/нет)	Нет
ВВ-4	Метод дуплексного разнеса (например FDD, TDD)	FDD или FDD/TDD
ВВ-5	Упреждающая коррекция ошибок	<ul style="list-style-type: none"> – Стандартное качество: конволюционное кодирование с коэффициентом кода 1/3 или 1/2 ограниченной длины $k = 9$. Переменное повторение прореживания для соответствия требуемой информационной скорости – Высокое качество: конкатентный код RS поверх $GF(2^8)$, объединенный с внутренним конволюционным кодом с коэффициентом кода 1/3 или 1/2, ограниченной длины $k = 9$ Как вариант – турбокодер
ВВ-6	Перемежение	<ul style="list-style-type: none"> – Перемежение на основе отдельной пачки импульсов (по умолчанию) – Перемежение на основе нескольких пачек импульсов (дополнительно)
ВВ-7	Требуемая синхронизация между спутниками	<ul style="list-style-type: none"> – Требуется синхронизация между станциями LES, работающими в одном канале различных спутников – Не требуется синхронизации между станциями LES, работающими в различных каналах одного спутника

4.3.2.5 Подробные спецификации

Подробная спецификация радиointерфейса W-C/TDMA основана на следующих документах:

- *Физический уровень*: сама последняя версия документации по W-C/TDMA, взятая из серии 25.200 (см. Примечание 1).
- *Протоколы*: самые последние версии проектов спецификаций 25.300 (см. Примечание 2).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Этот набор подробных спецификаций в настоящее время разрабатывается в Рабочей группе ETSI TC-SES S-UMTS в составе семейства добровольных стандартов спутникового радиointерфейса IMT-2000. Эта спецификация также будет содержать общее описание физического уровня радиointерфейса W-C/TDMA.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Разработаны в 3GPP RAN TSG. Эти документы можно найти по адресу: <http://www.3gpp.org/RAN> и <http://www.3gpp.org/RAN4-Radio-performance-and>. Эта спецификация описывает документы, создаваемые в Рабочей группе 3GPP TSG RAN WG 4.

4.3.3 Спецификации спутникового радиointерфейса С

Спутниковый радиointерфейс SAT-CDMA должен предоставлять различные новейшие услуги подвижной электросвязи, определенные для спутниковой составляющей IMT-2000 с максимальной скоростью передачи данных 144 кбит/с для группировок LEO и 384 кбит/с для группировок GEO.

Эта система может применяться для спутников LEO и GEO для глобальной международной электросвязи.

Основная техническая схема в SAT-CDMA – это широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов (W-CDMA), у которого чиповая скорость составляет 3,84 Мчип/с.

Эта система будет разработана для обеспечения большей степени общности с наземной компонентой IMT-2000.

4.3.3.1 Архитектурное описание

4.3.3.1.1 Для спутников LEO

4.3.3.1.1.1 Группировка

Спутниковая группировка состоит из 48 спутников, работающих на орбите LEO высотой 1600 км над уровнем Земли. Для того чтобы получить большой угол места, экономичную разработку спутниковой группировки, услуги с высокими скоростями передачи данных, маломощные станции MES и спутниковые станции, и допустимый уровень излучения, предполагается разумным использовать спутники LEO на высоте 1600 км. Спутники размещаются в 8 орбитальных плоскостях с наклоном 54°. В каждой орбитальной плоскости имеется 6 равномерно распределенных спутников. Спутники совершают оборот вокруг орбиты за 118,2 минут. Конфигурация спутниковой группировки позволяет обслуживать области между 69° ю. ш. и 69° с. ш. с минимальным углом места абонентских линий 15°. Минимальный угол места для фидерных линий составляет 10°, а также имеются межспутниковые линии связи. Перечень параметров, определенных для этой конфигурации, описан в таблице 16.

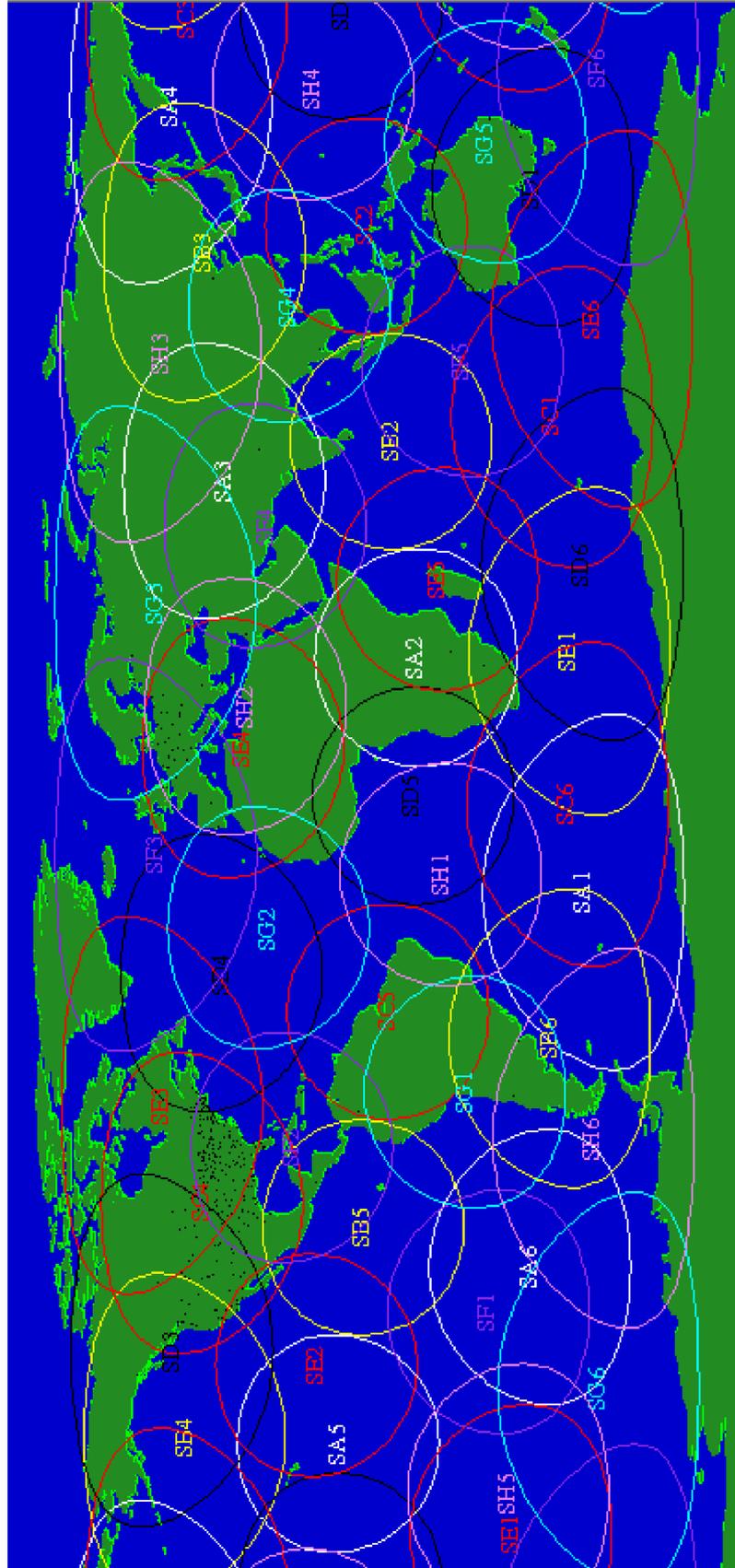
ТАБЛИЦА 16

Конфигурация спутниковой группировки

Конфигурация орбиты	LEO
Высота орбиты (км)	1 600
Наклон орбиты (градусы)	54
Количество орбитальных плоскостей	8
Количество спутников в орбитальной плоскости	6
Фазовый сдвиг между соседними спутниками на орбите (градусы)	7,5
Орбитальный период (минуты)	118,2

На рисунке 20 показана область покрытия абонентских линий спутников при минимальном угле места = 15°. Минимальный угол места, поддерживаемый в плотно заселенных районах, которые находятся на широтах между 30° и 60°, превышает 20°, а среднее значение угла места в этой области превышает 40°, как показано на рисунке 21.

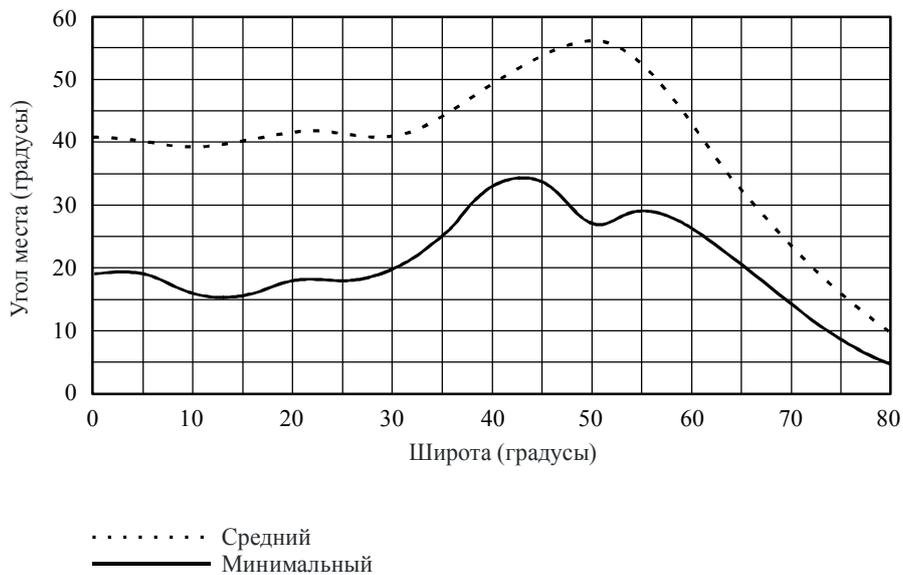
РИСУНОК 20
Область покрытия абонентских линий для спутников
при минимальном угле места = 15°



1850-20

РИСУНОК 21

Распределение минимального и среднего угла места
как функция от широты

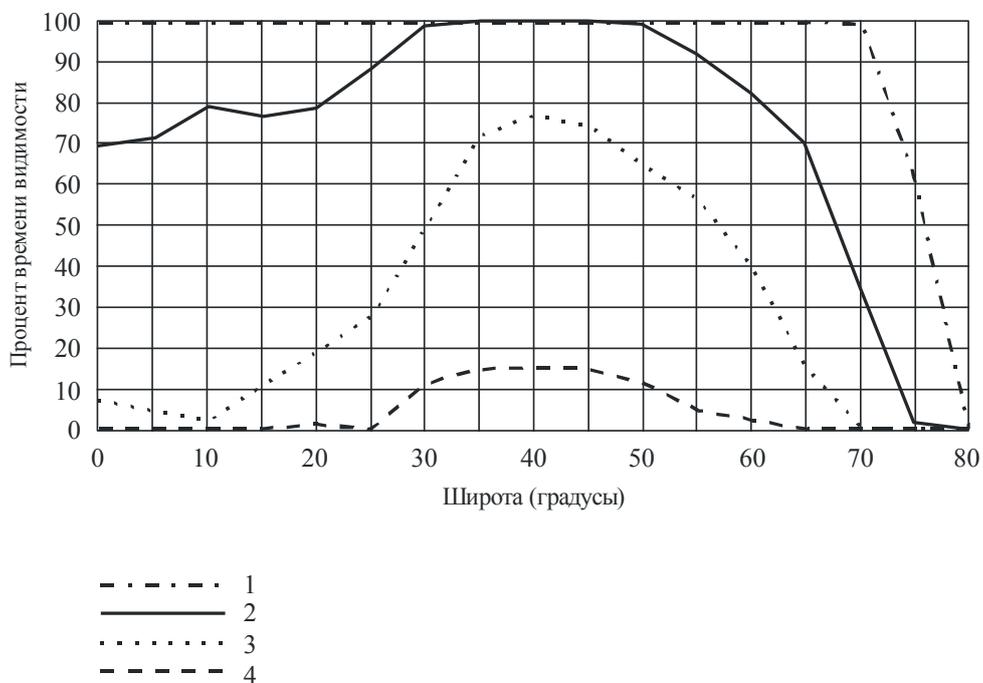


1850-21

На рисунке 22 показаны проценты от времени видимости спутника для разного числа спутников (1–4). С ростом широты видно, что минимальный угол места равен 15° , процент времени, когда возможен доступ к более чем двум спутникам превышает 98% в областях с широтами между 30° и 50° .

РИСУНОК 22

Проценты от времени видимости спутника
с минимальным углом места более 15°



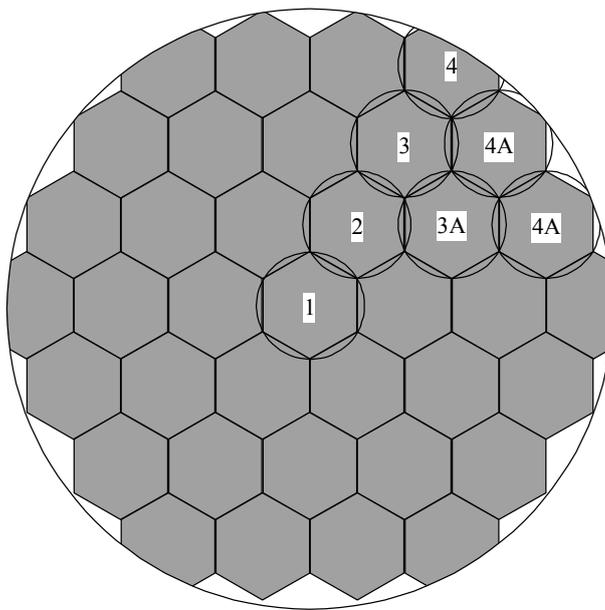
1850-22

4.3.3.1.1.2 Спутники

Каждый спутник обеспечивает покрытие для терминала пользователя подвижной связи при помощи набора из 37 фиксированных точечных лучей с перекрытием охвата. На рисунке 23 показан образец зоны покрытия спутниковых точечных лучей, с радиусом порядка 2721,4 км. Диаметр каждого луча описан в таблице 17. Для пересечения области охвата спутника требуется примерно 16 минут.

РИСУНОК 23

Образец точечных лучей одного спутника



1850-23

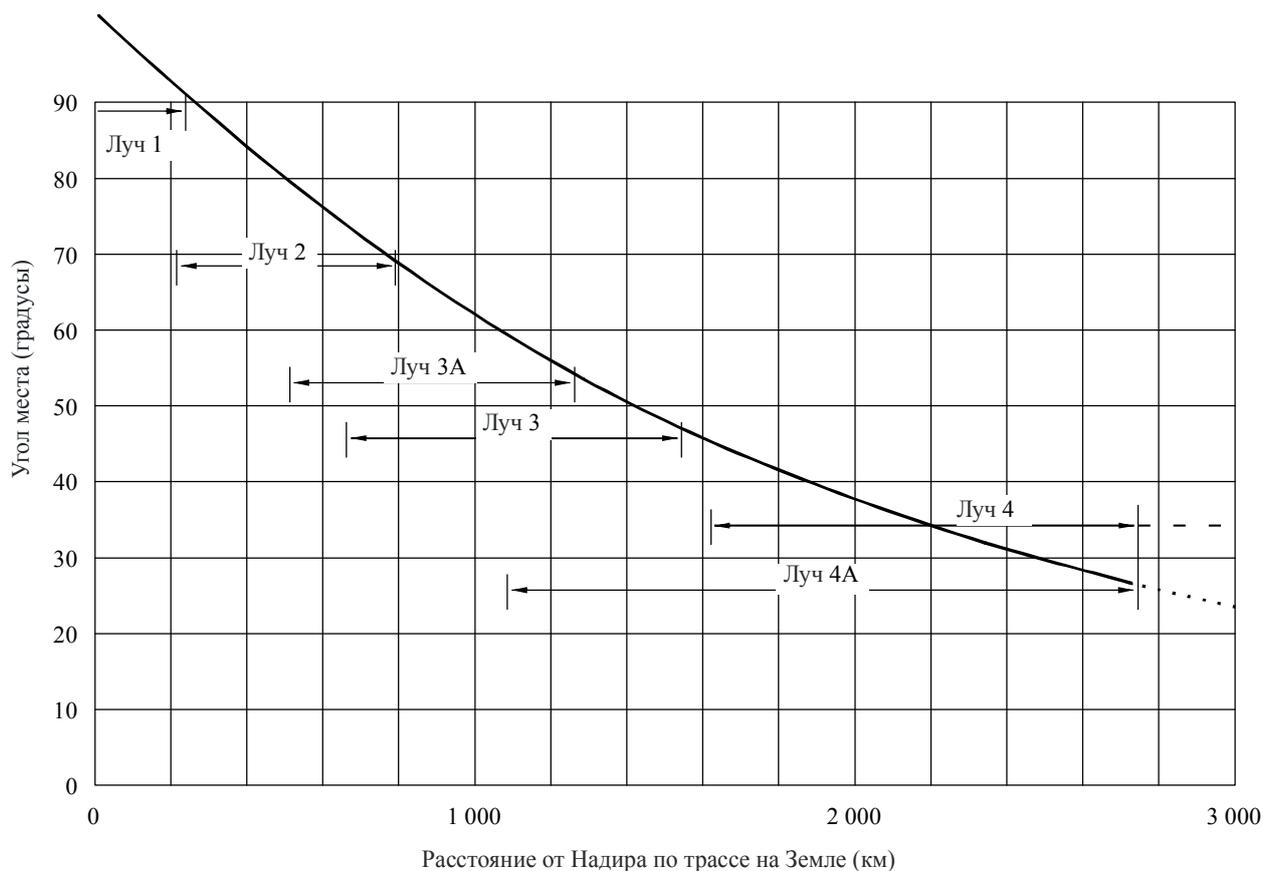
ТАБЛИЦА 17

Размер точечного луча

Тип точечного луча	Размер точечного луча (км)
1	519,6
2	584,6
3A	763,8
3	893,1
4	1 310,1
4A	1 654,0

РИСУНОК 24

Позиция точечного луча от Надира на Земле и обеспечиваемый угол места



1850-24

4.3.3.1.2 Для спутников GEO

Варианты архитектуры для спутников GEO включают конфигурацию с глобальным лучом, многолучевую конфигурацию со спутником и многолучевую конфигурацию с несколькими спутниками.

4.3.3.2 Описание системы

4.3.3.2.1 Функции услуг

4.3.3.2.1.1 Базовые услуги в канале передачи данных

Базовые услуги в канале передачи данных, которые должны поддерживаться интерфейсом SAT-CDMA, включают передачу голоса и данных, причем скорости передачи данных лежат в диапазоне от 2,4 кбит/с до 64 кбит/с.

4.3.3.2.1.2 Пакетные услуги передачи данных

Пакетные услуги передачи данных будут предоставляться на скоростях передачи от 2,4 кбит/с до 144 кбит/с для спутников LEO и 384 кбит/с для спутников GEO.

4.3.3.2.1.3 Телеуслуги

Телеуслуги включают в себя передачу речи, например экстренные вызовы, службу передачи коротких сообщений, факсимильную передачу, услугу видеотелефонной связи, услугу пейджинга и т. д.

4.3.3.2.1.4 Услуга пейджинга глубокого проникновения

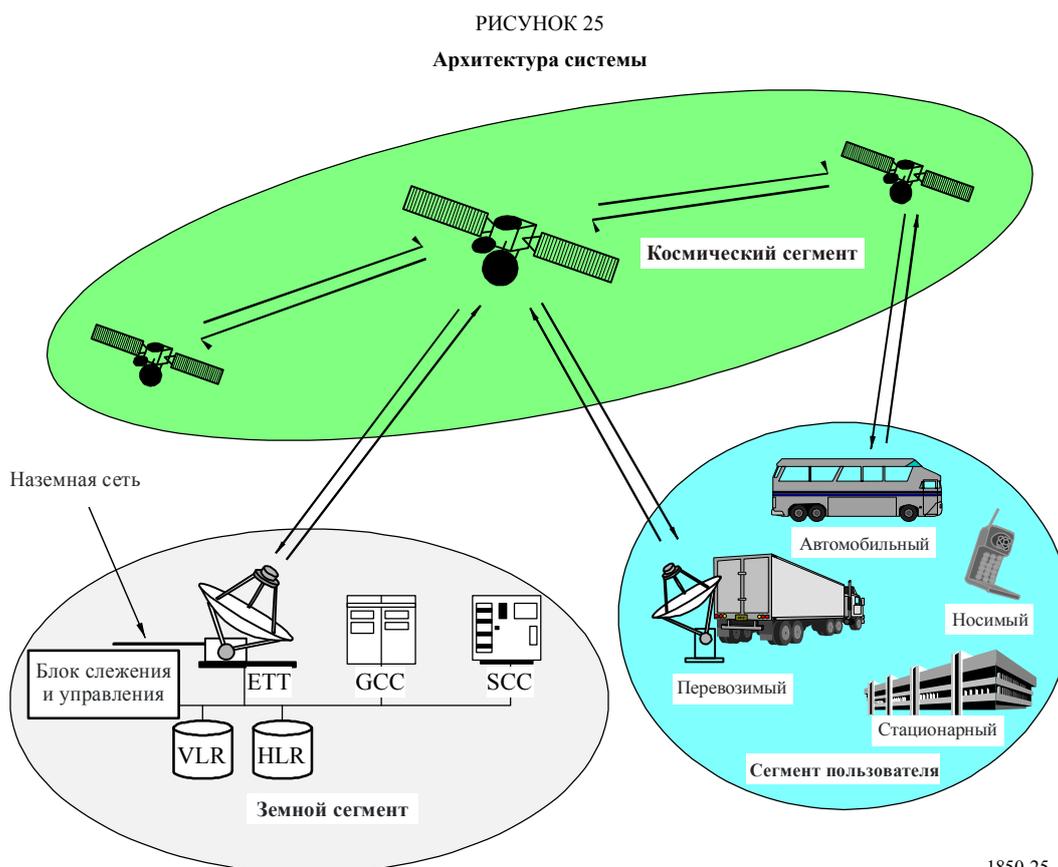
Услуга пейджинга глубокого проникновения будет предоставляться для связи с пользователем подвижного терминала, расположенным в таких местах, как, например, в глубине здания, где обычные услуги не могут быть предоставлены.

4.3.3.2.1.5 Услуга мультимедийной радиовещательной и многоадресной передачи (MBMS)

Услуга мультимедийной радиовещательной и многоадресной передачи включает однонаправленные услуги передачи из пункта во множество пунктов, в которых данные передаются от одного источника группе пользователей, находящихся в определенной области, например услуги передачи файлов или потоковой передачи, и т. д. Она может использовать обратный канал для передачи управляющей информации, такой как запросы пользователей.

4.3.3.2.2 Функции системы

Система SAT-CDMA состоит из трех элементов: космический сегмент, сегмент пользователя и земной сегмент. Архитектура системы показана на рисунке 25.



Космический сегмент для LEO содержит спутниковую группировку, которая состоит из 48 спутников на орбите LEO высотой 1600 км. Спутники размещены на 8 орбитальных плоскостях с наклоном 54° . Спутники в каждой орбитальной плоскости распределены равномерно. Спутники совершают оборот вокруг Земли за 118,2 минут. Космический сегмент для GEO содержит конфигурацию с глобальным лучом, многолучевую конфигурацию со спутником и многолучевую конфигурацию с несколькими спутниками.

Нагрузка спутника состоит из транспондеров с блоками обработки на борту и обеспечивает линии подвижной связи для терминалов пользователя в полосе частот 2,5 ГГц, фидерные линии для шлюзов в полосе 4/6 ГГц и межспутниковые линии в полосе 60 ГГц.

Земной сегмент включает станции LES, центры управления спутником (SCC) и земной центр управления (GCC).

4.3.3.2.3 Функции терминала

4.3.3.2.3.1 Для спутников LEO

Среди типов терминалов пользователя имеются носимые устройства, перевозимые устройства, автомобильные устройства стационарные устройства.

ТАБЛИЦА 18

Ограничение подвижности для каждого типа терминала для спутников LEO

Тип терминала	Применяемая скорость передачи данных абонента (кбит/с)	Номинально ограничение подвижности (км/ч)
Носимый	2,4–16	500
Автомобильный	2,4–32	500 (максимум 1 000)
Перевозимый	2,4–64	0
Стационарный	2,4–144	0

4.3.3.2.3.2 Для спутников GEO

Среди типов терминалов пользователя имеются носимые устройства, портативные устройства, автомобильные устройства, перевозимые устройства и устройства воздушного базирования.

ТАБЛИЦА 18a

Ограничение подвижности для каждого типа терминала для спутника GEO

Тип терминала	Применяемая скорость передачи данных абонента (кбит/с)	Номинально ограничение подвижности (км/ч)
Носимый	2,4–32	500
Портативный	2,4–64	500
Автомобильный	2,4–144	500 (максимум 1 000)
Перевозимый	2,4–384	0
Воздушный	2,4–64	1 000

4.3.3.2.4 Переключение

SAT-CDMA будет поддерживать переключение связи из одного радиоканала спутника в другой. Стратегия переключения – это переключение на основе решения сети с содействием подвижной станции.

4.3.3.2.4.1 Межлучевое переключение

Требуется, когда станция MES переходит из зоны покрытия одного луча в зону другого в результате движения MES или спутника. MES контролирует уровни пилот-сигнала из соседних лучей и сообщает сети, когда пилот-сигнал пересекает или находится выше заданного набора порогов. На основе этой информации и знания об эфемеридах спутника, сеть может принять решение передавать ту же информацию в двух различных лучах и приказывает станции MES демодулировать дополнительные сигналы. Когерентное комбинирование различных сигналов выполняется на станции MES с помощью метода комбинирования по максимальному отношению (MRC). Как только сеть получает от станции MES информацию, что новый сигнал принят, она освобождает прежний канал.

4.3.3.2.4.2 Межспутниковое переключение

Межспутниковое переключение требуется, когда и станция MES, и станция LES находятся в области перекрытия областей обслуживания двух или нескольких спутников, и связь должна быть передана от одного спутника другому для сохранения непрерывности соединения между MES и LES, и для обеспечения разнесения трасс. У станции MES есть еще два ресурса, распределенных по разным спутникам, и она мониторит уровни пилот-сигнала с соседних спутников и сообщает сети. На основе этой информации и знания об эфемеридах спутника, сеть может принять решение передавать ту же информацию через два различных спутника и приказывает станции MES демодулировать дополнительные сигналы. В этом случае используется разнесения спутниковых трасс. Когда первый спутник пропадает из зоны видимости, требуется межспутниковое переключение, после чего первый канал может быть освобожден, когда принят сигнал второго спутника.

4.3.3.2.4.3 Переключение между станциями LES

В том случае, когда требуется межспутниковое переключение, но новый спутник еще не вошел в связь с той же LES, что и предыдущий спутник, требуется одновременное переключение между станциями LES.

Переключение между станциями LES должно быть согласовано между станциями LES. Новая LES начинает передачу своей несущей в направлении на станцию MES, которая одновременно получает указание от старой LES искать сигнал новой LES. Когда старая LES получает от станции MES подтверждение того, что сигнал от новой станции принят, старая LES прекращает передачи в направлении на станцию MES.

4.3.3.2.5 Разнесение спутников

В обычной ситуации станция MES беспрепятственно видит спутник и принимает чистый сигнал с направления прямой видимости, в отличие от типовых наземных каналов связи. Имеется также многолучевый сигнал, отражающийся от земной поверхности и соседних объектов, который превращает результирующий сигнал в сумму прямого сигнала и сигнала Рисиана с рассеянным отражением. Однако этот многолучевой сигнал является рассеянным и отраженным на достаточно коротких расстояниях. Неопределенность такого многолучевого сигнала не может быть разрешена с использованием хорошо известного в наземных сотовых сетях метода с приемником RAKE. К счастью, эта рассеянная многолучевая энергия обычно достаточно мала. Несмотря на тот факт, что для противодействия многолучевости приемник RAKE неэффективен, он, тем не менее, незаменим.

На основании того факта, что имеются зоны покрытия, созданные лучами, как минимум, двух различных спутников, в системе SAT-CDMA каждому спутнику может быть присвоен один приемник MES в прямом направлении, и мощность двух спутников эффективно комбинируется с использованием метода комбинирования с максимальным отношением.

Это множественное спутниковое разнесение играет двойную роль. Во-первых, оно уменьшает вероятность затенения за счет повышения вероятности того, что хотя бы один спутник будет находиться на линии беспрепятственной прямой видимости. Кроме того, он вводит искусственную многолучевость, которая позволяет использовать в приемнике MES указанный искусственный приемник RAKE. Имеется и классическое преимущество разнесения. То есть, увеличивается не только средняя принимаемая мощность, но также и уменьшаются флуктуации вокруг среднего значения.

4.3.3.3 РЧ спецификации

4.3.3.3.1 Терминал пользователя

4.3.3.3.1.1 Для спутников LEO

Носимый терминал пользователя (UT) будет предоставлять голосовые услуги и низкоскоростные услуги передачи данных для пользователей персональной связи.

Антенна носимого UT имеет почти всенаправленную диаграмму усиления в полусфере. Требование по минимальной э.и.и.м. определяется, исходя из требований безопасности пользователя. Отношение G/T определяется, исходя из необходимости иметь почти всенаправленную антенну. Максимальная скорость передачи данных, которую должен поддерживать носимый терминал, может быть определена равной 16 кбит/с.

Автомобильные терминалы физически монтируются на автомобиле. Антенна монтируется снаружи автомобиля, и сигнал на терминал подается по физическому соединению с автомобилем. Носимые и портативные терминалы могут использоваться внутри автомобиля, и могут быть разработаны специальные терминалы для двойного использования (носимые/монтируемые на автомобиль или портативные/монтируемые на автомобиль). Транспортным средством может быть автомашина, мотоцикл, грузовик, автобус, судно, воздушной судно.

Максимальная скорость передачи данных, которую должен поддерживать автомобильный терминал, может быть определена равной 32 кбит/с.

Существуют большие тяжеловесные станции MES, которые нельзя носить в руках, и питание для которых, как правило, подается от некоторого внешнего источника. Перевозимый терминал может работать в качестве стационарного терминала, так как его можно привезти в точку расположения и включить для работы. Максимальная скорость передачи данных, которую должен поддерживать перевозимый терминал, может быть определена равной 64 кбит/с.

Эти терминалы работают из фиксированного местоположения, и питание обычно подается от внешнего источника. Стационарные терминалы могут использоваться для того, чтобы обеспечить предоставление услуг на оборудование стационарных терминалов и для соединения выделенных офисных АТС (УАТС). Стационарные терминалы могут также работать как стыковочный узел для лэптопов.

ТАБЛИЦА 19

Характеристики УТ для спутников LEO

Тип терминала	Носимый	Автомобильный	Перевозимый	Стационарный
Максимальная э.и.и.м. (дБВт)	2,0	15,8	21,0	36,0
Максимальная мощность (Вт)	1,0	14,8	17	20,0
Усиление антенны (дБи)	2,0	2,0	4,0	23,0
Температура приемника (К)	300	300	300	500
G/T (дБ/К)	-22,8	-22,8	-20,8	-4,0

4.3.3.3.1.2 Для спутника GEO

Использование стандартизированных носимых устройств 3G в условиях спутниковой связи требует адаптации к точности частоты в полосе подвижной спутниковой службы (ПСС). Базовым предположением является UE с классом мощности 1, 2, 3, оборудованный ненаправленной антенной.

Портативные устройства встраиваются в ноутбуки, к которым присоединяется внешняя антенна.

Автомобильные устройства получают в результате установки РЧ модуля на крышу автомобиля и соединения его с UE в кабине.

Перевозимые устройства встраиваются в ноутбук, крышка которого содержит плоскую микрополосковую антенну, направленную в сторону спутника.

Устройства воздушного базирования создаются путем установки антенны на верхнюю часть фюзеляжа.

ТАБЛИЦА 19a

Характеристики типов УТ для группировки GEO

Тип терминала	Носимый			Порта- тивный	Автомобильный	Пере- возимый	Воздушный
	Класс 1	Класс 2	Класс 3				
Максимальная э.и.и.м. (дБВт)	3,0	-3,0	-6,0	5,0	13,0	17,0	6,0
Максимальная мощность (Вт)	2,0	0,5	0,25	2,0	8,0	2,0	2,0
Усиление антенны (дБи)	0	0	0	2,0	4,0	14,0	3,0
Температура приемника (К)	290	290	290	200	250	200	
G/T (дБ/К)	-33,6	-33,6	-33,6	-26,0	-25,0	-14,0	

4.3.3.3.2 Спутник

4.3.3.3.2.1 Для спутников LEO

ТАБЛИЦА 20

Информация о спутнике

Номинальная э.и.и.м. (дБВт)	9,6
Усиление антенны приемника (дБи)	20
Шумовая температура (К)	500
G/T (дБ/К)	-7,0

4.3.3.3.2.2 Для спутников GEO

ТАБЛИЦА 20а

Информация о спутнике для конфигурации глобального луча с одним спутником

Номинальная э.и.и.м. (дБВт)	64
Усиление антенны приемника (дБи)	30
Шумовая температура (К)	550
G/T (дБ/К)	2,6

ТАБЛИЦА 20б

Информация о спутнике многолучевой конфигурации с одним спутником

Номинальная э.и.и.м. (дБВт)	64–74
Усиление антенны приемника (дБи)	36–39
Шумовая температура (К)	550
G/T (дБ/К)	8,6–11,6

ТАБЛИЦА 20с

Информация о спутнике многолучевой конфигурации с несколькими спутниками

Номинальная э.и.и.м. (дБВт)	74
Усиление антенны приемника (дБи)	42–47
Шумовая температура (К)	550
G/T (дБ/К)	14,6–19,6

4.3.3.3.3 Ширина полосы канала

Ширина полосы канала приблизительно равна 5 МГц.

4.3.3.3.4 Регулировка мощности

Предварительно определенный размер шага регулировки мощности составляет 0,25 дБ и 1 дБ. Из-за ограничений усилителя носимого терминала, ожидается, что динамический диапазон регулировки мощности будет менее 20 дБ.

Задержки на полной трассе могут ограничить работу быстрой регулировки мощности по замкнутой цепи. Однако может быть достаточно передавать в кадре 10 длиной мс одну команду регулировки мощности (2 бита).

4.3.3.3.5 Стабильность частоты

Стабильность частоты на линии вверх и вниз составляет 1 и 0,1 ppm, соответственно.

4.3.3.3.6 Компенсация сдвига Доплера

4.3.3.3.6.1 Для спутников LEO

В системе SAT-CDMA для спутников LEO, компенсация сдвига Доплера выполняется одновременно на передатчике (предварительная компенсация) и на приемнике (посткомпенсация).

Предварительная компенсация необходима из-за ограничений посткомпенсации, она уменьшает нагрузку на посткомпенсацию. Сдвиг Допплера компенсируется при помощи регулировки частоты передачи в соответствии с прогнозом, полученным исходя из знания местоположений передатчика и приемника, а также местоположения и скорости движения спутника.

Для посткомпенсации требуется два этапа процедур восстановления несущей частоты: грубая и тонкая компенсация.

Грубая компенсация выполняется одновременно с получением и синхронизацией PN кода, поскольку один из этих параметров легко получается после определения второго. Рекомендуется использовать двумерный алгоритм поиска для получения и синхронизации PN кода, и сдвига Допплера. Он рассчитывает спектр сигнала, восстановленного после расширения с применением быстрого преобразования Фурье (БПФ) и грубо оценивает сдвиг Допплера, обнаруживая частоту с максимальной мощностью сигнала на выходе БПФ. Получение синхронизации PN кода выполняется путем отыскания синхронизации PN кода, для которого максимальная мощность сигнала превосходит заданный порог.

Для тонкой компенсации сдвига Допплера рекомендуется структура замкнутой цепи, а также рекомендуется использовать алгоритм обнаружения частоты на базе БПФ в частотной области, поскольку он минимизирует сложность цепи и потребление мощности, когда объединен с вышеупомянутым двумерным алгоритмом поиска.

4.3.3.3.6.2 Для спутников GEO

Сдвиг Допплера, обусловленный движением спутника GEO, незначителен по сравнению со сдвигом из-за движения UE. Таким образом, сдвиг Допплера в системе SAT-CDMA с группировкой типа GEO, легко компенсируется при помощи одной лишь посткомпенсации на приемнике.

Для посткомпенсации требуется два этапа процедуры восстановления несущей частоты: грубая и тонкая компенсация.

Грубая компенсация выполняется одновременно с получением синхронизации PN кода, поскольку один из этих параметров легко получается после определения второго. Рекомендуется использовать двумерный алгоритм поиска для получения и синхронизации PN кода, и сдвига Допплера. Она рассчитывает спектр сигнала, восстановленного после расширения с применением быстрого преобразования Фурье (БПФ) и грубо оценивает сдвиг Допплера, обнаруживая частоту с максимальной мощностью сигнала на выходе БПФ. Получение синхронизации PN кода выполняется путем отыскания синхронизации PN кода, для которого максимальная мощность сигнала превосходит заданный порог.

Для тонкой компенсации сдвига Допплера рекомендуется структура замкнутой цепи, а также рекомендуется использовать алгоритм обнаружения частоты на базе БПФ в частотной области, поскольку он минимизирует сложность цепи и потребление мощности, когда объединен с вышеупомянутым двумерным алгоритмом поиска.

4.3.3.3.7 Развязка передатчика и приемника на терминале

Уровень развязки, необходимый для независимой работы передающей и приемной частей терминала, может быть более 110 дБ.

4.3.3.3.8 Запас на замирания

4.3.3.3.8.1 Для спутников LEO

При малых углах места уровень сигнала обычно меняется между значениями -7 дБ и $+4$ дБ от номинального уровня из-за комбинации рассеянной компоненты, появляющейся из-за многократных отражений и отраженной компоненты, появляющейся из-за отражения от земли. При более высоких углах места изменения меньше. Для движущейся машины типичная длительность замираний составляет 100–200 мс. Случайные замирания с уровнем -10 дБ от номинального уровня возникают при очень малых углах места ($10^\circ - 20^\circ$), особенно в условиях пригорода, где доминирует многолучевое отражение. В таком случае совершенно фиксированный пользователь может испытывать замирания продолжительностью 10–20 с.

4.3.3.3.8.2 Для спутников GEO

Нужный запас на замирания для спутников GEO следует определить, учитывая угол места, многолучевость и движение терминала UE.

4.3.3.4 Спецификации полосы групповых частот

4.3.3.4.1 Структура канала

4.3.3.4.1.1 Логический канал

4.3.3.4.1.1.1 Общий канал

Радиовещательный канал управления (BCCH)

BCCH – это канал на линии вниз для радиовещательной передачи управляющей информации системы.

Пейджинговый канал управления (PCCH)

PCCH – это канал на линии вниз, который передает пейджинговую информацию. Этот канал используется, когда сеть не знает, в какой соте находится UE, или UE находится в состоянии соединения с сотой, используя процедуры "спящего" режима.

Общий канал управления (CCCH)

CCCH – это двусторонний канал для передачи управляющей информации между сетью и UE. Этот канал используется совместно станциями UE, не имеющими RRC соединения с сетью, и станциями UE, использующими общие транспортные каналы для получения доступа к новой соте после повторного выбора соты.

Выделенный канал управления (DCCH)

DCCH – это двусторонний канал из пункта в пункт, в котором передается специальная управляющая информация между UE и сетью. Этот канал создается посредством процедуры установления соединения RRC.

Общий канал управления для передачи уведомлений (NCCH)

NCCH – это канал для передачи уведомлений. Этот канал может заменить MCCH в том случае, когда для управляющей информации требуются только уведомления.

MBMS канал управления (MCCH)

MCCH – это канал для передачи на UE управляющей информации, относящейся к услуге MBMS.

4.3.3.4.1.1.2 Канал трафика

Выделенный канал трафика (DTCH)

DTCH – это канал из пункта в пункт, выделенный для одного UE для передачи информации пользователя. Канал DTCH может существовать как в линии вверх, так и в линии вниз.

Общий канал трафика (CTCH)

CTCH – это односторонний канал из пункта во множество пунктов для передачи специальной информации пользователя для всей группы указанных UE.

MBMS канал трафика (MTCH)

MTCH – это канал для передачи трафика MBMS.

4.3.3.4.1.2 Транспортный канал

4.3.3.4.1.2.1 Общий канал

Радиовещательный канал (BCN)

BCN – это канал на линии вниз для радиовещательной передачи на станцию MBS управляющей информации системы для каждого луча.

Канал пейджинга (PCN)

PCN – это канал на линии вниз, используемый для передачи на станцию MBS управляющей информации, когда система не знает, какому лучу принадлежит станция MBS. Канал PCN связан с пейджинговыми индикаторами, создаваемыми на физическом уровне для поддержки эффективной работы процедур "спящего" режима.

Прямой канал доступа (FACH)

FACH – это канал на линии вниз, используемый для передачи на станцию MES информации пользователя или управляющей информации. Этот канал используется, когда система знает, какому лучу принадлежит MES.

Совместно используемый канал на линии вниз (DSCH)

DSCH – это канал на линии вниз, совместно используемый несколькими станциями MES, и связанный с одним или несколькими каналами DCH на линии вниз.

Канал случайного доступа (RACH)

RACH – это канал на линии вверх, используемый для передачи от станции MES на станцию LES информации пользователя или управляющей информации.

Общий канал пакетной передачи (CPCH)

CPCH – это канал на линии вверх, используемый для передачи информации пользователя от станции MES на станцию LES. CPCH связан с общим каналом управления на линии вниз, который передает команды регулировки мощности управления CPCH.

4.3.3.4.1.2 Выделенный канал (DCH)

DCH – это канал на линии вверх или вниз, передаваемый во всей ширине луча или только в части луча.

4.3.3.4.1.3 Физический канал**4.3.3.4.1.3.1 Физический канал на линии вниз****4.3.3.4.1.3.1.1 Общий пилотный канал (CPICH)**

CPICH – это физический канал на линии вниз с фиксированной скоростью (30 кбит/с, SF = 256), в котором передается predetermined последовательность символов. Каждый символ в последовательности равен $1 + j$. На рисунке 26 показана структура кадра канала CPICH. Имеется два типа общих пилотных каналов – первичный и вторичный CPICH (S-CPICH). Первичный CPICH скремблируется первичным кодом скремблирования и является эталонной фазой для следующих физических каналов на линии вниз: SCH, P-CCPCH, AICH, PICH, APA/CD/CA-ICH, CSICH и S-CCPCH. Тот же код деления каналов SF (Коэффициент расширения) = 256 используется для канала P-CPICH. В луче имеется один и только один P-CPICH. Вторичный CPICH скремблируется либо первичным, либо вторичным кодом скремблирования и может быть эталоном для DPCH на линии вниз. Тот же код деления каналов SF = 256 используется для S-CPICH. В луче может быть ноль, один или несколько каналов S-CPICH.

РИСУНОК 26

Структура кадра для CPICH

$$T_{slot} = 2\,560 \text{ чипов, } 10 \text{ символов}$$

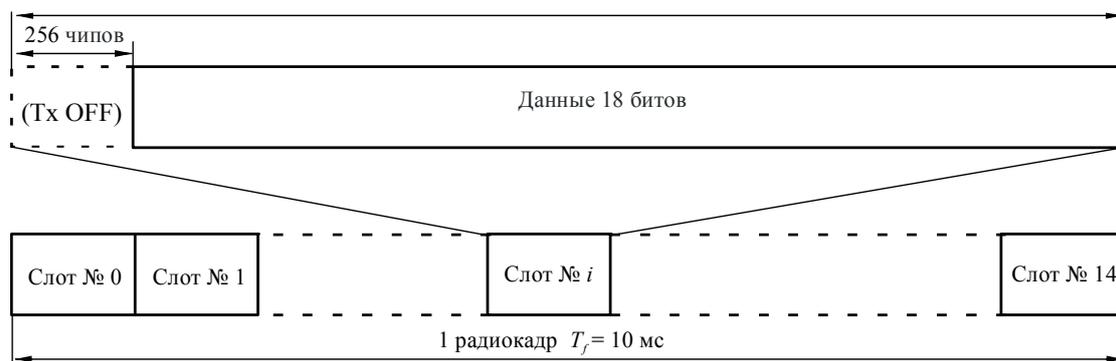

1850-26

4.3.3.4.1.3.1.2 Первичный общий физический канал управления (P-CCPCH)

P-CCPCH – это канал на линии вниз с фиксированной скоростью (30 кбит/с), используемый для передачи BCH. На рисунке 27 показана структура кадра первичного CCPCH. P-CCPCH не передается во время передачи первых 256 чипов каждого слота. Вместе него в это время передаются первичный SCH и вторичный SCH.

РИСУНОК 27
Структура кадра для R-CCPCH

$$T_{slot} = 2\,560 \text{ чипов, } 20 \text{ битов}$$



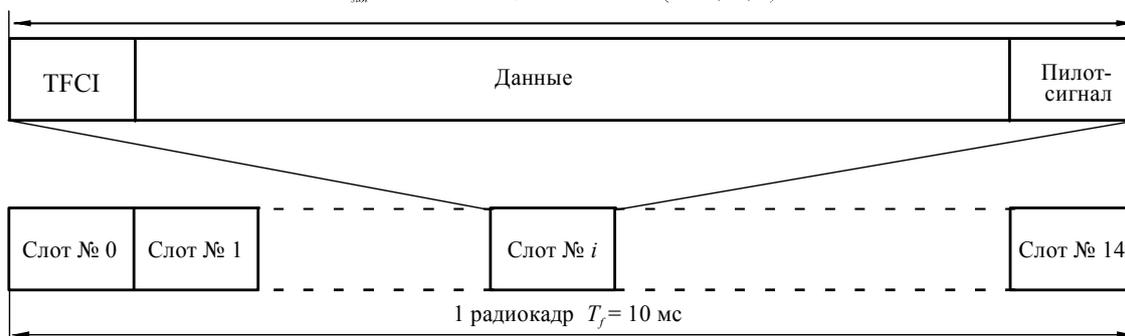
1850-27

4.3.3.4.1.3.1.3 Вторичный общий физический канал управления (S-CCPCH)

Канал S-CCPCH используется для передачи PCH и FACH. Структура кадра вторичного CCPCH показана на рисунке 21. Индикатор комбинации транспорт-формат TFCI сообщает приемнику о мгновенной комбинации формата транспорта транспортных каналов, преобразуемых в радиокадр S-CCPCH. Параметр k на рисунке 28 определяет общее число битов в слоте вторичного CCPCH на линии вниз. Он связан с коэффициентом расширения SF физического канала следующим образом: $SF = 256/2^k$. Коэффициент расширения лежит в диапазоне от 256 до 4. Каналы FACH и PCH могут быть преобразованы в один или разные вторичные CCPCH.

РИСУНОК 28
Структура кадра для S-CCPCH

$$T_{slot} = 2\,560 \text{ чипов, } 20 \times 2^k \text{ битов } (k = 0, \dots, 6)$$

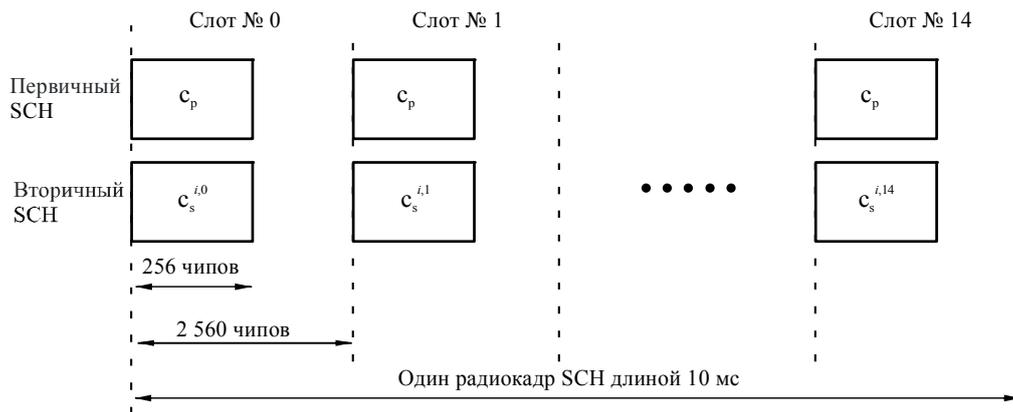


1850-28

4.3.3.4.1.3.1.4 Канал синхронизации (SCH)

SCH это канал на линии вниз, используемый для поиска луча. Канал SCH состоит из двух подканалов – первичного SCH и вторичного SCH. Радиокадры первичного и вторичного SCH длиной 10 мс делятся на 15 слотов, каждый длиной 2560 чипов. На рисунке 29 показана структура радиокадра SCH. Первичный SCH состоит из модулированного кода длиной 256 чипов, кода первичной синхронизации (PSC), обозначенного "ср" на рисунке 29, передаваемого один раз в каждом слоте. PSC – одинаковый для каждого луча системы. Вторичный SCH состоит из регулярно передаваемой последовательности 15 модулированных кодов длиной 256 чипов, кодов вторичной синхронизации (SSC).

РИСУНОК 29
Структура SCH



1850-29

На рисунке 29 SSC обозначается символом $c_s^{i,k}$, где $i = 0, 1, \dots, 63$ – групповой номер кода скремблирования, а $k = 0, 1, \dots, 14$ – номер слота. Каждый SSC выбирается из набора из 16 различных кодов длиной 256. Эта последовательность во вторичном SCH указывает, к какой кодовой группе луча принадлежит код скремблирования на линии вниз.

4.3.3.4.1.3.1.5 Совместно используемый физический канал на линии вниз (PDSCH)

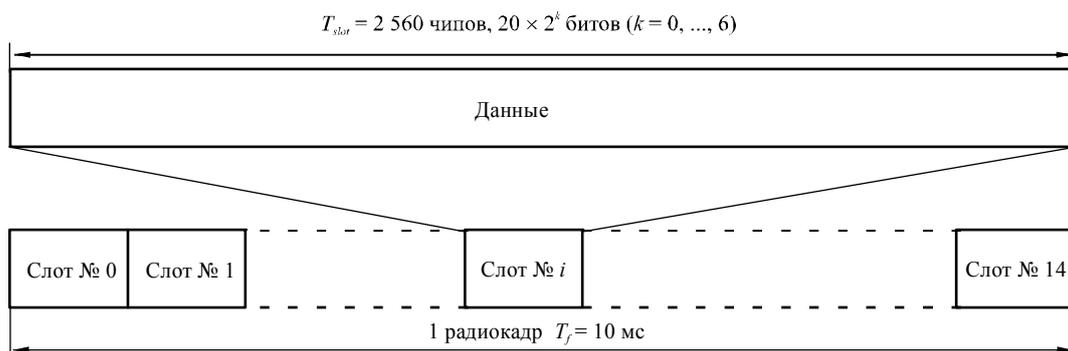
Канал PDSCH используется для передачи DSCH.

PDSCH распределяется на основе радиокладов одной станции MES. В пределах одного радиоклада спутниковая сеть радиодоступа (SRAN) может распределять разные каналы PDSCH с одним и тем же корневым кодом деления каналов PDSCH различным станциям MES на базе кодового мультиплексирования. В пределах одного радиоклада одной станции MES могут быть распределены несколько параллельных PDSCH с одним и тем же коэффициентом расширения.

Структуры кадра и слота PDSCH показаны на рисунке 30. Коэффициент расширения может меняться от 4 до 256.

Для каждого радиоклада с каждым PDSCH связывается один канал DPCH на линии вниз. Вся соответствующая управляющая информация Уровня 1 передается в сегменте DPCCH соответствующего DPCH.

РИСУНОК 30
Структура кадра для PDSCH

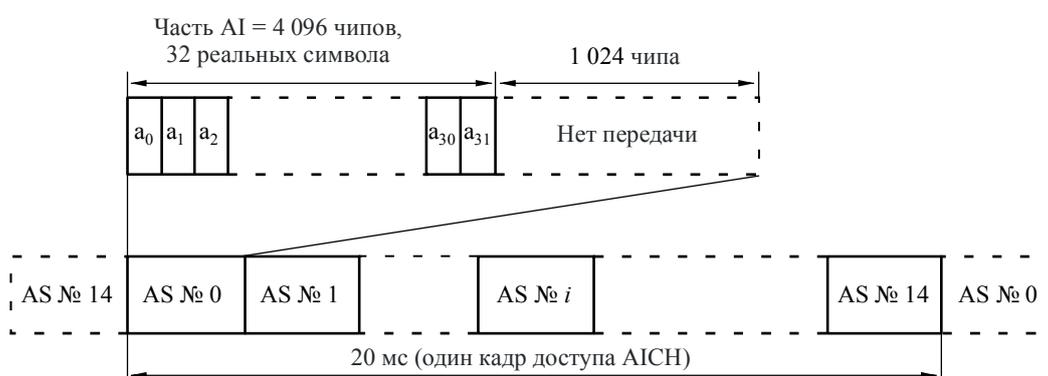


1850-30

4.3.3.4.1.3.1.6 Канал индикаторов приема (AICH)

AICH – это физический канал с фиксированной скоростью (30 кбит/с), используемый для передачи индикаторов приема (AI). AI соответствует сигнатуре канала PRACH. На рисунке 31 показана структура канала AICH. AICH состоит из повторяющейся последовательности из 15 последовательных слотов доступа (AS), каждый длиной 5120 чипов. Каждый слот доступа состоит из двух частей – части AI длиной 4096 чипов и части длиной 1024 чипа, в которой нет передачи. Когда для PRACH не используются субкадры доступа, часть индикаторов приема для PRACH передается только в первом слоте доступа (AS № 0). Канал AICH не передается во время остальных 14 слотов доступа. Когда для PRACH используются субкадры доступа, часть AI передается только в первом слоте доступа (AS № 0) и девятом слоте доступа (AS № 8). Часть AI первого слота доступа передает AI, соответствующий сигнатуре преамбулы PRACH, передаваемой в четном субкадре доступа. Часть AI девятого слота доступа передает AI, соответствующий сигнатуре преамбулы PRACH, передаваемой в нечетном субкадре доступа.

РИСУНОК 31
Структура AICH



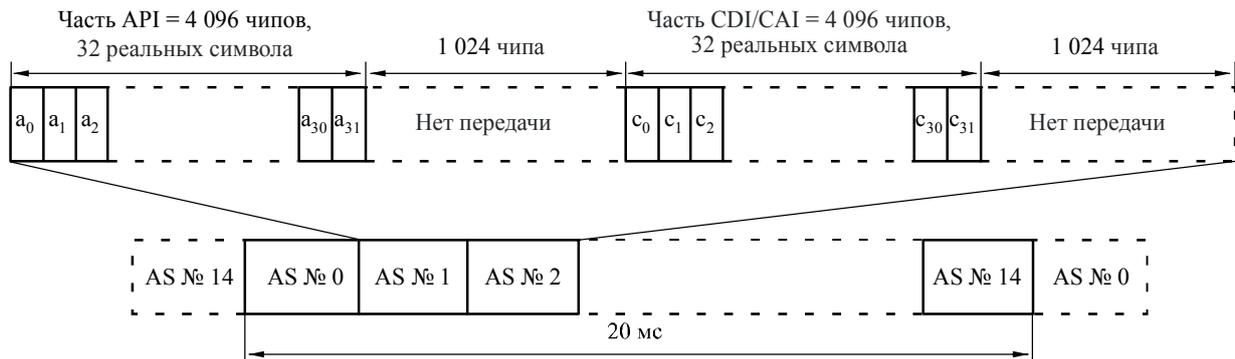
1850-31

4.3.3.4.1.3.1.7 Канал индикатора преамбулы PCPCH доступа приема/обнаружения коллизии/присвоения каналов (APA/CD/CA-ICH)

APA/CD/CA-ICH – это физический канал с фиксированной скоростью (30 кбит/с), используемый для передачи индикаторов приема AP (API) и индикатора CD/CA (CDI/CAI) канала PCPCH. APA/CD/CA-ICH и AICH могут использовать одинаковые или разные коды деления каналов. Структура APA/CD/CA-ICH показана на рисунке 32. APA/CD/CA-ICH имеет 4096 чипов, в которых передается либо API, либо CDI/CAI, за которыми следует часть длиной 1024 чипа, в которой нет передачи. Когда для PRACH не используются субкадры доступа, APA/CD/CA-ICH не передается в первом слоте доступа (AS № 0). Пара API и CDI/CAI передается в части API/CDI/CAI в двух последовательных слотах доступа после первого слота доступа. В каждом кадре AICH может передаваться одна или несколько (до семи) пар API и CDI/CAI. Когда субкадры доступа используются для PRACH, канал APA/CD/CA-ICH не передается в первом слоте доступа (AS № 0), восьмом слоте доступа (AS № 7) и девятом слоте доступа (AS № 8). Пара API и CDI/CAI передается в части API/CDI/CAI в двух последовательных слотах доступа. Три пары AS № 1/AS № 2, AS № 3/AS № 4 и AS № 5/AS № 6 передают API и CDI/CAI, соответствующие преамбуле PCPCH, передаваемой в четном субкадре доступа. Три пары AS № 9/AS № 10, AS № 11/AS № 2 и AS № 13/AS № 14 передают API и CDI/CAI, соответствующие преамбуле PCPCH, передаваемой в нечетном субкадре доступа.

РИСУНОК 32

Структура АРА/CD/CA-ICH



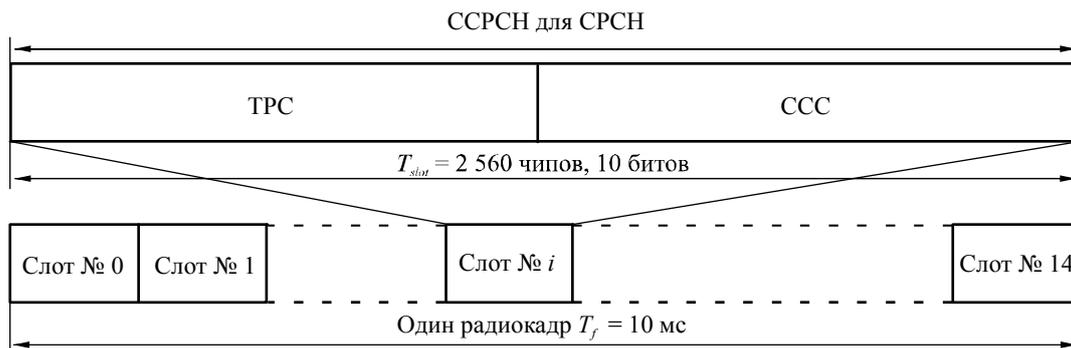
1850-32

4.3.3.4.1.3.1.8 Общий физический канал управления PCPN (CCPCN)

CCPCN для PCPN – это физический канал с фиксированной скоростью (30 кбит/с) на линии вниз, используемый для управления PCPN линии вверх в наборе PCPN. Коэффициент расширения для PCPN-CCPCN на линии вниз равен 256. На рисунке 33 показана структура кадра канала PCPN-CCPCN.

РИСУНОК 33

Структура кадра для PCPN-CCPCN на линии вниз



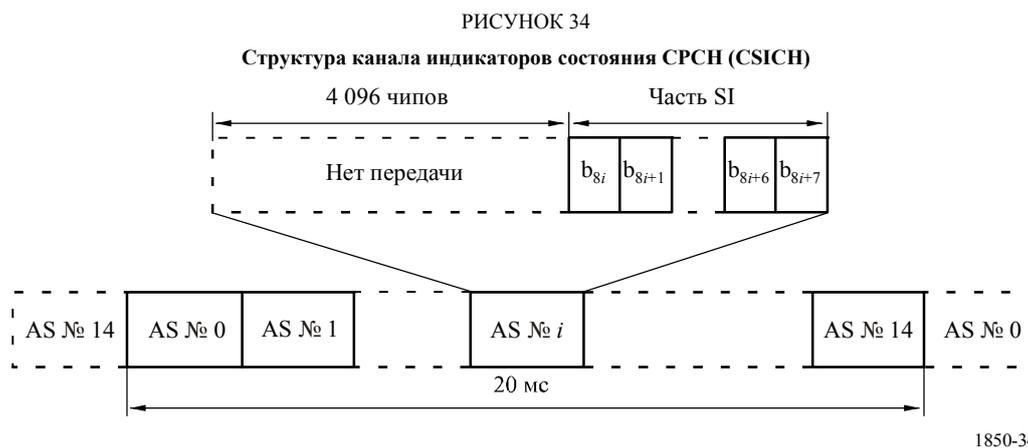
1850-33

Каждый слот в радиокадре канала PCPN-CCPCN связан с PCPN линии вверх в наборе PCPN. Выполняется однозначное преобразование между слотом № i и i -м PCPN в наборе PCPN, $i = 0, 1, \dots, 14$. Слот не передается, если связанный с ним PCPN не используется на линии вверх.

Каждый слот канала PCPN-CCPCN состоит из команды TPC и команды управления PCPN (CCC). Поле CCC и поле TPC в каждом слоте состоит из 12 битов и 8 битов, соответственно. Шаблон CCC длиной 4 бита, используемый для поддержки сигнализации PCPN в направлении связанного с ним PCPN побитно повторяется и преобразуется в поле CCC. Команда TPC длиной 2 бита побитно повторяется и преобразуется в поле TPC.

4.3.3.4.1.3.1.9 Канал индикаторов состояния PCPN (CSICH)

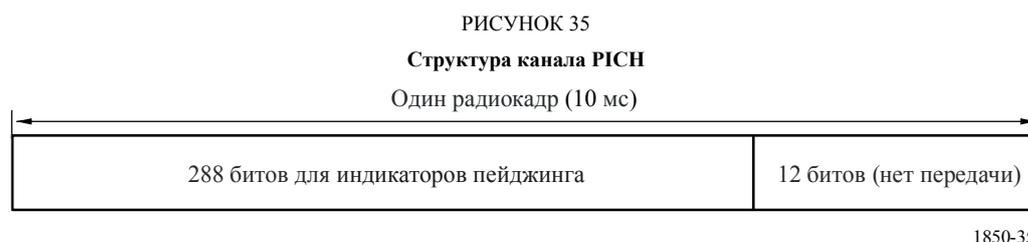
CSICH – это физический канал с фиксированной скоростью (30 кбит/с), используемый для передачи информации о состоянии PCPN. Канал CSICH всегда связан с физическим каналом, используемым для передачи АРА/CD/CA-ICH, и использует те же коды деления каналов и коды скремблирования. На рисунке 34 показана структура кадра канала CSICH. Кадр CSICH состоит из 15 последовательных слотов доступа (AS), каждый длиной 40 битов. Каждый слот доступа состоит из двух частей, части длиной 4096 чипов без передачи и части индикатора состояния (SI), состоящей из 8 битов. В каждом кадре CSICH должно передаваться N индикаторов состояния.



4.3.3.4.1.3.1.10 Канал индикаторов пейджинга (PICH)

PICH – это физический канал с фиксированной скоростью (30 кбит/с), используемый для передачи индикаторов пейджинга (PI). PICH всегда связан с каналом S-CCPCH, в который преобразуется транспортный канал PCH.

На рисунке 35 показана структура кадра канала PICH. Один радиокادر PICH длиной 10 мс состоит из 300 битов. Из них 288 битов используются для передачи индикаторов пейджинга. Оставшиеся 12 битов формально не являются частью PICH и не должны передаваться.



4.3.3.4.1.3.1.11 Выделенный физический канал на линии вниз (DPCH на линии вниз)

DPCH на линии вниз используется для выделенного транспортного канала (DCH). Коэффициент расширения может лежать в диапазоне от 4 до 512.

управляющей информацией, создаваемой на Уровне 1 (известные пилотные биты и биты FCI/TPC).

На рисунке 36 показана структура кадра канала DPCH на линии вниз. Каждый кадр длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной $T_{slot} = 2560$ чипов. Каждый радиокادر соответствует одному периоду регулировки мощности.

4.3.3.4.1.3.2 Физический канал на линии вверх

4.3.3.4.1.3.2.1 Физический канал случайного доступа (PRACH)

Физический канал случайного доступа используется для передачи канала RACH. Передача со случайным доступом основана на подходе ALOHA. Станция MES может начинать передачу со случайным доступом в начале множества определенных интервалов времени, которые обозначаются кадрами доступа. Каждый кадр доступа имеет длину двух радиокладов, как показано на рисунке 37. Каждый кадр доступа может состоять из двух субкадров доступа, четного субкадра доступа и нечетного субкадра доступа. Использование субкадров доступа необязательно. Когда субкадры доступа используются, станция MES может начинать передачу со случайным доступом в начале либо четного, либо нечетного субкадра доступа. Передача со случайным доступом в четном и в нечетном субкадре доступа использует разные коды скремблирования.

РИСУНОК 36
 Структура кадра канала DPCH на линии вниз
 $T_{slot} = 2\ 560$ чипов, 10×2^k битов ($k = 0, \dots, 7$)

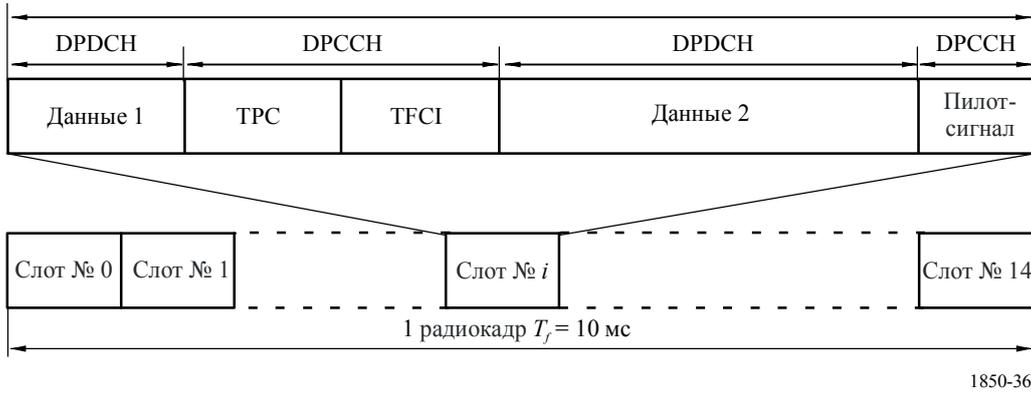
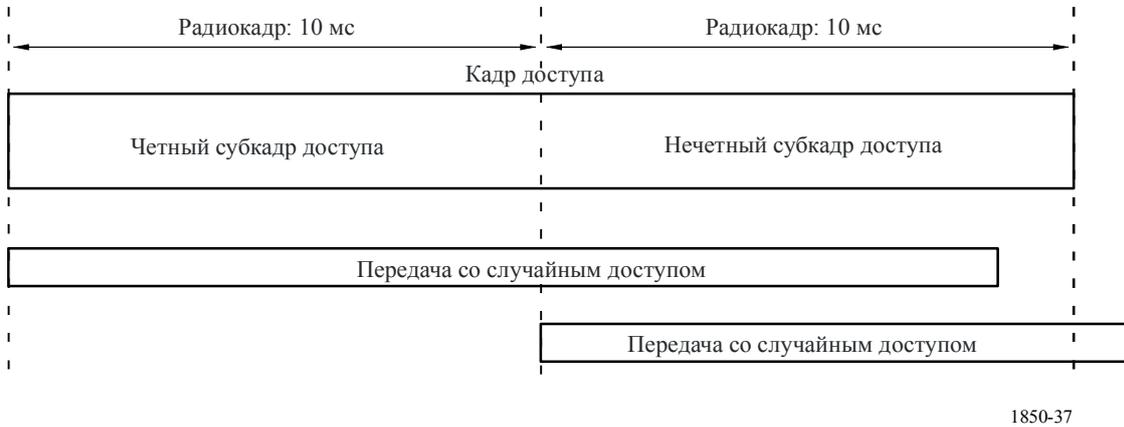
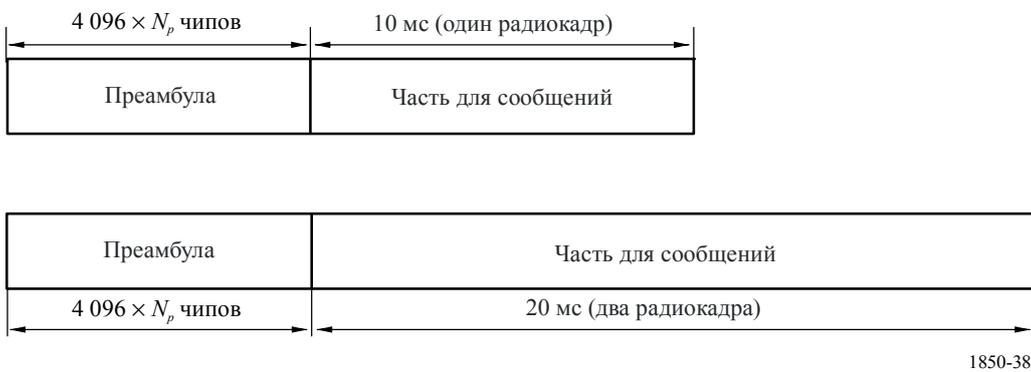


РИСУНОК 37
 Кадр случайного доступа



Передача со случайным доступом состоит из преамбулы длиной $N_p \times 4096$ чипов и сообщений длиной 10 мс или 20 мс, как показано на рисунке 38.

РИСУНОК 38
 Структура передачи со случайным доступом

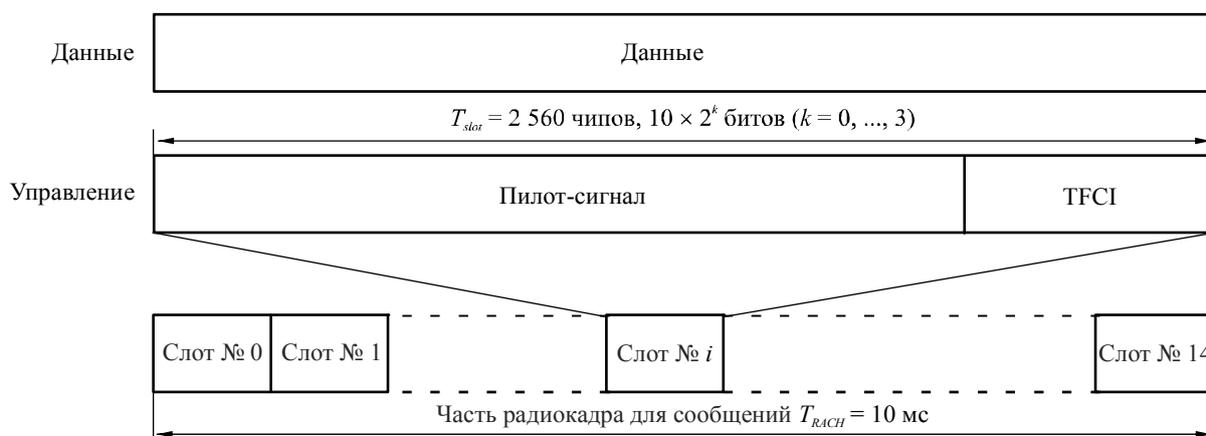


Преамбула состоит из N_p субпреамбул. Значение N_p предоставляется высшими уровнями. Субпреамбула имеет длину 4096 чипов и состоит из повторений сигнатуры. Каждая субпреамбула имеет одинаковую длину, сигнатуру и код скремблирования. Последний код субпреамбулы является конъюнкцией кода, используемого в предыдущих субпреамбулах.

На рисунке 39 показана структура части для сообщений случайного доступа. Сообщения состоят из 15 слотов. Каждый слот состоит из двух частей, части информационных данных Уровня 2 и части управления Уровня 1. Часть данных состоит из 10×2^k битов, где $k = 0, 1, 2, 3$. Это соответствует коэффициенту расширения 256, 128, 64 и 32, соответственно, для данных части сообщения. Часть управления состоит из восьми известных битов пилот-сигнала и двух битов TFCI. Коэффициент расширения для части управления в части сообщения канала CPCH сообщения должен быть равен 256. TFCI радиокadra указывает транспортный формат транспортного канала RACH, преобразованного в одновременно передаваемую часть сообщения радиокadra.

РИСУНОК 39

Структура части для сообщений случайного доступа



1850-39

4.3.3.4.1.3.2.2 Общий физический канал пакетной передачи (РСРСН)

Канал РСРСН используется для передачи СРСН. Синхронизация и структура кадра доступа идентична PRACH. Структура передачи с доступом СРСН показана на рисунке 40. Передачи с доступом РСРСН состоит одной или нескольких пар преамбул доступа (AP) длиной $N_p \times 4096$ чипов, преамбулы обнаружения коллизий (CDP) длиной 4096 чипов, преамбулы первоначальной передачи (ИТР) длиной $L_{\text{итр}}$ слотов и сообщений различной длины $N \times 10$ мс.

РИСУНОК 40

Структура передачи с доступом СРСН



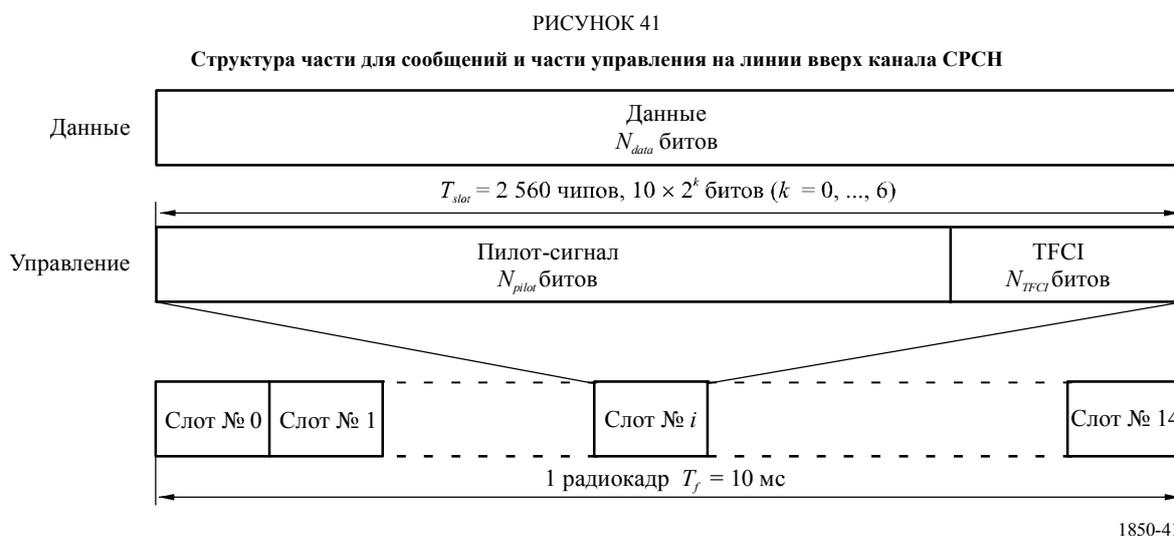
1850-40

Структура части AP идентична части преамбулы PRACH. Код скремблирования может быть либо выбран так, чтобы он отличался от кода скремблирования преамбулы RACH, либо быть тем же кодом скремблирования в том случае, если сигнатура используется совместно.

Структура части CDP идентична субпреамбуле PRACH. Код скремблирования – это тот же код, что и для части преамбулы доступа CPCH.

Часть ИТР состоит из L_{itr} слотов. Длина ИТР (L_{itr}) это параметр высшего уровня. Формат слота должен быть точно таким же, как в последующей части для сообщений.

На рисунке 41 показана структура части для сообщений канала CPCH. Каждое сообщение состоит из до N_{Max_frames} кадров, где N_{Max_frames} – это параметр высшего уровня. Каждый кадр длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной $T_{slot} = 2560$ чипов. Каждый слот состоит из двух частей, части данных и части управления. Формат слота части управления части для сообщений канала CPCH идентична части для сообщений канала RACH. Часть данных состоит из 10×2^k битов, где $k = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Это соответствует коэффициентам расширения 256, 128, 64, 32, 16, 8, 4, соответственно.

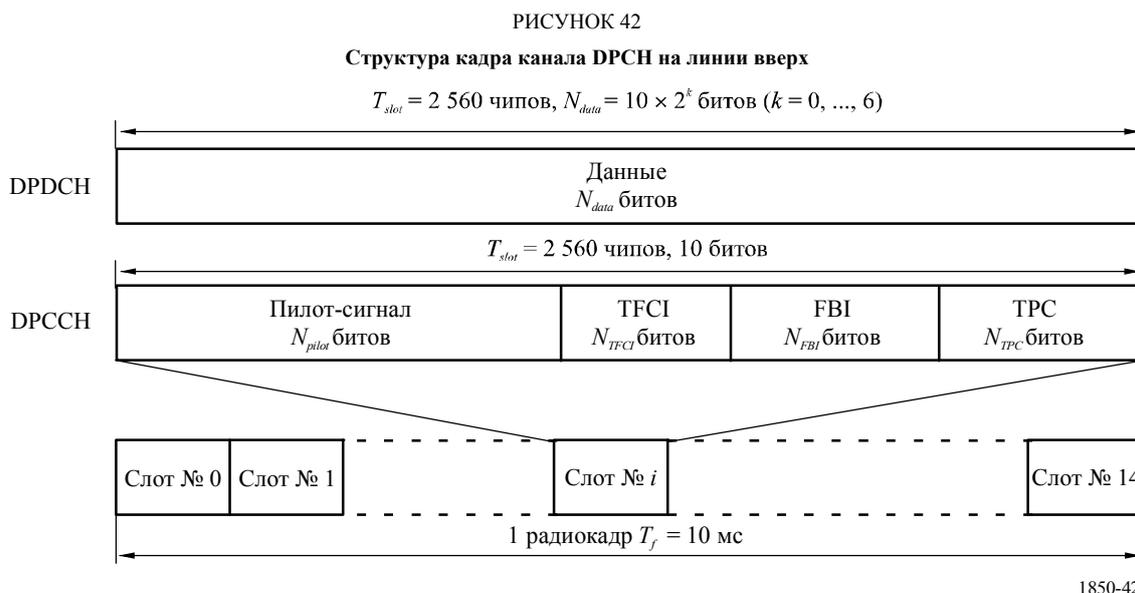


4.3.3.4.1.3.2.3 Выделенный физический канал на линии вверх

Выделенный физический канал на линии вверх (DPCH) состоит из выделенного физического канала передачи данных на линии вверх (DPDCH на линии вверх) и выделенного физического канала управления на линии вверх (DPCCCH на линии вверх). Каналы DPDCH и DPCCCH – это I/Q кодово мультиплексированные каналы I/Qv каждом радиокадре.

Канал DPDCH используется для передачи данных, созданных на Уровне 2 и более высоких уровнях, а канал DPCCCH используется для передачи специальной управляющей информации, созданной на Уровне 1. Коэффициент расширения канала DPDCH может лежать в диапазоне от 256 до 4. Коэффициент расширения DPCCCH на линии вверх всегда равен 256.

На рисунке 42 показана структура кадра в канале DPCH на линии вверх. Каждый радиокадр длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной 2560 чипов. Каждый радиокадр соответствует одному периоду регулировки мощности. Параметр k на рисунке 42 определяет число битов на один слот канала DPDCH на линии вверх. Он связан с коэффициентом расширения SF канала DPDCH следующим образом $SF = 256/2^k$.



Управляющая информация Уровня 1 состоит из известных битов пилот-сигнала для поддержки возможности оценки канала для когерентного детектирования, индикатор комбинации транспорт-формат (TFCI), команд регулировки мощности передачи (TPC) и дополнительной обратной информации (FBI). Биты FBI используются для поддержки выбора метода передачи с разнесением лучей (BSDT), в котором требуется обратная передача информации от станции MES в сеть SRAN.

4.3.3.4.1.4 Временные зависимости между физическими каналами

Канал P-CCPCH, в котором передается SFN луча, используется как эталон синхронизации для всех физических каналов, непосредственно для линии вниз и косвенно для линии вверх. На рисунке 43 описывается кадровая синхронизация физических каналов на линии вниз.

Канал SCH (первичный и вторичный), CPICH (первичный и вторичный), P-CCPCH, CPICH-CCPCH и PDSCH имеют одинаковую кадровую синхронизацию. Синхронизация канала S-CCPCH может быть различной для различных каналов S-CCPCH, но сдвиг относительно кадровой синхронизации канала P-CCPCH составляет целое число, кратное 256 чипам. Синхронизация канала PICH на 7680 предшествует кадровой синхронизации соответствующего канала S-CCPCH, т. е. синхронизации канала S-CCPCH, в котором передается транспортный канал PCN с соответствующей пейджинговой информацией. Четный субкадр доступа канала AICH имеет синхронизацию, идентичную кадрам P-CCPCH с $(SFN \text{ по модулю } 2) = 0$, а нечетный субкадр доступа канала AICH имеет синхронизацию, идентичную кадрам P-CCPCH с $(SFN \text{ по модулю } 2) = 1$. Слоты доступа AICH № 0 начинаются в тот же момент времени, что и кадры P-CCPCH с $(SFN \text{ по модулю } 2) = 0$. Синхронизация канала DPCH может быть различной для различных каналов DPCH, но сдвиг относительно кадровой синхронизации канала P-CCPCH составляет целое число, кратное 256 чипам.

4.3.3.4.1.4.1 Временные зависимости PRACH/AICH

4.3.3.4.1.4.1.1 Для спутников LEO

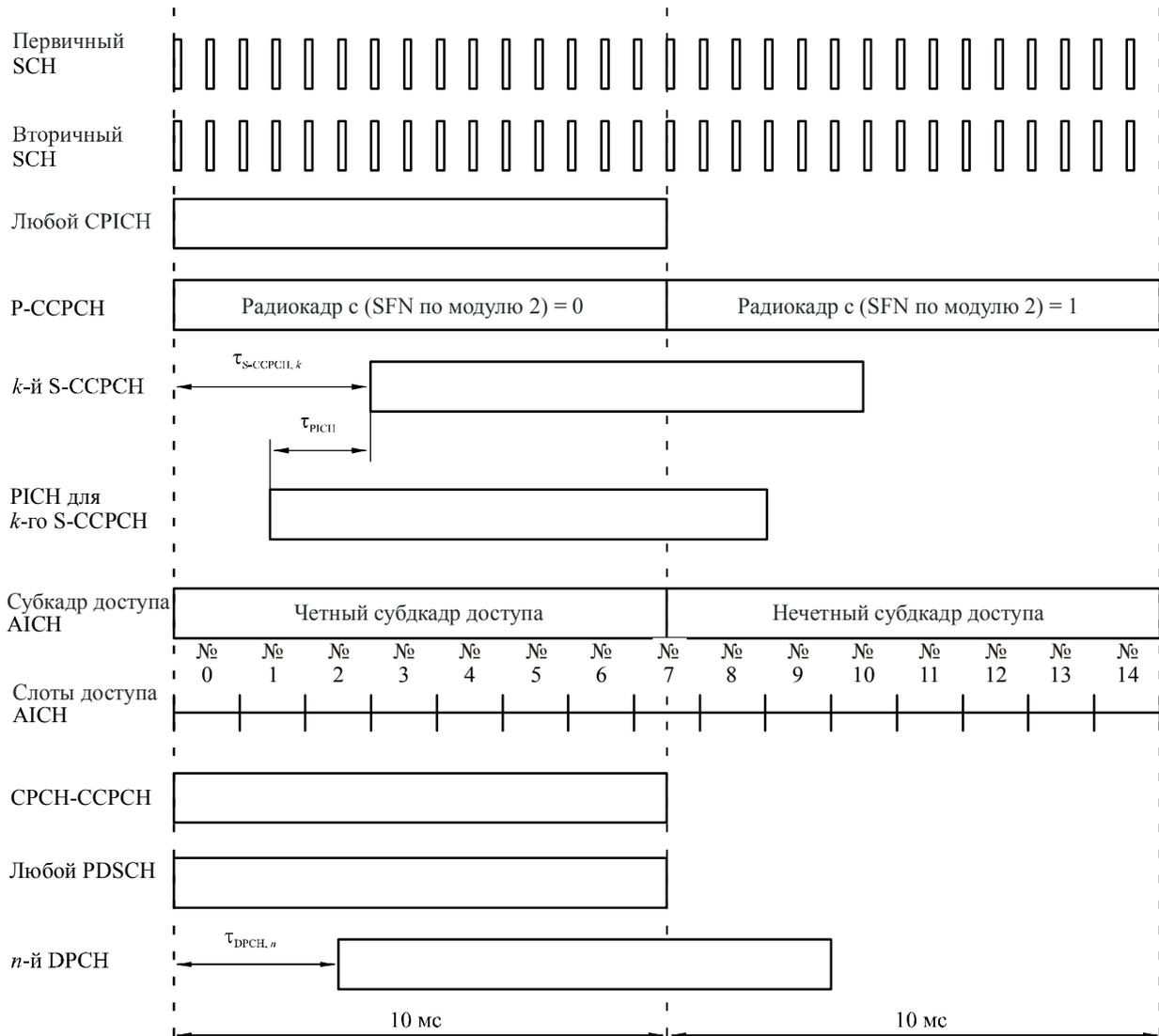
Кадры доступа и субкадры доступа канала AICH на линии вниз синхронизированы по времени с P-CCPCH. Кадр доступа и субкадр доступа канала PRACH на линии вверх синхронизированы по времени с приемом кадра доступа и субкадра доступа канала в канале AICH на линии вниз. Кадр доступа с номером n на линии вверх передается от станции MES на τ_{p-a} чипов раньше приема кадра доступа на линии вниз с номером n , $n = 0, 1, \dots, 15$. Взаимосвязь синхронизации PRACH/AICH показана на рисунке 103. Сдвиг передачи τ_{off} должен иметь значение в диапазоне от $-\tau_{off,max}$ до $\tau_{off,max}$, где $\tau_{off,max}$ – это максимальный сдвиг передачи и его значение передается более высокими уровнями. Расстояние от преамбулы до преамбулы τ_{p-p} должно быть больше или равно минимальному расстоянию от преамбулы до преамбулы $\tau_{p-p,min}$. В дополнение к $\tau_{p-p,min}$, расстояние от преамбулы до AI τ_{p-a} определяется следующим образом:

- когда значение AICH_Transmission_Timing выставлено в 0, $\tau_{p-p,min} = 230\,400$ чипов (шесть радиокладов) и $\tau_{p-a} = 153\,600$ чипов (четыре радиокладра);
- когда значение AICH_Transmission_Timing выставлено в 1, $\tau_{p-p,min} = 307\,200$ чипов (восемь радиокладов) и $\tau_{p-a} = 230\,400$ чипов (шесть радиокладов).

Параметр AICH_Transmission_Timing передается более высокими уровнями.

РИСУНОК 43

Кадровая синхронизация и синхронизация слотов доступа физических каналов на линии вниз



1850-43

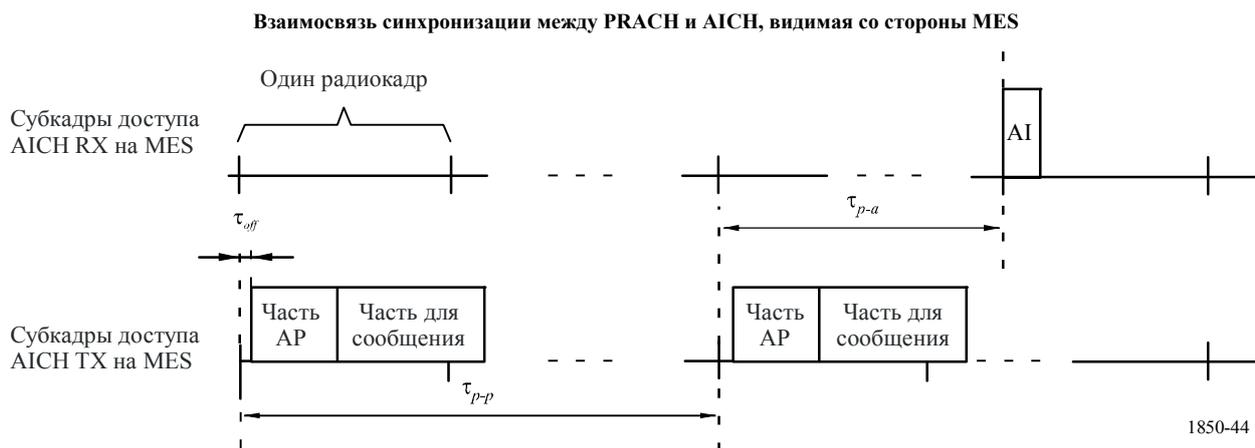
4.3.3.4.1.4.1.2 Для спутников ГСО

Кадры доступа и субкадры доступа канала AICH на линии вниз синхронизированы по времени с P-CCPCH. Кадр доступа и субкадр доступа канала PRACH на линии вверх синхронизированы по времени с приемом кадра доступа и субкадра доступа канала AICH на линии вниз. Кадр доступа на линии вверх с номером n передается от станции MES на τ_{p-a} чипов раньше приема кадра доступа на линии вниз с номером n , $n = 0, 1, \dots, 15$. Взаимосвязь синхронизации PRACH/AICH показана на рисунке 44. Сдвиг передачи τ_{off} должен иметь значение в диапазоне от $-\tau_{off,max}$ до $\tau_{off,max}$, где $\tau_{off,max}$ – максимальный сдвиг передачи и передается более высокими уровнями. Расстояние от преамбулы до преамбулы τ_{p-p} должно быть больше или равно минимальному расстоянию от преамбулы до преамбулы $\tau_{p-p,min}$. В дополнение к $\tau_{p-p,min}$, расстояние от преамбулы до AI τ_{p-a} определяется следующим образом:

- когда значение AICH_Transmission_Timing выставлено в 0, $\tau_{p-p,min} = 1\ 152\ 000$ чипов (тридцать радиокадров) и $\tau_{p-a} = 1\ 075\ 200$ чипов (двадцать восемь радиокадров);
- когда значение AICH_Transmission_Timing выставлено в 1, $\tau_{p-p,min} = 2\ 150\ 400$ чипов (пятьдесят шесть радиокадров) и $\tau_{p-a} = 2\ 073\ 600$ чипов (пятьдесят четыре радиокадра).

Параметр AICH_Transmission_Timing передается более высокими уровнями.

РИСУНОК 44



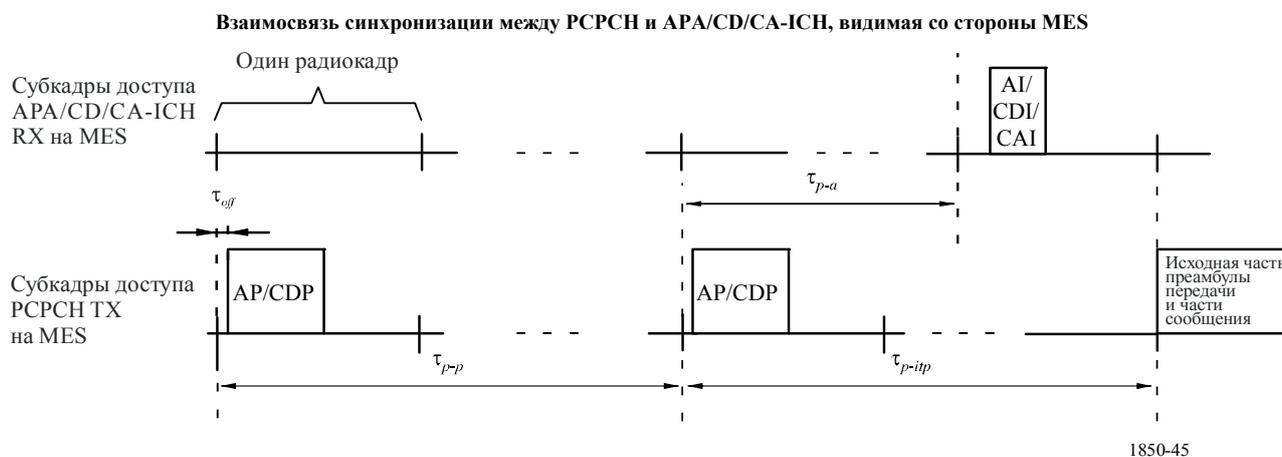
4.3.3.4.1.4.2 Временные зависимости РСРСН/AICH

4.3.3.4.1.4.2.1 Для спутников LEO

Кадры доступа и субкадры доступа канала АРА/СD/СА-ІСН на линии вниз синхронизированы по времени с Р-ССРСН. Кадр доступа и субкадр доступа канала РСРСН на линии вверх синхронизированы по времени с приемом кадра доступа и субкадра доступа канала в канале АРА/СD/СА-ІСН на линии вниз.

Временные зависимости между АР/СDР и АРА/СD/СА-ІСН идентичны взаимосвязи преамбулы RACH и AICH. Отметим, что преамбула разрешения коллизий успешно следует за преамбулой доступа без каких-либо пробелов. На рисунке 45 показана синхронизация РСРСН/AICH.

РИСУНОК 45



В дополнение к $\tau_{p-p,min}$, расстояние от преамбулы до AI τ_{p-a} и расстояние от преамбулы до ИТР τ_{p-ip} определяются следующим образом:

- когда $T_{срч}$ выставлен в 0, $\tau_{p-p,min} = 230\,400$ чипов (шесть радиокадров), $\tau_{p-a} = 153\,600$ чипов (четыре радиокадра) и $\tau_{p-ip} = 230\,400$ чипов (шесть радиокадров);
- когда $T_{срч}$ выставлен в 1, $\tau_{p-p,min} = 307\,200$ чипов (восемь радиокадров), $\tau_{p-a} = 230\,400$ чипов (шесть радиокадров) и $\tau_{p-ip} = 307\,200$ чипов (восемь радиокадров).

Параметр синхронизации $T_{срч}$ идентичен параметру синхронизации передачи PRACH/AICH.

4.3.3.4.1.4.2 Для спутников ГСО

Кадры доступа и субкадры доступа канала АРА/CD/CA-ICH на линии вниз синхронизированы по времени с Р-ССРСН. Кадр доступа и субкадр доступа канала РСРСН на линии вверх синхронизированы по времени с приемом кадра доступа и субкадра доступа канала АРА/CD/CA-ICH на линии вниз.

Временные зависимости между АР/CDP и АРА/CD/CA-ICH идентичны взаимосвязи преамбулы RACH и AICH. Отметим, что преамбула разрешения коллизий следует за преамбулой доступа без каких либо пробелов. На рисунке 45 показана синхронизация РСРСН/AICH.

В дополнение к $\tau_{p-p,min}$, расстояние от преамбулы до AI τ_{p-a} расстояние от преамбулы до ITP τ_{p-ip} определяются следующим образом:

- когда T_{cpch} выставлен в 0, $\tau_{p-p,min} = 1\ 152\ 000$ чипов (тридцать радиокадров), $\tau_{p-a} = 1\ 075\ 200$ чипов (двадцать восемь радиокадров) и $\tau_{p-ip} = 1\ 152\ 000$ чипов (тридцать радиокадров);
- когда T_{cpch} выставлен в 1, $\tau_{p-p,min} = \tau_{p-p,min} = 2\ 150\ 400$ чипов (пятьдесят шесть радиокадров), $\tau_{p-a} = 2\ 073\ 600$ чипов (пятьдесят четыре радиокадра) и $\tau_{p-ip} = 2\ 150\ 400$ чипов (восемь радиокадров).

Параметр синхронизации T_{cpch} идентичен параметру синхронизации передачи PRACH/AICH.

4.3.3.4.1.4.3 Временные зависимости РСРСН/CPCH-ССРСН

Начало связанного кадра CPCH-ССРСН принимается на 38 400 сипов раньше передачи начальной преамбулы передачи РСРСН. Начало кадра CPCH-ССРСН обозначается, как TCRCH-ССРСН, а начало связанного кадра сообщений канала РСРСН обозначается, как T_{PCPCH} . Любой кадр CPCH-ССРСН связан с одним кадром сообщений канала РСРСН посредством соотношения $T_{PCPCH} - T_{CPCH-ССРСН} = 38\ 400 + L_{ip} \times 2\ 560$ чипов.

4.3.3.4.1.4.4 Временные зависимости DPCH/PDSCH

Начало кадра DPCH обозначается, как TDPCH, а начало связанного кадра PDSCH обозначается, как T_{PDSCH} . Любой кадр DPCH связан с одним кадром PDSCH посредством соотношения $46\ 080$ чипов $\leq T_{PDSCH} - T_{DPCH} < 84\ 480$ чипов.

4.3.3.4.1.4.5 Временные зависимости DPCCH/DPDCH

На станции MES, передача кадра DPCCH/DPDCH на линии вверх ведется примерно через T_0 чипов после приема первого сигнала со значимого маршрута соответствующего кадра DPCCH/DPDCH на линии вниз. T_0 является постоянной, которая равна $38\ 400 + 1\ 024$ чипов.

4.3.3.4.2 Канальное кодирование и мультиплексирование

4.3.3.4.2.1 Этап обработки

Этапы кодирования и мультиплексирования показаны на рисунке 46, где TgVк обозначает транспортный блок, а DTX обозначает дискретную передачу.

4.3.3.4.2.2 Обнаружение ошибок

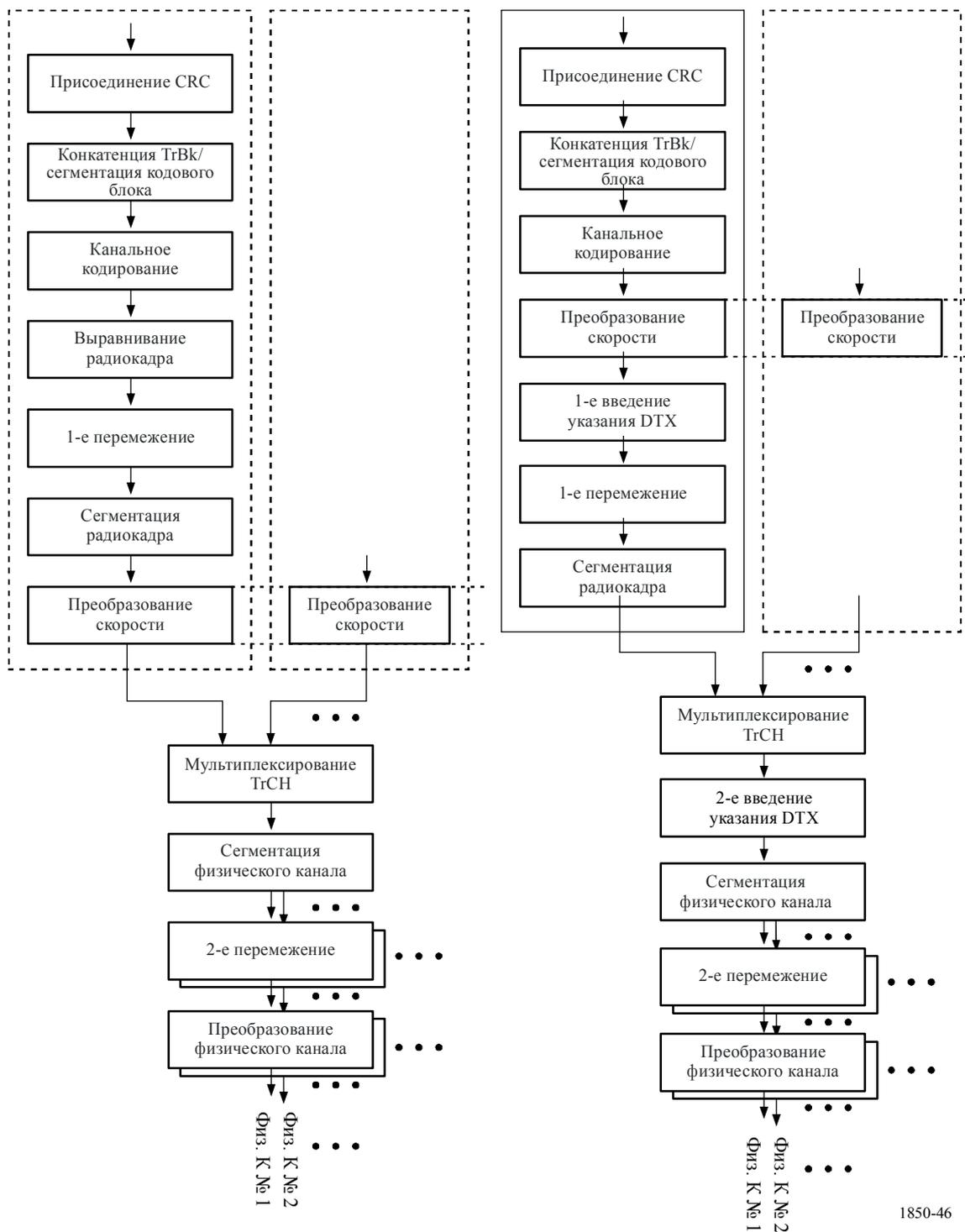
Обнаружение ошибок осуществляется в блоках транспортного канала при помощи CRC. Последовательность CRC состоит из 24, 16, 12, 8 или 0 битов и с более высоких уровней передается, CRC какой длины следует использовать для каждого транспортного канала.

Целый транспортный блок используется для расчетов битов четности CRC для каждого транспортного блока. Биты четности создаются одним из следующих полиномиальных циклических генераторов:

- $G_{CRC24}(X) = X^{24} + X^{23} + X^6 + X^5 + X + 1$;
- $G_{CRC16}(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$;
- $G_{CRC12}(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1$;
- $G_{CRC8}(X) = X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + X + 1$.

РИСУНОК 46

Этапы обработки для транспортного канала (TrCH) в физический канал (PhCH)
(слева: линия вверх, справа: линия вниз)



4.3.3.4.2.3 Канальное кодирование

Для канального кодирования в системе SAT-CDMA могут применяться две схемы:

- Конволюционное кодирование.
- Турбокодирование.

Выбор канального кодирования указывается более высокими уровнями. Для того чтобы рандомизировать ошибки передачи, далее выполняется символьное перемежение.

ТАБЛИЦА 21

Схемы канального кодирования для логических каналов

Транспортный канал	Схема кодирования	Скорость кодирования
ВСН	Конволюционное кодирование	1/2
РСН		
РАСН		
ДСН, ДСЧ, FACH	Турбокодирование	1/3, 1/2
		1/3

4.3.3.4.2.3.1 Конволюционное кодирование

Определяются конволюционные коды с ограниченной длиной 9 и скоростями кодирования 1/3 и 1/2.

Функции генератора для кода со скоростью 1/3 – это $G_0 = 557$ (ОСТ), $G_1 = 663$ (ОСТ) и $G_2 = 711$ (ОСТ).

Функции генератора для кода со скоростью 1/2 – это $G_0 = 561$ (ОСТ) и $G_1 = 753$ (ОСТ).

РИСУНОК 47

Генератор конволюционного кода со скоростью 1/3 и ограниченной длиной = 9

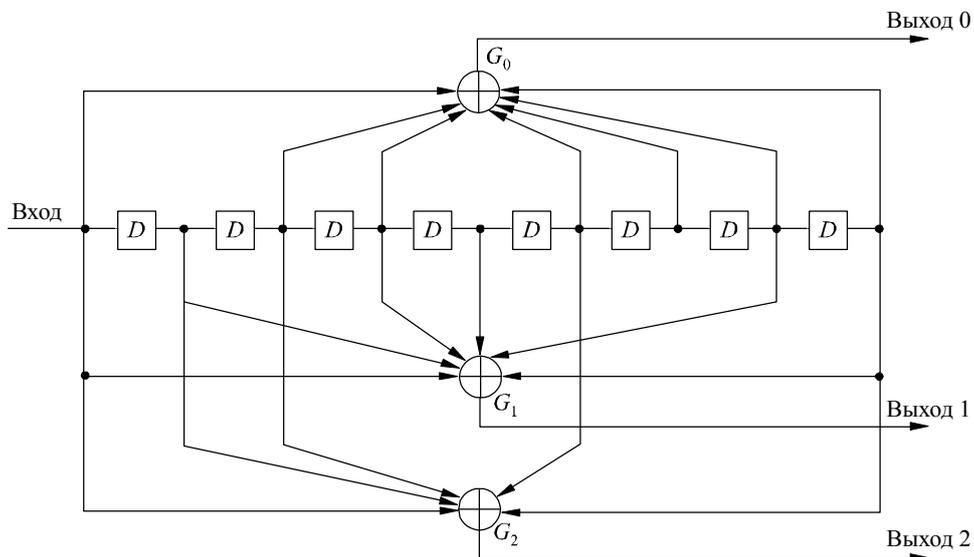
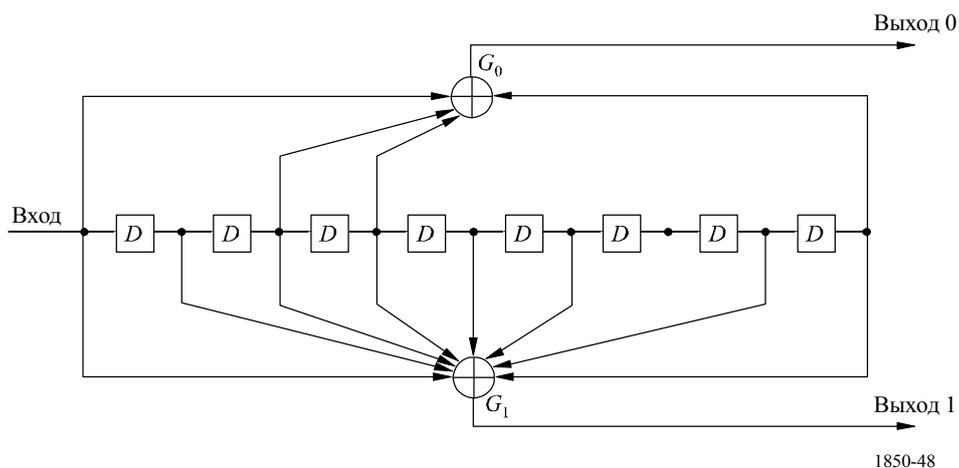


РИСУНОК 48

Генератор конволюционного кода со скоростью 1/2 и ограниченной длиной = 9



1850-48

4.3.3.4.2.3.2 Турбокодирование

Схема турбокодера представляет собой параллельный конкатентный конволюционный код (РССС) с двумя компонентными кодерами на 8 состояний и одним устройством внутреннего переключения турбокода. Скорость кодирования турбокодера равна 1/3.

Функция передачи компонентного кода на 8 состояний для РССС имеет вид:

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1, g_1(D) \\ g_0(D) \end{bmatrix},$$

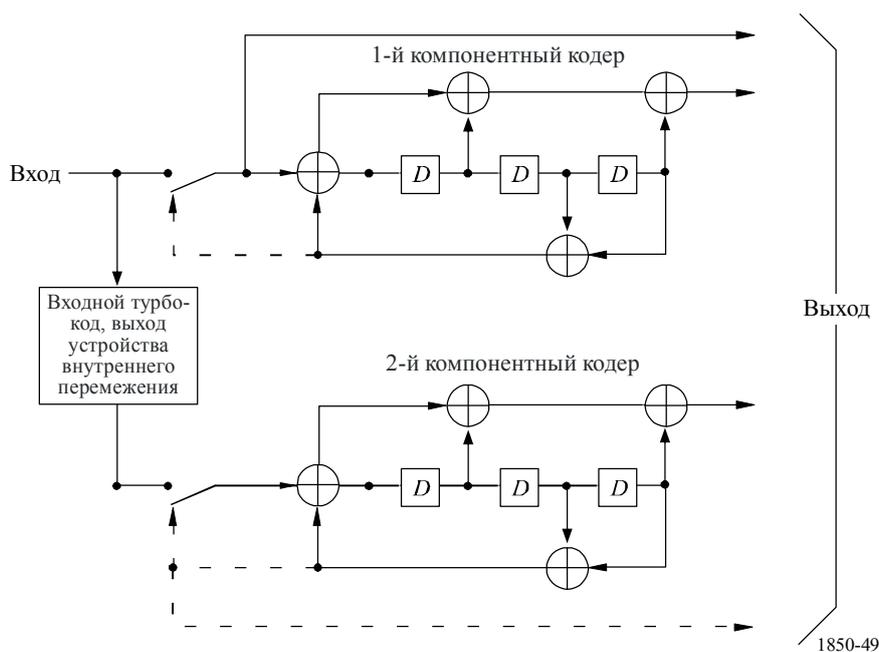
где:

$$g_0(D) = 1 + D^2 + D^3;$$

$$g_1(D) = 1 + D + D^3.$$

РИСУНОК 49

Генератор турбокодера со скоростью 1/3
(пунктирные линии относятся только к завершению треллис кода)



1850-49

4.3.3.4.2.4 Перемежение

1-е устройство перемежения – это блочное устройство перемежения (M строк на N столбцов) с перестановками между столбцами. Размер 1-го устройства перемежения $M \times N$ – это целое число, кратное интервалу времени передачи (TTI).

2-е устройство перемежения – это блочное устройство перемежения (M строк на N столбцов) с перестановками между столбцами. Размер 2-го устройства перемежения $M \times N$ – это число битов в одном радиокадре для одного физического канала, а число столбцов $N = 30$. Шаблон перестановок между столбцами имеет вид $\langle 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17 \rangle$.

4.3.3.4.2.5 Совмещение скоростей

Количество битов в транспортном канале может быть разным в различные интервалы времени передачи. На линии вверх биты в транспортном канале повторяются или прореживаются для гарантии того, что итоговая скорость передачи после мультиплексирования транспортного канала равна итоговой скорости в канале распределенного DPCN. На линии вниз итоговая скорость передачи после мультиплексирования транспортного канала меньше или равна итоговой скорости в канале, заданной кодом(ами) деления каналов, присвоенному(ым) высшими уровнями. Если количество битов меньше минимального, передача прерывается.

4.3.3.4.2.6 Мультиплексирование транспортного канала

Каждые 10 мс один радиокадр из каждого транспортного канала передается в мультиплексирование транспортного канала. Эти радиокадры последовательно мультиплексируются, образуя композитно кодированный транспортный канал.

4.3.3.4.2.7 Кодирование TFCI

TFCI кодируется с применением субкода (32, 10) кода Рида-Мюллера второго порядка. Кодовые слова представляют собой линейную комбинацию десяти базовых последовательностей. Информационные биты TFCI должны соответствовать индексу TFCI, определенному уровнем RRC, для ссылки на TFC связанного радиокадра DPCN.

Если один из DCH связан с DSCH, кодовое слово TFCI может быть разделено таким образом, что кодовое слово, относящееся к указанию действия TFCI, передается не в каждом луче. Использование такой функции должно быть указано в сигналах высшего уровня. TFCI кодируется с применением (16, 5) би-ортогонального кода или кода Рида-Мюллера первого порядка. Кодовые слова би-ортогонального кода (16, 5) представляют собой линейную комбинацию пяти базовых последовательностей. Первый набор информационных битов TFCI должен соответствовать индексу TFCI, определенному уровнем RRC, для ссылки на TFC канала DCH CСТrCH связанного радиокадра DPCN. Второй набор информационных битов TFCI информация должен соответствовать индексу TFCI, определенному уровнем RRC, для ссылки на TFC связанного DSCH в соответствующем радиокадре PDSCH.

Биты кодового слова непосредственно преобразуются в слоты радиокадра. Закодированные биты b_k , преобразуются в передаваемые биты TFCI d_k в соответствии с $d_k = b_{k \bmod 32}$, где $k = 0, \dots, K - 1$. Количество битов, доступное в полях TFCI радиокадра K зависит от формата слота, используемого для кадра.

4.3.3.4.2.8 Кодирование команды TPC

2-битовая команда TPC кодируется посредством повторения. Набор битов команды TPC (a_0, a_1) должен соответствовать команде TPC, определенной процедурой регулировки мощности. Биты выходного кодового слова b_k определяются выражением $b_k = a_{k \bmod 2}$, где $k = 0, \dots, 15$.

Как для каналов на линии вверх, так и для каналов на линии вниз, биты кодового слова преобразуются в 15 слотов радиокадра. Закодированные биты b_k преобразуются в передаваемые биты TPC d_k в соответствии с выражением $d_k = b_{k \bmod 15}$, где $k = 0, \dots, K - 1$. Количество битов, доступное в полях TPC радиокадра K зависит от формата слота, используемого для кадра.

4.3.3.4.3 Модуляция и расширение

4.3.3.4.3.1 Расширение на линии вверх

Модуляция с расширением для каналов на линии вверх использует ортогональную комплексную QPSK (OCQPSK).

Операция расширения состоит из двух операций; расширения с коротким кодом для деления каналов и расширения с длинным кодом для скремблирования.

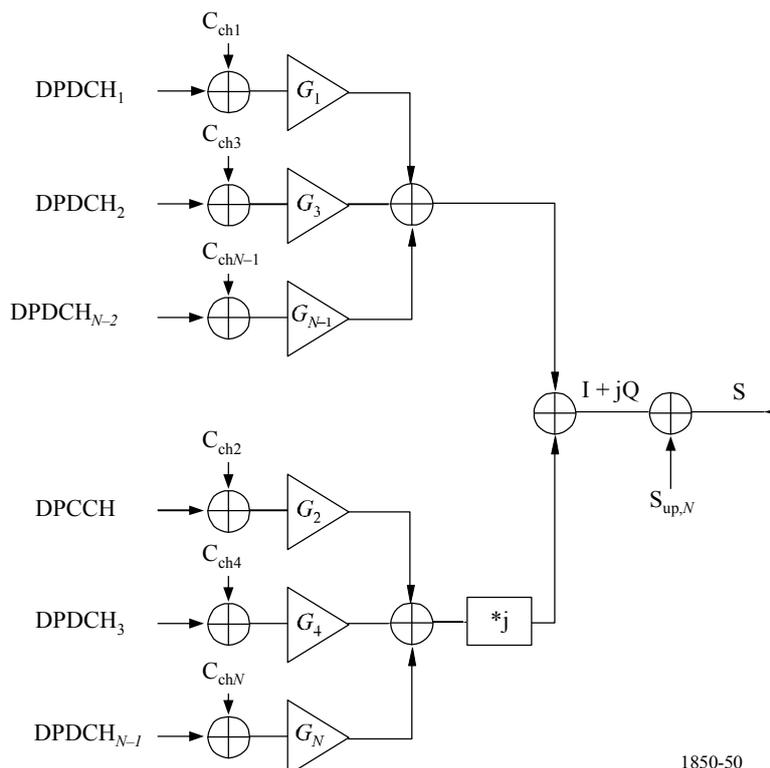
К каналу на линии вверх должно применяться расширение по методу прямой последовательности, использующее длинный код.

На рисунке 50 показана конфигурация расширения на линии вверх. Коды деления каналов $C_{ch\ i}$, $i = 1, 2, \dots, N$, сначала расширяют один канал DPDCCH и каналы DPDCCH. Затем сигналы регулируются при помощи коэффициентов усиления мощности, G_i складываются вместе в обоих ветвях I и Q, и перемножаются с комплексным кодом скремблирования $S_{up,N}$.

Если нужен только один DPDCCH, то передаются только DPDCCH1 и DPCCCH. При мультикодовой передаче передается несколько DPDCCH, используя ветви I и Q.

РИСУНОК 50

Расширение для канала DPDCCH/DPCCCH на линии вверх



Коды деления каналов для линии вверх DPCH – это коды OVSE.

Длинный код скремблирования составлен из компонентных длинных последовательностей $c_{long,1,n}$ и $c_{long,2,n}$. Две этих последовательности получаются из поэлементной суммы (по модулю 2) 38 400 чиповых сегментов двух двоичных m -последовательностей x_n и y . Последовательность x_n , которая зависит от выбранного номера скремблирующей последовательности n , получается из генератора полиномиального m -последовательности $X^{25} + X^3 + 1$, а y -последовательность получается из генератора полиномиального $X^{25} + X^3 + X^2 + X + 1$.

Конфигурация генератора длинного кода для линии вверх представлена на рисунке 51.

Определим двоичную последовательность Голда z_n при помощи выражения:

$$z_n(i) = x_n(i) + y(i) \text{ modulo } 2, i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Эти двоичные последовательности преобразуются в последовательность реальных значений Z_n . Реальные длинные скремблирующие последовательности $c_{long,1,n}$ и $c_{long,2,n}$ определяются следующим образом:

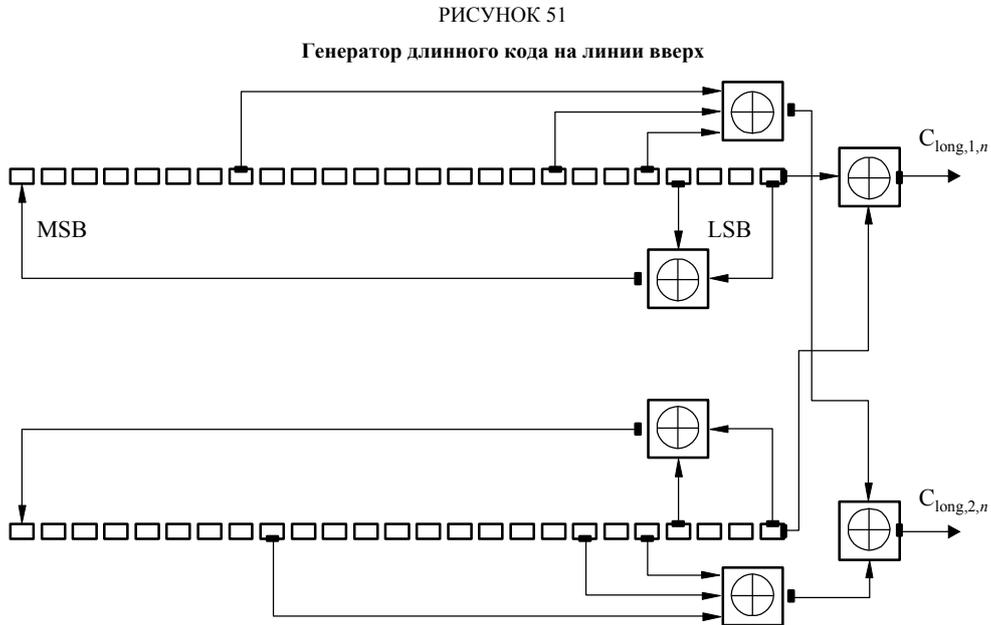
$$c_{long,1,n}(i) = Z_n(i), i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2; \text{ и}$$

$$c_{long,2,n}(i) = Z_n((i + 16\ 777\ 232) \text{ modulo } (2^{25} - 1)), i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Наконец, комплексная длинная скремблирующая последовательность Клонга n определяется следующим образом:

$$C_{\text{long}n}(i) = c_{\text{long}1,n}(i) \left(1 + j(-1)^i c_{\text{long}2,n}(2 \lfloor i/2 \rfloor) \right),$$

где $i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 2$ и $\lfloor \cdot \rfloor$ обозначает округление до ближайшего целого числа.



1850-51

4.3.3.4.3.1.1 Коды PRACH и PCPCH

Код преамбулы доступа имеет длину $N_p \times 4096$ чипов и состоит из N_p кодов субпреамбулы. Код субпреамбулы $C_{\text{pre},n,s,i}$ – это последовательность комплексных значений. Он составлен из кода скремблирования преамбулы $S_{\text{r-pre},n}$ и сигнатуры преамбулы $C_{\text{sig},s}$ следующим образом:

– когда N_p выставлен в 1, тогда:

$$C_{\text{pre},n,s,0}(k) = S_{\text{pre},n,s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095,$$

– когда N_p больше, чем 1, тогда:

$$C_{\text{pre},n,s,i}(k) = S_{\text{pre},n}(k) \times C_{\text{sig},s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095, i = 0, 1, \dots, N_p - 2,$$

$$C_{\text{pre},n,s,N_p-1}(k) = S_{\text{pre},n}(k) \times C_{\text{sig},s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095,$$

где $k = 0$ соответствует чипу, передаваемому по времени первым.

Сигнатура преамбулы, соответствующая сигнатуре s , состоит из 256 повторений сигнатуры длиной 16. Сигнатура – это множество кодов Адамара длиной 16.

Код скремблирования для сегмента преамбулы состоит длинных скремблирующих последовательностей. n -й код скремблирования преамбулы определяется следующим образом:

$$S_{\text{pre},n}(i) = c_{\text{long},1,n}(i),$$

где $i = 0, 1, \dots, 4095$. Когда субкадры доступа используются для PRACH, Код скремблирования n -й преамбулы, где число n четное, используется для преамбулы, передаваемой в четном субкадре доступа. Код скремблирования n -й преамбулы, где число n нечетное, используется для преамбулы, передаваемой в нечетном субкадре доступа.

Код скремблирования n -й части сообщения PRACH, обозначенной $S_{\text{r-msg},n}$, где $n = 0, 1, \dots, 8191$, основан на длинной скремблирующей последовательности и определяется следующим образом:

$$S_{\text{r-msg},n}(i) = C_{\text{long},n}(i + 4096), i = 0, 1, \dots, 38399.$$

Код скремблирования n -й части сообщения PCPCH, обозначенной $S_{\text{c-msg},n}$, где $n = 8192, 8193, \dots, 40959$ основан на скремблирующей последовательности и определяется следующим образом:

В случае, когда используются длинные коды скремблирования:

$$S_{\text{c-msg},n}(i) = C_{\text{long},n}(i), i = 0, 1, \dots, 38399.$$

4.3.3.4.3.2 Модуляция на линии вверх

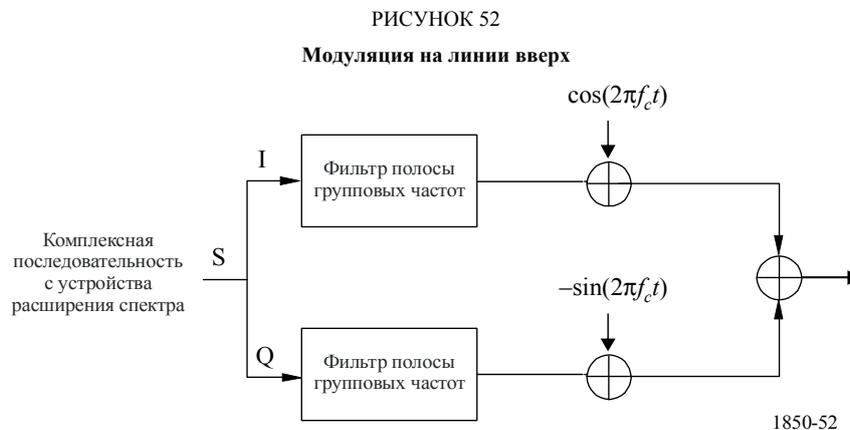
Чиповая скорость модуляции равна 3,84 Мчип/с.

На линии вверх используется двухканальная модуляция QPSK.

Модулированный канал DPCCN преобразуется в канал Q, тогда как первый DPDCH преобразуется в канал I.

Последовательно добавленные DPDCH попеременно преобразуются в каналы I или Q.

На рисунке 52 показана конфигурация модуляции на линии вверх. Фильтр полосы групповых частот (фильтр, формирующий импульсы) это фильтр с приподнятым корнем квадратным от косинуса с наклоном фронтов в частотной области $\alpha = 0,22$.



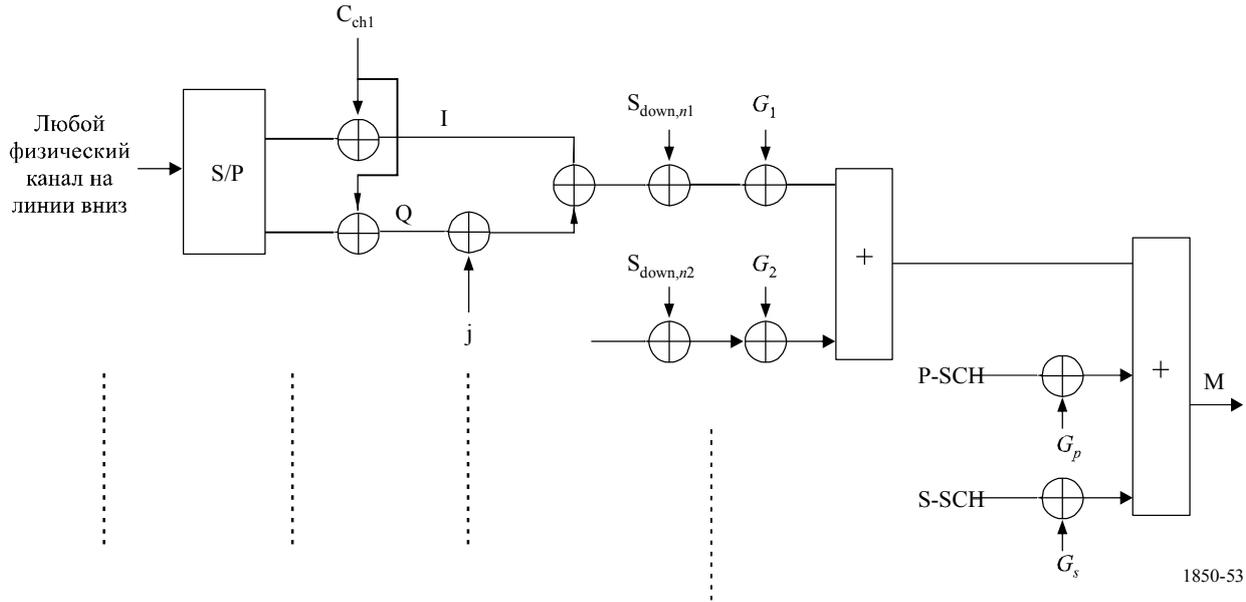
4.3.3.4.3.3 Расширение на линии вниз

OCQPSK на линии вниз не используется. Операция расширения состоит из двух операций; расширения с коротким кодом для деления каналов и расширения с длинным кодом для скремблирования. В канале на линии вниз должно применяться расширение по методу прямой последовательности, использующее длинный код. Для канала на линии вниз этот длинный код должен быть периодическим с периодом 38 400 чипов. Длина длинного кода равна длине кадра 10 мс.

На рисунке 53 показана конфигурация расширения на линии вниз.

РИСУНОК 53

Расширение для физических каналов на линии вниз



1850-53

Кодом деления каналов для физических каналов на линии вниз являются те же коды OVSF, которые используются на линии вверх.

Код скремблирования создается за счет комбинирования двух реальных последовательностей в комплексную последовательность. Каждая из двух реальных последовательностей получается из поэлементной суммы (по модулю 2) 38 400 чиповых сегментов двух двоичных m -последовательностей x и y . Последовательность x получается из генератора полиномиального $X^{18} + X^7 + 1$. Последовательность y получается из генератора полиномиального $X^{18} + X^{10} + X^7 + X^5 + 1$. Исходное состояние для последовательности x – это (00...1), где 1 является младшим битом (LSB). Исходное состояние для последовательности y – это (11...1). На рисунке 54 показана конфигурация генератора кода скремблирования на линии вниз.

Тогда, последовательность n -го корда Голда z_n , определяется следующим образом:

$$z_n(i) = x((i + n) \text{ modulo } (2^{18} - 1)) + y(i) \text{ modulo } 2, i = 0, \dots, 2^{18} - 2.$$

Эти двоичные последовательности преобразуются в последовательность реальных значений Z_n . Наконец, последовательность n -го комплексного кода скремблирования $S_{dl,n}$ определяется следующим образом:

$$S_{dl,n}(i) = Z_n(i) + j Z_n((i + 131\,072) \text{ modulo } (2^{18} - 1)), i = 0, 1, \dots, 38\,399.$$

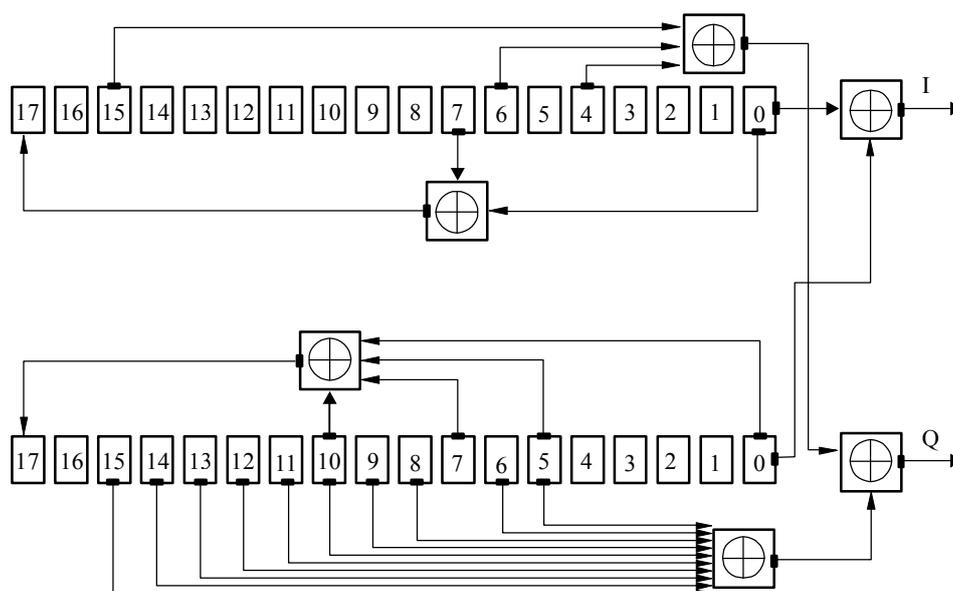
Отметим, что этот шаблон повторяется от фазы 0 до фазы 38 399.

Коды скремблирования подразделяются на 512 множеств, и каждое множество состоит из первичного кода скремблирования и 15 вторичных кодов скремблирования. Первичные коды скремблирования состоят из кодов скремблирования $n = 16 \times i$, где $i = 0 \dots 511$. i -е множество вторичных кодов скремблирования состоит из кодов скремблирования $16 \times i + k$, где $k = 1 \dots 15$. Выполняется однозначное преобразование между каждым первичным кодом скремблирования и 15 вторичными кодами скремблирования в таком множестве, что i -й первичный код скремблирования соответствует i -му множеству вторичных кодов скремблирования. Следовательно, используются коды скремблирования $n = 0, 1, \dots, 8191$.

Множество первичных кодов скремблирования далее делится на 64 группы кодов скремблирования, каждая из которых состоит из восьми первичных кодов скремблирования. j -я группа кодов скремблирования состоит из первичных кодов скремблирования $16 \times 8 \times j + 16 \times k$, где $j = 0 \dots 63$ и $k = 0 \dots 7$.

РИСУНОК 54

Генератор кода скремблирования на линии вниз



1850-54

4.3.3.4.3.1 Коды синхронизации

4.3.3.4.3.1.1 Для спутников LEO

Первичный код синхронизации (PSC), C_{psc} составлен из двух обобщенных иерархических последовательностей Голя.

Определим:

- $a_1 = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1 \rangle$;
- $a_2 = \langle y_1, y_2, y_3, \dots, y_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1 \rangle$.

Код PSC генерируется путем повторения последовательностей a_1 и a_2 , модулированных комплиментарной последовательностью Голя, и создания комплексной последовательности с идентичными реальной и мнимой составляющими. Код PSC C_{psc} определяется следующим образом:

- $C_{psc} = (1 + j) \times \langle a_1, -a_1, -a_1, -a_1, -a_1, a_1, -a_1, -a_1, a_2, a_2, -a_2, a_2, -a_2, a_2, a_2, a_2 \rangle$.

16 вторичных кодов синхронизации (SSC), $\{C_{ssc,1}, \dots, C_{ssc,16}\}$, являются комплексными с идентичными реальной и мнимой составляющими, и образуются из поэлементного мультиплексирования последовательности Адамара и последовательности z , определяемой следующим образом:

- $z = \langle b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, -b_1, -b_1, b_2, -b_2, -b_2, b_2, b_2, -b_2, b_2, -b_2 \rangle$, где:
- $b_1 = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle$ и $x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16}$, являются точно такими же, как в определении последовательности a_1 , выше.
- $b_2 = \langle y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, -y_9, -y_{10}, -y_{11}, -y_{12}, -y_{13}, -y_{14}, -y_{15}, -y_{16} \rangle$ и $y_1, y_2, \dots, y_{15}, y_{16}$, являются точно такими же, как в определении последовательности a_2 , выше.

Последовательности Адамара получаются как строки в матрице H_8 , выстроенные в рекурсии. Обозначим n -ю последовательность Адамара как строку матрицы H_8 , пронумерованную сверху вниз, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, впоследствии. Более того, пусть $h_n(i)$ и $z(i)$ обозначают i -й символ последовательности h_n и z , соответственно, где $i = 0, 1, 2, \dots, 255$.

Тогда k -й код SSC, $C_{ssc,k}$, $k = 1, 2, 3, \dots, 16$ определяется следующим образом:

$$C_{ssc,k} = (1 + j) \times \langle h_m(0) \times z(0), h_m(1) \times z(1), h_m(2) \times z(2), \dots, h_m(255) \times z(255) \rangle,$$

где $m = 8 \times (k - 1)$.

Имеется 64 вторичных последовательности SCH и каждая последовательность состоит из 15 кодов SSC. Эти 64 вторичных последовательности SCH образуются таким образом, что их циклические сдвиги являются уникальными, т. е. ненулевой циклический сдвиг менее 15 любой из 64 последовательностей не равен ни одному циклическому сдвигу ни одной из 64 последовательностей. Кроме того, ненулевой циклический сдвиг менее 15 любой из последовательностей не равен самому себе с любым другим циклическим сдвигом менее 15.

4.3.3.4.3.1.2 Коды синхронизации для группировки ГЕО

Первичный код синхронизации (PSC) C_{psc} построен в виде так называемой иерархической последовательности Голея. Код PSC выбран далее, как имеющий хорошие аperiodические антикорреляционные свойства.

Определим:

$$- \quad a = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 1 \rangle.$$

Код PSC генерируется путем повторения последовательности a , модулированной комплиментарной последовательностью Голея, и создания комплексной последовательности с идентичными реальной и мнимой составляющими. Код PSC C_{psc} определяется следующим образом:

$$- \quad C_{psc} = (1 + j) \times \langle a, a, a, -a, -a, a, -a, -a, a, a, a, -a, a, -a, a, a \rangle,$$

где крайний левый чип в последовательности соответствует чипу, передаваемому по времени первым.

16 вторичных кодов синхронизации (SSC), $\{C_{ssc,1}, \dots, C_{ssc,16}\}$ являются комплексными с идентичными реальной и мнимой составляющими и образуются из поэлементного мультиплексирования последовательности Адамара и последовательности z , определяемой следующим образом:

$$- \quad z = \langle b, b, b, -b, b, b, -b, -b, b, -b, b, -b, -b, -b, -b, -b \rangle, \text{ где:}$$

$$- \quad b = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle \text{ и } x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16}, \text{ являются точно такими же, как в определении последовательности } a, \text{ выше.}$$

Последовательности Адамара получаются как строки в матрице H_8 , выстроенные в рекурсии:

$$H_0 = (1)$$

$$H_k = \begin{pmatrix} H_{k-1} & H_{k-1} \\ H_{k-1} & -H_{k-1} \end{pmatrix}, \quad k \geq 1.$$

Строки пронумерованы сверху вниз, начиная со строки 0 (последовательность "все единицы").

Обозначим n -ю последовательность Адамара как строку матрицы H_8 , пронумерованной сверху вниз, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, впоследствии.

Далее, пусть $h_n(i)$ и $z(i)$ обозначают i -й символ последовательности h_n и z , соответственно, где $i = 0, 1, 2, \dots, 255$ и $i = 0$ соответствует крайнему левому символу.

Тогда k -й код SSC, $C_{ssc,k}$, $k = 1, 2, 3, \dots, 16$ определяется следующим образом:

$$- \quad C_{ssc,k} = (1 + j) \times \langle h_m(0) \times z(0), h_m(1) \times z(1), h_m(2) \times z(2), \dots, h_m(255) \times z(255) \rangle,$$

- где $m = 16 \times (k - 1)$ и крайний левый чип в последовательности соответствует чипу, передаваемому по времени первым.

Эти 64 вторичных последовательности SCH образуются таким образом, что их циклические сдвиги являются уникальными, т. е. ненулевой циклический сдвиг менее 15 любой из 64 последовательностей не равен ни одному циклическому сдвигу ни одной из 64 последовательностей. Кроме того, ненулевой циклический сдвиг менее 15 любой из последовательностей не равен самому себе с любым другим циклическим сдвигом менее 15. Таблица 6 описывает последовательности кодов SSC, используемые для кодирования 64 различных групп кодов скремблирования. Записи в таблице 6 показывают, какой SSC должен использоваться в различных слотах для различных групп кодов скремблирования, например запись "7" означает, что код SSC $C_{ssc,7}$ должен использоваться для соответствующей группы кодов скремблирования и слота.

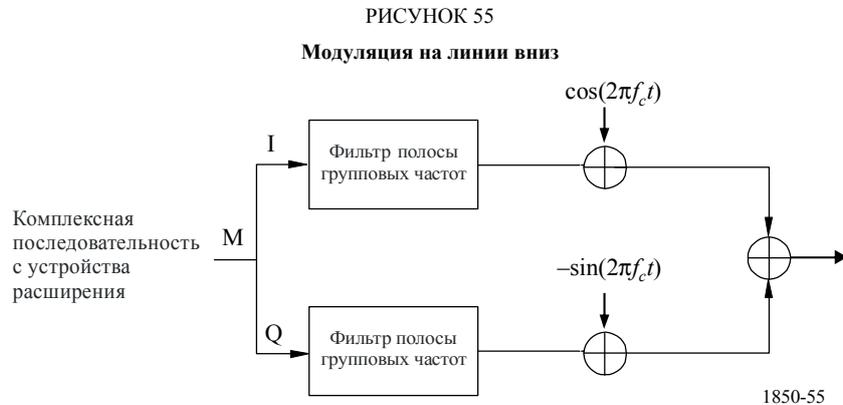
4.3.3.4.3.4 Модуляция на линии вниз

Чиповая скорость модуляции составляет 3,84 Мчип/с.

На линии вниз методом модуляции данных DPCH является QPSK.

Модулированные каналы DPDCH и DPCCCH мультиплексируются во времени.

На рисунке 55 показана конфигурация модуляции на линии вниз. Фильтр полосы групповых частот (фильтр, формирующий импульсы) – это фильтр с приподнятым корнем квадратным от косинуса с наклоном фронтов в частотной области $\alpha = 0,22$.



4.3.3.4.4 Процедуры

4.3.3.4.4.1 Поиск луча

Поиск луча выполняется в три этапа:

Этап 1: MES использует первичный код синхронизации SCH для слотовой синхронизации луча.

Этап 2: MES использует последовательности вторичного кода синхронизации SCH для кадровой синхронизации и идентификации кодовой группы луча, найденного на первом этапе.

Этап 3: MES определяет точный первичный код скремблирования, используемый найденным лучом.

Во время первого и второго этапов может потребоваться грубый метод поиска частоты и/или метод дифференциального детектирования из-за ошибки несущей частоты в результате сдвига Допплера.

Во время второго и третьего этапов станция MES может использовать локально сохраненную информацию о спутниковой группировке и ее положении. Это может сократить время поиска луча.

4.3.3.4.4.2 Случайный доступ

4.3.3.4.4.2.1 Процедура RACH

На уровне MAC, когда должны передаваться данные, станция MES выбирает класс канала RACH и начинает цикл повторной передачи. Если число циклов повторной передачи превышает максимальное число циклов повторной передачи, MES останавливает процедуру и посылает отчет на более высокий уровень RLC или RRC.

В начале каждого цикла повторной передачи, MES обновляет параметры, относящиеся к процедуре RACH, используя последние значения, включенные в сообщения системной информации в рамках BCH. Затем MES принимает решение о том, начинать ли передачу канала RACH в текущем кадре, на основе сохраненного значения. Если передача не разрешена, MES повторяет процедуру, начиная с проверки сохраненного значения в следующем кадре. Если передача разрешена, MES начинает следующий период повторной передачи. Если число повторных периодов превышает максимальное число повторных передач, MES заново начинает цикл повторной передачи в следующем кадре.

Во время периода нарастающих циклов повторной передачи станция MES должна выполнять процедуру физического случайного доступа следующим образом:

Этап 1: Определить свободный кадр доступа на линии вверх в следующем целом наборе кадров доступа, используя множество доступных субканалов RACH в данном классе RACH. Случайным образом выбрать один кадр доступа из ранее определенных. Когда субкадры доступа используются для PRACH, станция MES случайным образом выбирает субкадр доступа из четных и нечетных субкадров доступа в пределах выбранного кадра доступа.

Этап 2: Случайным образом выбрать сигнатуру из множества доступных сигнатур данного класса RACH.

Этап 3: Установить счетчик повторных передач преамбулы в значение "Preamble Retrans Max".

Этап 4: Установить мощность преамбулы в значение Preamble_Initial_Power.

Этап 5: Случайным образом выбрать сдвиг времени передачи τ_{off} в диапазоне от $-\tau_{off,max}$ до $\tau_{off,max}$ чипов.

Этап 6: Передать часть преамбулы и часть для сообщений, используя выбранный кадр доступа или субкадр доступа, сдвиг времени передачи, сигнатуру и мощность передачи преамбулы. Мощность передачи части управления сообщениями со случайным доступом должна быть на P_{p-m} (дБ) выше мощности преамбулы.

Этап 7: Если в кадре доступа или субкадре доступа канала AICH на линии вниз, соответствующем кадру доступа или субкадру доступа, переданному на линии вверх, не обнаружено ни положительного, ни отрицательного индикатора, соответствующего выбранной сигнатуре, тогда

Субэтап 7.1: Выбрать следующий доступный кадр доступа из множества доступных субканалов RACH данного класса RACH. Когда субкадры доступа используются для PRACH, станция MES случайным образом выбирает субкадр доступа из четных и нечетных субкадров доступа в пределах выбранного кадра доступа.

Субэтап 7.2: Случайным образом выбрать новую сигнатуру из доступных сигнатур.

Субэтап 7.3: Увеличить мощность преамбулы на $\Delta P_0 = \text{Power Ramp Step}$.

Субэтап 7.4: Уменьшить счетчик повторных передач преамбулы на единицу.

Субэтап 7.5: Если счетчик повторных передач преамбулы > 0 , то повторить действия, начиная с Этапа 5. В ином случае сообщить на более высокий уровень (MAC) о состоянии L1 "No ack on AICH" и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Этап 8: Если в кадре доступа или субкадре доступа на линии вниз, соответствующем кадру доступа или субкадру доступа, переданному на линии вверх, обнаружен отрицательный индикатор, соответствующий выбранной сигнатуре, тогда сообщить на более высокий уровень (MAC) о состоянии L1 "Nack on AICH received" и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Этап 9: Сообщить на более высокий уровень (MAC) о состоянии L1 "Ack on AICH received" и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Субканал RACH определяет множество кадров доступа на линии вверх, которые синхронизированы по времени с кадрами P-CCPCH. Всего имеется восемь субканалов RACH.

Во время передачи преамбулы и сообщений RACH, MES может использовать метод предварительной компенсации сдвига Допплера, основанный на оценке сдвига Допплера для несущей на линии вниз.

На уровне MAC, когда L1 показывает, что уведомление в канале AICH получено, об успешном завершении процедуры MAC управления передачей должно быть сообщено на более высокий уровень. Когда L1 показывает, что уведомление в канале AICH не получено, выполняется новый цикл повторной передачи. Когда L1 показывает, что получено отрицательное уведомление, станция MES определяет время задержки. После времени задержки начинается новый цикл повторной передачи.

Если ответное сообщение, соответствующее переданному сообщению RACH, принимается на более высоком уровне (RLC или RRC) в любой момент во время процедуры случайного доступа, MES должна остановить процедуру RACH.

4.3.3.4.4.2 Процедура CPCH

Для каждого физического канала CPCH в множестве каналов CPCH, распределенных лучу, параметры физического уровня вводятся в сообщения системной информации в рамках BCH. Физический уровень должен выполнять процедуру CPCH следующим образом:

Этап 1: После приема запроса на доступ от уровня MAC, станция MES должна проверить значение индикаторов SI последней передачи. Если тест покажет, что максимальная доступная скорость передачи данных меньше запрошенной скорости передачи данных, станция MES должна прекратить попытки доступа.

Этап 2: Станция MES устанавливает мощность передачи преамбулы равной Preamble_Initial_Power.

Этап 3: Станция MES устанавливает счетчик повторных передач AP в значение $N_{AP_Retrans_Max}$.

Этап 4: Используя группу субканалов кадра доступа в комбинации ресурсов доступа, соответствующую требуемой скорости передачи данных, станция MES получает доступные кадры доступа. Станция MES случайным образом выбирает один кадр доступа на линии вверх из полученных доступных кадров. Когда субкадры доступа используются для PRACH, станция MES случайным образом выбирает субкадр доступа из четных и нечетных субкадров доступа в пределах выбранного кадра доступа.

Этап 5: Станция MES случайным образом выбирает сигнатуру AP из множества доступных сигнатур в комбинации ресурсов доступа, соответствующую требуемой скорости передачи данных.

Этап 6: Станция MES случайным образом выбирает сигнатуру CD из множества сигнатур CD.

Этап 7: Случайным образом выбирает сдвиг времени передачи τ_{off} в диапазоне от $-\tau_{off,max}$ до $\tau_{off,max}$.

Этап 8: Станция MES должна проверить значение индикатора состояния. Если тест покажет, что максимальная доступная скорость передачи данных меньше запрошенной скорости передачи данных, станция MES должна прекратить попытки доступа и передать на MAC уровень сообщение об ошибке. В ином случае станция MES передает AP, используя выбранный кадр доступа или субкадр доступа на линии вверх, сигнатуру, сдвиг времени передачи и исходную мощность передачи преамбулы, последовательно передает преамбулу CD с той же мощностью, что и AP.

Этап 9: Если станция MES не обнаруживает положительного или отрицательного индикатора приема и CDI, соответствующего выбранной сигнатуре AP и сигнатуре CDP, соответственно, из кадра доступа или субкадра доступа канала APA/CD/CA-ICH на линии вниз, соответствующего выбранному кадру доступа или субкадру доступа, должны быть выполнены следующие этапы:

Субэтап 9a: Выбрать следующий доступный кадр доступа в используемой группе субканалов. Когда субкадры доступа используются для PRACH, станция MES случайным образом выбирает субкадр доступа среди четных и нечетных субкадров доступа в пределах выбранного кадра доступа.

Субэтап 9b: Случайным образом выбрать новую сигнатуру CD из множества сигнатур CD.

Субэтап 9c: Увеличить мощность передачи преамбулы с определенным сдвигом ΔP . Сдвиг мощности ΔP_0 используется, если только не работает отрицательный таймер AICH, в ином случае вместо него используется ΔP_1 .

Субэтап 9d: Уменьшить счетчик повторных передач AP на единицу.

Субэтап 9e: Если счетчик повторных передач AP < 0 , станция MES прекращает попытки доступа и передает на MAC уровень сообщение об ошибке. Если счетчик повторных передач AP равен или больше 0, станция MES повторяет процедуру, начиная с Этапа 7.

Этап 10: Если станция MES обнаруживает отрицательный индикатор приема AP, соответствующий выбранной сигнатуре AP из кадра доступа или субкадра доступа канала APA/CD/CA-ICH на линии вниз, соответствующего выбранному кадру доступа или субкадру доступа, станция MES прекращает попытки доступа и передает на MAC уровень сообщение об ошибке. Станция MES устанавливает отрицательный таймер AICH для указания на использование значения ΔP_1 в качестве преамбулы сдвига мощности до истечения времени таймера.

Этап 11: Если станция MES принимает положительный индикатор приема AP, соответствующий выбранной сигнатуре AP, и CDI с сигнатурой, которая не соответствует сигнатуре в преамбуле CD, станция MES прекращает попытки доступа и передает на MAC уровень сообщение об ошибке.

Этап 12: Если станция MES принимает положительный индикатор приема AP и CDI из канала APC/CD/CA-ICH с совпадающими сигнатурами, и если CA сообщения указывает на один из каналов PCPCH, которые были указаны как свободные в последнем принятом радиовещательном сигнале CSICH, станция MES передает начальную преамбулу передачи на τ_{p-ip} мс позже момента начала AP/CDP. Исходная мощность передачи должна быть на ΔP_{p-m} (дБ) выше, чем мощность передачи AP/CDP. Передача участка сообщения пачки импульсов начинается сразу после начальной преамбулы передачи. Регулировка мощности на участке сообщения выполняется в соответствии со слотом команды TPC на линии вниз, связанным с PCPCH в канале CPCH-CCPCH.

Этап 13: Во время пакетной передачи данных канала CPCH станция MES и Спутниковая сеть доступа (RAN) выполняет регулировку мощности по внутренней цепи на участке сообщения канала PCPCH.

При передаче преамбулы и сообщений, MES может использовать метод предварительной компенсации сдвига Допплера, основанный на оценке сдвига Допплера в несущей на линии вниз.

4.3.3.4.4.3 Регулировка мощности

4.3.3.4.4.3.1 Регулировка мощности на линии вверх

Цель регулировка мощности состоит в том, чтобы преодолеть проблему "близкий-далекий". Предусмотрена регулировка мощности с открытой цепью и регулировка мощности по замкнутой цепи, в зависимости от существующей информации обратной связи.

4.3.3.4.4.3.1.1 Регулировка мощности с открытой цепью

Регулировка мощности с открытой цепью используется для регулировки передаваемой мощности в канале DPCH. Она может уменьшить сложность H/W по сравнению с регулировкой мощности по замкнутой цепи. Станция MES должна измерить принимаемую мощность в канале P-CCPCH на линии вниз перед передачей DPCH. Мощность передачи канала DPCH определяется индикаторами CSI и SIR на линии вверх.

Станция MES должна непрерывно выполнять процедуру OLPC следующим образом:

Этап 1: Если станция MES принимает данные от спутниковой сети доступа (RAN) в состоянии ожидания, то она проверяет поле пилот-сигнала канал DPCCCH и/или CPICH и/или S-CCPCH.

Этап 2: Станция MES берет значение CSI из оценки канала.

Этап 3: Станция MES оценивает принятое значение SIR канала DPCCCH/DPDCH на линии вниз.

Этап 4: Станция MES сравнивает требуемое значение SIR с принятым значением SIR.

Этап 5: Станция MES определяет мощность передачи канала DPCH следующим образом:

$$P_{DPCH}(i) = P_{DPCH}(i-1) \pm \Delta_{\epsilon}(i-1) \quad \text{дБм,}$$

где:

$$\Delta_{\epsilon}(i) = SIR_{est}(i) - SIR_{target}(i).$$

4.3.3.4.4.3.1.2 Регулировка мощности по замкнутой цепи

Процедура регулировки мощности по замкнутой цепи на линии вверх одновременно регулирует мощность в канале DPCCCH и соответствующих ему каналах DPDCH (если таковые имеются). Относительный сдвиг мощности передачи между DPCCCH и каналами DPDCH определяется сетью и передается на станцию MES с использованием сигнализации высшего уровня.

Регулировка мощности по замкнутой цепи на линии вверх регулирует мощность передачи станции MES для того чтобы поддерживать принимаемое на линии вверх отношение сигнал помеха (SIR) в заданном целевом значении SIR SIR_{target} . Регулировка мощности на линии вверх должна выполняться пока передаваемая станцией MES мощность ниже максимально допустимой выходной мощности.

Любое изменение мощности передачи канала DPCCCH на линии вверх должно выполняться непосредственно перед началом кадра в DPCCCH. Изменение мощности DPCCCH относительно предыдущего значения определяется станцией MES и обозначается как Δ_{DPCCCH} (дБ).

Спутниковая сеть доступа (RAN) должна оценить отношение сигнал-помеха SIR_{est} принятого канала DPCCCH на линии вверх, сгенерировать команды TPC и передавать эти команды по одному разу в радиокадре в соответствии со следующим правилом:

Определим переменную:

$$\Delta_{\epsilon} = SIR_{est} - SIR_{target},$$

$$\Delta_p(i) = \text{шаг регулировки мощности, значение которого определено, как одно из множества } \{-\Delta_L, -\Delta_S, \Delta_S, \Delta_L\} \text{ в соответствии с командой TPC_cmd } i\text{-го кадра, где размеры шага } \Delta_S, \Delta_L \text{ управляются спутниковой сетью доступа (RAN),}$$

$$Nf_{frame} = \text{задержка в цепи, выраженная в кадрах.}$$

И затем генерируется $\Delta_p(i)$ используя Δ_ε и прошлые N_{frame} шагов регулировки мощности $\Delta_p(k)$, $k = i - N_{frame} - 1, \dots, i - 1$ следующим образом:

Вычислим:

$$\Delta_{\varepsilon,c} = \Delta_\varepsilon + \chi \sum_{k=i-N_{frame}}^{i-1} \{\Delta_p(k) - \alpha\Delta_p(k-1)\},$$

где индикатор компенсации задержки в цепи χ выставлен в "1", когда на станции MES применяется мягкое переключение, и в "0", когда на станции MES не применяется мягкое переключение. Суммарный коэффициент уменьшения α ($0 < \alpha < 1$) – это параметр высшего уровня, и он идентичен для всех станций MES в одном луче.

- если $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ и $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = \Delta_S$;
- если $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ и $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -\Delta_S$;
- если $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ и $\Delta_{\varepsilon,c} < 0$, $\Delta_p(i) = \Delta_L$;
- если $|\Delta_{\varepsilon,c}| < \varepsilon_T$ и $\Delta_{\varepsilon,c} > 0$, $\Delta_p(i) = -\Delta_L$.

Станция MES регулирует мощность передачи канала DPCCN на линии вверх с шагом Δ_{DPCCN} (дБ), используя два последних принятых шага регулировки мощности $\Delta_p(i)$ и $\Delta_p(i-1)$ следующим образом:

- Когда на станции MES не применяется мягкое переключение:

$$\Delta_{DPCCN} = \Delta_p(i) \alpha \Delta_p(i-1),$$

где α равна значению, используемому в обслуживаемом луче и передается более высоким уровнем.

- Когда на станции MES применяется мягкое переключение:

$$\Delta_{DPCCN} = \kappa \Delta_p(i),$$

где κ – коэффициент уменьшения шага регулировки мощности, передаваемый более высоким уровнем.

Взаимосвязь между $\Delta_p(i)$ и командой регулировки мощности передатчика TPC_cmd представлена в таблице 22.

ТАБЛИЦА 22

Взаимосвязь между $\Delta_p(i)$ и TPC_cmd

TPC_cmd	$\Delta_p(i)$
-2	$-\Delta_L$
-1	$-\Delta_S$
1	Δ_S
2	Δ_L

Когда на станции MES не применяется мягкое переключение, в каждом радиокадре будет приниматься только одна команда TPC. В этом случае значение TPC_cmd должно быть получено следующим образом:

- Если принятая команда TPC равна 00, то TPC_cmd для этого кадра равна -2.
- Если принятая команда TPC равна 01, то TPC_cmd для этого кадра равна -1.
- Если принятая команда TPC равна 10, то TPC_cmd для этого кадра равна 1.
- Если принятая команда TPC равна 11, то TPC_cmd для этого кадра равна 2.

Когда на станции MES применяется мягкое переключение, в каждом радиокадре может приниматься несколько команд TPC из разных лучей в активном множестве. В том случае, когда в одном множестве радиоканалов имеется несколько радиоканалов, команды TPC из одного множества радиоканалов должны быть объединены в одну команду TPC, для того чтобы дальше объединяться с командами TPC из других множеств радиоканалов.

Станция MES должна передавать символ мягкого решения W_i в каждой команде регулировки мощности TPC_{*i*}, где $i = 1, 2, \dots, N$, причем N больше, чем 1 и равно числу команд TPC из радиоканалов различных множеств радиоканалов. Станция MES поучает комбинированную команду TPCTPC_cmd в виде функции γ от всех N символов мягкого решения W_i : $TPC_cmd = \gamma(W_1, W_2, \dots, W_N)$, где TPC_cmd может принимать значения 2, 1, -1 или -2. Функция γ должна отвечать следующим критериям:

если N команд TPC являются случайными и некоррелированными, и могут с равной вероятностью передаваться как "00", "01", "10" или "11", то вероятность того, что выходное значение γ больше или равно 1, должна быть больше или равна $1/(2N)$, а вероятность того, что выходное значение γ меньше или равно -1, должна быть больше или равна 0,5. Далее, выходное значение γ должно равняться 2, если команды TPC из всех множеств радиоканалов надежно равны "11", и выходное значение γ должно быть равно -2, если команда TPC из любого множества радиоканалов надежно равна "00".

Для регулировки мощности канала PCPCH на линии вверх, любое изменение передаваемой мощности PCPCH должно иметь место непосредственно перед началом кадра в части для сообщений. Сеть должна оценить отношение сигнал-помеха SIR_{est} принимаемого PCPCH. Сеть затем должна сгенерировать команды TPC и передавать эти команды один раз в кадре в соответствии с тем же правилом, которое описано для DPDCH/DPCCCH. Станция MES получает команду TPC TPC_cmd для каждого радиокadra в соответствии с тем же правилом, которое описано для DPDCH/DPCCCH. После получения команды TPC TPC_cmd MES должна отрегулировать мощность передачи управляющей части канала PCPCH на линии вверх с шагом $\Delta_{PCPCH-CP}$ (дБ), определенным по тому же правилу, которое описано для DPDCH/DPCCCH.

4.3.3.4.3.2 Регулировка мощности на линии вниз

Процедура регулировки мощности передачи на линии вниз одновременно управляет мощностью канала DPCCCH и соответствующих ему каналов DPDCH. Цепь регулировки мощности меняет мощность каналов DPCCCH и DPDCH на ту же величину. Относительный сдвиг мощности передачи между полями DPCCCH и каналами DPDCH определяется сетью.

Регулировка мощности по внутренней цепи на линии вниз регулирует передаваемую мощность сети для того чтобы поддерживать принимаемое на линии вниз значение SIR на данном целевом уровне значения SIR SIR_{target} . Станция MES должна оценить принимаемое отношение сигнал-помеха канала DPCCCH/DPDCH на линии вниз SIR_{est} . Полученная оценка SIR_{est} затем используется станцией MES, для того чтобы сгенерировать команды TPC в соответствии со следующим правилом:

- если $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est} > SIR_{target}$, то передается команда TPC "00";
- если $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est} < SIR_{target}$, то передается команда TPC "01";
- если $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est} > SIR_{target}$, то передается команда TPC "10";
- если $|SIR_{est} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est} < SIR_{target}$, то передается команда TPC "11".

Когда на станции MES применяется мягкое переключение и BSDT не активирован, станция MES должна оценить SIR_{est} из сигналов всех лучей активного множества на линии вниз.

Станция MES может использовать алгоритм предсказания, который оценивает следующее значение SIR после задержки двусторонней передачи. Предсказание для изменения SIR может быть реализовано при помощи наблюдения траектории прошлых изменений SIR каналов PICH/S-CCPCH/DPCH в активном множестве. Для того чтобы поддерживать станции MES, которые используют алгоритм предсказания, более высокими уровнями передается номинальное значение задержки двусторонней передачи в луче, которому принадлежит станция MES. Предсказанное изменение SIR после задержки двусторонней передачи Δ_{pred} используется станцией MES для того, чтобы сгенерировать команды TPC в соответствии со следующим правилом:

Определим $SIR_{est,pred} = SIR_{est} + \Delta_{pred}$, тогда:

- если $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est,pred} > SIR_{target}$, то передается команда TPC "00";
- если $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est,pred} < SIR_{target}$, то передается команда TPC "01";
- если $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est,pred} > SIR_{target}$, то передается команда TPC "10";
- если $|SIR_{est,pred} - SIR_{target}| > \epsilon_T$ и $SIR_{est,pred} < SIR_{target}$, то передается команда TPC "11".

После приема команды TPC спутниковая сеть доступа (RAN) должна отрегулировать соответственно свою мощность DPSSH/DPDCH на линии вниз. Спутниковая сеть доступа (RAN) должна оценить передаваемую команду TPC TPC_{est} , и каждый кадр должна обновлять это значение мощности. После оценки k -й команды TPC спутниковая сеть доступа (RAN) должна отрегулировать текущую мощность на линии вниз $P(k-1)$ (дБ) до величины $P(k)$ (дБ) в соответствии со следующей формулой:

$$P(k) = P(k-1) + P_{TPC}(k) + P_{bal}(k),$$

где $P_{TPC}(k)$ – это k -я регулировка мощности, обусловленная внутренней цепью регулировки мощности, и $P_{bal}(k)$ (дБ) – это коррекция в соответствии с процедурой регулировки мощности на линии вниз для выравнивания значений мощности в радиолинии с общей эталонной мощностью. $P_{TPC}(k)$ вычисляется следующим образом:

$$P_{TPC}(k) = \begin{cases} -\Delta_L, & \text{если } TPC_{est}(k) = 00, \\ -\Delta_S, & \text{если } TPC_{est}(k) = 01, \\ +\Delta_S, & \text{если } TPC_{est}(k) = 10, \\ +\Delta_L, & \text{если } TPC_{est}(k) = 11. \end{cases}$$

4.3.3.4.4.4 Разнесенная передача с выбором луча

Разнесенная передача с выбором луча (BSDT) это метод макро разнесения в режиме с мягким переключением. Этот метод является дополнительным в спутниковой сети доступа (RAN). Станция MES выбирает один из лучей из своего набора активных лучей и назначает его "первичным", все остальные лучи определяются как "непервичные". Канал DPDCH на линии вниз передается в первичном луче, пока канал DPDCH на линии вниз не передается в непервичных лучах.

Для того чтобы выбрать первичный луч, каждому лучу присваивается временный идентификатор (ID), и станция MES периодически сообщает ID первичного луча соединенным лучам. ID первичного луча доставляется станцией MES к активным лучам в поле FBI канала DPDCH на линии вверх.

Каждому лучу назначается временный ID на время BSDT, и этот ID используется как сигнал выбора луча. В радиокадре передается один 15-битовый код ID.

Станция MES должна сгенерировать в поле TPC канала DPSSH на линии вверх команды TPC для управления мощностью передачи в сети, зная только сигналы на линии вниз в первичном луче. Станция MES периодически выбирает первичный луч, измеряя мощность принимаемого сигнала каналов CPICH, передаваемых в активных лучах. Луч с наибольшей мощностью CPICH детектируется как первичный луч.

Луч определяет свой статус как "непервичный", если одновременно выполняются следующие условия:

- принимаемый ID код не соответствует его собственному ID коду;
- качество принимаемого сигнала на линии вверх удовлетворяет порогу качества, установленному сетью.

Статус лучей (первичный или непервичный) в активном множестве синхронно обновляется. Если луч принимает кодированный ID на линии вверх в кадре j , статус луча обновляется на линии вниз в кадре $(j+1+T_{os})$, где T_{os} определяется более высокими уровнями (значение T_{os} определяется сетью в соответствии с задержкой двусторонней передачи в луче).

4.3.4 Спецификации спутникового радиointерфейса D (SRI-D)

Радиointерфейс SRI-D оптимизирован для работы с конкретной спутниковой системой. Эта система состоит из группировки спутников на средневысотных орбитах (MEO), работающих с 12 станциями LES, которые расположены по всему миру и соединены друг с другом наземной сетью. Конфигурация разработана так, чтобы постоянно обеспечивалось покрытие всей поверхности Земли. Система будет осуществлять маршрутизацию трафика из наземных сетей через станцию LES, которая будет выбирать спутник, посредством которого вызов будет соединен с пользователем. Трафик от терминала пользователя (UT) будет направлен через спутниковую группировку в соответствующую фиксированную или подвижную сеть. Система будет предоставлять пользователям в любой точке Земли доступ к услугам электросвязи. SRI-D поддерживает устойчивую и гибкую связь, как для голоса, так и для данных, со скоростями до 38,4 кбит/с, которая эффективна как по мощности, так и по использованию спектра. Ожидается, что в подавляющем большинстве терминалы UT, используемые с этой системой, будут действительно носимыми и способными работать в двух режимах (наземном и спутниковом). Будет поддерживаться и широкий диапазон других UT, включая автомобильные, воздушные и морские подвижные, а также полустационарные терминалы.

Следующие подразделы определяют только те элементы, которые соответствуют этой Рекомендации, следовательно, касаются, главным образом всемирной совместимости и международного использования.

4.3.4.1 Описание архитектуры

Наземный сегмент использует множество стандартных составляющих, которые позволяют обеспечить соответствие системы стандартам наземной электросвязи. Архитектура, показанная на рисунке 56, включает:

- 12 взаимосвязанных станций LES, размещенных по всему миру;
- дублированные центры управления сетью;
- дублированные центры биллинга и администрирования.

Каждая станция LES включает в себя:

- пять антенн и соответствующее оборудование для связи со спутниками;
- центры мобильной коммутации и регистры, включая регистры HLR и VLR;
- присоединения к наземным сетям.

Станции LES соединены друг с другом наземными линиями связи, создавая, таким образом, базовую платформу, которая обеспечивает предоставление системой глобальных услуг подвижной электросвязи. Будут обеспечены интерфейсы с КТСОП, ССПСП и сетями передачи данных. Однако переключение поддерживается только в пределах отдельной сети. Функции взаимодействия (IWF) будут обеспечивать автоматический роуминг с другими наземными сетями подвижной связи второго и третьего поколений.

4.3.4.1.1 Группировка

В таблице 23 описывается конфигурация спутниковой группировки.

Охват всего мира является ключевой особенностью системы связи ИМТ-2000, и описанная группировка обеспечивает реальное глобальное покрытие, поддерживая при этом высокое значение минимального угла места для видимых спутников, как показано на рисунках 57 и 58.

Каждый спутник обеспечивает радиопокрытие вплоть до угла места 0° и для UT, и для LES. На рисунке 57 показаны проценты времени, в течение которого видно данное число спутников, в функции от широты. Для всех областей Земли, всегда будет не менее двух спутников, видимых в течение, как минимум, 90% времени.

Система очень устойчива к отдельным неисправностям спутника и/или LES, поскольку:

- полное глобальное покрытие может поддерживаться, пока в каждой орбитальной плоскости имеется как минимум четыре спутника;
- отдельные неисправности LES, как правило, не будут приводить к потере обслуживания вокруг LES.

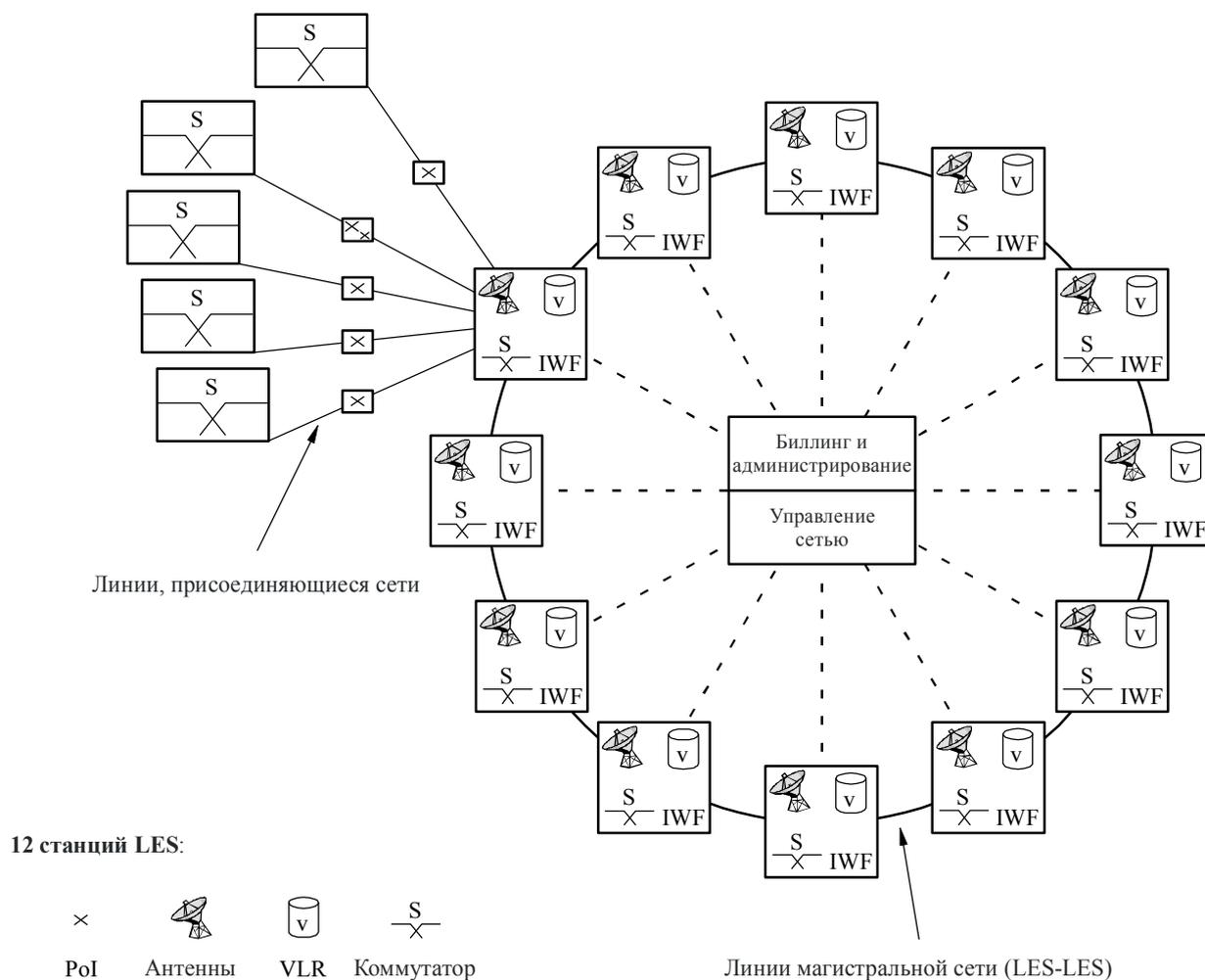
На рисунке 58 показаны минимальные и средние углы места ближайшего спутника, который обеспечивает наивысший угол места среди всех видимых спутников, в функции от широты. В большинстве регионов минимальные и средние углы места превышают значения 20° и 40° , соответственно. Для регионов с широтами между 20° и 50° , группировка обеспечивает минимальный угол лучше, чем 25° , и средний угол места более 50° .

РИСУНОК 56

Наземная сеть

Присоединения к другим сетям

– PoI между системой и другими сетями КТСОП, ССПСП и PSDN



PoI: Точка присоединения

1850-56

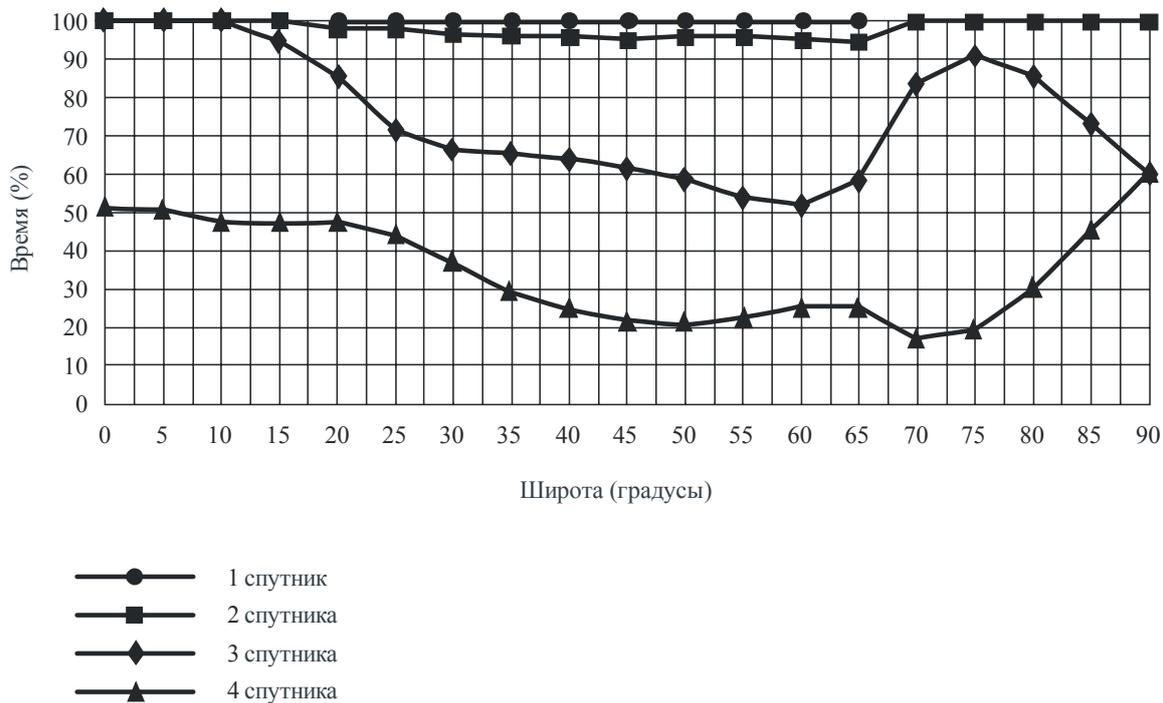
ТАБЛИЦА 23

Конфигурация спутников группировки

Тип орбиты	МЕО
Высота орбиты	Номинально 10 390 км
Угол наклона орбиты	45°
Количество орбитальных плоскостей	2
Фазирование плоскости	180°
Количество спутников в орбитальной плоскости	5-6
Фазирование спутников в плоскости	Фазирование спутников в плоскости для группировки из 10 спутников (5 спутников в каждой из 2-х плоскостей) = 72°. Если все 12 спутников запущены успешно (6 спутников в каждой из 2-х плоскостей) фазирование спутников в плоскости = 60°.

РИСУНОК 57

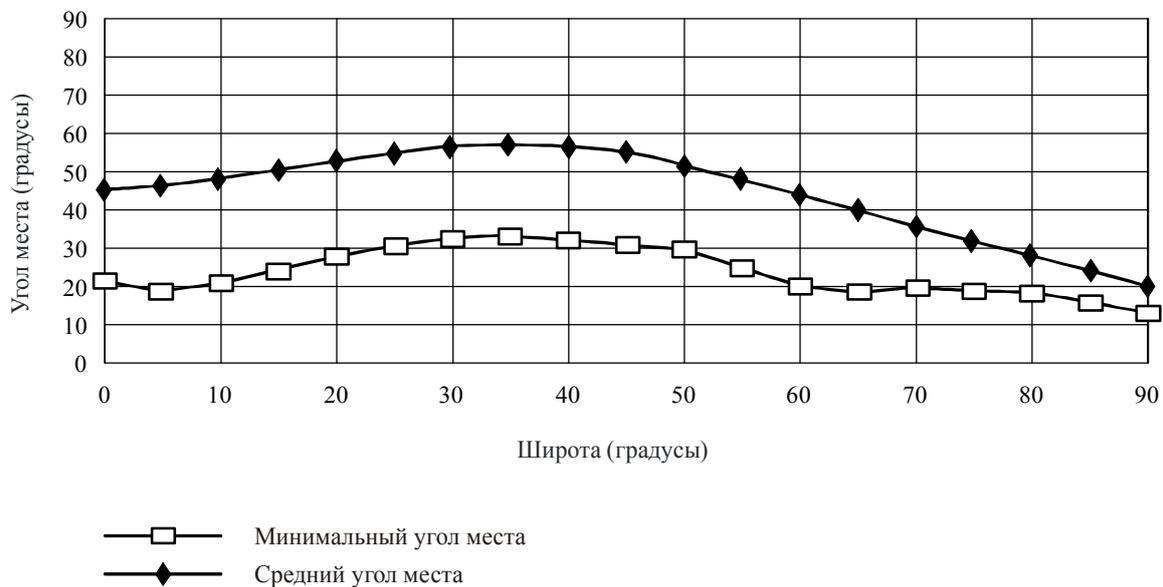
Типовая статистика видимости для спутниковой группировки (10 спутников)



1850-57

РИСУНОК 58

Типовые значения минимальных и средних углов места ближайшего спутника (10 спутников)



1850-58

4.3.4.1.2 Спутники

Космический аппарат

В спутниках реализованы специальные функции для того, чтобы выполнялись уникальные требования к работе на орбите МЕО, включая:

- 163 луча, обеспечивающих полное покрытие области видимости на абонентской линии к подвижным пользователям, сформированные при помощи приемных и передающих 127-элементных антенных решеток прямого излучения (DRA).
- Формирование луча и деление на каналы транспондеров, реализованные при помощи цифровой технологии, которая позволяет переключать 490 фильтровых каналов спутника между 163 активно формируемыми лучами. Это дает спутникам возможность соответствовать требованиям по трафику и помехам, которые меняются на протяжении орбиты.
- Бортовое оборудование самокалибровки, которое контролирует и, при необходимости, корректирует качественные показатели антенны абонентской линии на орбите. Оно будет поддерживать усиление антенны и параметры многократного использования частот на протяжении срока существования космического аппарата.

Подсистема связи

Нагрузка полностью цифровая, использующая формирование узкополосных лучей, цифровое формирование лучей и цифровое деление на каналы. В абонентской линии нагрузка создает фиксированную сетку из 163 точечных лучей, полностью покрывающих область видимости комбинированной антенны DRA передачи/приема, установленной на земной панели космического аппарата.

Бортовой цифровой процессор прозрачен в том смысле, что он выполняет деление на каналы маршрутизацию сигналов в 163 точечных луча абонентской линии, но не демодулирует и не регенерирует сигналы. В процессоре создается 490 фильтровых каналов шириной 170 кГц, и каждый канал может быть направлен в любой из 163 лучей на любой частоте на сетке с шагом 150 кГц в пределах ширины полосы абонентской линии 30 МГц. Каждый из 490 каналов можно считать эквивалентным обычному транспондеру.

Маршрутизация канала в луч может непрерывно меняться на протяжении орбиты, что позволяет спутникам удовлетворять требования по трафику и помехам на основании предварительного планирования и прогнозирования. Это также обеспечивает возможность гибкого использования доступного спектра.

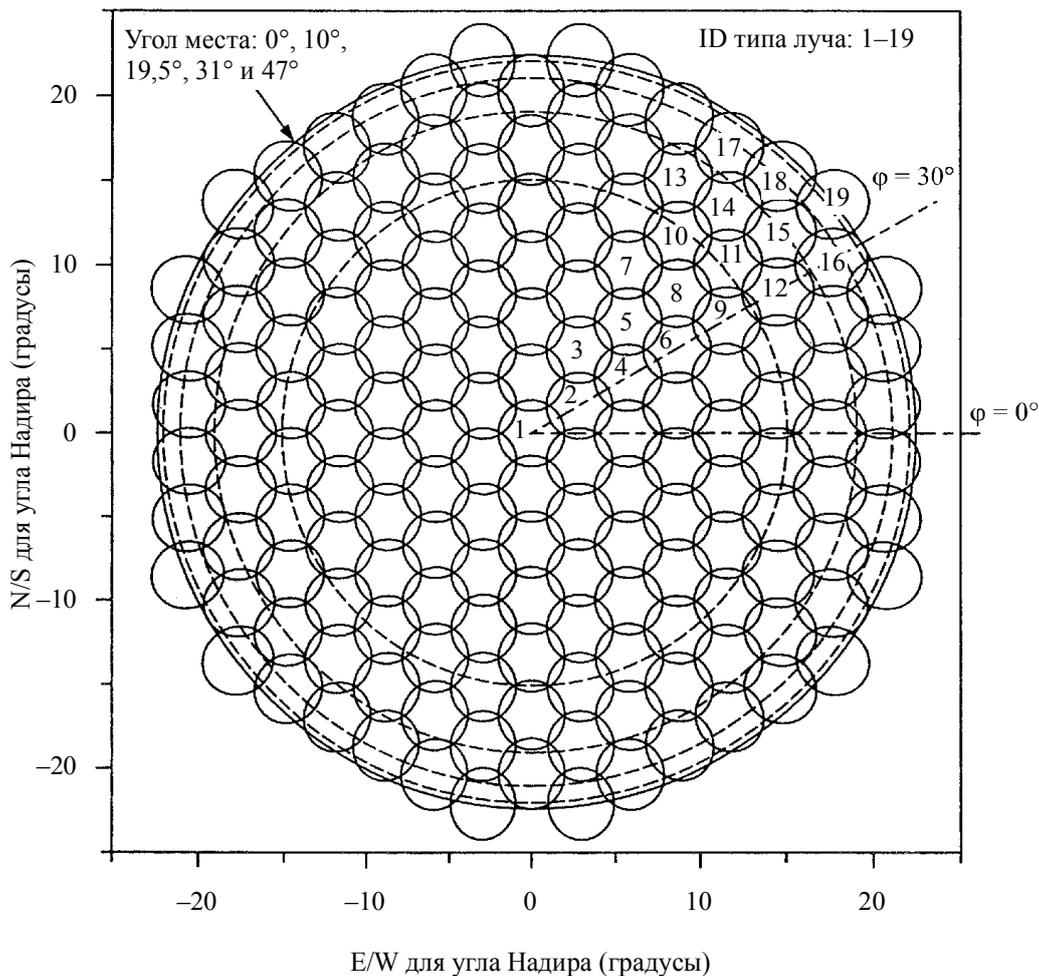
Кроме того, цифровой процессор формирует все 163 точечных луча абонентской линии, генерируется амплитудные и фазовые коэффициенты для каждого из 122 элементов каждого луча. Целостность коэффициентов возбуждения для элементов, можно проверить, используя бортовую спутниковую систему самокалибровки, в которой внешнее питание при повышенном спросе определяет коэффициенты возбуждения в рамках каждого элемента. Это позволяет поддерживать параметры точечного луча, как в основном лепестке, так и в боковых лепестках на протяжении срока службы спутника, обеспечивая таким образом сохранение многократного использования частот точечными лучами.

Точечные лучи

Назначенные каждому спутнику 163 конгруэнтных приемных и передающих луча подвижной связи располагаются в радиально кольцевом шаблоне соты вокруг подспутниковой соты, как показано на рисунке 59. Лучи электронным образом удерживаются от отклонения для сохранения шаблона в отношении вектора скорости космического аппарата. Направленность луча меняется примерно на 2 дБ между надиром и границей области покрытия.

РИСУНОК 59

Гексагональная структура, на которой показано 19 типов лучей



1850-59

Центральные точки сот определяются как центры окружностей контуров отдельных лучей по уровню -3 дБ. Имеется 19 типов лучей, которые нумеруются в порядке увеличения их углового расстояния от надира. Каждый тип луча имеет одинаковый диапазон задержек распространения и одинаковый диапазон сдвига Доплера (в пределах $\pm 10\%$).

В таблице 24 показаны номинальные параметры соты.

ТАБЛИЦА 24

Номинальные параметры соты

Размер соты	$3,343^\circ$
Ширина луча	$3,860^\circ$
Повторное использование соты	4
Область соты	$9,678^\circ$
Повторное использование области соты	$38,714^\circ$
Повторное использование разнесения центров	$6,686^\circ$
Повторное использование разнесения боковых лепестков	$5,015^\circ$

Повторное использование частот

Задача частотного плана состоит в достижении максимального использования спектра подвижной линии и обеспечении при этом отсутствия появления вредных внутрисистемных помех. Частотный план для всей спутниковой группировки выполняется централизованно в центре управления сетью.

Частотный план определяет спектр, распределенный каждому лучу в группировке, как функцию от времени таким образом, что данная частота никогда не является доступной одновременно для двух лучей, не имеющих достаточной изоляции. Боковые лепестки луча управляются так, чтобы обеспечивалось 4-сотовое многократное использование частоты в рамках шаблона из 163 точечных лучей. Частотный план является адаптивным к изменениям трафика и развитию группировки.

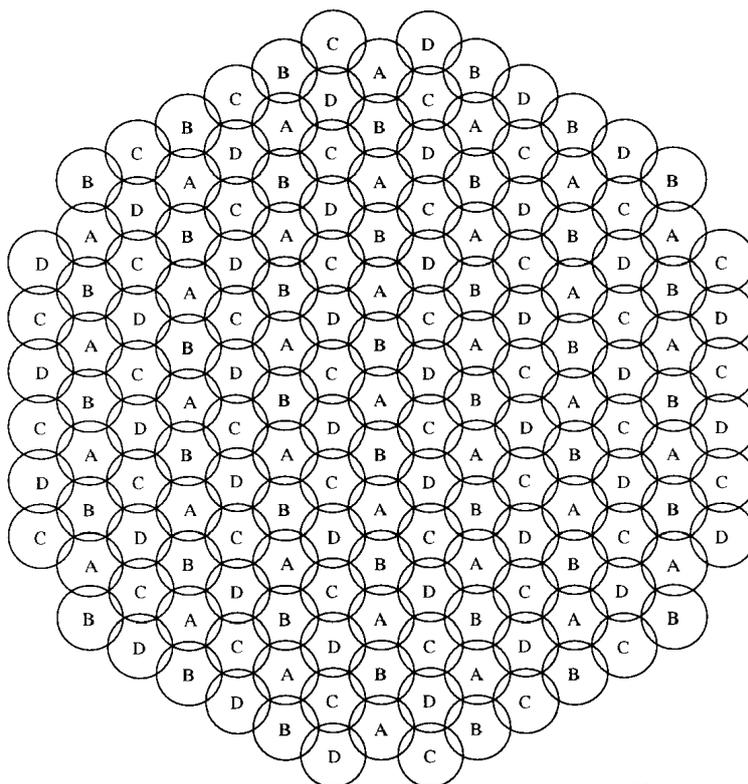
Частотный план – это план присвоения частот для спутника. Частоты, используемые в каждом луче, остаются достаточно постоянными в лучах в процессе движения спутника по орбите. Как правило, требуется, чтобы подвижные терминалы меняли частоты при межлучевом переключении.

Представленный здесь пример частотного плана разработан для группировки из 10 спутников в двух орбитальных плоскостях, каждый спутник имеет 163 фиксированных точечных луча, полностью покрывающих область видимости с 4-сотовым шаблоном многократного использования частот, который показан на рисунке 60. Аналогичный частотный план был бы приемлем и для спутниковой группировки из 12 аппаратов.

Спектр подвижной линии делится на 16 частотных блоков, как показано на рисунке 61. Каждой спутниковой плоскости распределяется по восемь блоков: блоки с 1 по 8 для плоскости 1, а блоки с 9 по 16 для плоскости 2.

РИСУНОК 60

Типовой шаблон 4-сотового повторного использования частот



1850-60

В пределах спутниковой плоскости относительные позиции всех пяти спутники остаются постоянными. 163 луча каждого спутника делятся на две группы, соответствующие фронтальной и завершающей границам области видимости. Как показано на рисунке 62, фронтальные границы областей покрытия всех пяти спутников не перекрываются, то же относится ко всем пяти завершающим границам. Следовательно, восемь блоков, которые номинально распределены плоскости 1, организуются в виде двух отдельных субплоскостей их 4-х блоков: одна – для фронтальных лучей всех пяти спутников (блоки 1, 2, 3 и 4), другая – для завершающих лучей (блоки 5, 6, 7 и 8). Аналогичное деление выполняется в плоскости 2. Частотный план для спутников в плоскости 1 показан на рисунке 63. Фронтальная и завершающая субплоскости перекрываются в центральных

лучах, так как субплоскости разработаны так, чтобы включать в себя максимально допустимое число лучей в соответствии с ограничениями на изоляцию лучей.

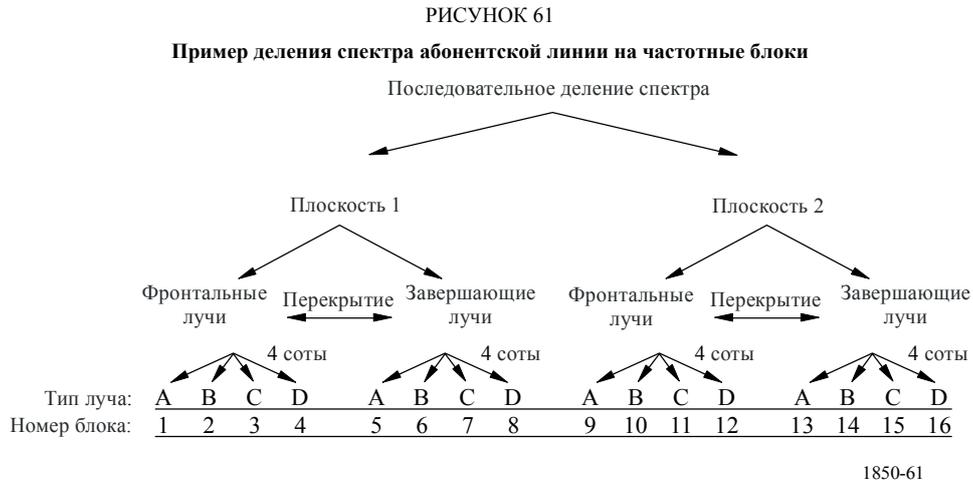


РИСУНОК 62
Пример субплоскостей фронтальных и завершающих лучей

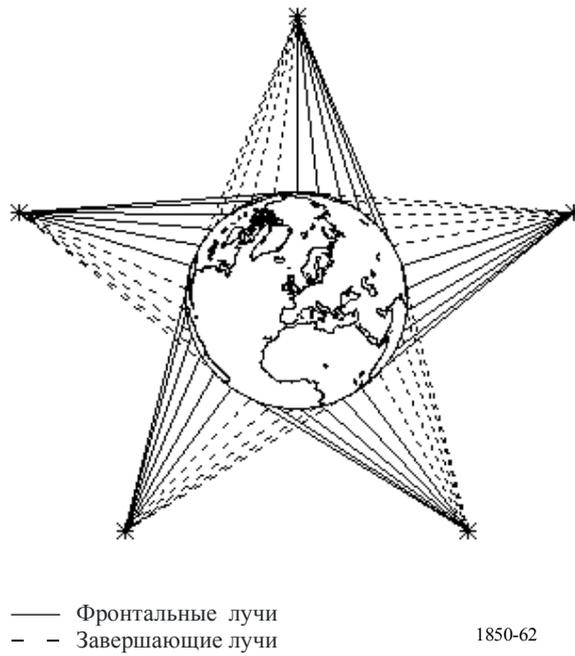
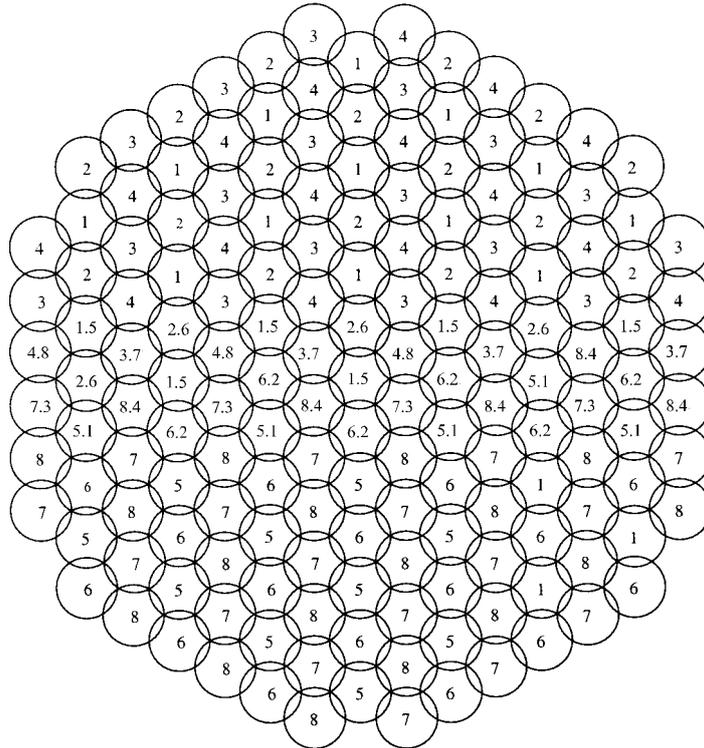


РИСУНОК 63

Пример частотного плана для спутников в плоскости 1



1850-63

4.3.4.2 Описание системы**4.3.4.2.1 Функции услуг**

Система поддерживает UPT при помощи, кроме прочего, переносимости услуги, которая упрощает доступ из посещаемой сети к услугам, ожидаемым в домашней сети, и прозрачность услуги, при помощи которой пользователь видит то же самое и испытывает те же ощущения, вне зависимости от местоположения, за счет прозрачной доставки услуги.

Система может поддерживать широкий диапазон телеуслуг, услуг в канале передачи данных, переменных услуг, дополнительных услуг и услуг передачи сообщений:

- Телеуслуги; включают в себя телефонию, экстренные вызовы, передачу факсов Группы 3 (со скоростями до 14,4 кбит/с).

Номинальная схема кодирования голоса оптимизирована для SRI-D. Скорость кодированного сигнала равна 4,8 кбит/с. Номинальный голосовой кодек также поддерживает прозрачную передачу DTMF, как в прямом, так и в обратном направлениях. Радиоинтерфейс может поддерживать другие кодеки.

- Услуги в канале передачи данных: поддерживаются различные скорости передачи данных, их можно использовать в зависимости от типа приложения. Скорость в канале может меняться в соответствии с ресурсами системы и требованиями пользователя. Эта функция не используется для компенсации искажений среды передачи. Кодирование источника с переменной скоростью не используется. Асимметричная передача может применяться для услуг передачи данных путем асимметричного распределения слотов TDMA в прямом и обратном канале. Поддерживаются средние скорости передачи данных (до 38,4 кбит/с с использованием объединения слотов времени), включая следующий не полный перечень скоростей передачи данных. Отметим, что для получения скоростей передачи данных, больших, чем доступны в одном слоте времени (2,4 кбит/с до кодирования), используется несколько слотов времени и/или несколько РЧ-каналов:

- Скорости передачи данных в асинхронных прозрачных и непрозрачных системах с коммутацией каналов: 0,3; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 14,4; 19,2; 28,8 и 38,4 кбит/с.

- Скорости передачи данных в синхронных прозрачных и непрозрачных системах с коммутацией каналов: 1,2; 2,4; 4,8; 9,6; 14,4; 19,2; 28,8 и 38,4 кбит/с.

- Скорости передачи данных с коммутацией пакетов: Система и ее радиointерфейс способны поддерживать услуги с коммутацией пакетов; эта реализация в данный момент пересматривается.
- Дополнительные услуги включают в себя услуги идентификации канала, услуги переадресации, услуги ожидания вызова, услуги многосторонней связи, услуги ограничения вызова, услуги рекомендаций об оплате и услуги определения местоположения.
- Услуги передачи сообщений; включают в себя передачу голосовых сообщений, передачу факсимильных сообщений и передачу SMS как на подвижные станции, так и от них.

4.3.4.2.2 Функции системы

Переключение

Переключение поддерживается внутри системы между лучами одного спутника, между лучами различных спутников и между земными станциями.

Может требоваться, чтобы при выполнении переключения терминалы УТ меняли частоту. Переключение с помощью УТ выполняется, используя результаты измерений и управляемую коммутацию. Поддерживается и жесткое, и мягкое переключение. Мягкое переключение, предполагающее отсутствие перерыва в связи во время переключения, является предпочтительным, в нем решение о переключении принимает терминал УТ. Когда мягкое переключение невозможно, используется процедура коммутации без перерыва связи.

Компенсация сдвига Доплера

Знание о движении спутника и местоположении терминалов УТ дает информацию, позволяющую компенсировать сдвиг Доплера. Предварительная компенсация ограничивает сдвиг Доплера до величины менее 1,1 кГц в прямом канале и 40 Гц в обратном канале.

Распределение каналов

Бортовое цифровое деление каналов позволяет переключать 490 фильтровых каналов спутника между 163 активно генерируемыми лучами. Следовательно, распределение каналов с предсказанием используется для того, чтобы спутники могли удовлетворять требованиям по трафику и помехам, меняя это распределение на протяжении орбиты. Оно также позволяет применять гибкое использование доступного спектра.

Разнесение

Поддерживается временное, пространственное и частотное разнесение:

- Временное разнесение поддерживается для трафика данных, использующего RLP, повторную передачу по команде Уровня 2 и пейджинг/уведомление/радиовещательную передачу/RACH путем повторений.
- Пространственное разнесение поддерживается для трафика и сигнализации за счет того, что терминал УТ может связываться с сетью через любой спутник, который виден (разнесение спутниковых трасс). Большую часть времени группировка системы обеспечивает покрытие области, используя два или более различных путей от одного или нескольких спутников, как показано на рисунке 57. Система разработана для повышения вероятности прямой видимости на спутник за счет полного использования разнесения спутниковых трасс группировки для всех услуг.
- Частотное разнесение поддерживается для канала ВССН и общего канала управления.

Минимальное число РЧ приемников/антенн в УТ, которое позволяет работать с разнесением спутниковых трасс, равно 1. Достижимая степень улучшения зависит от условий работы, однако, поскольку трассы не коррелированы, как правило, ожидается улучшение примерно на 5 дБ – 8 дБ.

Голосовое управление

Передача, управляемая голосом требуется в прямом и обратном каналах для экономии мощности спутника с целью увеличения пропускной способности в прямом канале и для экономии мощности спутника и УТ в обратном канале. Голосовое управление используется для достижения максимального запаса в обратном канале и для увеличения времени разговора в терминале УТ, соответственно. Коэффициент голосовой активности, как правило, равен 40%.

4.3.4.2.3 Функции терминала

Предоставление услуг ИМТ-2000 через спутник, особенно на носимые терминалы, требует больших затрат. Должно применяться интенсивное кодирование источника с высокими мощностями передачи и схемы модуляции с меньшим числом уровней (2-х или квадратичные), для того чтобы добиться в спутниковой линии значения КОБ, сравнимого с наземными сетями. В особенности для носимых терминалов эти требования к кодированию, мощности и модуляции, которые напрямую влияют на использование спектра, должны быть сбалансированы в отношении того требования, что терминалы должны быть аналогичны наземным терминалам по размеру, весу и качеству аккумуляторов.

Услуги будут предоставляться на терминалы самых разных типов. Ожидается, что подавляющее большинство терминалов УТ будут способны работать как со спутниковой, так и с наземной сетью и, при необходимости, будут поддерживать переносимость услуги, что упрощает доступ из посещаемой сети к услугам, ожидаемым в домашней сети, а также прозрачность услуги, при помощи которой пользователь видит то же самое и испытывает те же ощущения, вне зависимости от местоположения, за счет прозрачной доставки услуги. Примеры терминалов, а также их технические характеристики и услуги показаны в таблице 25.

ТАБЛИЦА 25

Примеры типов терминалов

Терминал	Услуга	Скорость (кбит/с)	КОБ ⁽¹⁾
Носимый	Голос	4,8	4%
	Данные	2,4–9,6	10 ⁻⁵
Упрочненный перевозимый	Голос	4,8	4%
	Данные	2,4–9,6	10 ⁻⁵
Автомобильный на личном автомобиле	Голос	4,8	4%
	Данные	8,0–38,4	10 ⁻⁵
Автомобильный на коммерческом автомобиле	Голос	4,8	4%
	Данные	8,0–38,4	10 ⁻⁵
Полустационарный	Голос	4,8	4%
	Данные	8,0–38,4	10 ⁻⁵

(1) КОБ для голосовых услуг указан до коррекции ошибок.

Ожидается также, что технология, используемая в этих терминалах, будет встроена в широкий диапазон УТ других типов, включая автомобильные, воздушные и морские подвижные терминалы, а также полустационарные терминалы, например сельские таксофоны и общественные телефоны.

4.3.4.3 РЧ спецификации

Регулировка мощности

УТ будет управлять выходными сигналами так, как того требует сеть, а сеть будет управлять выходной мощностью земной станции для каждого отдельного канала. Задача регулировки мощности состоит в том, чтобы обеспечить возможность использования для каждого радиоканала на станции LES, терминале УТ и спутнике минимальной мощности передачи, достаточной для поддержания приемлемого качества принимаемого сигнала. Регулировка мощности по замкнутой цепи используется для каналов трафика, как в прямом, так и в обратном направлении. Также может использоваться и регулировка мощности по открытой цепи. Регулировка мощности приводит к:

- увеличению пропускной способности системы;
- увеличению срока работы аккумулятора в УТ;
- уменьшению помех.

Используется шаг регулировки мощности размером 1 дБ с динамическим диапазоном 16 дБ. Число циклов регулировки мощности в секунду равно 2. Скорость передачи данных регулировки мощности меняется от 2 до 10 битов в 0,5 с на 2 трассах.

Ширина полосы канала, скорость и символьная скорость

Разнос РЧ каналов равен 25 кГц. Скорость передачи и символьная скорость в РЧ канале зависят от типа канала и соответствующей модуляции. В таблице 40 приведена дополнительная информация о типах каналов и соответствующей модуляции.

Для каналов, использующих модуляцию QPSK или GMSK, скорость передачи в РЧ канале составляет 36 кбит/с. Для каналов, использующих модуляцию BPSK, скорость передачи в РЧ канале составляет 18 кбит/с.

Для каналов, использующих модуляцию QPSK или BPSK, символьная скорость в канале после модуляции составляет 18 ксимвол/с. Для каналов, использующих модуляцию GMSK, символьная скорость в канале после модуляции составляет 36 ксимвол/с.

э.и.и.м. и G/T в терминале УТ

Номинальные значения э.и.и.м. и G/T в УТ для каждого примера типа терминала приводятся в таблице 26.

ТАБЛИЦА 26

Номинальные значения э.и.и.м. и G/T в терминале УТ

Терминал	Усиление (дБи)	G/T (дБ/К)	Пиковая э.и.и.м. (дБВт)	Минимальная пиковая э.и.и.м. ⁽¹⁾ (дБВт)	Усредненная во времени э.и.и.м. ⁽²⁾ (дБВт)
Носимый	2	-23,8	≤ 7	-9	≤ -4
Упроченный перевозимый	3,5	-21,5	≤ 7	-9	≤ -4
Автомобильный на личном автомобиле	3,5	-21,5	≤ 10	-6	≤ -1
Автомобильный на коммерческом автомобиле	6,5	-18,0	≤ 10	-6	≤ -1
Полустационарный	10,5	-14,0	≤ 10	-6	≤ -1

(1) Учитывает регулировку мощности.

(2) Усредненные во времени значения рассчитаны в предположении, использования для голоса отдельного слота с пиковой э.и.и.м. при непрерывной передаче. Регулировка мощности не учтены.

э.и.и.м. и G/T на спутнике

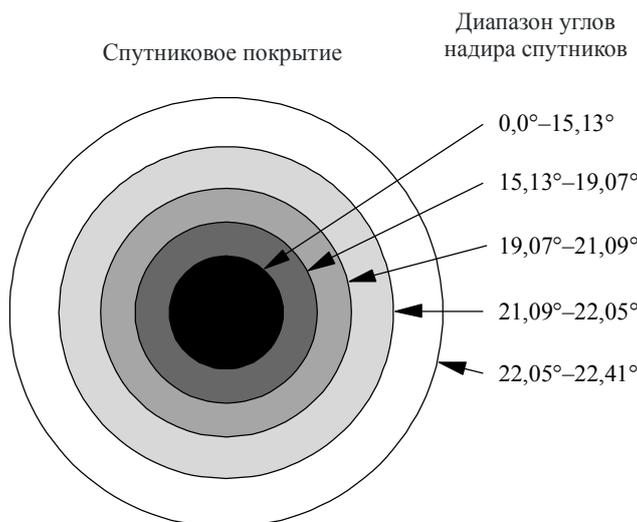
Для упрощения описания параметров э.и.и.м. и G/T на спутнике на рисунке 64 показаны различные диапазоны углов надира спутника, соответствующих равным областям на поверхности Земли.

Ресурс э.и.и.м. абонентской линии можно гибко распределить любому из 163 точечных лучей путем выбора частоты на линии вверх (фидерная линия), соответствующей фильтровому каналу спутника, направленному в желаемый точечный луч. В таблице 27 показаны номинальные минимальные значения э.и.и.м. в каждом кольце, если бы все э.и.и.м. были направлены только на кольцо для исключения лучей в других кольцах. В реальных применениях трафика э.и.и.м. будет распределена по всем кольцам с меньшим значением э.и.и.м., чем пиковое для каждого кольца.

Номинальное распределение G/T в абонентской линии для каждого кольца точечных лучей показано в таблице 28.

РИСУНОК 64

Определение областей спецификации э.и.м. со спутника



1850-64

ТАБЛИЦА 27

Номинальные минимальные значения э.и.м. абонентской линии в каждом кольце

	Кольцо 1	Кольцо 2	Кольцо 3	Кольцо 4	Кольцо 5
Комбинированная выходная мощность SSPA (дБВт)	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Выходные потери (дБ)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Среднее усиление антенны (дБ)	30,6	29,6	28,9	28,7	28,2
э.и.м.(дБВт)	58,2	57,4	56,7	56,6	56,1
Потери мощности при наихудших установках усиления (дБ)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
Полезная э.и.м. (дБВт)	58,1	56,9	56,1	55,9	55,4

ТАБЛИЦА 28

Номинальные значения G/T абонентской линии для наихудшего случая в каждом кольце

	Кольцо 1	Кольцо 2	Кольцо 3	Кольцо 4	Кольцо 5
Среднее усиление антенны (дБ)	30,4	29,4	28,7	28,5	28,1
Шумовая температура системы (дБ/К)	25,5	25,0	24,3	23,9	23,8
G/T без потерь (дБ/К)	4,9	4,4	4,4	4,6	4,3
Потери при малом усилении обработки (дБ)	2,3	2,4	2,6	2,8	2,8
G/T при малом усилении обработки (дБ/К)	2,6	2,0	1,8	1,9	1,5

Синхронизация и стабильность частоты

Требуется синхронизация между станциями LES с битовой точностью. Точность времени 2 составляет 1 мкс, и внешним эталонным сигналом для системы является GPS.

Сеть управляет синхронизацией пачек на UT. UT синхронизируется по синхронизации прямого канала, станция LES измеряет сдвиг от ожидаемого значения, и любая требуемая корректировка передается на UT по каналу управления. Точность задающего синхрогенератора UT, как правило, равна 3 ppm.

Стабильность частоты передаваемого со спутника сигнала равна 0,5 ppm.

Частота передачи терминала УТ управляется сетью. УТ синхронизируется по частоте прямого канала, SAN измеряет сдвиг от ожидаемого значения, и любая требуемая корректировка передается на УТ по каналу управления. Стабильность частоты передачи с УТ составляет 3 ppm без синхронизации и 0,1 ppm с синхронизацией.

Поляризация

Поляризация на линии вверх (Земля-космос) и на линии вниз (космос-Земля) – RHCP.

Многokратное использование частот

Как правило, в качестве основы для частотного плана применяется шаблон 4-сотового многократного использования частот. Подробнее смотрите п. 4.3.4.1.2.

4.3.4.4 Спецификации полосы групповых частот

Многостанционный доступ

Система работает в режиме FDD, однако обычно нет фиксированного соотношения частот (дуплексного разнеса) между частотами Земля-космос и космос-Земля, используемых для связи в направлении на терминалы УТ и от них. Используется комбинация FDMA и TDMA. Каждая РЧ несущая шириной 25 кГц поддерживает передачу кадров длиной 40 мс. Каждый кадр поддерживает 6 слотов времени TDMA, следовательно, каждый слот времени длится ~ 6,67 мс (40/6 мс). Каждый слот времени содержит 2 защитных символа в начале и конце слота.

Модуляция

Используемая схема модуляции зависит от типа канала. В таблице 29 содержится информация о типах несущих и соответствующих типах модуляции.

ТАБЛИЦА 29

Типы несущих и соответствующая им модуляция

Тип несущей	Модуляция
Голос (TCH)	QPSK (GMSK в обратном канале на линии вверх)
Данные (TCH)	QPSK (GMSK в обратном канале на линии вверх)
BCCH	BPSK
RACH	BPSK (S-BPSK в обратном канале на линии вверх)
SDCCH	BPSK

Кодирование

Используемая скорость конволюционного кодирования зависит от типа несущей. В таблице 30 содержится информация об используемых скоростях кодирования.

ТАБЛИЦА 30

Скорости кодирования

Тип несущей	Скорость кодирования
Голос (TCH)	1/3
Данные (TCH)	1/2
BCCH	1/2
RACH	1/6
SDCCH	1/4

Используется декодирование с мягким принятием решения.

Скорости передачи несущих

Каждый слот времени поддерживает скорость передачи 6 кбит/с (скорость передачи в канале = 36 кбит/с, в одном кадре 6 слотов времени). Это обеспечивает скорость передачи данных 4,8 кбит/с, скорость 1,2 кбит/с для кадров и внутриполосной сигнализации.

Для канала TCH каждый слот времени поддерживает номинальные скорости передачи информации пользователя, равную 2,4 кбит/с для данных до кодирования, и 4,8 кбит/с для голоса после кодирования.

Для каналов BCCH и RACH поддерживается скорость передачи кодированного сигнала = 18 кбит/с.

Для связанных каналов управления поддерживаются максимальные скорости передачи 160 бит/с (SACCH) и 80 бит/40 мс (FACCH).

Перемежение

Для передачи голоса (TCH) используется перемежение внутри пачки импульсов. Для передачи данных (TCH) используется перемежение внутри пачки импульсов и перемежение для 4 пачек импульсов.

4.3.5 Спецификации спутникового радиointерфейса E

Спутниковый радиointерфейс E (SRI-E) оптимизирован для использования с группировкой геостационарных спутников с целью обеспечения всемирного покрытия для мультимедийных терминалов, соответствующих задачам IMT-2000. Хотя SRI-E оптимизирован для спутниковой компоненты, учитывалась также потребность в широкой совместимости в духе и для задач IMT-2000. Первый тип терминала, предусмотренный для использования с SRI-E, это лаптоп или наладонный компьютер, соединенный с небольшим портативным устройством связи, содержащим направленную антенну. С такими терминалами интерфейс SRI-E может достигать скоростей передачи до 512 кбит/с. SRI-E пригоден для всех условий работы терминалов – от стационарных, включая FWA, до скоростей воздушных судов.

Первым требуемым трафиком являются данные, в частности для присоединения к сети интернет общего пользования и к выделенным интранетам, при поддержке типовых приложений, используемых в этих сетях, таких как электронная почта и информационные браузеры. Такие традиционные услуги электросвязи, как голос и факс, также поддерживаются. Хотя скорость передачи на несущую составляет 512 кбит/с, возможны также и более высокие скорости передачи за счет объединения несущих при использовании специальных терминалов с несколькими приемопередатчиками. Спутники, используемые с интерфейсом SRI-E, должны использовать новейшую технологию геостационарной связи, в которой каждый спутник имеет большое число точечных лучей, суммарная область покрытия которых достигает размеров континента и позволяет многократно использовать частота аналогично тому, как это делается в наземных сотовых системах.

Ключевой задачей разработки интерфейса SRI-E состояла в том, чтобы сделать его полностью независимым от услуг и типа трафика, которые через него передаются. Это требование считается важнейшей характеристикой мультимедийных систем.

Каналы передачи данных с совместным доступом – это термин, используемый для указания специальных спутниковых каналов, которые поддерживают передачу данных между радиоподсистемой (RNS) и терминалом пользователя (UE). Каналы передачи данных с совместным доступом, по определению, поддерживают одновременно несколько соединений. Механизм совместно использования ресурсов предусматривает комбинацию методов, где у каждого отдельного пакета, передаваемого по каналу передачи данных с совместным доступом, есть адрес, определяющий соединение.

Система управления ресурсами помогает поддерживать работу системы с несколькими типами каналов передачи данных. Протоколы радиointерфейса используют одну систему сигнализации. Физические каналы передачи данных достаточно независимы от верхних уровней и поддерживают практически любую систему сигнализации.

Подход оптимального управления ресурсами для данной конфигурации заключается в использовании каналов на базе мультиплексирования с разделением по времени/многостанционного доступа с разделением по времени (TDM/TDMA).

4.3.5.1 Описание архитектуры

4.3.5.1.1 Группировка

Как сказано ранее, SRI-E оптимизирован для использования в геостационарной спутниковой системе. Параметры группировки показаны в таблице 31.

ТАБЛИЦА 31

Характеристики спутниковой группировки для SRI-E

Высота спутника	36 000 км
Угол наклона орбиты	$\leq 3^\circ$
Количество орбитальных плоскостей	1
Количество спутников в орбитальной плоскости	3 для глобального покрытия
Метод спутникового разнесения	Спутниковое разнесение не используется

Спутники

Сложность оборудования на борту спутника, которое, как ожидается, будет использоваться с SRI-E, находится на пределе применяемых в настоящее время технологий. Оно позволяет использовать множество точечных лучей и обеспечивает получение РЧ мощности, необходимой для предоставления высокоскоростных услуг на малые носимые терминалы.

Характеристики спутника, идеального для работы с SRI-E, показаны в таблице 32.

ТАБЛИЦА 32

Характеристики спутниковой группировки для SRI-E

Число точечных лучей на спутник	До 300 в зависимости от желаемого покрытия
Конфигурация точечных лучей	Предполагается, что точечные лучи – это простые конусы. Конфигурация должна быть гибкой и перестраиваемой во время срока службы системы в ответ на изменяющиеся шаблоны трафика
Размер точечного луча	Ширина луча примерно 1° , т. е. диаметр подспутниковой точки составляет 800 км
Многokратное использование частот	План переиспользования частот основан на кластерах из 7 лучей. На спутнике распределение частот для точечных лучей выполняется по простой равномерной схеме. Частотное планирование не влияет на другие аспекты системы, например на сигнализацию, синхронизацию, взаимодействие с наземными сетями
G/T луча спутника абонентской линии	Среднее: 10 дБ/К Минимум: 9,5 дБ/К
э.и.и.м. насыщения каждого луча абонентской линии	Минимум: 38 дБВт Максимум: 53 дБВт
Суммарная э.и.и.м. насыщения абонентской линии всего спутника	67 дБВт
Спутниковая э.и.и.м. на РЧ канал: 43 дБВт	Максимальная э.и.и.м.: 43 дБВт Средняя э.и.и.м.: 42 дБВт
Требуемая стабильность частоты	1 ppm
Регулировка мощности	Позволяет в среднем сэкономить около 3 дБ мощности спутника; это позволяет виртуально удвоить емкость трафика
Размер шага регулировки мощности	0,5 дБ
Число циклов регулировки мощности в секунду	1
Динамический диапазон регулировки мощности	8 дБ
Минимальный уровень мощности передачи при регулировке мощности	7 дБВт

4.3.5.2 Описание системы

4.3.5.2.1 Функции услуг

Базовая спутниковая система SRI-E разработана для доставки, поддержки и обеспечения взаимодействия с приложениями типа UMTS.

Радиоинтерфейс это система пакетной передачи данных, которая предполагает, что каналами передачи данных являются каналы передачи данных с совместным доступом и, следовательно, скорость передачи данных пользователя во время соединения меняется в зависимости от объемов трафика. Приложения с коммутацией каналов (голос, ЦСИС) могут поддерживаться за счет определенного набора параметров качества обслуживания, обеспечивающих скорость передачи данных пользователя.

4.3.5.2.1.1 Возможности для мультимедийных услуг

Мультимедийные услуги отличаются от традиционных услуг электросвязи по множеству показателей, как описано в следующих разделах. Интерфейс SRI-E разработан для такого трафика, как пояснено в каждой теме.

Независимость транспорта и приложений

Сети подвижной связи второго поколения имеют тесную связь между радиотранспортировкой и характеристиками основного приложения, т. е. голосового трафика. Для мультимедийной сети такая связь является крайне нежелательной. Наоборот, радиоинтерфейс должен быть разработан так, чтобы он был максимально возможно общим и поддерживал широкое разнообразие видов трафика, включая и те, которые пока еще невозможно предвидеть. Этот принцип лежит в основе разработки ATM.

SRI-E полностью поддерживает эту цель. Он не делает никаких предположений относительно протоколов или услуг, которые будут использоваться на нем. Совместимость с наземными сетями ATM гарантирует, что любой трафик, который может быть передан по ATM, также может быть передан по SRI-E, если позволяет ширина полосы.

Поддержка IP-услуг

В грядущем десятилетии интернет станет настолько же важным, как и сеть международной телефонной связи, в качестве глобальной магистрали для обмена и совместного использования информации, а также для распространения данных в реальном времени. Вместе с тем есть и те, кто заявляет, что интернет узурпирует роль телефонной сети для передачи голоса, хотя эти заявления являются спорными. В дополнение к совместно используемой сети интернет, компании и другие организации сегодня основывают свой внутренний обмен информацией на интернет-технологиях, создавая так называемые интранеты и, для закрытых групп пользователей, экстранеты.

Любая технология связи, разработанная для интеграции с реальным миром двадцать первого века, должна в качестве первоочередного режима работы включать в себя интернет и связанные с ним протоколы. Возможность максимально эффективно обрабатывать такой трафик будет основным критерием успешного развертывания технологий электросвязи.

Одной из первичных характеристик трафика интернета по сравнению с традиционной электросвязью является его импульсная природа. Пользователям, как правило, будет требоваться информация в относительно концентрированных пачках импульсов, например при загрузке веб-страницы или формы, а затем на протяжении некоторого времени потребности в полосе пропускания будут относительно малы. Это хорошо известная характеристика сегодняшних сетей, позволяющая реализовать статистическое мультиплексирование данных, как правило, впятеро большего числа пользователей, чем могла бы позволить статистическая полоса пропускания. Традиционные сети с их акцентом на фиксированную полосу пропускания на протяжении всего времени звонка, плохо пригодны для работы с таким трафиком. Еще одной характеристикой такого трафика является его асимметрия. Как правило, объем данных, передаваемых в одном направлении, обычно к пользователю, на порядок превышает объем данных, передаваемых в другом направлении.

SRI-E разработан так, что поддержка интернета определена как первичная задача. Его услуга переменной полосы пропускания обеспечивает мгновенное реагирование на изменение трафика, особенно в сторону удаленного пользователя. Никаких согласований или других задержек не предусматривается между прибытием трафика и присвоением соответствующей ширины полосы пропускания, при условии, что она доступна. Если наблюдается спор за полосу пропускания, т. е. она недостаточная для удовлетворения мгновенной потребности, оставшаяся часть автоматически делится на равноправных условиях. Хотя в текущее предложение это и не включено, допускается применение более сложных схем, в которых, например, некоторые выходы могли бы получать большую долю полосы пропускания, если выполняется соединение, на основе соответствующей цены за качество обслуживания.

Также динамическое присвоение полосы пропускания естественно позволяет передавать асимметричный трафик. Смесь данных обычных пользователей интернет вместе с трафиком обратного направления, например, передачей истории транзакций или данных телеметрии, будет автоматически оптимизировать использование полосы пропускания.

Еще одна характеристика использования интернета, включая интернет-подобные услуги, например интранет, состоит в том, что пользователи ожидают наличия постоянного подключения без активного вмешательства с их стороны, например для разрыва вызова в соответствии со своими действиями. Такой режим работы неохотно поддерживается домашними пользователями с телефонным соединением, но не встречается в условиях корпоративной связи и действительно является признаком непригодности КТСОП для такого типа трафика. Следовательно, желательно, чтобы все технологии доступа обеспечивали недорогой режим непрерывного соединения, при котором полоса пропускания задействуется только, когда он действительно требуется для реального трафика.

SRI-E имеет возможность, соответствующую негарантированной скорости передачи (UBR) в сетях ATM. Когда пользователь не активен, что определяется по контролю трафика, радиоресурсы не используются. Когда он становится активным, т. е. когда трафик принимается на базовой станции или от терминала пользователя, радиоресурсы пользователю выделяются посредством процедуры восстановления вызова.

Поддержка нескольких одновременных вызовов

Мультимедийный трафик будет часто требовать наличия нескольких вызовов в одном и том же или в разных направлениях с разными требованиями к качеству. Например, возможность такой конференции предполагает стандарты Рекомендации МСЭ-T H.323.

SRI-E поддерживает любую смесь вызовов, каждый в своем направлении и со своим QoS, в пределах общей емкости канала (512 кбит/с). SRI-E автоматически мультиплексирует в канале вызовы на различные терминалы, но, при необходимости, может выделить отдельному терминалу весь канал целиком.

Возможность переключения используется не только для поддержания географической подвижности, но также и для оптимизации использования канала. Терминал может начать свои действия в одном узком канале, например голосовом, затем добавлять еще вызовы до тех пор, пока совместно используемой емкости канала перестанет хватать. В этот момент вызывается механизм переключения для перемещения терминала или, наоборот, другого терминала на другой канал, имеющий достаточную емкость. Аналогично, когда вызовы завершаются, для эффективного использования полосы пропускания может потребоваться, чтобы терминалы, работающие в различных каналах, были бы сведены в один канал, освобождая ресурсы для иного использования.

Поддержка определения местоположения

От систем подвижной части все чаще по закону требуется, чтобы они могли бы информировать службы безопасности и экстренные службы о физическом местоположении терминала. Следовательно, во многих странах для получения операторской лицензии потребуется обеспечить такую возможность. Кроме того, существуют и другие регламентарные различия между странами, которые могут влиять на использование терминала или услуг, требуют информацию о местоположении.

Система, использующая SRI-E, должна использовать независимый приемник GPS для получения точной информации позиционирования с точностью до 100 м. Протокол сигнализации включает средства для передачи этих данных на базовую станцию. Если бы SRI-E использовался в наземных условиях, тогда приемник GPS можно было бы заменить устройствами радиолокации.

4.3.5.2.1.2 Аспекты качества

В действительности SRI-E не определяет какого-либо конкретного качества передачи голоса. Предусматривается, что будет использоваться Рекомендация МСЭ-T G.729, и качество будет таким, как в ней определено. Возможны также и более высокие или более низкие показатели качества с соответствующим влиянием на требования по пропускной способности, без изменения радиоинтерфейса.

Качество передачи является одной из сильных сторон SRI-E. Коэффициент ошибок определен в коэффициентах ошибок по блокам FEC. Адаптация канала будет стремиться обеспечить устойчивое значение коэффициента ошибок менее 1×10^{-3} . Это значение пригодно для всех мультимедийных приложений без дальнейших улучшений в радиоинтерфейсе или на уровнях интерфейса. Приложения, требующие более высокой целостности, неизменно используют свои собственные высокоуровневые протоколы целостности данных.

SRI-E использует адаптивное турбокодирование, в котором скорость кодирования и, следовательно, скорость передачи данных пользователя, регулируется в реальном времени при изменении условий в канале для поддержания фиксированного коэффициента ошибок по блокам, равного 10^{-3} .

Кроме того, SRI-E включает в себя высокоуровневый протокол управления каналом передачи данных (HDLC) в спутниковом пролете, который оптимизирован для условий спутниковой связи. Соединения с коммутацией пакетов

(интерактивные или базовые) работают в режиме с подтверждением приема, и потерянные пакеты передаются повторно. Соединения с коммутацией каналов или потоковые соединения с коммутацией пакетов используют режим без подтверждения приема /прозрачный, в котором возможны потери.

SRI-E не накладывает ограничений на используемые сервисные протоколы, SRI-E будет работать с новым адаптивным мультиполосным кодеком с возбуждением и скоростью 4 кбит/с (AMBE+2TM), у которого, как показывают измерения, субъективное качество передачи речи превышает качество речи, описанное в Рекомендации МСЭ-T G.729. Он отвечает требованиям ИМТ-2000.

В некоторых режимах работы, в режиме с подтверждением приема, во время переключения потери пакетов не ожидается, поскольку вся передача трафика прекращается. Для режима без подтверждения приема трафик может быть остановлен, но это может оказать заметное влияние, скажем, лишь на потоковое видео. Прозрачный режим, наиболее заметно при передаче речи, приведет к потере кадров, что может повлиять на качество речи. Для услуг не в реальном времени, например, доступа в интернет, потеря ячейки будет скрыта с использованием протокола повышения целостности из Рекомендации МСЭ-T V.42, и, следовательно, режим будет прозрачным для приложений. Она проявится так же, как и ошибка передачи, которые статистически будут более частыми.

Изменения качества сигнала регулируются, главным образом, за счет управления активной скоростью кодирования, следовательно, конечная скорость передачи данных, видимая пользователем, определяется качеством канала, так как коэффициент ошибок ограничен. Это более приемлемо для мультимедийной среды, где приложения, как правило, более чувствительны к ошибкам в данных или к влиянию восстановления ошибок, чем в случае традиционных услуг, например, голосовых.

4.3.5.2.2 Функции системы

Шлюзы

Вызовы направляются на спутниковые шлюзы, ответственные за точечный луч, в котором расположен терминал. Несколько станций RNS могут обслуживать один точечный луч. Управление подвижностью выполняется с использованием центральной сети GSM/UMTS. Каждый точечный луч действует как область/зона маршрутизации управления подвижностью, и подвижные терминалы отслеживаются на этой основе. Все спутники в системе должны быть видны, каждый, как минимум, с одного шлюза. Таким образом, в условиях геостационарной системы требуется только небольшое число шлюзов – минимум по одному на спутник или три для глобальной системы.

Сетевой интерфейс

SRI-E не накладывает никаких ограничений на сетевой интерфейс. Для ЦСИС не требуется дополнительных функций КТСОП или взаимодействия с КТСОП. Аналогично, никаких ограничений не накладывается на маршрутизаторы интернета. Однако SRI-E может воспользоваться преимуществами новых возможностей интернета, например резервирование полосы пропускания.

Может использоваться обычный сетевой интерфейс, соответствующий известным стандартам, например Рекомендациям МСЭ-T Q.761, Q.931 и Q.2931. Функции, относящиеся к спутниковой или подвижной связи, такие как переключение и управление подвижностью на сетевом интерфейсе не видны.

Для того, чтобы SRI-E мог передавать стандартный для ЦСИС набор услуг в канале передачи данных, никаких модификаций для наземной сети не требуется. Все наземные каналы ЦСИС и другие услуги и функции передаются через SRI-E. SRI-E предоставляет только трубу для протоколов сигнализации UMTS и не интерпретирует эти сообщения.

Переключение/автоматическая передача радиоканала (ALT)

Требуется эффективно управлять пользователями, и это может привести к тому, что пользователи будут переводиться из одного луча в другой. Возможно несколько сценариев:

- Перемещение в другой луч того же типа на том же спутнике, управляемом тем же контроллером радиосети (RNC).
- Перемещение в другой луч того же типа на том же спутнике, управляемом другим RNC.
- Перемещение в другой луч того же типа на другом спутнике.

Переключение полностью обрабатывается в рамках различных уровней интерфейса SRI-E. Переключение инициируется событием управления радиоресурсами (RRM), уровень управления каналом передачи данных конфигурирует целевой процесс управления каналом передачи данных, но оставляет нетронутым процесс управления исходным каналом передачи данных. Процесс сигнализации через UE помогает переконфигурировать целевой процесс управления передачи данных и связаться с RNC. После повторного соединения и передачи уведомления прежнее соединение разрывается.

Переключение может привести к потере некоторых данных. Для передачи речи это значит короткий промежуток без слышимого влияния, если используется Рекомендация МСЭ-T G.729. Для передачи данных механизмы ARQ гарантируют целостность данных.

Переключение влияет на сложность системы двумя способами:

- требуются дополнительные механизмы протоколов – это касается только программ и, следовательно, не влияет на стоимость терминала;
- требуется, чтобы каналные блоки БС могли бы во время переключения разделять и комбинировать трафик из старых и новых радиоканалов – это не влияет на терминалы.

Динамическое распределение каналов

Частоты могут присваиваться точечным лучам динамически в соответствии с нагрузкой трафика. Спутниковая компонента подвержена влиянию среды, в которой нет заметных изменений условия распространения. Поэтому, SRI-E является более спектрально эффективным и более эффективным в использовании критической спутниковой мощности, чем в случае, когда требуется обеспечить более обширные изменения.

Потребление мощности

SRI-E разработан для использования в ситуациях, где может быть невозможен доступ к сети электропередач. Поэтому он оптимизирует потребление мощности, обеспечивая максимально возможную экономию, как в резерве, так и в рабочем режиме. И передача и прием ведутся с перерывами, в зависимости от потребностей трафика. Даже во время вызовов с переменной шириной полосы, например для трафика интернета, используется прерывистый прием, за исключением приема пакета трафика.

Из-за изменения географических местоположений терминалов пользователя (UE) относительно центра точечного луча, изменений электропитания и допусков производителей, передачи от UE могут приниматься на RNS в широком диапазоне отношений сигнал-шум. Для ограничения помех, для гарантии того, что приемник работает в своем оптимальном диапазоне, и для экономии заряда аккумулятора на подвижном устройстве RNS, при необходимости, выполняет корректировку передачи для каждого UE. Это может происходить в любой момент во время связи.

Корректировка синхронизации

Природа спутниковой связи такова, что в результате изменения географического местоположения подвижных терминалов, связывающихся друг с другом, трассы распространения радиосигналов могут существенно меняться по длине. Обычно это не представляет собой проблемы в системе с чистым FDMA с одним каналом на несущую (SCPC), но в системе с совместным доступом, когда множество подвижных передатчиков используют один и тот же физический ресурс, важно гарантировать, чтобы подвижные терминалы не создавали помех друг другу. Это достигается либо за счет использования данных о позиции спутника и данные позиционирования GPS, или за счет комбинации защитного интервала между передачами подвижных терминалов и предоставления каждому подвижному передатчику информации для корректировки синхронизации относительно опорного сигнала на приемнике RNS. Подуровень управления каналом передачи данных отвечает за контроль и исправление ошибок синхронизации.

Требования к точности измерений и корректировки синхронизации зависят от конкретного используемого физического уровня.

После того, как начальные сдвиги синхронизации скорректированы, непрерывно контролируется синхронизация передач с каждого отдельного подвижного терминала и, при необходимости, выключается дифференциальный механизм корректировки.

Корректировка частоты

UE синхронизируется по прямому каналу передачи данных и корректирует свою долгосрочную стабильность частоты.

4.3.5.3 РЧ спецификации

Полоса частот

SRI-E не накладывает никаких ограничений на полосу частот. В принципе, он может использоваться в любой полосе частот, хотя условия распространения и ограничения антенных технологий делают его наиболее пригодным для использования на частотах между 1 и 3 ГГц.

Многостанционный доступ

SRI-E, обычно использует хорошо понятные и проверенные методы. Он использует TDM/TDMA/FDMA.

Система многостанционного доступа состоит из прямого и обратного каналов, которые совместно используются несколькими пользователями. Когда нескольким пользователям разрешено совместно использовать один канал, действия одного пользователя будут уравниваться относительно действий другого

пользователя. Пользователи вместе будет передавать данные в обоих направлениях, поэтому и прямой, и обратный каналы будут заняты.

Метод дуплексного разнеса

SRI-E разработан для FDD. Минимальный дуплексный разнос между линиями вверх/вниз является зависящая от цены функция варианта реализации.

Модуляция и кодирование

SRI-E поддерживает широкий диапазон апертур антенны подвижного терминала и значений э.и.и.м., следовательно, невозможно создать одно решение, которое оптимизирует скорость передачи и в то же время обеспечит связь с терминалами всех типов. В этом случае проблема решается путем введения диапазона типов каналов передачи данных, работающих как с модуляцией 16-QAM, так и с квадратичной модуляцией в обратном направлении. В прямом направлении используется 16-QAM в канале передачи данных и QPSK для сигнализации. Для достижения максимальной эффективности и доступной скорости передачи на каждом терминале, используется технология, называемая переменным кодированием. Это важно для того чтобы обеспечить высокую эффективность использования спектра.

Методы переменного кодирования используют прореживание потоков четности, создаваемых турбокодами, используя одну из predetermined матриц прореживания, так что уровень избыточности, создаваемый кодом, становится переменным. Это позволяет так передавать информацию на подвижный терминал или от него в одном канале, что ее скорость увеличивается, когда терминал работает с хорошими условиями в канале, и соответственно уменьшается, позволяя удерживать линию связи, когда терминал работает с плохими условиями в канале.

Требования к C/N

Система разработана так, что шаги изменения скорости кодирования обеспечивают номинальные шаги (1дБ) достижения требований к C/N_0 с целью получения заданного коэффициента ошибок в пакете импульсов $= 10^{-3}$. Этот подход может использоваться также для противодействия влиянию медленных замираний. Спутниковый шлюз управляет скоростью кодирования в зависимости от сообщенных значений C/N_0 в канале.

Разнесение несущих и деление на каналы

Прямые каналы передачи данных SRI-E могут вести передачу данных с номинальными скоростями между 4,5 кбит/с и 512 кбит/с и основаны на непрерывной передаче мультиплексированных несущих с разделением по времени (TDM). Прямой канал передачи данных должен передаваться с постоянным уровнем средней мощности.

Обратные каналы передачи данных могут вести передачу данных с номинальными скоростями в диапазоне от 8,4 кбит/с до 492,8 кбит/с и основаны на импульсной передаче с использованием схемы многостанционного доступа с разделением по времени (TDMA). Пачки импульсов передаются в лотах длиной либо 5 мс, либо 20 мс, которая определяется в расписании обратного канала, переданном в прямом канале передачи данных. Эти обратные расписания также описывают символьную скорость и модуляцию, которые должны использоваться для передачи.

Эффективность использования спектра

SRI-E достигает наивысшей эффективности использования спектра, возможной для современной технологии в геостационарной спутниковой системе. Основная эффективность модуляции, обеспечиваемая новейшими технологиями модуляции и кодирования, достигает значения 1,4 бит/с/Гц. Использование зависящего от трафика статистического мультиплексирования еще больше повышает эффективность использования спектра. В случае передачи данных и трафика интернета, из-за очень гибкого механизма изменения полосы пропускания, с учетом возможного выигрыша за счет статистического мультиплексирования, коэффициент эффективности получается в диапазоне 3–7 бит/с/Гц. В случае голосового трафика можно ожидать применение голосового управления, которое удваивает базовую эффективность канала до улучшений.

Характеристики подвижной земной станции

SRI-E будет поддерживать несколько диапазонов терминалов пользователя. Однако здесь приводятся данные только для трех типов, каждый из которых имеет усиление антенн в диапазоне от 7,7 дБи до 14 дБи. Э.и.и.м. этих подвижных терминалов будет лежать в пределах от 10 дБВт до 20 дБВт.

Синтезатор частот в терминале пользователя

Требования к синтезатору частот в терминале пользователя перечислены в таблице 33.

ТАБЛИЦА 33

Требования к синтезатору частот

Размер шага	1,25 кГц
Скорость переключения	80 мс (включая обработку протокола)
Диапазон частот	Зависит только от распределения спектра
Стабильность частоты	1 ppm

Метод компенсации сдвига Допплера

Поскольку SRI-E разработан для геостационарной системы, явной компенсации сдвига Допплера не требуется. AFC-приемник пригоден для всех скоростей движения подвижных терминалов, включая установленные на воздушных судах. Остаточный сдвиг частоты определяется в полосе групповых частот с использованием метода DSP.

Факторы распространения

Помехи многолучевости в целевых условиях оказывает только ограниченное влияние. Оно учтено в бюджете линии.

Скорость замираний намного меньше, чем символьная скорость, поэтому межсимвольные помехи, создаваемые профилем расширения из-за переменной задержки, незначительны.

4.3.5.4 Спецификации полосы групповых частот**Скорости передачи****Прямой канал**

Данные в прямом канале могут доставляться на скорости от 21,6 кбит/с до 512 кбит/с в зависимости от типа канала передачи данных, поддерживаемого подвижным терминалом, и условий в канале. Скорость передачи данных пользователя может меняться в ответ на изменение значения C/N_0 в канале в результате перемещения пользователя в центре точечного луча. Скорость передачи может регулироваться контроллером RNS динамически для каждой пачки импульсов и она определяется уникального слова и парой значений атрибута (AVP) в первом блоке FEC, если скорость кодирования не сохраняется постоянной для всего кадра.

Обратный канал

Аналогично, в обратном направлении поддерживаемые скорости передачи зависят от возможностей подвижного терминала и условий в канале. Обратные каналы передачи данных могут доставлять данные со скоростями от 19,2 кбит/с до 512 кбит/с. И опять, скорость передачи может регулироваться контроллером RNS и, частично, самим UE, динамически для каждой пачки импульсов.

Структура кадра**Структура кадров прямого канала**

Для прямого направления принята структура кадра прямого канала передачи данных и комбинация исходного уникального слова и распределенных пилот символов. Продолжительность кадра равна 80 мс. Разработано три типа прямого канала передачи данных:

- Первый работает со скоростью 8,4 ксимвол/с и используется, главным образом, в глобальном луче, канал передачи данных использует модуляцию QPSK. Каждый кадр занимает 10,5 кГц.
- Второй работает со скоростью 33,6 ксимвол/с (занимая 42 кГц) и используется для сигнализации и для обслуживания терминалов с малой апертурой. Каждый кадр делится на четыре блока FEC длительностью по 20 мс. Канал передачи данных использует модуляцию QPSK и 16-QAM.
- Третий тип это "широкий" канал передачи данных, работающий со скоростью 151,2 ксимвол/с (189 кГц). В этом канале передачи данных передаются данные трафика. Каждый кадр делится на 8 блоков FEC длительностью по 10 мс. Это приводит к уменьшению задержек в прямом направлении с 20 мс до 10 мс. Это имеет первостепенное значение для чувствительных к задержкам приложений, например, для голоса.

Структура пачек импульсов в обратном канале

В обратном направлении выбрано два значения длительности пачки импульсов: 5 мс и 20 мс. Для канала передачи данных с наивысшей скоростью число блоков в пачке импульсов увеличено с одного до двух во избежание чрезмерного увеличения требований к памяти турбокодера. Длительность пачки импульсов 5 мс выбрана для минимизации задержки.

Наименьшая жизнеспособная нагрузка для блоков с турбокодированием составляет порядка 20 байтов, и определяет нижнюю границу использования слота размером 5 мс – он может использоваться только для каналов передачи данных с символьной скоростью, как минимум, 33,6 ксимвол/с при использовании модуляции 16-QAM или с символьной скоростью 67,2 ксимвол/с при использовании квадратичной модуляции.

Номенклатура

ТАБЛИЦА 34а

Определение названий каналов передачи данных

Направление	Длительность кадра/пачки импульсов (мс)	Символьная скорость (умножение) (ксимвол/с)	Модуляция	Число блоков FEC в кадре
F: Прямой	80	$0,25 \times 33,6$	X: 16-QAM Q: QPSK	1B
		$1 \times 33,6$		4B
		$4,5 \times 33,6$		8B
R: Обратный	20 5	$0,5 \times 33,6$	X: 16-QAM Q: $\pi/4$ QPSK	1B
		$1 \times 33,6$		2B
		$2 \times 33,6$		
		$4,5 \times 33,6$		

ТАБЛИЦА 34б

Обзор типов прямых каналов передачи данных

Идентификатор	Длительность кадра (мс)	Символьная скорость (ксимвол/с)	Модуляция	Число блоков FEC в кадре
F80T0.25Q1B	80	$0,25 \times 33,6$	QPSK	1
F80T1X4B	80	33,6	16-QAM	4
F80T4.5X8B	80	$4,5 \times 33,6$	16-QAM	8
F80T1Q4B	80	33,6	QPSK	4

ТАБЛИЦА 34с

Обзор типов обратных каналов передачи данных

Идентификатор	Длительность пачки импульсов (мс)	Символьная скорость (ксимвол/с)	Модуляция	Число блоков FEC в пачке импульсов
R5T1X	5	33,6	16-QAM	1
R5T2X	5	$2 \times 33,6$	16-QAM	1
R5T4.5X	5	$4,5 \times 33,6$	16-QAM	1
R20T1X	20	33,6	16-QAM	1
R20T2X	20	$2 \times 33,6$	16-QAM	1

ТАБЛИЦА 34с (окончание)

Идентификатор	Длительность пачки импульсов (мс)	Символьная скорость (ксимвол/с)	Модуляция	Число блоков FEC в пачке импульсов
R20T4.5X	20	$4,5 \times 33,6$	16-QAM	2
R5T2Q	5	$2 \times 33,6$	$\pi/4$ QPSK	1
R5T4.5Q	5	$4,5 \times 33,6$	$\pi/4$ QPSK	1
R20T0.5Q	20	$0,5 \times 33,6$	$\pi/4$ QPSK	1
R20T1Q	20	33,6	$\pi/4$ QPSK	1
R20T2Q	20	$2 \times 33,6$	$\pi/4$ QPSK	1
R20T4.5Q	20	$4,5 \times 33,6$	$\pi/4$ QPSK	1

Кодирование

Для достижения максимальной эффективности и доступной скорости передачи в каждом подвижном терминале используется технология, называемая переменным кодированием. Методы переменного кодирования используют прореживание потоков четности, создаваемых турбокодами, используя одну из predetermined матриц прореживания, так что уровень избыточности, создаваемый кодом, становится переменным.

Это позволяет так передавать информацию на подвижный терминал или от него в одном канале, что ее скорость увеличивается, когда терминал работает с хорошими условиями в канале, и соответственно уменьшается, позволяя удерживать линию связи, когда терминал работает с плохими условиями в канале.

Шаги изменения скорости кодирования обеспечивают номинальные шаги (1 дБ) достижения требований к C/N_0 с целью получения заданного коэффициента ошибок в пачке импульсов $= 10^{-3}$. Этот подход может использоваться также для противодействия влиянию медленных замираний. Спутниковый шлюз управляет скоростью кодирования в зависимости от сообщенных значений C/N_0 в канале.

ТАБЛИЦА 35

Переменные радиointерфейса

Модуляция	Символьная скорость (ксимвол/с)	Скорость кодирования
QPSK, $\pi/4$ QPSK, 16-QAM	8,4; 16,8; 33,6; 67,2; 151,2	0,34; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,84

Параметрическая алгоритмическая разработка

Существует большое число скоростей кодирования, требуемых для достижения полного диапазона эксплуатационных возможностей, но требования к памяти для подвижных терминалов удерживаются на минимуме. Функции управления кодером и декодером, матрицы прореживания и матрицы канального перемежения описываются алгоритмически, а не в виде таблиц. Такая методика гарантирует, что ошибки спецификации и реализации будут минимальными.

Уникальные слова

Скорость кодирования сообщается при помощи уникального слова, используемого в пачке импульсов, это минимизирует ограничения на разработку системы и гарантирует, что каждый кадр или пачка импульсов может быть правильно демодулирован и декодирован без знания *заранее* скорости кодирования, которая применяется на передатчике для передачи конкретной пачки импульсов или кадра.

Турбосинхронизация

Сигнализация с использованием уникальных слов и работа с низкими значениями E_s/N_0 создает проблемы с качеством детектирования пачек и механизмами синхронизации, если используются классические методы. SRI-E использует новый метод для значительного повышения качества.

Задержка на обработку радиопередачи из-за общего процесса канального кодирования, перемежения битов, деления на кадры и т. д. не учитывает кодирование источника, при этом задержка передачи от входа канального кодера до антенны плюс задержка приемника от антенны до выхода канального декодера равна 55 мс для передачи речи со скоростью 8 кбит/с и 10 мс для передачи данных со скоростью 144 кбит/с.

Контроль эхо-сигналов

Задержка двусторонней передачи в SRI-E равна 100 мс для соединения со скоростью 8 кбит/с, без учета задержки распространения. Понятно, что для геостационарной спутниковой системы последняя доминирует, добавляя примерно 600 мс и делая контроль эхо-сигналов незаменимым.

Требования к линейному передатчику

Работа терминала UE будет соответствовать ETSI и другим маскам спектра.

Требования к приемнику

Динамический диапазон приемника определяется на уровне 10 дБ. Поскольку отношение пиковой и средней мощностей после фильтрации полосы групповых частот равно 3 дБ, это значение полностью достаточно для противостояния ожидаемым изменениям уровня сигнала.

Требуемая развязка передача/прием

40 дБ.

4.3.6 Спецификации спутникового радиointерфейса F

Satcom2000 – спутниковый радиointерфейс F содержит спецификации радиointерфейса для спутниковой системы персональной подвижной связи, которая использует улучшенную архитектуру и технологии для предоставления разнообразных сервисных приложений в различных условиях пользователя.

Спутниковая система персональной подвижной связи, использующая радиointерфейс Satcom2000, будет служить глобальным расширением и дополнением наземных сетей, предлагая качественные и разнообразные услуги, предусмотренные для систем IMT-2000. В координации с операторами наземных сетей, эта система может предоставить абонентам один телефон и один номер практически для всех их потребностей в связи. Эта система будет предоставлять широкий диапазон голосовых услуг и услуг передачи данных, включая комбинацию передачи речи и данных, факсов, доступа в интернет, электронной почты голосовой почты, пейджинговой связи и приложений мгновенной передачи сообщений.

4.3.6.1 Описание архитектуры

Используя интеллектуальные антенны, гибридные схемы многостанционного доступа, обработку и коммутацию на борту, а также другие новейшие технологии, спутниковая система персональной подвижной связи, использующая радиointерфейс Satcom2000, разработана для оптимизации спектральных, пространственных и энергетических ресурсов. Возможность выбора иных схем многостанционного доступа позволяет этому методу наилучшим образом подходить для выбираемых услуг и условий работы. Коммутация полосы групповых частот предоставляет высокий уровень контроля на трассе для определенных данных пользователя. Обработка и кодирование полосы групповых частот позволяют получить в каналах пользователя меньшее значение КОБ.

Блок-диаграмма архитектуры радиointерфейса Satcom2000 показана на рисунке 65. На этом рисунке шлюзовое оборудование (контроллер шлюза и антенная подсистема) и спутниковая группировка объединены в сеть SRAN. Фидерная линия и межспутниковые линии – это внутренние подробности реализации сети SRAN. Интерфейс с сетью CN называется интерфейсом Ius, а интерфейс с терминалами пользователей называется интерфейсом Uus. Физическая реализация этой системы содержит группировку коммутируемых цифровых спутников связи с большим числом точечных лучей с большим усилением на каждом спутнике.

Сеть SRAN выполняет следующие функции:

- Управление распределением сообщений – Сеть SRAN будет определять соответствующие направления маршрутизации сообщений, принятых от группировки. Эта функция включает в себя маршрутизацию сообщений в сеть CN, а также в другие сети доступа.
- Выполнение согласований для сети CN.
- Пейджинг – сеть SRAN будет обеспечивать распространение сигналов пейджинга для передачи запросов.
- Функции управления ресурсами спутниковой сети. Эти функции включают в себя:

4.3.6.1.1 Группировка

Спутниковая система персональной подвижной связи Satcom2000 состоит из группировки из 96 спутников LEO на восьми почти полярных орбитах, с двенадцатью спутниками, равномерно расположенных в каждой орбитальной плоскости (за исключением резервных). Критерии выбора орбиты, каждый из которых жизненно важен для коммерческого предоставления услуг и технологической реализуемости системы, следующие:

- необходимость постоянно обеспечивать глобальное покрытие всей поверхности Земли;
- требование, чтобы относительные соотношения разноса и LoS с соседними спутниками были фиксированными или меняли медленно, позволяя таким образом упростить бортовые подсистемы, которые управляют межспутниковыми линиями;
- стремление минимизировать стоимость всей группировки; и
- влияние высоты на стоимость оборудования (т. е. компромисс, учитывающий, что условия излучения на большой высоте существенно увеличивают затраты, тогда как на малых высотах требуется больше топлива и маневров по удержанию станций).

Эта спутниковая группировка, которая показана на рисунке 66, обеспечивает покрытие всей поверхности Земли. Для оптимизации разработки системы выбранная орбита может быть скорректирована.

Основные параметры группировки этой спутниковой системы показаны в таблице 36.

РИСУНОК 66
Спутниковая группировка

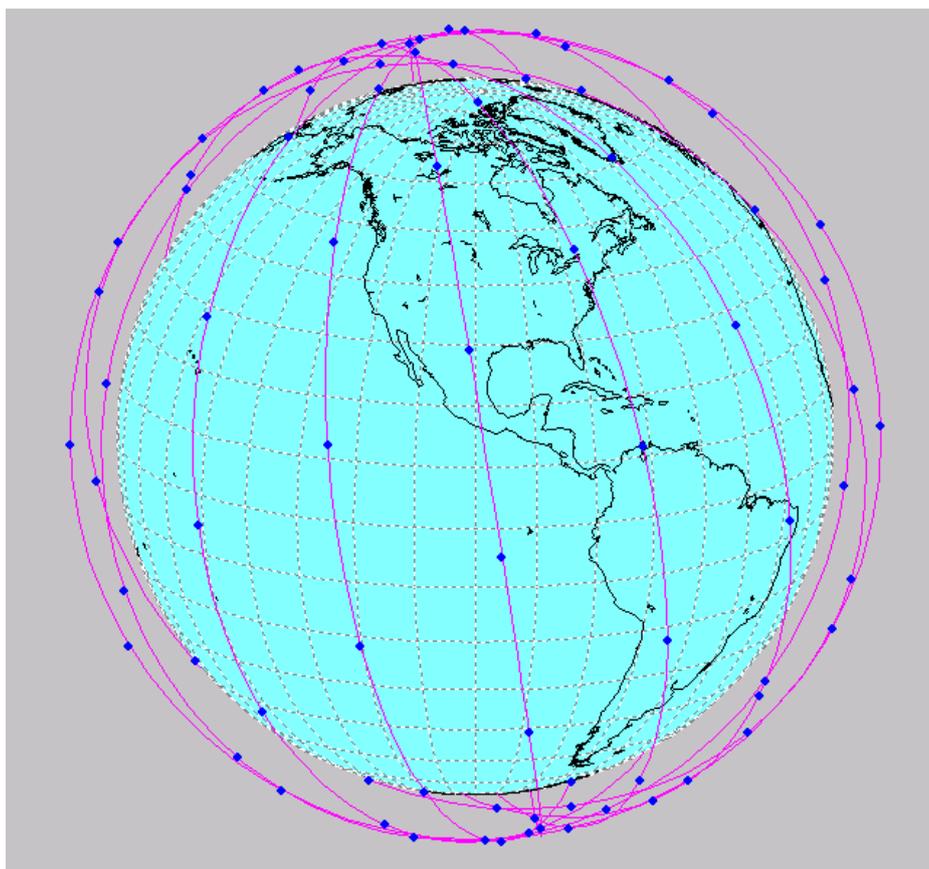


ТАБЛИЦА 36

Параметры группировки

Тип орбиты	LEO
Количество спутников	96
Количество орбитальных плоскостей	8
Количество спутников в плоскости	12
Тип наклона	Полярный
Наклон	98,8°
Орбитальный период	6 119,6 с
Высота апогея	862,4 км
Высота перигея	843,5 км
Аргументы перигея	270°
Активная(ые) дуга(и) обслуживания	Не применимо – глобальное покрытие
Прямые узлы восходящие и нисходящие	160°; 183,5°; 207°; 230,5°; 254°; 277,5°; 301°; 324,5°

4.3.6.1.2 Спутники

Космический сегмент системы из 96 спутников будет обеспечивать предоставление универсальной услуги за счет глобального покрытия из космоса.

Все спутники в группировке соединены вместе в виде коммутируемой сети цифровой связи в небе и используют принципы наземной сотовой сети для обеспечения максимального многократного использования частот. Каждый спутник использует точечные лучи для формирования сот на поверхности Земли. Множество относительно небольших лучей обеспечивают большое усиление спутниковых антенн и, таким образом, уменьшают РЧ мощность, требуемую от спутникового и абонентского оборудования. Множество точечных лучей может быть отрегулировано для оптимизации качественных показателей системы, когда спутник выведен на орбиту.

Основные характеристики каждого элемента нагрузки связного спутника показаны в таблице 37.

ТАБЛИЦА 37

Основные характеристики элемента нагрузки связного спутника

Число точечных лучей на спутник	228 (может быть изменено для улучшения качества)
Минимальный угол места для пользователя	15°
Межспутниковые линии (да/нет)	Да
Обработка полосы групповых частот на борту (да/нет)	Да
Географическое покрытие (например глобальное, почти глобальное, ниже xx градусов широты, региональное)	Глобальное
Динамическое распределение трафика в лучах (да/нет)	Да

Пространственное разделение, обеспечиваемое точечными лучами спутника, позволяет повысить эффективность использования спектра за счет многократного использования времени и частоты в различных сотах. Модель многократного использования частот может быть изменена на основе реальных условий передачи трафика, даже когда спутники будут выведены на орбиту.

Каждый спутник имеет возможность динамически перераспределять свои ресурсы мощности и полосы пропускания из одного луча в другой в ответ на реальные потребности трафика. Например, в случае события смягчения последствий бедствия, если спрос на трафик в одном луче возрастает выше его номинального трафика, спутник может перераспределить в эту горячую точку ресурсы мощности и полосы пропускания, которые ранее были распределены другим лучам, поэтому можно будет передать больше трафика.

Требование для связи с терминалами абонентов поддерживается комплексом спутниковых антенн, которые формируют лучи, напоминающие сотовые. Связь на линиях вверх и вниз обеспечивают на борту космического аппарата две фазированные антенные решетки, одна для передачи и одна для приема. Пара передающих и приемных фазированных антенных решеток создают почти идентичные и конгруэнтные лучи на линиях вверх и вниз. Область охвата каждого спутника делится на кластеры лучей, для того чтобы упростить многократное использование канала. Любой из портов луча передающей антенны может быть одновременно активирован путем возбуждения его с использованием одного или нескольких сигналов несущей. Каждому лучу динамически присваивается множество каналов, соответствующих определенным присвоениям частоты и временного слота в полосе частот, соответствующей числу и степени использования обслуживаемых абонентских устройств. Для эффективной работы с изменениями трафика оборудование позволяет автоматически и по запросу менять число соединений в луче.

Кроме того, лучи, при необходимости, могут быть включены или выключены для соответствия условиям трафика и изменения пересечений областей покрытия. Например, для минимизации возможных помех от перекрывающихся областей обслуживания спутника и для экономии мощности спутника, система будет использовать архитектуру управления сотой, которая выключает лучи, когда каждый спутник движется от экватора в сторону полярных регионов.

Антенная подсистема абонентской линии зафиксирована на корпусе спутника и точность ее наведения зависит от системы управления стабилизацией высоты.

Межспутниковые линии соединяют спутники на орбите, создавая глобальную сеть электросвязи в небе. Эти линии обеспечивают связь в пределах и за пределами орбитальной плоскости.

Каждый спутник имеет возможность через фидерные линии установить канал связи со шлюзами на Земле. Система будет допускать различное число шлюзов. Реальное число шлюзов, которые должны быть развернуты, будет определяться техническими и коммерческими соображениями.

В дополнение к вышеописанным линиям связи, спутник имеет возможность установить каналы телеметрии, каналы слежения и управления с телеметрией, станции телеуправления и телеобслуживания (ТТ&С) по всему миру.

На рисунке 67 показано представительное орбитальное покрытие одного спутника в СШП на высоте 853 км.

4.3.6.2 Описание системы

Спутниковая система персональной подвижной связи Satcom2000 разработана для удовлетворения прогнозируемого роста общего спроса на глобальную подвижную связь, она обеспечивает доступ к услугам, требующим более высоких и переменных скоростей передачи данных, и позволяет еще больше расширить и интегрировать спутниковые услуги в наземные фиксированные и подвижные сети.

Эта система будет способна предоставлять двусторонние услуги передачи голоса, данных, сообщений и услуги мультимедийной связи между различным оборудованием пользователя в любой точке мира, и присоединения любого такого оборудования к сетям КТСОП, PSDN, ССПСП и другим наземным сетям, включая глобальный роуминг и взаимодействие с наземной компонентой сетей IMT-2000.

Для того чтобы предоставлять такой спектр услуг, Satcom2000 будет использовать технологии радиодоступа и TDMA, и CDMA, содержащие каналы FDMA/TDMA и FDMA/CDMA, работающие на каждом спутнике. Эта гибридная схема многостанционного радиодоступа, внедренная в одну спутниковую систему, отвечает различным потребностям персональной связи для пользователей беспроводной связи в двадцать первом веке, и обеспечивает эффективное использование спектра для такого разнообразного предложения услуг.

РИСУНОК 67

Область покрытия одного спутника, 853 км, угол места 15°



1850-67

Имеется пять сегментов, образующих эту спутниковую систему персональной подвижной связи Satcom2000:

- космический сегмент, состоящий из группировки из 96 действующих спутников на орбитах LEO высотой 854 км, с 8 орбитальными плоскостями и 12 спутников в каждой плоскости;
- сегмент управления системой, который обеспечивает централизованное TT&C для всей спутниковой группировки;
- земной сегмент, состоящий из шлюзовых станций и связанного с ними оборудования, включая инфраструктура для взаимодействия с наземными сетями и распространения услуг;
- абонентский сегмент, в котором работают двухмодовые (совместимые со спутниковыми/наземными услугами) многостандартные и многополосные терминалы пользователя; и
- сегмент поддержки бизнеса и абонента, состоящий из системы биллинга и центра обслуживания абонентов и т. д.

Спутниковая система, использующая Satcom2000, сможет взаимодействовать с наземной компонентой системы ИМТ-2000, описанной в п. 5 Рекомендации МСЭ-R М.1457. Поддерживается роуминг между наземной сетью и спутниковой сетью. В большинстве случаев будет также поддерживаться автоматическое переключение между наземной и спутниковой сетями.

4.3.6.2.1 Функции услуг

Эта спутниковая система персональной подвижной связи предоставляет услуги голосовой связи, передачи данных и сообщений в дуплексном режиме связи. Поддерживается выделение пропускной способности по запросу, скорости передачи по запросу, услуг пейджинга (оповещения) через спутник. Для того чтобы учесть специфическую природу асимметричного интернет трафика, система имеет возможность асимметричная передача данных. Поддерживается также и асинхронная передача данных.

В таблице 38 перечислены ключевые функции услуг, поддерживаемые этой спутниковой системой персональной подвижной связи.

ТАБЛИЦА 38

Ключевые функции услуг

Полоса пропускания по запросу (да/нет)	Да
Скорость по запросу (да/нет)	Да
Асинхронная передача данных (да/нет)	Да
Асимметричная передача данных (да/нет)	Да

4.3.6.2.2 Функции системы

Ключевые возможности этой спутниковой системы персональной подвижной связи приведены в таблице 39.

ТАБЛИЦА 39

Ключевые функции системы

Схемы многостанционного доступа	FDMA/TDMA и FDMA/CDMA
Метод переключения (например, внутри и между спутниками, мягкое или жесткое, или гибридное)	внутри и между спутниками, использующими мягкое/жесткое переключение
Разнесение (например, временное, частотное, пространственное)	Временное, пространственное и т. д.
Минимальный размер спутникового канала	TDMA: 27,17 кГц CDMA: 1,25 МГц
Работа в спутниковой среде радиосвязи по Рекомендации МСЭ-R М.1034	Городская спутниковая среда радиосвязи Сельская спутниковая среда радиосвязи Спутниковая среда радиосвязи на стационарные терминалы Спутниковая среда радиосвязи внутри зданий

Satcom2000 обеспечивает работу двух отдельных радиointерфейсов абонентской спутниковой линии: один основан на технологии многостанционного доступа TDMA, а другой основан на технологии многостанционного доступа CDMA. Оба интерфейса используют частотный план, в котором отдельные несущие разделены по базовой схеме FDMA. Разделение передач между режимами TDMA и CDMA оптимизировано так, чтобы они соответствовали типу услуги и условиям пользователя, удовлетворялись потребности трафика и обеспечивалась максимальная эффективность системы.

Подсистема CDMA может достигать высокой эффективности использования спектра, так как методы регулировки мощности эффективно поддерживают равные уровни мощности для каждого пользователя. Однако, спутниковые системы страдают из-за задержек на относительно длинных трассах, которые снижают эффективность обратной связи в цепях регулировки мощности. Когда регулировка мощности не эффективна, будет снижаться и эффективность использования спектра в режиме CDMA.

Для приложений, в которых условия пользователя и, следовательно, уровень сигнала быстро меняются, например, в услугах подвижной голосовой связи, схема TDMA будет достигать лучшего качества, как по эффективности использования спектра, так и по качеству услуг. Для таких приложений, как высокоскоростные услуги передачи данных, в которых условия пользователя могут меняться медленно и, таким образом, регулировка мощности может быть эффективной, схема CDMA будет более приемлемой. Такая гибридная реализация позволяет поддерживать все типы услуг при оптимальном использовании ресурсов спутника.

Каналы TDMA обеспечивают большой запас на замирания для различных условий пользователя для того чтобы выполнялись или превышались требования по готовности. Каналы CDMA поддерживают широкий диапазон скоростей передачи данных, с запасами на линиях, пригодными для конкретных услуг.

Satcom2000 поддерживает переключение между лучами одного спутника, переключение между лучами разных спутников, а также переключение между наземной и спутниковой сетями IMT-2000. Управление переключениями, включая поддержку вызова, выполняет сеть SRAN.

4.3.6.2.2.1 Радиointерфейс FDMA/TDMA

Каждый базовый отдельный голосовой канал FDMA/TDMA передается пачками импульсов со скоростью 34,545 кбит/с, занимая полосу частот шириной 27,17 кГц с использованием модуляции QPSK. При этом плотность голосовых каналов в луче может достигать 147 голосовых каналов в 1 МГц, и 184 голосовых каналов в 1,25 МГц.

Satcom2000 использует в своих вокодерах новейшие технологии кодирования речи для того чтобы получить наилучшее качество передачи голоса, используя наименьшее число битов. В вокодер встроен колер FEC со скоростью 2/3.

Ключевые параметры для схемы FDMA/TDMA приведены в таблице 40.

ТАБЛИЦА 40

Характеристики голосового канала FDMA/TDMA

Число голосовых слотов времени/кадр	4
Скорость передачи пачек	34,545 кбит/с
Разнос каналов	27,17 кГц
Скорость передачи информации	2,4–4 кбит/с
FEC (встроена в вокодер)	Скорость = 2/3
Тип модуляции	QPSK

4.3.6.2.2 Радиointерфейс FDMA/CDMA

Участок CDMA распределенной полосы частот будет делиться на подполосы шириной 1,25 МГц. Схема доступа CDMA, используемая в каждой подполосе, позволяет нескольким пользователям совместно использовать этот спектр одновременно. Спектр может использоваться повторно в каждом луче спутника, приводя к получению большого коэффициента переиспользования частот для этой подсистемы CDMA. каналы CDMA будут обеспечивать переменные скорости передачи данных пользователя до 144 кбит/с.

Радиointерфейс CDMA основан на стандарте, совместимом с наземной сетью IMT-2000. Его ширина полосы составляет 1,25 МГц, он использует схему доступа с расширением спектра по методу прямой последовательности. Пиковая скорость в канале равна 9,6 кбит/с. Радиointерфейс использует конволюционное кодирование с коэффициентом 1/3 на линии вверх, и кодирование с коэффициентом 1/2 на линии вниз. Канал регулировки мощности добавляется в каждый канал с использованием прореженного конволюционного кода.

Ключевые параметры для схемы FDMA/CDMA приведены в таблице 41.

ТАБЛИЦА 41

Характеристики канала передачи данных FDMA/CDMA

Число субкадров в кадре	2
Скорость расширения	От 1,228 до 4,096 Мбит/с
Разнос каналов	1,25 МГц
Скорость передачи информации	до 9,6 кбит/с (до 144 кбит/с с использованием нескольких каналов)
FEC	Скорость = 1/2 на линии вниз; 1/3 на линии вверх
Тип модуляции	16-QAM/QPSK

Канал передачи данных, использующий нескольких каналов, будет способен предоставлять услуги передачи данных на скоростях до 144 кбит/с.

4.3.6.2.3 Функции терминала

Оборудование пользователя для спутникового участка системы будет обеспечивать работу различных приложений. Типы оборудования пользователя, которые будут поддерживаться, включают в себя фиксированные, номадические, портативные, подвижные, морские и воздушные терминалы. Большая часть этих терминалов будет иметь возможность мультисервисной работы, например, объединенный терминал для телефонной связи, передачи сообщений и данных. Реальные типы оборудования пользователя, которые должны быть разработаны, и должны включать в себя возможности мультисервисной работы, будут определены на основании потребностей рынка.

Некоторые типы оборудования пользователя будут работать только с одним каналом, а другие могут иметь возможность мультиканальной работы. Например, носимый терминал будет использовать только один канал, но фиксированный терминал может работать как с одним, так и с несколькими каналами, которые мультиплексируются все вместе при помощи мультиплексора. Терминалы для высокоскоростной передачи данных работают, используя базовые каналы данных для предоставления высокоскоростных услуг.

Ключевые функции терминала показаны в таблице 42.

ТАБЛИЦА 42

Функции терминала

Типы терминалов	<ul style="list-style-type: none"> – Носимые – Портативные – Номадические – Фиксированные – Воздушные – Морские – Другие
Возможность мультисервисной работы (например, терминал, объединяющий телефон, пейджер и передачу данных)	Да
Ограничение подвижности для каждого типа терминала (например, до <i>xx</i> км/ч или <i>уу</i> м/с)	До 500 км/ч носимых До 5 000 км/ч для воздушных

4.3.6.3 РЧ спецификации

Спутниковая система персональной подвижной связи Satcom2000 будет работать в диапазоне 2 ГГц и создавать сотовые лучи, каждый из которых будет покрывать относительно небольшую площадь на Земле, обеспечивая большой запас на абонентской спутниковой линии. РЧ параметры, определенные в этом разделе, имеют значения для частоты 2 ГГц. Они могут быть также изменены для других полос частот, распределенных спутниковой компоненте системы IMT-2000.

Satcom2000 требует, чтобы подсистемы радиодоступа TDMA и CDMA работали в отдельных участках спектра. Таким образом, любой спектр, распределенный спутниковой системе, будет разделен на участки TDMA и CDMA.

Satcom2000 предоставляет как услуги голосовой связи, так и услуги передачи данных. Базовые голосовые услуги обеспечивают запас в канале и разнесение для поддержания работы в условиях замираний. В областях ясной прямой видимости (CLoS) за счет меньшего запаса на линии обеспечивается более эффективное использование полосы частот. Услуги обеспечивают более высокие скорости передачи данных в областях с малым запасом на замирания. В областях с большим запасом на замирания услуги передачи данных работают с более низкими скоростями. Объединение каналов многостанционного доступа TDMA и CDMA со структурой FDMA обеспечивает выбор наиболее приемлемой схемы доступа на основе требуемого типа и качества услуг для пользователя в данных условиях работы.

Из-за того, что задержки на трассе составляют примерно 20 мс, максимальная скорость регулировки мощности для CDMA в этой спутниковой системе LEO составляет 50 Гц. Это ограничивает эффективность технологии CDMA за исключением условий пользователя с медленными замираниями, например для приложений передачи данных или фиксированных услуг, в которых трассы сигнала до спутника характеризуются как CLoS. Эти приложения смогут воспользоваться преимуществами как функций обработки данных наземных протоколов IMT-2000, так и выигрыша по пропускной способности. Для того чтобы свести помехи к минимуму, размер шага регулировки мощности определен равным 0,5 дБ. Терминал CDMA будет использовать режим FDD для одновременной передачи и приема, что требует развязки между передачей и приемом примерно 63 дБ. Тип модуляции будет выбираться так, чтобы он был максимально возможно совместимым с соответствующей технологией, используемой наземными системами IMT-2000. Поскольку эти приложения обычно используются в условиях с CLoS, для повышения эффективности использования спектра могут применяться схемы более высокого порядка, например 16-QAM.

Емкость подсистемы TDMA менее подвержена влиянию приложений с сильными замираниями и, поэтому она зарезервирована для подвижной голосовой связи в быстроменяющихся условиях. Регулировка мощности используется исключительно для уменьшения потребления энергии как в оборудовании пользователя, так и на спутниках. В подсистеме TDMA может использоваться более грубый шаг регулировки мощности. Скорость регулировки мощности является функцией как от задержки на трассе, так и от размера кадра. Для уменьшения требований по развязке между передачей и приемом пользовательские терминалы TDMA могут работать в режиме TDD.

Уровни усиления антенны и мощности, как в оборудовании пользователя, так и на спутниках рассчитаны так, чтобы оптимизировать качество услуг и сложность реализации системы. Исходные значения этих проектных параметров приведены в таблице 54. Спутники будут способны работать с терминалами пользователя нескольких различных категорий. Эти терминалы будут иметь различные уровни э.и.и.м. в зависимости от их приложений и размера, и, следовательно, будут способны предоставлять услуги с разными запасами на замирания. Эти решения будут приняты на основании потребностей рынка.

РЧ параметры системы Satcom2000 показаны в таблице 43.

ТАБЛИЦА 43
РЧ спецификации

э.и.и.м. передатчика терминала пользователя. – Минимальная э.и.и.м. для каждого типа терминала – Средняя э.и.и.м. для каждого типа терминала	от –2 до 4 дБВт для носимых Для других типов терминалов по потребностям рынка от –8 до –2 дБВт для носимых Для других типов терминалов по потребностям рынка
G/T терминала пользователя для каждого терминала	–24,8 дБ/К для носимых Для других типов терминалов по потребностям рынка
Усиление антенны для каждого типа терминала	2 дБи для носимых Для других типов терминалов по потребностям рынка
Максимальная э.и.и.м. на спутнике	29,6 дБВт
Максимальная G/T на спутнике	0,1 дБ/К
Ширина полосы канала	TDMA: 27,17 кГц CDMA: от 1,25 до 5 МГц
Возможность многоканальной работы (да/нет)	Да
Регулировка мощности: Диапазон Размер шага Скорость	25 дБ TDMA: 2 дБ CDMA: 0,5 дБ 50 Гц
Стабильность частоты На линии верх На линии вниз	0,375 ppm (AFC) 1,5 ppm (тепловой шум)
Компенсация сдвига Допплера (да/нет)	Да
Развязка передатчика и приемника на терминале	63 дБ
Максимальный запас на замирания для каждого типа услуг	Голос: от 15 до 25 дБ Пейджинговые сообщения: 45 дБ

4.3.6.4 Спецификации полосы групповых частот

Схема многостанционного доступа

Схемы многостанционного доступа для радиоинтерфейса Satcom2000 включают в себя и FDMA/TDMA, и FDMA/CDMA как описано в п. 4.3.6.2.2. Доступны как режим TDD, так и режим FDD.

Длина кадра

Длина кадра составляет 40 мс. Каждый кадр состоит из 4 слотов времени длиной 8,88 мс, плюс защитный интервал 4,48 мс.

Канальное кодирование

Канальное кодирование, используемое в канале трафика, будет представлять собой конкатентный код, состоящий из внешнего кода RS, и внутреннего конволюционного кода, прореженного так, чтобы обеспечивалась переменная скорость защиты битов. Задачей внешнего кода является выполнение функции обнаружения ошибок в пачке импульсов, которая не обеспечивается внутренним конволюционным кодом. В зависимости от требуемого качества обслуживания будут использоваться различные конволюционные коды.

ARQ

В дополнение к FEC, некоторые услуги не в реальном времени будут включать в себя также и ARQ. Схемы ARQ не реализуются для услуг в реальном времени, таких как видеосвязь, из-за требований по качественным показателям реального времени и более высокого значения допустимого КОБ. Однако такие приложения, как протокол передачи файлов (FTP) могут требовать более высокой степени целостности передачи в зависимости от типов передаваемых файлов, и может потребоваться реализовать схему ARQ. Исполнимые файлы, по очевидным причинам, требуют абсолютного отсутствия ошибок в передаваемых данных, таким образом, очень

важно иметь схему ARQ. Схемы ARQ, используемые в Satcom2000, включают в себя схему выборочного повтора и схему "возврата к N", и выбор той или иной будет зависеть от конкретного приложения.

Перемежение

Перемежение вводится в Satcom2000 для размывания влияния импульсных ошибок по нескольким сегментам данных, так что итоговые ошибки в каждом сегменте данных становятся независимыми. Структура перемежения выбирается таким образом, чтобы она не влияла на общую задержку системы.

Параметры полосы групповых частот Satcom2000 показаны в таблице 44.

ТАБЛИЦА 44

Спецификации полосы групповых частот

Методы многостанционного доступа	FDMA/TDMA и FDMA/CDMA
Метод дуплексного разнеса	TDD/FDD
Скорость передачи пачек (режим TDMA)	34,545 кбит/с
Слоты времени (режим TDMA)	4 слота времени/кадр
Длина кадра	40 мс
Скорость передачи информации	TDMA: 2,4–4 кбит/с CDMA: 0,048–9,6 кбит/с С использованием многоканальной конфигурации может быть достигнута скорость передачи информации до 144 кбит/с
Чиповая скорость (режим CDMA)	1,228–4,096 Мчип/с
Тип модуляции	TDMA: QPSK CDMA: 16-QAM/QPSK
FEC	TDMA: скорость 2/3 CDMA: скорость 1/2 вниз, 1/3 вверх
Динамическое распределение каналов (да/нет)	Да
Перемежение (да/нет)	Да
Требуемая синхронизация между спутниками (да/нет)	Да

4.3.7 Спецификации спутникового радиointерфейса G

Этот спутниковый радиointерфейс основан на IMT-2000 радиointерфейсе CDMA DS, описанном в п. 5.1 Рекомендации МСЭ-R М.1457. Подвижные спутниковые системы, предполагающие использовать этот интерфейс, будут работать с оборудованием пользователя (UE), полностью совместимым с IMT-2000 CDMA DS, с изменениями, касающимися точности соседней полосы частот подвижной спутниковой службы (ПСС).

Использование стандартизированной технологии, а также полосы частот спутниковой компоненты IMT-2000, соседней по отношению к наземной IMT-2000, позволяет реализовать функции системы ПСС в носимых терминалах 3G без изменения сигнала и, следовательно, с небольшим влиянием на их стоимость. Это заметно оптимизирует выход на рынок и проникновение.

Ключевыми особенностями услуг и работы этого радиointерфейса являются следующие:

- Поддержка услуг передачи данных от низкоскоростных (например, 1,2 кбит/с) до высокоскоростных (384 кбит/с) с широким покрытием.
- Высокая гибкость обслуживания за счет поддержки в каждом соединении нескольких параллельных услуг с разными скоростями.
- Эффективный пакетный доступ.
- Встроенная поддержка будущих технологий расширения емкости/покрытия, таких как адаптивные антенны, продвинутые структуры приемников и разнесение передатчиков.

- Поддержка переключения между частотами для работы с иерархическими сотовыми структурами и переключения с другими системами, включая переключение с GSM.

4.3.7.1 Описание архитектуры

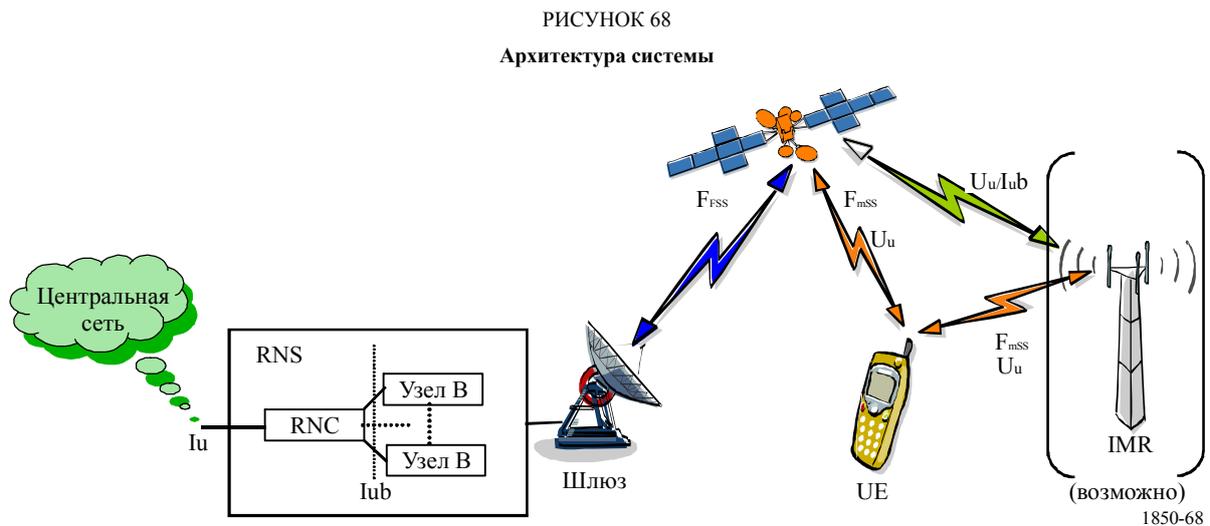
Архитектура системы показана на рисунке 68.

Система может работать либо с одной, либо с несколькими спутниковыми группировками, каждый спутник может обеспечивать покрытие либо одним лучом, либо точечными лучами.

Область обслуживания может быть либо отдельной, либо группой областей для перемещающихся пользователей.

Оборудование пользователя (UE) присоединяется к сети через один или несколько спутников, которые перенаправляют радиосигнал к шлюзам или от них. Система позволяет иметь либо центральный шлюз, либо группу географически распределенных шлюзов, в зависимости от требований оператора. Шлюз передает сигнал на подсистему радиосети (RNS), т. е. узловую БС и RNC. Решение о том, где размещать узловую БС и/или RNC в шлюзе или за его пределами, принимает производитель по своему выбору.

В условиях спутниковой связи передача сигнала может ухудшаться из-за влияния задний, гор и т. д. Непрерывность покрытия в сильно затененных областях, вероятно, можно обеспечить с использованием промежуточных подвижных ретрансляторов (IMR), использующих ту же частоту, что и спутник, для усиления и ретрансляции сигнала в направлении к спутнику и от него. Использование IMR определяется развертыванием и вариантом реализации системы и, следовательно, они не входят в спутниковый радиоинтерфейс. Технически, эксплуатационные и регламентарные проблемы, связанные с IMR, не рассматривались.



4.3.7.1.1 Группировка

Этот интерфейс способен работать с несколькими типами спутниковых группировок, т. е. LEO, НЕО, МЕО или GSO. В этом разделе представлено подробное описание архитектуры и характеристик группировки GSO.

4.3.7.1.2 Спутники

Предусмотрено несколько архитектур, в зависимости от требований к пропускной способности. Нижеприведенный пример предполагает покрытие Европы. Конфигурация с глобальным лучом означает, что всю площадь Европы покрывает один луч.

Многочувствительная конфигурация означает, что спутник обслуживает несколько областей, например по 1 лучу на каждую языковую область (многолучевая конфигурация с 7 лучами) или по 1 лучу на область региона (расширенная многолучевая конфигурация).

Другой возможной конфигурацией является система с несколькими спутниками, где каждый спутник обслуживает несколько областей.

РИСУНОК 69

Конфигурация спутников с глобальным лучом и многолучевая конфигурация с 7 лучами

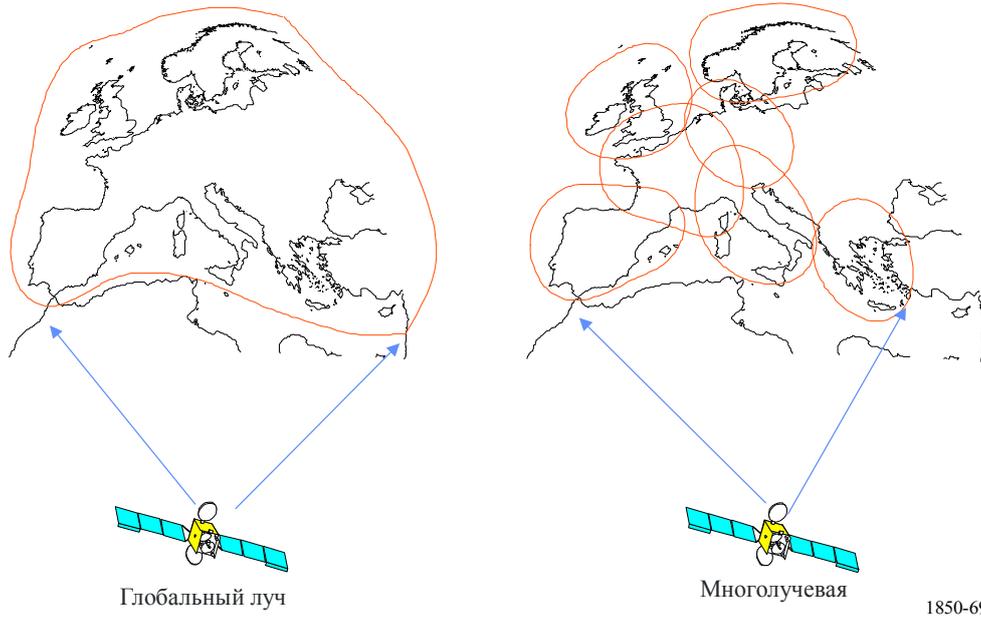


РИСУНОК 70

Расширенная многолучевая конфигурация

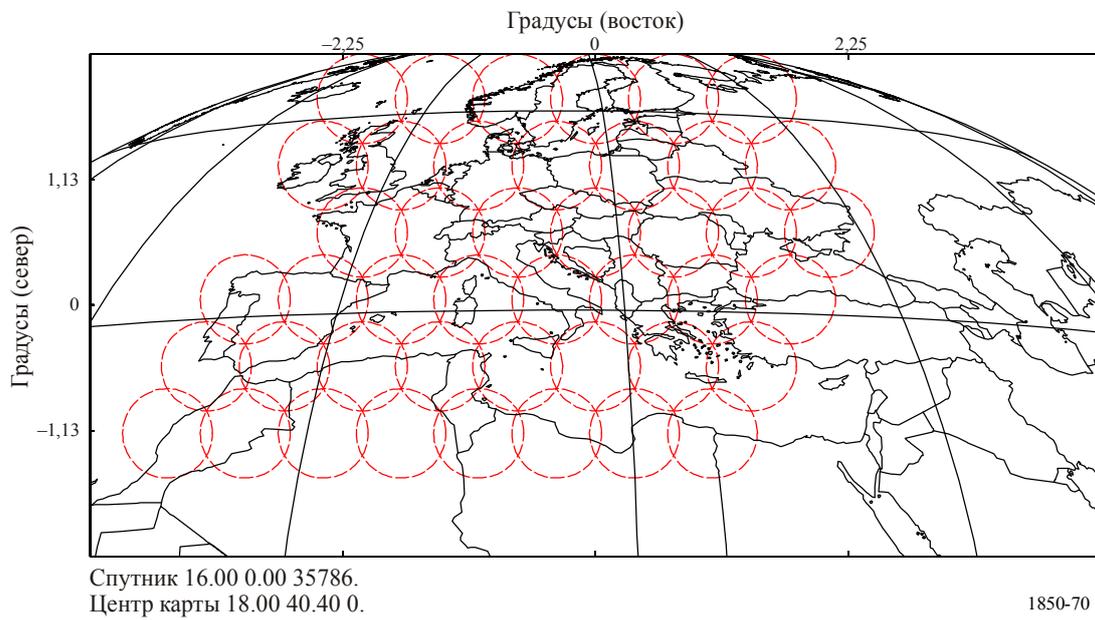
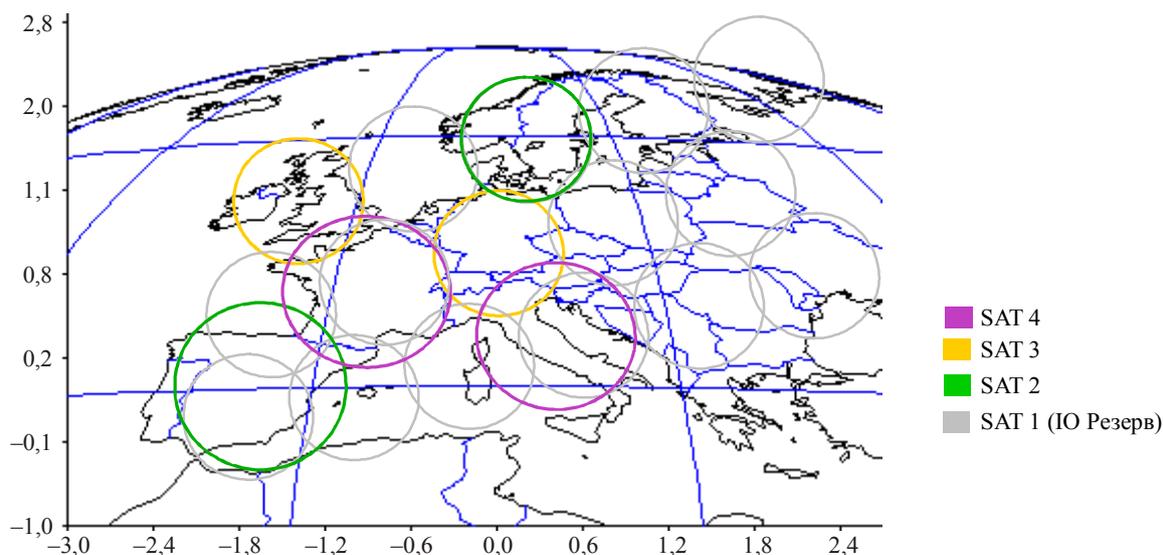


РИСУНОК 71

Многоспутниковая и многолучевая конфигурация



1850-71

4.3.7.2 Описание системы**4.3.7.2.1 Функции услуг****4.3.7.2.1.1 Базовые услуги в канале передачи данных**

Этот радиointерфейс должен поддерживать следующие базовые услуги в канале передачи данных: голосовые услуги со скоростями от 2,4 кбит/с до 12,2 кбит/с и услуги передачи данных со скоростями от 1,2 кбит/с до 384 кбит/с.

4.3.7.2.1.2 Пакетные услуги передачи данных

Пакетные услуги передачи данных будут предоставляться на скоростях передачи от 1,2 кбит/с до 384 кбит/с.

4.3.7.2.1.3 Телеуслуги

Телеуслуги включают в себя передачу речи, например, экстренных вызовов, службу коротких сообщений, факсимильную передачу, услугу видеотелефонной связи, услугу пейджинга и т. д.

4.3.7.2.1.4 Услуга пейджинга глубокого проникновения

Услуга пейджинга глубокого проникновения будет предоставляться для связи с пользователем подвижного терминала, находящимся, например, в глубине здания, где обычные услуги не могут быть предоставлены.

4.3.7.2.1.5 Многоадресная передача

Услуги многоадресной передачи будут предоставляться местному множеству терминалов UE по каналу непосредственного спутникового вещания, использующему услугу многоадресной передачи поверх услуг мультимедийных услуг многоадресной передачи (MBMS), описанных в п. 5.1 Рекомендации МСЭ-R М.1457. Скорость услуг многоадресной передачи лежит в диапазоне от 1,2 кбит/с до $n \times 384$ кбит/с ($n = 2, 3$ или более в соответствии с конфигурациями).

4.3.7.2.2 Функции системы

Этот радиointерфейс основан на ключевых технических характеристиках, перечисленных в таблице 45.

ТАБЛИЦА 45

Ключевые технические характеристики SRI-G

Схема многотанционного доступа	DS-CDMA
Схема дуплекса	FDD
Чиповая скорость	3,840 Мчип/с
Разнос несущих	5 МГц (200 кГц растр несущих)
Длина кадра	10 мс
Межлучевая синхронизация	Точной синхронизации не требуется
Схема с несколькими скоростями/переменной скоростью	Переменный коэффициент расширения + Мультикод
Схема канального кодирования	Конволюционное кодирование (скорость 1/2 – 1/3) Турбокодирование 1/3
Пакетный доступ	Двойной режим (общий и выделенный канал)

4.3.7.2.3 Функции терминала

Оборудование пользователя может быть разных типов: носимые, портативные, автомобильные, перевозимые или воздушные. Скорость передачи и ограничение подвижности для терминала каждого типа показаны в таблице 46. Для оценки максимальной емкости необходимо различать прямой и обратный каналы.

ТАБЛИЦА 46

Ограничение подвижности для каждого типа терминала

Тип терминала	Скорость передачи данных абонента (обратный канал) (кбит/с)	Скорость передачи данных абонента (прямой канал) (кбит/с)	Номинальное ограничение подвижности (км/ч)
Носимые	1,2–12,2	1,2–384	500
Портативные	1,2–384	1,2–384	500
Автомобильные	1,2–384	1,2–384	500 (максимум 1 000)
Перевозимые	1,2–384	1,2–384	Статичный
Воздушные	1,2–384	1,2–384	5 000

4.3.7.2.4 Переключение

Этот радиointерфейс будет поддерживать переключение связи при переходе с одного спутникового радиоканала в другой. Стратегия переключения – это переключение с решением, принимаемым сетью при помощи подвижного терминала.

Поддерживается мягкое и смягченное переключение.

В системе наиболее часто используются следующие типы хэнд-оффа.

Хэнд-офф луча

Терминал UE всегда измеряет уровень $C/(N+I)$ пилот-сигнала, приходящего из соседних лучей, и сообщает эту информацию на станцию LES. Затем станция LES может принять решение передавать тот же канал в двух разных лучах (мягкий хэнд-офф луча) и приказывает UE добавить выход для демодуляции дополнительного сигнала. Как только станция LES примет подтверждение приема нового сигнала, она разрывает старое соединение. Нет необходимости в более длительном мягком межлучевом хэнд-оффе, так как в действительности, никакого разнесения трасс не используется.

Межспутниковый хэнд-офф

Эта процедура аналогична процедуре межлучевого хэнд-оффа. Единственное различие состоит в том, что UE также должен искать различные коды скремблирования пилот-сигнала, определяемые спутниками. Если обнаруживается новый и достаточно сильный код скремблирования пилот-сигнала, о его величине сообщается

на станцию LES, которая может принять решение использовать спутниковое разнесение, передавая один и тот же сигнал через различные спутники.

В отличие от предыдущего случая, теперь появляется преимущество из-за разнесения трасс и важно использовать трассы с достаточно сильными сигналами.

Теперь может быть осуществлено комбинирование по максимальному отношению, однозначность временного разрешения обеспечивается с помощью синхронизации мультикадров (MF) первичных каналов ССРСН.

Хэнд-офф между частотами

Поддерживается только жесткий хэнд-офф между частотами. Этот хэнд-офф может быть либо внутри шлюза, либо между шлюзами.

Хэнд-офф между частотами обычно не требуется. Решение о выполнении такого хэнд-офф принимает станция LES без какой-либо поддержки со стороны UE, т. е. этот тип хэнд-оффа не является хэнд-оффом при помощи подвижного терминала.

В обратном канале станция LES будет комбинировать все сигналы, принятые от одного UE в разных лучах и/или от разных спутников.

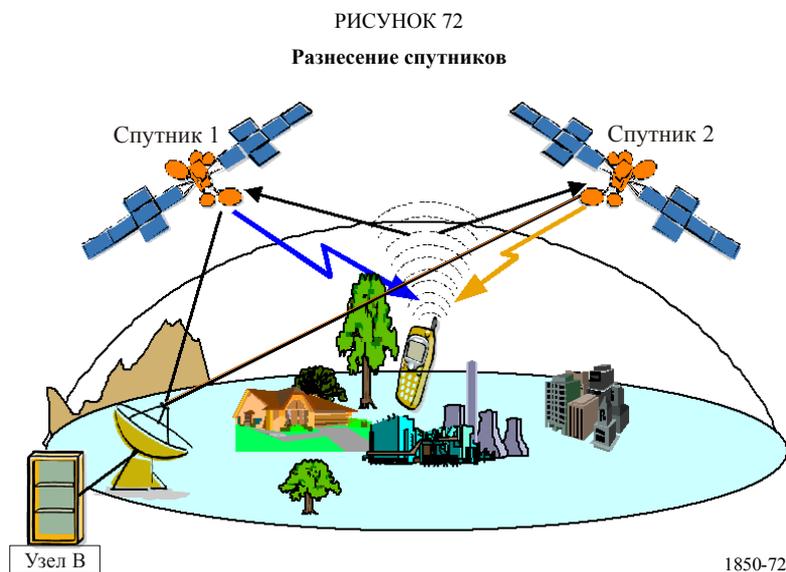
4.3.7.2.5 Разнесение спутников

Разнесение спутников может быть предусмотрено, если система состоит из нескольких спутников. Его преимуществами являются:

- решение проблемы блокировки трассы, свойственной спутниковым системам;
- уменьшение требуемого запала на линии для ситуаций, когда спутниковый сигнал сильно ослаблен, но не полностью блокирован;
- более простое для UE переключение при перемещении в зонах покрытия.

Этот метод также применим для лучей, принадлежащих данному спутнику (разнесение лучей).

В дальнейшем предполагается, что число спутников, обеспечивающих разнесение, ограничено значением 2.



При переключении на режим спутникового разнесения, UE одновременно имеет радиосвязь с обоими спутниками на одной несущей частоте.

В обратном канале UE передает уникальный сигнал (один уникальный код скремблирования). Этот сигнал на линии вверх принимается обоими спутниками, перенаправляется на шлюз и комбинируется в приемнике RAKE на узле В.

В прямом канале каждый спутник вдет передачу со своим кодом скремблирования, приемники RAKE в терминале UE комбинируют оба сигнала.

Было выполнено моделирование для UE в нескольких ситуациях, когда он видит оба спутника:

- 1 спутник с прямой видимостью (LoS), второй – без прямой видимости (NLoS): Компонента LoS в этом случае доминирует, и качество эквивалентно качеству одного спутника с LoS. Механизм передачи с разнесением и выбором луча (SSDT) позволяет выключать 2-й спутник для того, чтобы не расходовать зря мощность спутникового передатчика.
- С обоими спутниками есть прямая видимость (LoS).
- Ни с одним спутником нет прямой видимости.

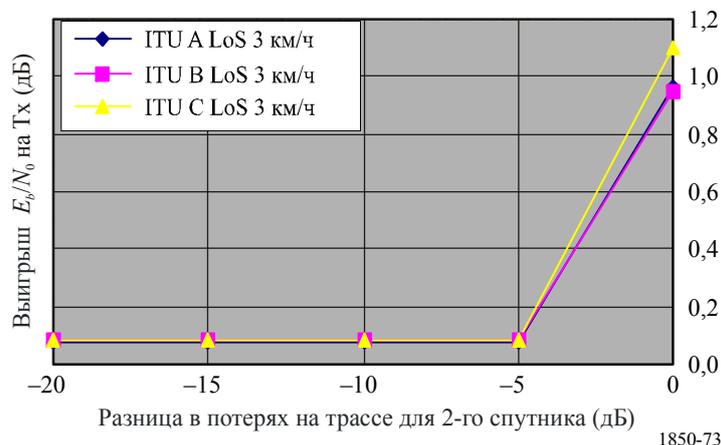
Результаты моделирования, представленные далее выявляют выигрыш в значении E_b/N_0 на Tx из-за спутникового разнесения, т. е. разница значений E_b/N_0 на Tx из-за различных потерь на трассах, полученных со спутниковым разнесением и без него, для достижения целевого значения BLER = 1%. Результаты приведены в виде функции от разницы в потерях на трассе 2-го спутника, т. е. потери на трассе между UE и 1-м спутником берутся как точка отсчета. Проверялись модели МСЭ для каналов А, В, С (из Рекомендации МСЭ-R М.1225).

4.3.7.2.5.1 Оба спутника LoS

Разницу потерь на трассе необходимо понимать как разное усилением антенны спутникового приемника (на линии вверх)/мощность спутникового передатчика (на линии вниз).

РИСУНОК 73

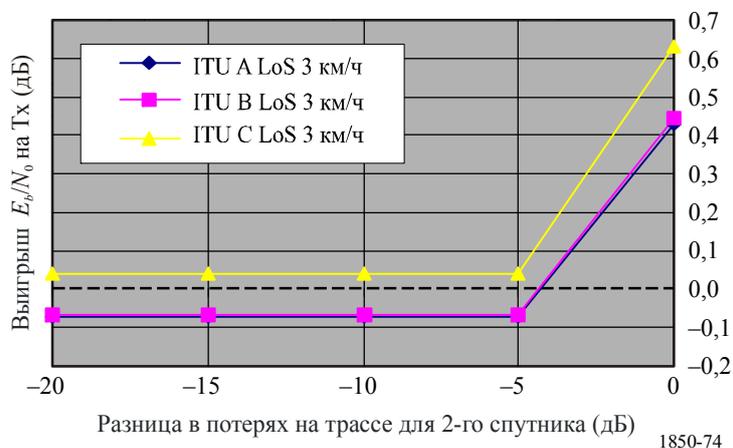
Выигрыш за счет спутникового разнесения; LoS; линия вверх; 12,2 кбит/с



Выигрыш за счет разнесения практически одинаков для скоростей движения UE от 0 км/ч до 50 км/ч. Ее максимум не превышает ~1 дБ (12,2 кбит/с).

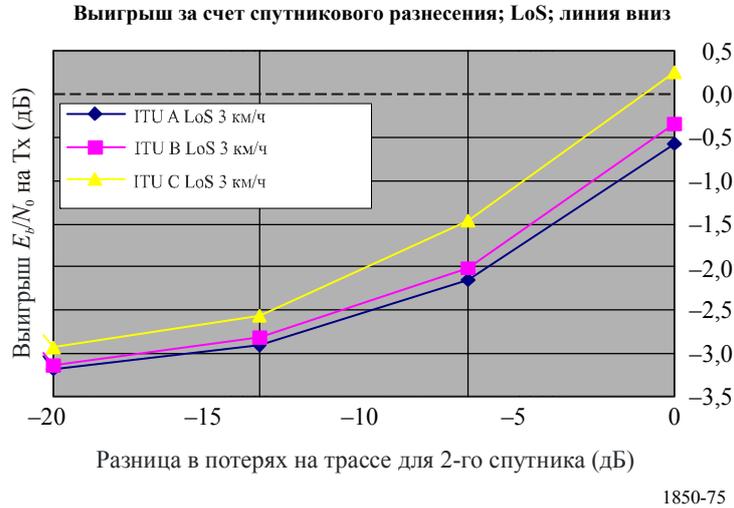
РИСУНОК 74

Выигрыш за счет спутникового разнесения; LoS; линия вверх; 64/144 кбит/с



В направлении вниз выигрыш в E_b/N_0 на Тх отрицателен и почти одинаков для всех скоростей передачи данных абонента. Усилению мощности Тх противодействует увеличение помех из-за отсутствия ортогональности между кодами скремблирования обоих спутников. Тем не менее спутниковое разнесение все же можно предусматривать для обеспечения динамического распределения мощности между спутниками в условиях больших объемов трафика.

РИСУНОК 75



4.3.7.2.5.2 Ни с одним спутником нет прямой видимости

Выигрыш за счет спутникового разнесения значителен, когда у UE нет прямой видимости ни с одним спутником. Более того, довольно вероятным предположением кажется ситуация, в которой разница в потерях на трассе для 2-го спутника равна 0 дБ. Максимальный выигрыш в E_b/N_0 на Тх достигается для медленно движущихся терминалов UE. В направлении вниз он почти не зависит от скорости передачи данных абонента.

РИСУНОК 76

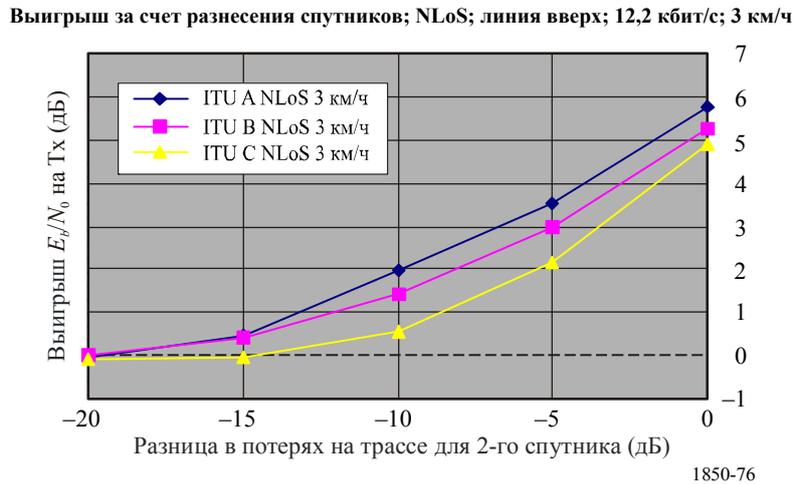


РИСУНОК 77

Выигрыш за счет разнесения спутников; NLoS; линия вверх; 64/144 кбит/с; 3 км/ч

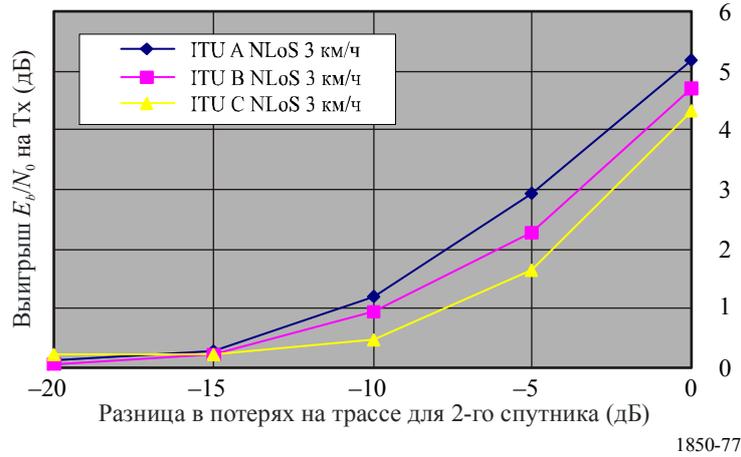


РИСУНОК 78

Выигрыш за счет разнесения спутников; NLoS; линия вверх; 12,2 кбит/с; 50 км/ч

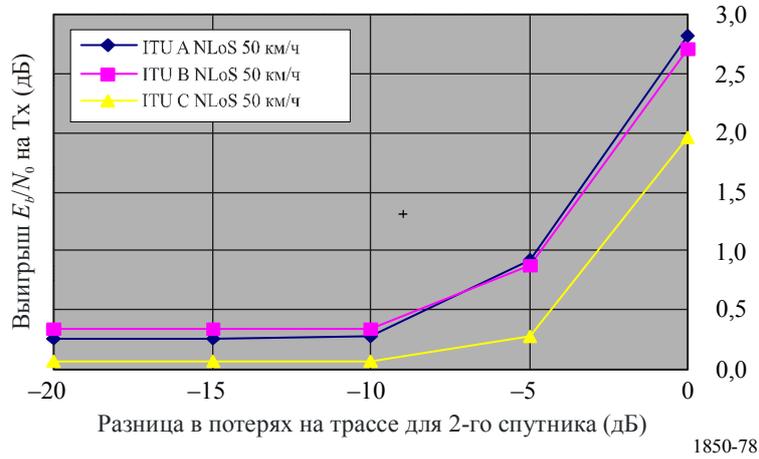


РИСУНОК 79

Выигрыш за счет разнесения спутников; NLoS; линия вверх; 64/144 кбит/с; 50 км/ч

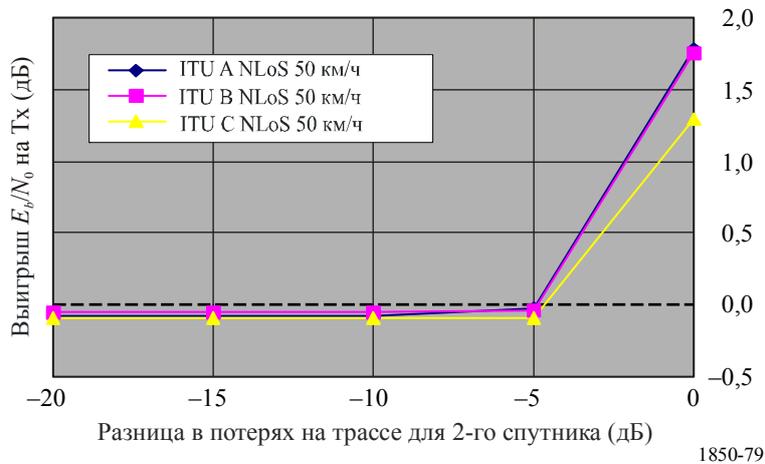


РИСУНОК 80

Выигрыш за счет разнесения спутников; NLoS; линия вниз; 3 км/ч

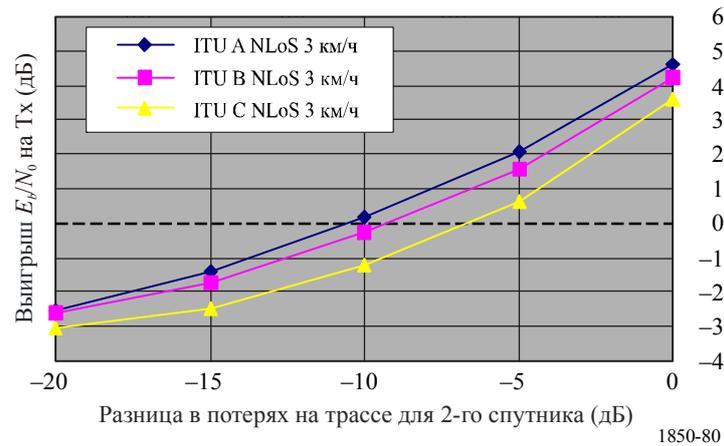
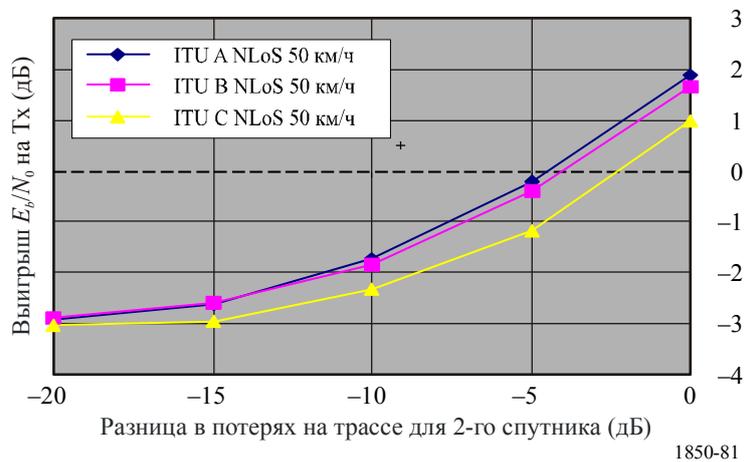


РИСУНОК 81

Выигрыш за счет разнесения спутников; NLoS; линия вниз; 50 км/ч



4.3.7.3 РЧ спецификации

4.3.7.3.1 Спутниковая станция

а) Архитектура с глобальным лучом

Архитектура с глобальным лучом обеспечивает общую пропускную способность 3,84 Мбит/с в Европе, которая используется совместно двумя каналами FDM. Например, если предоставляется услуга со скоростью 384 кбит/с, то каждый канал FDM содержит коды максимум 5 каналов.

Каждый FDM занимает полосу шириной 5 МГц в диапазоне частот ПСС.

Характеристики спутника показаны в таблице 47.

ТАБЛИЦА 47

Спутниковая архитектура с глобальным лучом

	Глобальный луч
Число лучей	1
На линии вниз (спутник – UE) Частота (спутник – UE) (МГц) Поляризация Бортовая э.и.и.м. на несущую (дБВт)	2 170–2 200 LHCP или RHCP 64
На линии вверх Частота (UE – спутник) (МГц) Поляризация Усиление антенны приемника (дБ)	1 980–2 010 LHCP или RHCP ~30

b) Многолучевая архитектура

Характеристик спутника показаны в таблице 48.

ТАБЛИЦА 48

Спутниковая многолучевая архитектура с 7 лучами

	7 лучевая
Число точечных лучей	7
На линии вниз (спутник – UE) Частота (спутник – UE) (МГц) Поляризация Бортовая э.и.и.м. на несущую (дБВт)	2 170–2 200 LHCP или RHCP От 64 до 74 (см. Примечание 1)
На линии вверх Частота (UE – спутник) (МГц) Поляризация Усиление антенны приемника (дБ)	1 980–2 010 LHCP или RHCP 36–39

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В зависимости от рассматриваемой модели переиспользования лучей и частот.

c) Расширенная многолучевая архитектура

Характеристики спутника показаны в таблице 49.

ТАБЛИЦА 49

Спутниковая расширенная многолучевая архитектура

	Расширенная многолучевая
Число точечных лучей	30
На линии вниз (спутник – UE) Частота (спутник – UE) (МГц) Поляризация Бортовая э.и.и.м. на несущую (дБВт)	2 170–2 200 LHCP или RHCP 74
На линии вверх Частота (UE – спутник) (МГц) Поляризация Усиление антенны приемника (дБ)	1 980–2 010 LHCP или RHCP 42–47

4.3.7.3.2 Станции MES

Подвижные земные станции (MES) называются также оборудованием пользователя (UE). UE могут быть нескольких типов:

Стандартный терминал 3G: использование в спутниковой среде радиосвязи требует адаптации к частотам полосы ПСС. Базовым предположением является терминал UE с мощностью 1, 2, 3 класса, оборудованный стандартной ненаправленной антенной.

Портативные: портативная конфигурация встроена в ноутбук, к которому крепится внешняя антенна.

Автомобильные: автомобильная конфигурация получается при установке на крыше автомобиля РЧ модуля, соединенного с UE в кабине.

Перевозимые: перевозимая конфигурация встроена в ноутбук, крышка которого содержит плоскую микрополосковую антенну, которую вручную направляют на спутник.

Воздушные: воздушная конфигурация создается путем установки антенны сверху на фюзеляж.

РИСУНОК 82
Конфигурация UE



1850-82

Характеристики мощности и усиления для четырех конфигураций UE показаны в таблице 50.

ТАБЛИЦА 50

Максимальная мощность передачи, усиление антенны и э.и.и.м. для UE

Тип UE	Максимальная мощность передачи	Эталонное усиление антенны (Примечание 1)	Максимальная э.и.и.м.	Температура антенны	G/T
Носимый 3G					
Класс 1	2 Вт (33 дБм)	0 дБи	3 дБВт	290 К	-33,6 дБ/К
Класс 2	500 мВт (27 дБм)		-3 дБВт		
Класс 3	250 мВт (24 дБм)		-6 дБВт		
Портативные	2 Вт (33 дБм)	2 дБи	5 дБВт	200 К	-26 дБ/К
Автомобильные	8 Вт (39 дБм)	4 дБи	13 дБВт	250 К	-25 дБ/К
Перевозимые	2 Вт (33 дБм)	14 дБи	17 дБВт	200 К	-14 дБ/К
Воздушные	2 Вт (33 дБм)	3 дБи	6 дБВт		

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Типовые значения.

4.3.7.4 Спецификации полосы групповых частот

4.3.7.4.1 Структура канала

4.3.7.4.1.1 Транспортный канал

4.3.7.4.1.1.1 Общий канал

Радиовещательный канал (BCN)

BCN – это канал на линии вниз для радиовещательной передачи управляющей информации системы для каждого луча в направлении на MES.

Канал пейджинга (PCH)

PCH – это канал на линии вниз, используемый для передачи управляющей информации на MES, когда система не знает, к какому лучу принадлежит станция MES. PCH связан с индикаторами пейджинга, созданными на физическом уровне, для эффективной поддержки процедуры режима ожидания.

Прямой канал доступа (FACH)

FACH – это канал на линии вниз, используемый для передачи информации пользователя или управляющей информации на MES. Этот канал используется, когда система знает, к какому лучу принадлежит станция MES.

Совместно используемый канал на линии вниз (DSCH)

DSCH – это канал на линии вниз, совместно используемый несколькими станциями MES, в котором передается специальные данные управления или трафика, и который связан с одной или несколькими каналами DCH на линии вниз.

Канал случайного доступа (RACH)

RACH – это канал на линии вверх, используемый для передачи информации пользователя или управляющей информации от станции MES на станцию LES.

Общий канал пакетной передачи (CPCH)

CPCH – это канал на линии вверх, используемый для передачи информации пользователя от станции MES на станцию LES. CPCH связан с общим каналом управления на линии вниз, который обеспечивает регулировку мощности и передачу команд управления каналом CPCH.

4.3.7.4.1.1.2 Выделенный канал (DCH)

DCH – это канал на линии вниз или на линии вверх, передаваемый в полном луче или только в части луча, выделенный для одной MES.

4.3.7.4.1.2 Физический канал

4.3.7.4.1.2.1 Физический канал на линии вниз

4.3.7.4.1.2.1.1 Общий пилотный канал (CPICH)

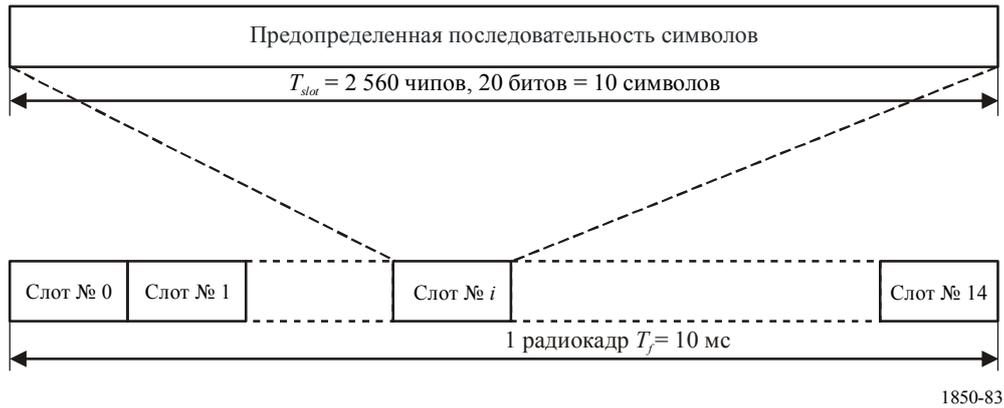
CPICH – это физический канал на линии вниз с фиксированной скоростью (30 кбит/с, SF = 256), в котором передается предопределенная последовательность битов/символов.

Определено два типа CPICH, первичный CPICH и вторичный CPICH. Они различаются по своему использованию и ограничениям, накладываемым на их физические возможности:

- Первичный общий пилотный канал (P-CPICH):
 - код деления каналов – тот же, что всегда используется для P-CPICH;
 - канал P-CPICH скремблирован с первичным кодом скремблирования;
 - в луче существует только один P-CPICH;
 - передача канала P-CPICH ведется по всей области в режиме радиовещательной передачи;
 - первичный CPICH является эталоном фазы для физических каналов на линии вниз.

- Вторичный общий пилотный канал (S-CPICH):
 - для канала S-CPICH используется другой код деления каналов $SF = 256$;
 - канал S-CPICH скремблирован либо с первичным, либо с вторичным кодом скремблирования;
 - в луче может быть ноль, один или несколько каналов S-CPICH;
 - канал S-CPICH может передаваться в полном луче или только в части луча;
 - вторичный CPICH может быть эталоном фазы для канала DPCH на линии вниз.

РИСУНОК 83
Структура кадра канала CPICH

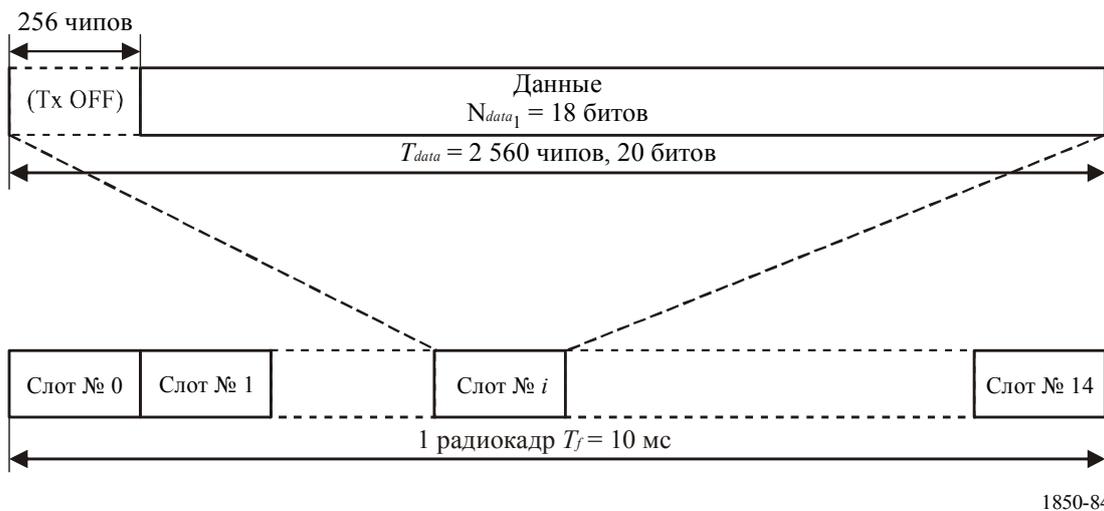


4.3.7.4.1.2.1.2 Первичный общий физический канал управления (P-CCPCH)

Первичный CCPCH – это физический канал на линии вниз с фиксированной скоростью (30 кбит/с, $SF = 256$), используемый для передачи транспортного канала VCH.

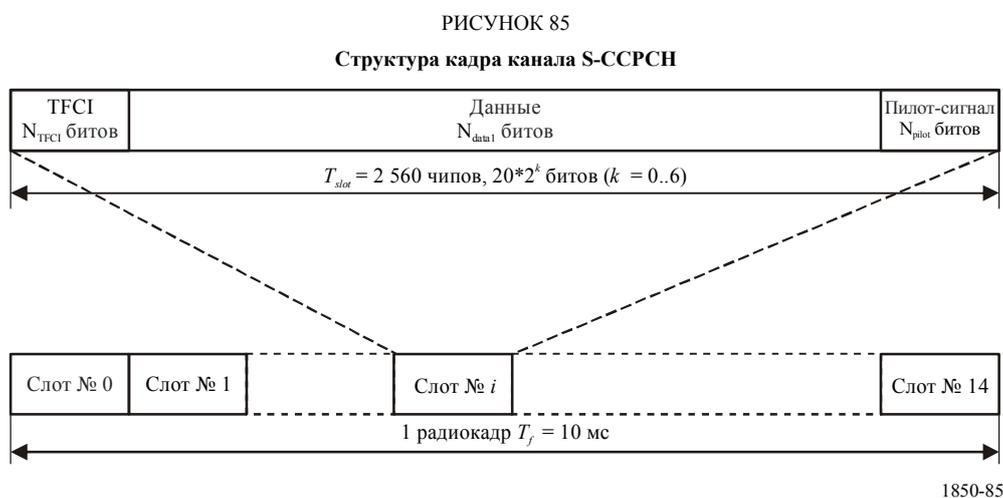
Первичный CCPCH не передается во время передачи первых 256 чипов каждого слота. В отличие от него, первичный SCH и вторичный SCH в течение этого периода передаются.

РИСУНОК 84
Структура кадра канала P-CCPCH



4.3.7.4.1.2.1.3 Вторичный общий физический канал управления (S-CCPCH)

Вторичный CCPCH используется для передачи каналов FACH и PCH. Существует два типа вторичных CCPCH: те, которые включают в себя TFCI, и те, которые не включают в себя TFCI. Множество скоростей, возможных для вторичного CCPCH, является тем же, что и для канала DPCH на линии вниз.

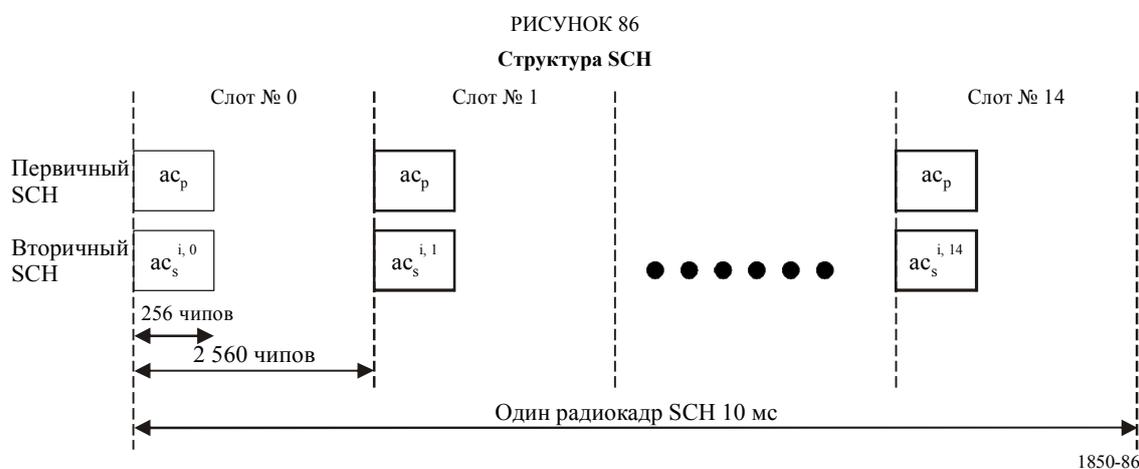


Параметр k на рисунке 85 определяет общее число битов на один слот вторичного CCPCH на линии вниз. Он связан с коэффициентом расширения SF физического канала соотношением $SF = 256/2^k$. Коэффициент расширения лежит в диапазоне от 256 до 4.

Каналы FACH и PCH могут быть преобразованы в один или разные вторичные CCPCH. Если FACH и PCH преобразуются в один и тот же вторичный CCPCH, они могут быть преобразованы в один и тот же кадр. Основное различие между каналом CCPCH и выделенным физическим каналом на линии вниз состоит в том, что в CCPCH не осуществляется регулировка мощности по внутренней цепи. Основное различие между первичным и вторичным каналами CCPCH состоит в том, что транспортный канал, преобразованный в первичный CCPCH (VCH), может иметь только фиксированную predetermined комбинацию транспорта и формата, тогда как вторичный CCPCH поддерживает множество комбинаций транспорта и формата, используя TFCI.

4.3.7.4.1.2.1.4 Канал синхронизации (SCH)

Канал синхронизации (SCH) – это сигнал на линии вниз, используемый для поиска луча. Канал SCH состоит из двух подканалов, первичного SCH и вторичного SCH. Радиокадры первичного и вторичного SCH длительностью 10 мс делятся на 15 слотов, каждый длиной 2560 чипов.

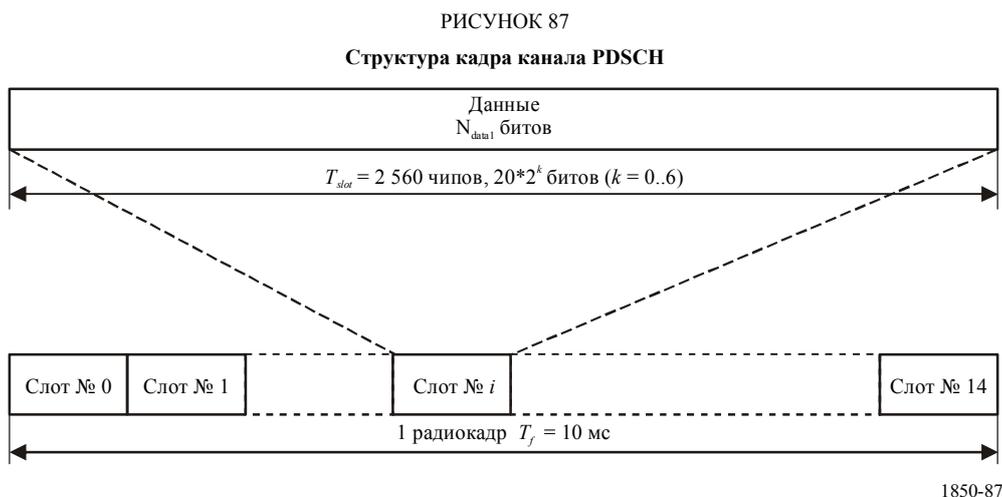


Первичный SCH состоит из модулированного кода длиной 256 чипов, первичного кода синхронизации (PSC), обозначенного на рисунке 86 символом c_p , передаваемого один раз в каждом слоте. PSC – одинаковый для каждого слота в каждом луче системы.

Вторичный SCH состоит из 15 повторений последовательности модулированных кодов длиной 256 чипов, вторичных кодов синхронизации (SSC), передаваемых параллельно с первичным SCH. Код SSC на рисунке 79 обозначен символом $c_s^{i,k}$, где $i = 0, 1, \dots, 63$ – номер группы кодов скремблирования, а $k = 0, 1, \dots, 14$ – номер слота. Каждый код SSC выбирается из множества из 16 различных кодов длиной 256. Эта последовательность во вторичном канале SCH указывает, какой группе кодов луча принадлежит код скремблирования на линии вниз.

4.3.7.4.1.2.1.5 Совместно используемый физический канал на линии вниз (PDSCH)

PDSCH используется для передачи совместно используемого канала на линии вниз (DSCH).



PDSCH распределен одному терминалу UE на основе радиокладов. Сеть UTRAN может распределить различные каналы PDSCH, имеющие одинаковый корневой код деления каналов PDSCH и находящиеся в одном радиокладе, различным терминалам UE, используя кодовое мультиплексирование. Несколько параллельных каналов PDSCH, имеющих один и тот же коэффициент расширения и находящиеся в одном радиокладе, могут быть распределены одному терминалу UE. Существует и особый случай мультикодовой передачи. Все каналы PDSCH работают при синхронизации радиокладов.

Каналы PDSCH, распределенные одному UE в разных радиокладах, могут иметь разные коэффициенты расширения.

На протяжении каждого радиоклада, каждый PDSCH связан с одним DPCH на линии вниз. PDSCH и связанный с ним DPCH необязательно имеют одинаковые коэффициенты расширения, и они необязательно синхронизированы по кадрам.

Вся управляющая информация, относящаяся к Уровню 1, передается на участке канала DPCH связанного с ним канала DPCH, т. е. PDSCH не передает информацию Уровня 1. Для того чтобы сообщить UE о том, что в DSCH имеются данные для декодирования, должно использоваться поле TFCI соответствующего DPCH.

Поле TFCI сообщает терминалу UE о мгновенных параметрах формата транспорта, связанных с PDSCH, а также код деления каналов в PDSCH.

В PDSCH допустимые коэффициенты расширения могут изменяться от 256 до 4.

4.3.7.4.1.2.1.6 Канал индикатора приема (AICH)

AICH – это физический канал с фиксированной скоростью ($SF = 256$), используемый для передачи индикаторов приема (AI). Индикатор приема AIs соответствует сигнатуре s в канале PRACH.

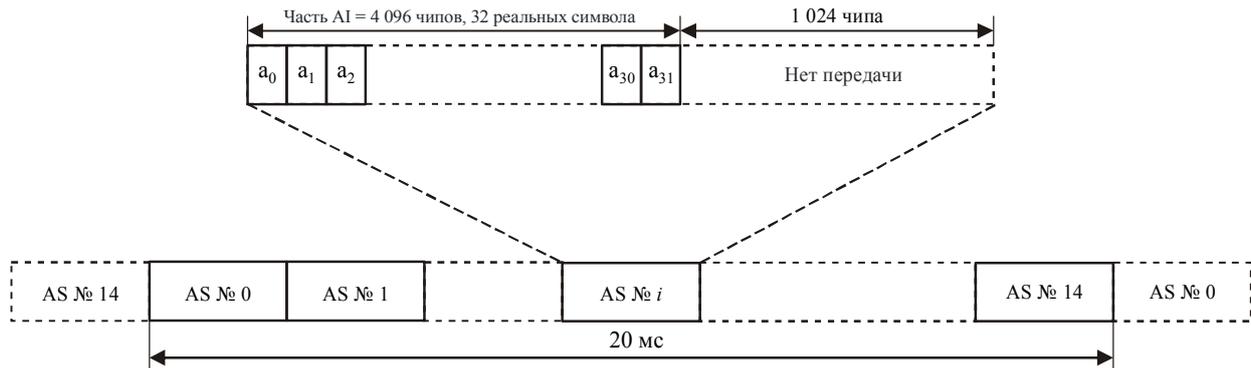
AICH состоит из 15 повторений последовательности последовательных слотов доступа (AS), каждый длиной 5120 чипов. Каждый слот доступа состоит из двух частей, части *Индикатора приема* (AI), состоящий из 32 реальных символов a_0, \dots, a_{31} , и части длиной 1024 чипа, в которой нет передачи, и которая формально не входит в состав AICH. Часть слота, где нет передачи, зарезервирована для возможного использования каналом CSICH или возможного будущего использования другими физическими каналами.

Коэффициент расширения (SF), используемый для деления каналов в AICH, равен 256.

Эталоном фазы для AICH является первичный CPICH.

РИСУНОК 88

Структура канала AICH



1850-88

4.3.7.4.1.2.1.7 Канал индикаторов обнаружения коллизий/присвоения каналов в CPCH (CD/CA-ICH)

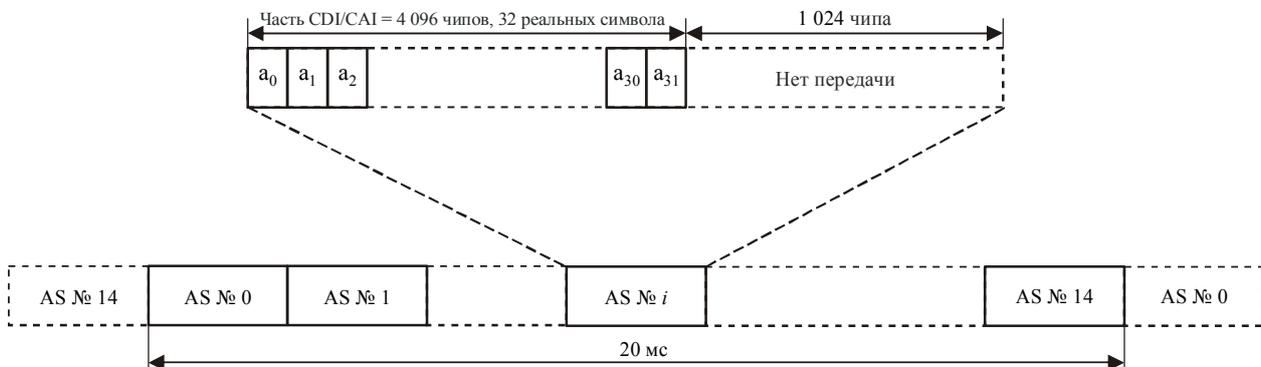
CD/CA-ICH – это физический канал с фиксированной скоростью ($SF = 256$), используемый для передачи индикатора CD (CDI), только если CA не активен, или одновременной передачи индикатора CD/индикатора CA (CDI/CAI), если CA активен. Каналы CD/CA-ICH и AP-AICH могут использовать одинаковые или разные коды деления каналов.

В состав CD/CA-ICH входит часть длиной 4096 чипов, в которой передается CDI/CAI, за ней следует часть длиной 1024 чипа, в которой нет передачи, и которая формально не входит в состав CD/CA-ICH. Часть слота, где нет передачи, зарезервирована для возможного использования каналом CSICH или возможного будущего использования другими физическими каналами.

Коэффициент расширения (SF), используемый для деления каналов в CD/CA-ICH, равен 256.

РИСУНОК 89

Структура канала CD/CA-ICH



1850-89

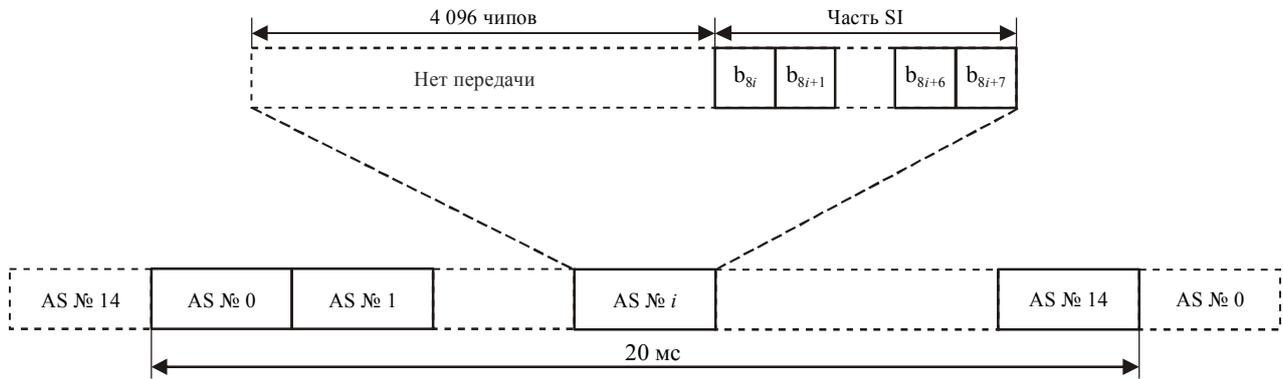
4.3.7.4.1.2.1.8 Канал индикаторов состояния CPCH (CSICH)

CSICH CPCH – это физический канал с фиксированной скоростью ($SF = 256$), используемый для передачи информации о состоянии CPCH.

Канал CSICH всегда связан с физическим каналом, используемым для передачи AP-AICH CPCH, и использует те же коды деления каналов и коды скремблирования. Кадр канала CSICH состоит из 15 последовательных слотов доступа (AS), каждый длиной 40 битов. Каждый слот доступа состоит из двух частей, части длиной 4096 чипов, в которой нет передачи, и которая формально не входит в состав CSICH, части индикаторов состояния (SI), состоящей из 8 битов b_{8i}, \dots, b_{8i+7} , где i – номер слота доступа. Часть слота, где нет передачи, зарезервирована для использования каналами AICH, AP-AICH или CD/CA-ICH. Модуляция, используемая в канале CSICH, точно такая же, что и в канале PICH. Эталоном фазы для канала CSICH является первичный CPICH.

РИСУНОК 90

Структура канала CSICH



1850-90

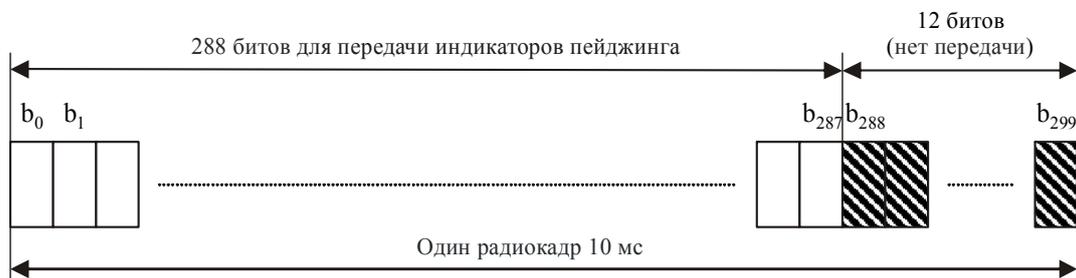
4.3.7.4.1.2.1.9 Канал индикаторов пейджинга (PICH)

PICH – это физический канал с фиксированной скоростью ($SF = 256$), используемый для передачи индикаторов пейджинга. PICH всегда связан с каналом S-CCPCH, в который преобразуется транспортный канал PCH.

Один радиокадр канала PICH длиной 10 мс состоит из 300 битов. Из них 288 битов используется для передачи индикаторов пейджинга. Оставшиеся 12 битов формально не входят в состав PICH и не должны передаваться. Часть кадра, где нет передачи, зарезервирована для возможного будущего использования.

РИСУНОК 91

Структура канала PICH



1850-91

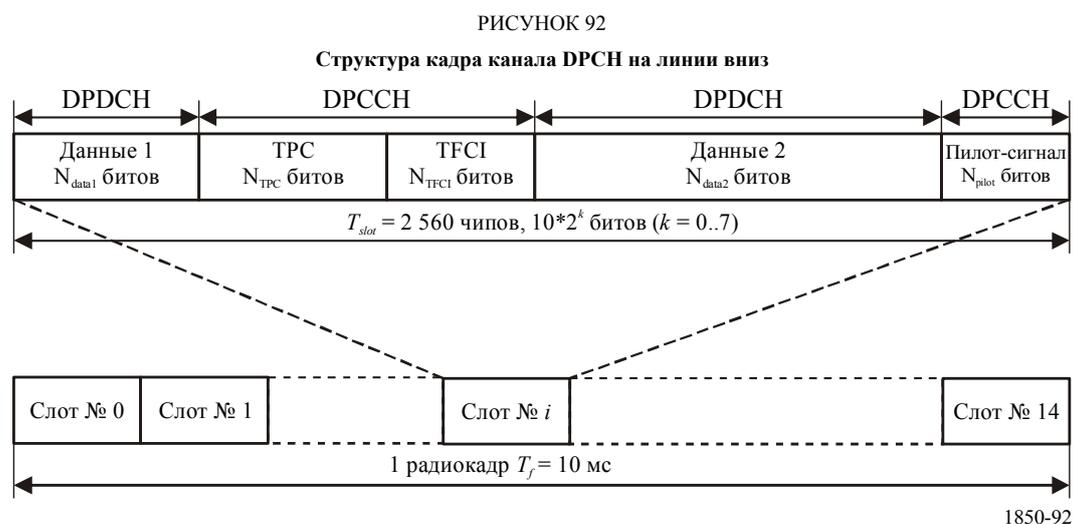
4.3.7.4.1.2.1.10 Выделенный физический канал на линии вниз (на линии вниз DPCH)

Существует два типа выделенных физических каналов, канал DPCH и выделенный физический канал управления (DPCCH).

Канал DPCH используется для передачи специальных данных, созданных на Уровне 2 и выше, т. е. выделенных транспортных каналов.

Канал DPCCH используется для передачи управляющей информации, созданной на Уровне 1. Управляющая информация состоит из известных битов пилот-сигнала, обеспечивающих оценку канала для когерентного детектирования, команд регулировки мощности передачи (TPC), Индикатор комбинации формата транспорта (TFCI).

Индикатор комбинации формата транспорта сообщает приемнику о мгновенной скорости различных услуг, мультиплексированных в выделенном физическом канале передачи данных. В отсутствии индикатора TFCI можно использовать Обнаружение невидимых сигналов.



Каналы DPDCH и DPCCH на линии вниз мультиплексированы по времени в каждом радиокадре и передаются с модуляцией QPSK.

Каждый кадр длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной $T_{slot} = 0,666$ мс (2560 чипов). В каждом слоте каналы DPDCH и DPCCH мультиплексированы по времени. Периоды регулировки мощности не отвечают требованиям по коррекции быстрых замираний из-за значительного времени распространения до спутника. Тем не менее структура слота остается неизменной, для того чтобы уменьшать требования по модификации наземных модемов UE Узла В.

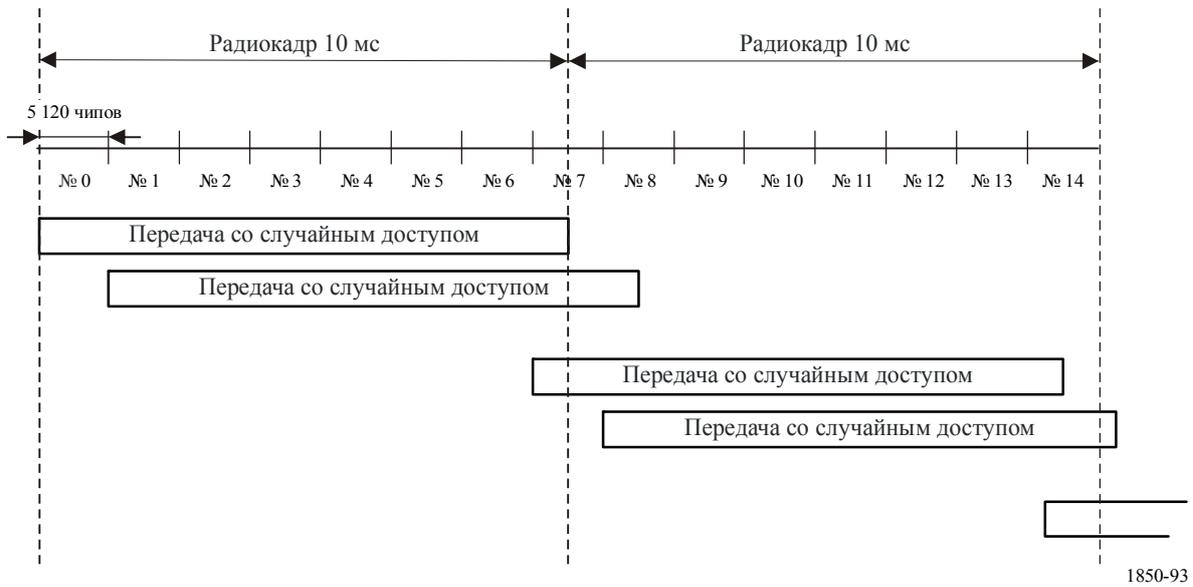
Параметр k на рисунке 92 определяет общее число битов в слоте канала DPCH на линии вниз. Он связан с коэффициентом расширения SF физического канала соотношением $SF = 512/2^k$. Коэффициент расширения может, таким образом, лежать в пределах от 512 до 4.

4.3.7.4.1.2.2 Физический канал на линии вверх

4.3.7.4.1.2.2.1 Физический канал случайного доступа (PRACH)

Передача со случайным доступом основана на подходе ALOHA с делением на слоты и быстрой индикацией приема. Терминал UE может начинать передачу со случайным доступом в начале множества определенных интервалов времени, называемых *слотами доступа*. Существует 15 слотов доступа в двух кадрах и между ними расположено 5120 чипов.

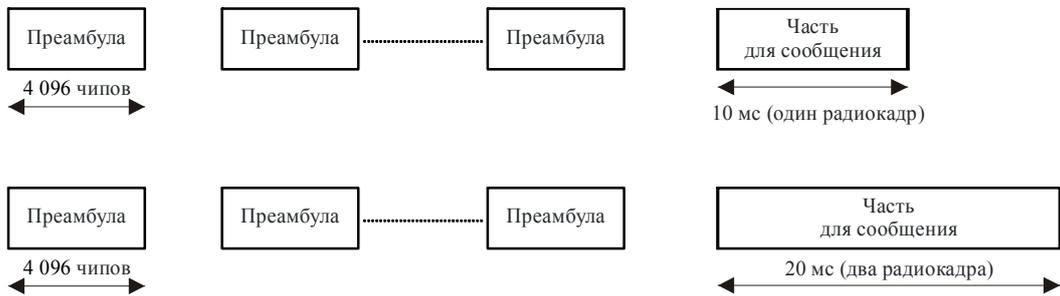
РИСУНОК 93
Номера слотов доступа RACH и расстояние между ними



1850-93

Передача со случайным доступом состоит из одной или нескольких *преамбул* длиной по 4096 чипов и сообщений длиной 10 мс или 20 мс.

РИСУНОК 94
Структура передачи со случайным доступом



1850-94

Каждая преамбула имеет длину 4096 чипов и состоит из 256 повторений сигнатуры длиной 16 чипов.

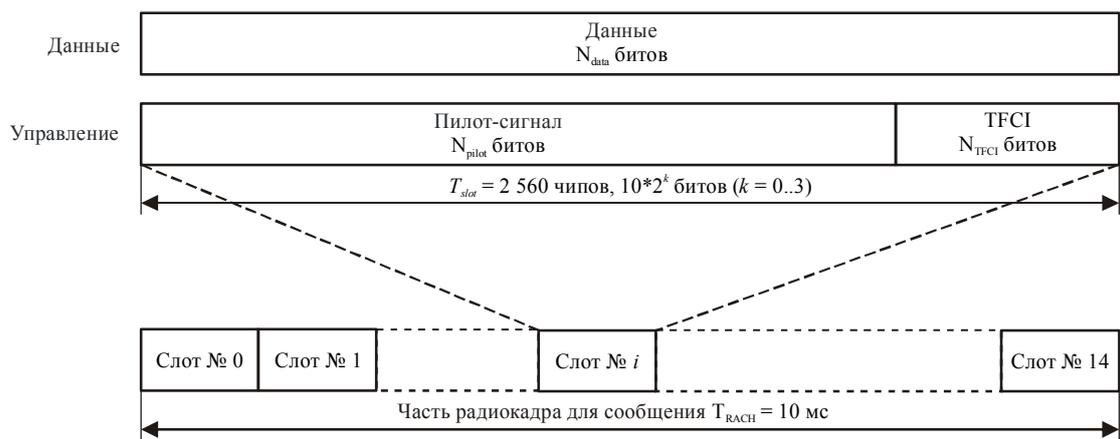
Часть сообщения радиокadra длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной $T_{slot} = 2560$ чипов. Каждый слот состоит из двух частей, части данных, в которую преобразуется транспортный канал RACH, и части управления, в которой передается управляющая информация Уровня 1. Часть данных и часть управления передаются параллельно. Часть сообщения длиной 10 мс состоит из части сообщения одного радиокadra, тогда как часть сообщения длиной 20 мс состоит из последовательных частей сообщения двух радиокadров длиной 10 мс. Длина части сообщения равна интервалу времени передачи используемого транспортного канала RACH.

Часть данных состоит из 10×2^k битов, где $k = 0, 1, 2, 3$. Это соответствует коэффициенту расширения = 256, 128, 64 и 32, соответственно, для части данных сообщения.

Часть управления состоит из 8 известных битов пилот-сигнала, обеспечивающих оценку канала для когерентного детектирования, и 2 битов TFCI. Это соответствует коэффициенту расширения = 256 для части управления сообщения. Общее число битов TFCI в сообщениях случайного доступа равно $15 \times 2 = 30$. Индикатор TFCI радиокadra указывает транспортный формат транспортного канала RACH, преобразуемого в одновременно передаваемый радиокادر этой части сообщения. Для случая, когда часть сообщения PRACH имеет длину 20 мс, TFCI повторяется во втором радиокadre.

РИСУНОК 95

Структура части радиокadra для сообщения случайного доступа



1850-95

4.3.7.4.1.2.2.2 Общий физический канал пакетной передачи (PCPCH)

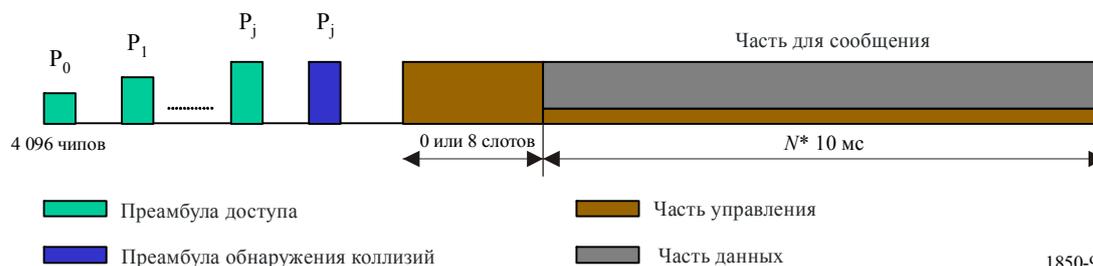
Передача канала PCPCH основана на подходе DSMA-CD с быстрой индикацией приема. Терминал UE может начать передачу в начале множества определенных интервалов времени, относительно границы кадра принимаемого ВСН в данном луче. Временные зависимости и структура слота доступа такие же, как в канале RACH. Передача доступа в канале PCPCH состоит из одной или нескольких преамбул доступа (A-P) длиной 4096 чипов, одной преамбулы обнаружения коллизий (CD-P) длиной 4096 чипов, преамбулы регулировки мощности DPCCN (PC-P), которая занимает либо 0 слотов, либо 8 слотов, и сообщений различной длины $N \times 10$ мс.

Аналогично части преамбулы в канале RACH, используются последовательности сигнатур преамбулы RACH. Число используемых последовательностей может быть меньше, чем в преамбуле RACH. В качестве кода скремблирования может быть выбран либо другой сегмент кода Голда, использованного для создания кода скремблирования преамбул канала RACH, либо это может быть тот же самый код скремблирования, если множество сигнатур используется совместно.

Аналогично части преамбулы в канале RACH, используются последовательности сигнатур преамбулы RACH. В качестве кода скремблирования выбирается другой сегмент кода Голда, использованного для создания кода скремблирования преамбул каналов RACH и PCPCH.

РИСУНОК 96

Структура передачи доступа канала PCPCH



1850-96

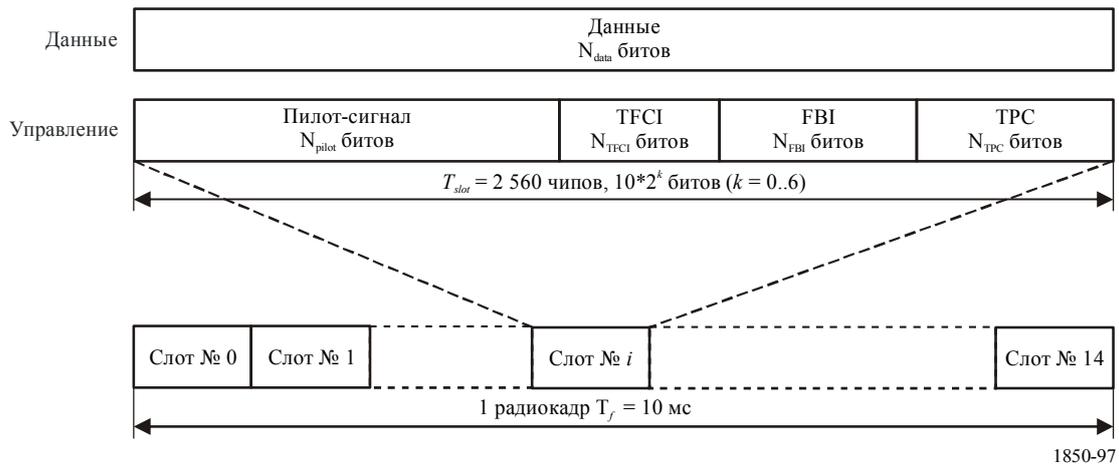
Сегмент преамбулы регулировки мощности называется частью преамбулы регулировки мощности канала PCPCH (PC-P). Длина преамбулы регулировки мощности должна иметь значение 0 или 8 слотов.

Каждое сообщение состоит из не более $N_{\text{Max frames}}$ кадров длиной 10 мс. Каждый кадр длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной $T_{\text{slot}} = 2560$ чипов, соответствующих одному периоду регулировки мощности. Каждый слот состоит из двух частей, части данные, в которой передается информация высшего уровня, и части управления, в которой передается управляющая информация Уровня 1. Часть данных и часть управления передаются параллельно.

Коэффициент расширения для части управления части сообщения канала PCPCH равен 256.

РИСУНОК 97

Структура кадра для частей данных и управления на линии вверх, связанного с RCPCH



Часть данных состоит из 10×2^k битов, где $k = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ и 6 соответствует значениям коэффициента расширения 256, 128, 64, 32, 16, 8 и 4, соответственно.

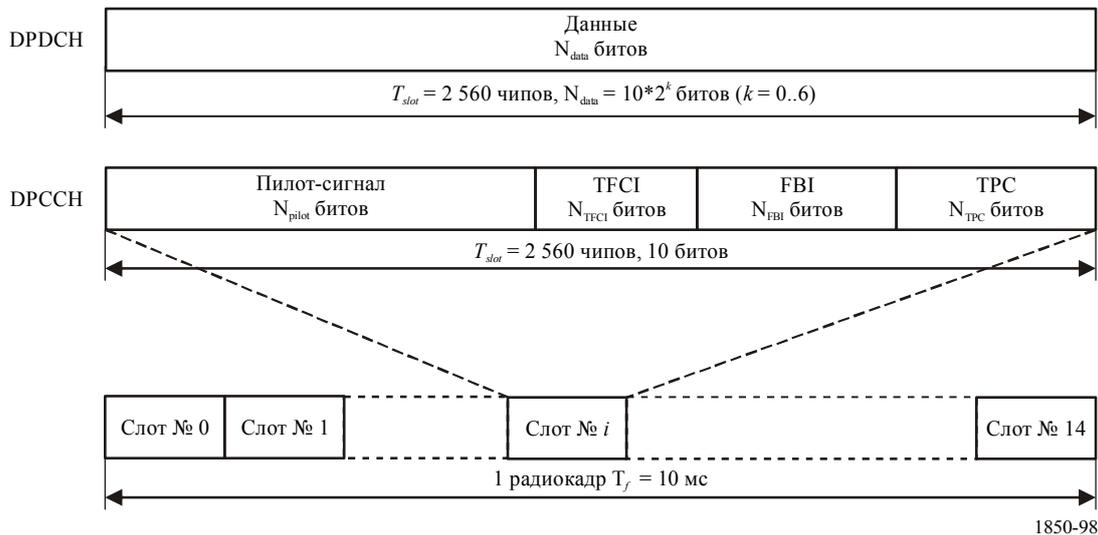
4.3.7.4.1.2.2.3 Выделенный физический канал на линии вверх (DPCH на линии вверх)

Каналы DPDCH и DPCCH на линии вверх являются каналами I/Q, кодово мультиплексированными в каждом радиокadre, и передаваемыми с двухканальной модуляцией QPSK. Каждый дополнительный канал DPDCH кодово мультиплексирован либо в I-, либо в Q-ветви с первой парой этого канала.

На рисунке 98 показан принцип структуры кадра выделенных физических каналов на линии вверх. Каждый кадр длиной 10 мс разделяется на 15 слотов, каждый длиной $T_{\text{slot}} = 0,666$ мс (2560 чипов), соответствующей одному периоду регулирования мощности. В каждом слоте каналы DPDCH и DPCCH передаются параллельно.

РИСУНОК 98

Структура кадра для выделенных физических каналов на линии вверх



Параметр k на рисунке 98 определяет количество битов в слоте канала DPDCH. Он связан с коэффициентом расширения SF физического канала соотношением $SF = 256/2^k$. Коэффициент расширения может лежать в диапазоне от 256 до 4. Коэффициент расширения канала DPCCH на линии вверх всегда равен 256, т. е. 10 битов на слот канала DPCCH на линии вверх.

Биты FBI используются для поддержки методов, требующих обратной связи от UE к точке доступа спутниковой сети RAN, включая режим разнесенной передачи с замкнутой цепью и режим разнесенной передачи с выбором луча (SSDT).

72 последовательных кадра на линии вверх образуют один суперкадр длиной 720 мс.

4.3.7.4.1.3 Временные зависимости между физическими каналами

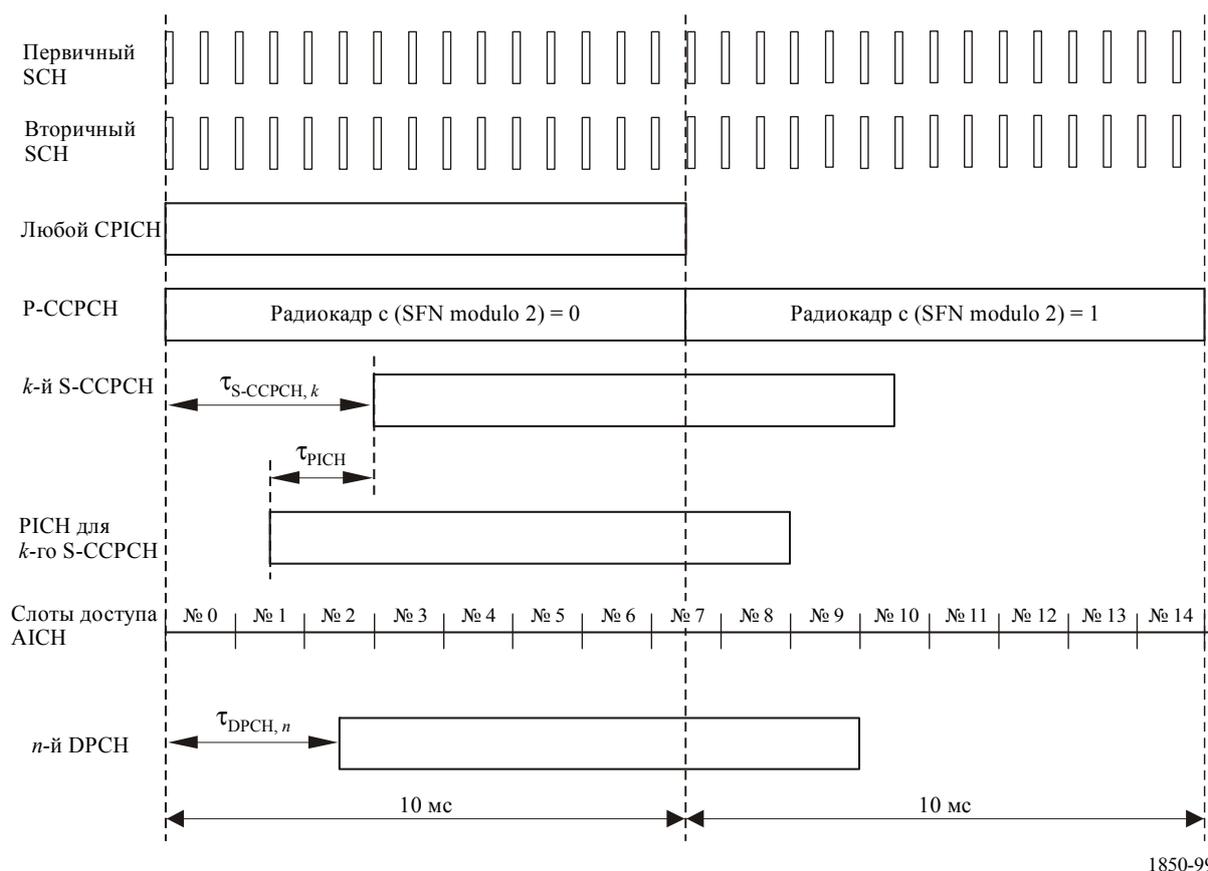
Канал P-CCPCH, в котором передается SFN луча, используется как эталон синхронизации для всех физических каналов, непосредственно на линии вниз, и косвенно на линии вверх.

На рисунке 99 описана синхронизация радиокадров физических каналов на линии вниз. Для канала AICH включена синхронизация слота доступа. Синхронизация передачи для физических каналов на линии вверх определяются принимаемой синхронизацией для физических каналов на линии вниз.

Каналы SCH (первичный и вторичный), CPICH (первичный и вторичный), P-CCPCH, CPICH-CCPCH и PDSCH имеют идентичную синхронизацию кадра. Синхронизация канала S-CCPCH может быть разной для разных S-CCPCH, но сдвиг относительно синхронизации кадра P-CCPCH кратен 256 чипам. PICH передается на 7680 чипов раньше соответствующего ему кадра S-CCPCH, т. е. времени передачи канала S-CCPCH, в котором передается транспортный канал PCH с соответствующей пейджиговой информацией. Четный субкадр доступа канала AICH по времени идентичен кадрам P-CCPCH, у которых $(SFN \bmod 2) = 0$, а нечетный субкадр доступа канала AICH по времени идентичен кадрам P-CCPCH, где $(SFN \bmod 2) = 1$. Slot доступа № 1 канала AICH начинается в тот же момент времени, что кадры P-CCPCH с $(SFN \bmod 2) = 0$. Временные зависимости канала DPCH могут быть различными для разных DPCH, но сдвиг относительно времени кадра P-CCPCH кратен 256 чипам.

РИСУНОК 99

Синхронизация радиокадра и синхронизация слота доступа физических каналов на линии вниз



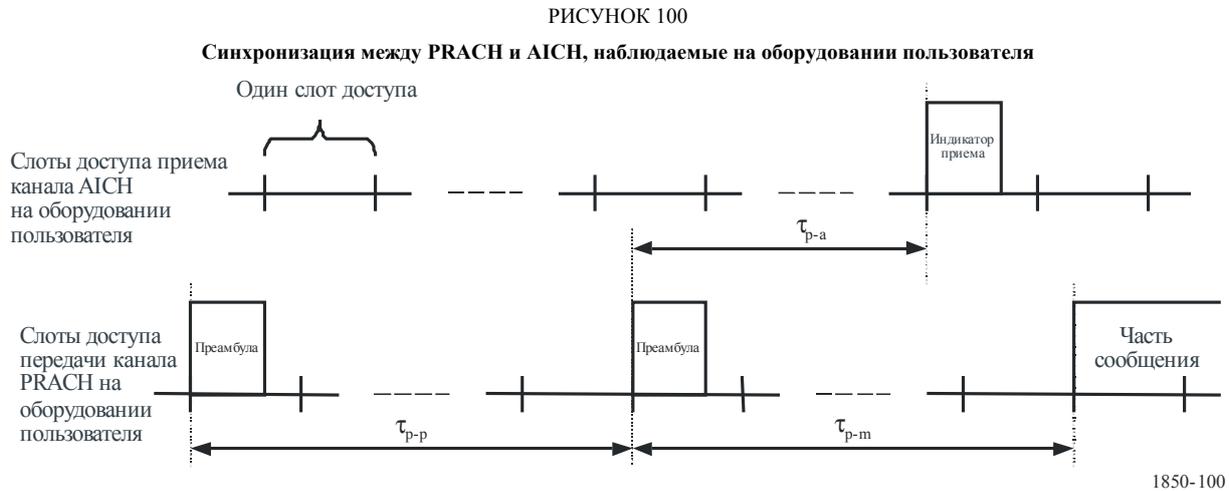
4.3.7.4.1.3.1 Синхронизация PRACH/AICH

Канал AICH на линии вниз делится на слоты доступа на линии вниз, каждый слот доступа имеет длину 5120 чипов. Слоты доступа на линии вниз синхронизированы по времени с P-CCPCH.

Канал PRACH на линии вверх делится на слоты доступа на линии вверх, каждый слот доступа имеет длину 5120 чипов. Слот доступа № n на линии вверх передается от терминала UE на τ_{p-a} чипов раньше приема слота доступа № n на линии вниз, $n = 0, 1, \dots, 14$.

Передача индикаторов приема на линии вниз может начинаться только в начале слота доступа на линии вниз. Аналогично, передача преамбул RACH и частей сообщения RACH на линии вверх может начинаться только в начале слота доступа на линии вверх.

Временные зависимости PRACH/AICH показаны на рисунке 100.



4.3.7.4.1.3.2 Синхронизация DPCCN/DPDCH

На линии вверх канал DPCCN и все каналы DPDCH, передаваемые от одного UE используют одинаковую синхронизацию.

На линии вниз канал DPCCN и все каналы DPDCH выделенного типа для одного UE используют одинаковую синхронизацию.

На терминале UE кадр DPCCN/DPDCH на линии вверх передается примерно через T_0 чипов после приема первого (по времени) сигнала с трассы соответствующего кадру DPCCN/DPDCH на линии вниз. T_0 – имеет постоянное определенное значение, равное 1024 чипам.

4.3.7.4.2 Канальное кодирование и мультиплексирование услуг

4.3.7.4.2.1 Этап обработки

Этапы кодирования и мультиплексирования показаны на рисунках 101 и 102, где TrBk обозначает транспортный блок, а DTx обозначает непрерывную передачу.

4.3.7.4.2.2 Обнаружение ошибок

Обнаружение ошибок выполняется в блоках транспортного канала с помощью CRC. Длина CRC может составлять 24, 16, 12, 8 или 0 битов, и то, CRC какой длины должна использоваться в каждом транспортном канале указывается более высокими уровнями.

Для расчетов бита четности CRC для каждого транспортного блока используется целый транспортный блок. Биты четности генерируются при помощи одного из следующих циклических генераторов полиномиальных:

- $G_{CRC24}(X) = X^{24} + X^{23} + X^6 + X^5 + X + 1$;
- $G_{CRC16}(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$;
- $G_{CRC12}(X) = X^{12} + X^{11} + X^3 + X^2 + X + 1$;
- $G_{CRC8}(X) = X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + X + 1$.

РИСУНОК 101
Линия вверх

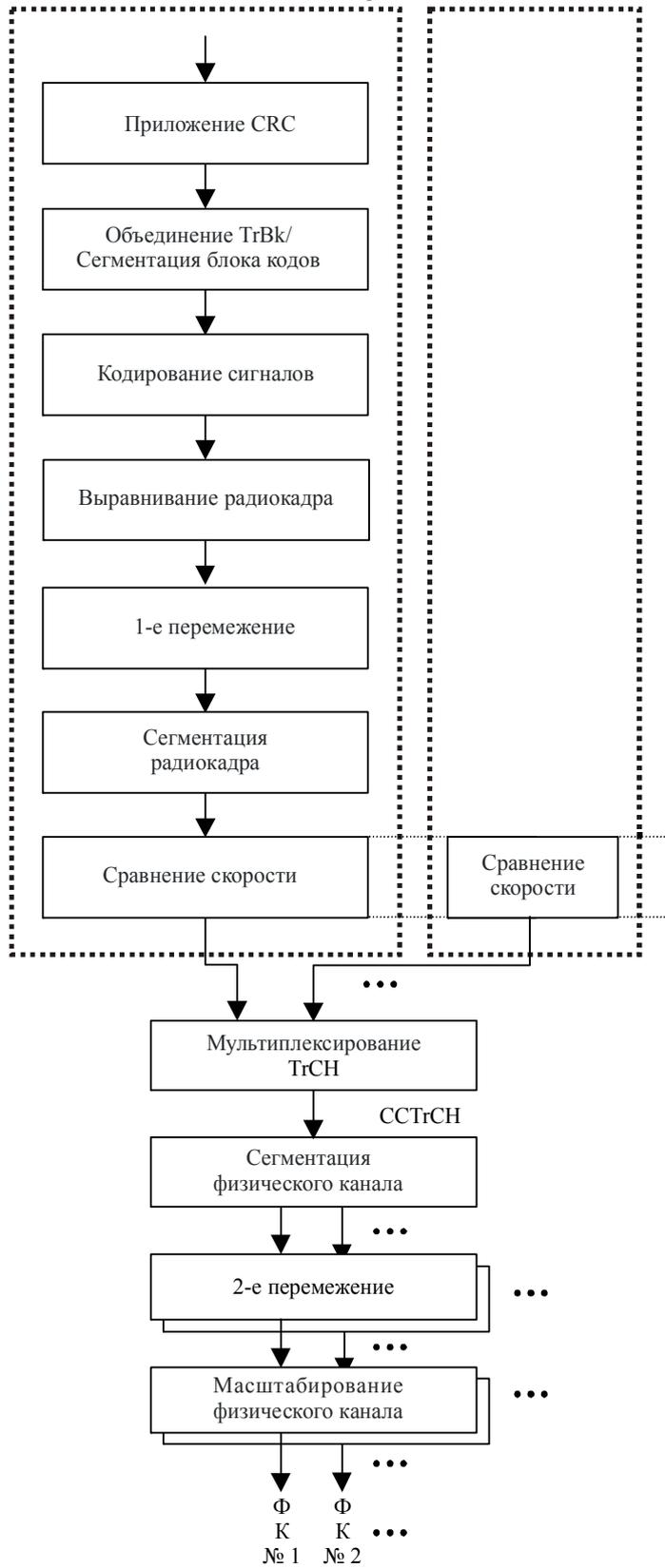
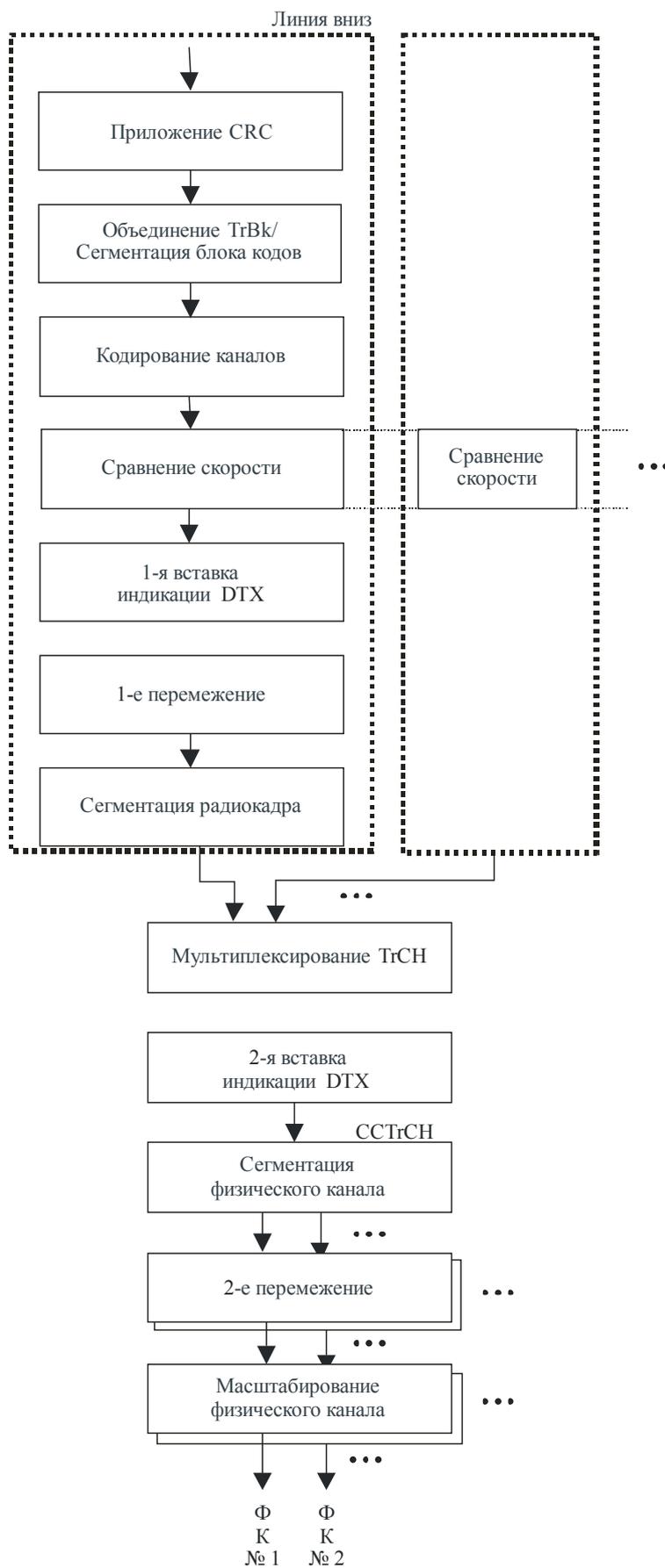


РИСУНОК 102



4.3.7.4.2.3 Канальное кодирование

Для канального кодирования могут применяться две схемы:

- конволюционное кодирование;
- турбокодирование.

Выбор канального кодирования указывается более высокими уровнями. Для того чтобы рандомизировать ошибки передачи, далее выполняется символьное перемежение.

Схема турбокодера представляет собой параллельный конкатентный конволюционный код (РССС) с двумя 8-позиционными компонентными кодерами и одним устройством внутреннего перемежения турбокода.

ТАБЛИЦА 51

Схема канального кодирования и скорость кодирования

Тип TrCH	Схема кодирования	Скорость кодирования
BCH	Конволюционное кодирование (точная длина 9)	1/2
PCH		
RACH		
CPCH, DCH, DSCH, FACH	Турбокодирование	1/3, 1/2
	Нет кодирования	1/3
	Нет кодирования	

4.3.7.4.2.3.1 Конволюционное кодирование

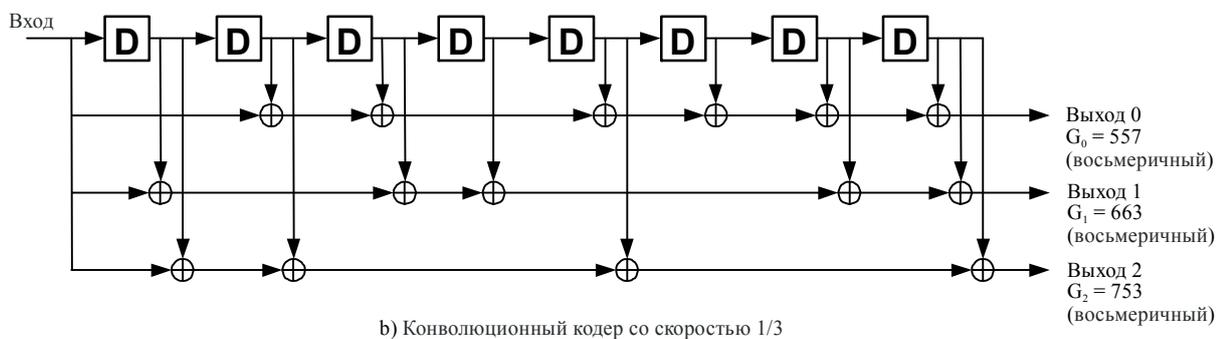
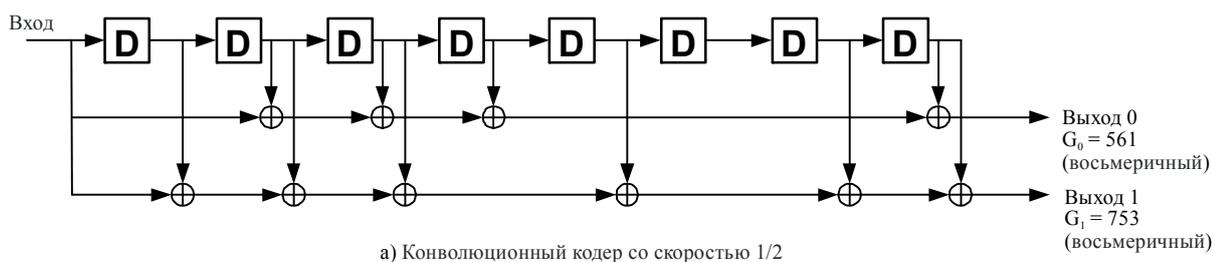
Определены конволюционные коды ограниченной длины 9 и скоростями кодирования 1/3 и 1/2.

Функции генератора для кода со скоростью 1/3 следующие: $G_0 = 557$ (ОСТ), $G_1 = 663$ (ОСТ) и $G_2 = 711$ (ОСТ).

Функции генератора для кода со скоростью 1/2 следующие: $G_0 = 561$ (ОСТ) и $G_1 = 753$ (ОСТ).

РИСУНОК 103

Генератор конволюционных кодов со скоростью 1/2 и 1/3

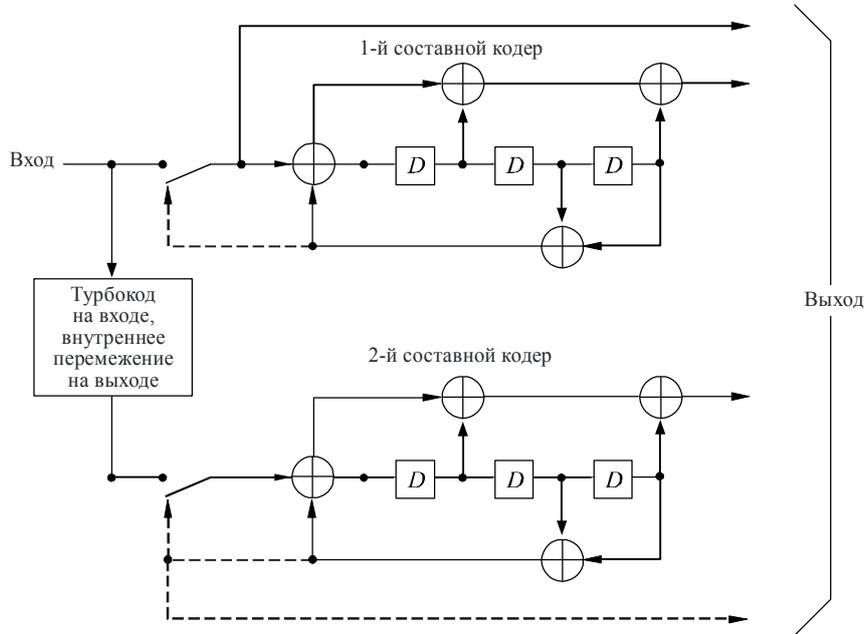


4.3.7.4.2.3.2 Турбокодирование

Схема турбокодера представляет собой параллельный конкатентный конволюционный код (РССС) с двумя 8-позиционными компонентными кодерами и одним устройством внутреннего перемежения турбокода. Скорость кодирования турбокодера равна 1/3.

РИСУНОК 104

Генератор турбокода со скоростью 1/3 (пунктирные линии применяются только для окончания треллис)



1850-104

Функция передачи 8-позиционного компонентного кода РССС имеет вид:

$$G(D) = \begin{bmatrix} 1, \\ g_1(D) \\ g_0(D) \end{bmatrix},$$

где:

$$g_0(D) = 1 + D^2 + D^3;$$

$$g_1(D) = 1 + D + D^3.$$

4.3.7.4.2.4 Перемежение

1-е устройство перемежения является устройством блочного перемежения (M строк на N столбцов) с перестановками между столбцами. Размер 1-го устройства перемежения, $M \times N$ представляет собой целое число, кратное интервалу времени передачи (ТПИ).

2-е устройство перемежения является устройством блочного перемежения (M строк на N столбцов) с перестановками между столбцами. Размер 2-го устройства перемежения, $M \times N$ представляет собой количество битов в одном радиокадре для одного физического канала, и число столбцов $N = 30$. Шаблон перестановок между столбцами имеет вид $\langle 0, 20, 10, 5, 15, 25, 3, 13, 23, 8, 18, 28, 1, 11, 21, 6, 16, 26, 4, 14, 24, 19, 9, 29, 12, 2, 7, 22, 27, 17 \rangle$.

4.3.7.4.2.5 Совмещение скоростей

Количество битов в транспортном канале может быть разным в различные интервалы времени передачи. Биты в транспортном канале на линии вверх повторяются или прореживаются для гарантии того, что итоговая скорость передачи после мультиплексирования транспортного канала будет равна итоговой скорости в распределенном канале РРСН. На линии вниз итоговая скорость передачи после мультиплексирования транспортного канала меньше или равна итоговой скорости в канале, заданной кодом(ами) деления каналов, присвоенными высшими уровнями. Если количество битов меньше минимального, передача прерывается.

4.3.7.4.2.6 Мультиплексирование транспортного канала

Каждые 10 мс один радиокадр из каждого транспортного канала передается в процедуру мультиплексирования транспортного канала. Эти радиокадры последовательно мультиплексируются, образуя композитно кодированный транспортный канал.

4.3.7.4.2.7 Кодирование TFCI

TFCI кодируется с применением субкода Рида-Мюллера второго порядка (32, 10). Кодовые слова представляют собой линейную комбинацию десяти базовых последовательностей. Информационные биты TFCI должны соответствовать индексу TFCI, определенному уровнем RRC для ссылки на TFC связанного радиокадра DPCH.

Если один из каналов DCH связан с каналом DSCH, кодовое слово TFCI может быть разделено таким образом, что кодовое слово, относящееся к указанию действия TFCI, передается на в каждом луче. Использование такой функции должно быть указано сигналами высшего уровня. TFCI кодируется с применением би-ортогонального кода Рида-Мюллера первого порядка (16, 5). Кодовые слова би-ортогонального кода (16, 5) представляют собой линейную комбинацию пяти базовых последовательностей. Первый набор информационных битов TFCI должен соответствовать индексу TFCI, определенному уровнем RRC для ссылки на TFC канала DCH CСТrCH связанного радиокадра DPCH. Второй набор информационных битов TFCI должен соответствовать индексу TFCI, определенному уровнем RRC, для ссылки на TFC связанного канала DSCH в соответствующем радиокадре PDSCH.

Биты кодового слова непосредственно преобразуются в слоты радиокадра. Закодированные биты b_k , преобразуются в передаваемые биты TFCI d_k по формуле $d_k = b_{k \bmod 32}$, где $k = 0, \dots, K - 1$. Количество битов K , доступное в полях TFCI радиокадра, зависит от формата слота, используемого для кадра.

4.3.7.4.2.8 Кодирование команды TPC

2-битовая команда TPC кодируется посредством повторения. Набор битов команды TPC (a_0, a_1) должен соответствовать команде TPC, определенной процедурой регулировки мощности. Биты выходного кодового слова b_k определяются выражением $b_k = a_{k \bmod 2}$, где $k = 0, \dots, 15$.

Как для каналов на линии вверх, так и для каналов на линии вниз, биты кодового слова преобразуются в 15 слотов радиокадра. Закодированные биты b_k , преобразуются в передаваемые биты TPC d_k , как $d_k = b_{k \bmod 15}$, где $k = 0, \dots, K - 1$. Количество битов K , доступное в полях TPC радиокадра, зависит от формата слота, используемого для кадра.

4.3.7.4.3 Модуляция и расширение

4.3.7.4.3.1 Расширение на линии вверх

Модуляция с расширением использует ортогональную комплексную QPSK (OCQPSK) для каналов на линии вверх.

Расширение применяется к физическим каналам. Оно состоит из двух операций. Первая – операция деления каналов, которая преобразует каждый символ данных в несколько чипов, увеличивая, таким образом, ширину полосы сигнала. Количество чипов на символ данных называется коэффициентом расширения (SF). Вторая операция – это операция скремблирования, в которой к расширенному сигналу применяется код скремблирования.

В процессе деления каналов символы данных в так называемых I- и Q-ветвях независимо перемножаются с кодом OVSF. В процессе операции скремблирования результирующие сигналы в I- и Q-ветвях снова перемножаются с комплексными значениями кода скремблирования, здесь I и Q обозначают действительную и мнимую части, соответственно.

На рисунке 105 показана конфигурация расширения на линии вверх. Коды деления каналов $C_{ch, i}$, $i = 1, 2, \dots, N$, сначала расширяют один канал DPCCN и каналы DPDCH. Затем сигналы, отрегулированные при помощи коэффициентов усиления мощности G_i , складываются вместе в обеих ветвях I и Q, и перемножаются с комплексным кодом скремблирования $S_{ур,л}$.

Если нужен только один DPDCH, то передаются только DPDCH1 и DPCCN. При мультикодовой передаче передается несколько каналов DPDCH, используя ветви I и Q.

Длинный код скремблирования составлен из компонентных длинных последовательностей $c_{long,1,n}$ и $c_{long,2,n}$. Две этих последовательности получают из поэлементного суммирования (по модулю 2) 38 400 чиповых сегментов двух двоичных m -последовательностей x_n и y . Последовательность x_n , которая зависит от выбранного номера скремблирующей последовательности n , получается из генератора полиномиального m -последовательности $X^{25} + X^3 + 1$, а последовательность y получается из генератора полиномиального $X^{25} + X^3 + X^2 + X + 1$.

Конфигурация генератора длинного кода для линии вверх представлена на рисунке 106.

Определим двоичную последовательность Голда z_n при помощи:

$$z_n(i) = x_n(i) + y(i) \text{ modulo } 2, \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Эти двоичные последовательности преобразуются в последовательность реальных значений Z_n . Реальные длинные скремблирующие последовательности $c_{long,1,n}$ и $c_{long,2,n}$ определяются следующим образом:

$$c_{long,1,n}(i) = Z_n(i), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2; \text{ и}$$

$$c_{long,2,n}(i) = Z_n((i + 16\,777\,232) \text{ modulo } (2^{25} - 1)), \quad i = 0, 1, 2, \dots, 2^{25} - 2.$$

Наконец, комплексная длинная скремблирующая последовательность Клонга n , определяется следующим образом:

$$C_{long,n}(i) = c_{long,1,n}(i) \left(1 + j(-1)^i c_{long,2,n}(2 \lfloor i/2 \rfloor) \right),$$

где $i = 0, 1, \dots, 2^{25} - 2$ и $\lfloor \cdot \rfloor$ обозначает округление до ближайшего целого числа.

РИСУНОК 105
Расширение на линии вверх

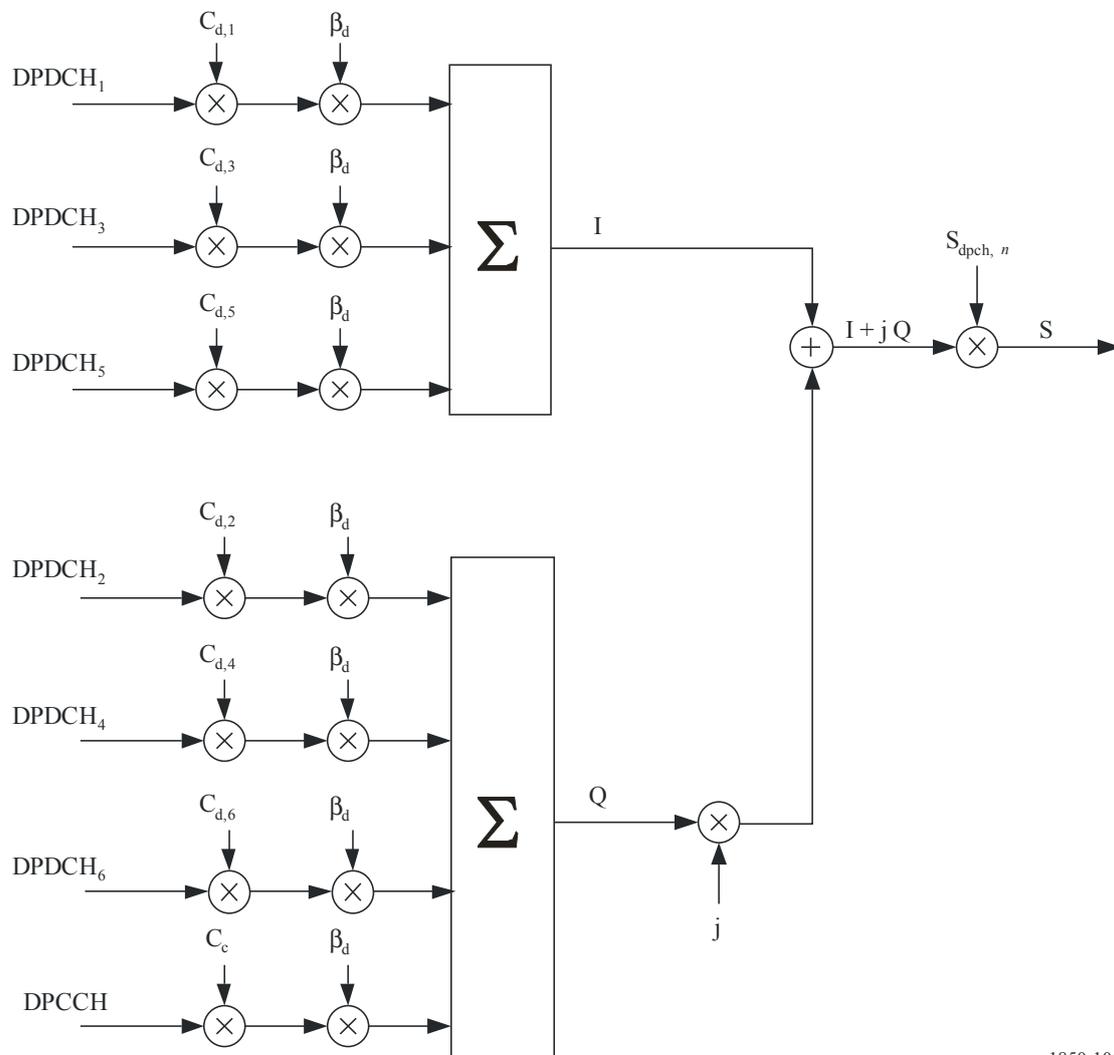
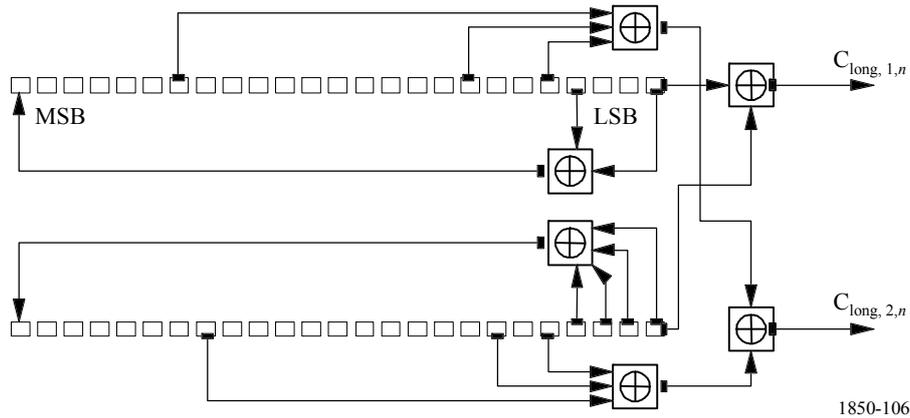


РИСУНОК 106

Генератор длинного кода для линии вверх



1850-106

4.3.7.4.3.1.1 Коды PRACH и PCPCH

Код преамбулы доступа имеет длину $N_p \times 4096$ чипов и состоит из N_p кодов субпреамбулы. Код субпреамбулы $C_{pre,n,s,i}$ представляет собой последовательность комплексных значений. Он составлен из кода скремблирования преамбулы $S_{pre,n}$ и сигнатуры преамбулы $C_{sig,s}$ следующим образом:

- когда N_p выставлен в 1, тогда:

$$C_{pre,n,s,0}(k) = S_{pre,n}(k) \times C_{sig,s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095,$$

- когда N_p больше, чем 1, тогда:

$$C_{pre,n,s,i}(k) = S_{pre,n}(k) \times C_{sig,s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095, i = 0, 1, \dots, N_p - 2,$$

$$C_{pre,n,s,N_p-1}(k) = S_{pre,n}(k) \times C_{sig,s}(k) \times e^{j\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}k\right)}, k = 0, 1, 2, 3, \dots, 4095,$$

где $k = 0$ соответствует чипу, передаваемому первым по времени.

Сигнатура преамбулы, соответствующая сигнатуре s состоит из 256 повторений сигнатуры длиной 16. Сигнатура – это множество кодов Адамара длиной 16.

Код скремблирования для сегмента преамбулы состоит из длинных скремблирующих последовательностей. n -й код скремблирования преамбулы определяется следующим образом:

$$S_{pre,n}(i) = c_{long,1,n}(i),$$

где $i = 0, 1, \dots, 4095$. Когда субкадры доступа используются для PRACH, n -й код скремблирования преамбулы, где число n четное, используется для преамбулы, передаваемой в четном субкадре доступа, а n -й код скремблирования преамбулы, где число n нечетное, используется для преамбулы, передаваемой в нечетном субкадре доступа.

Код скремблирования части сообщения в n -м PRACH, обозначенный символом $S_{r-msg,n}$, где $n = 0, 1, \dots, 8191$, основан на длинной скремблирующей последовательности и определяется следующим образом:

$$S_{r-msg,n}(i) = C_{long,n}(i + 4096), i = 0, 1, \dots, 38399.$$

Код скремблирования части сообщения в n -м PCPCH, обозначенный $S_{c-msg,n}$, где $n = 8192, 8193, \dots, 40959$, основан на скремблирующей последовательности и определяется следующим образом:

В случае, когда используются длинные коды скремблирования:

$$S_{c-msg,n}(i) = C_{long,n}(i), i = 0, 1, \dots, 38399.$$

4.3.7.4.3.2 Модуляция на линии вверх

Чиповая скорость модуляции составляет 3,84 Мчип/с.

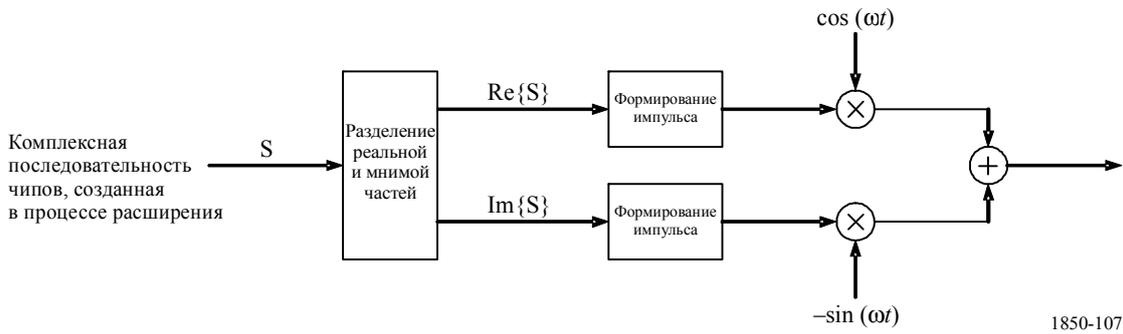
Модуляция на линии вверх – это двухканальная QPSK.

Модулированный канал DPCCN преобразуется в канал Q, тогда как первый канал DPDCH преобразуется в канал I.

Последовательно добавляемые каналы DPDCH попеременно преобразуются в каналы I или Q.

На рисунке 107 показана конфигурация модуляции на линии вверх. Фильтр полосы групповых частот (фильтр, формирующий импульсы) – это фильтр с приподнятым корнем квадратным от косинуса с наклоном фронтов в частотной области $\alpha = 0,22$.

РИСУНОК 107
Модуляция на линии вверх

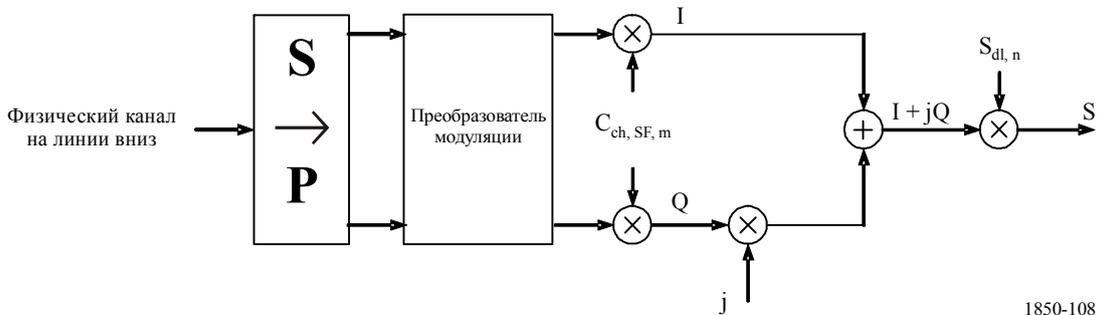


1850-107

4.3.7.4.3.3 Расширение на линии вниз

Каждая пара двух последовательных реальных символов сначала переводится из последовательного представления в параллельное и преобразуется в ветви I и Q. Определение преобразователя модуляции таково, что четные и нечетные символы преобразуются в ветви I и Q соответственно. Для всех каналов, кроме каналов индикаторов, использующих сигнатуры, символ с номером ноль определяется как первый символ в каждом кадре. Для каналов индикаторов, использующих сигнатуры, символ с номером ноль определяется как первый символ в каждом слоте доступа. Затем ветви I и Q расширяются до чиповой скорости при помощи одного и того же кода деления каналов с реальными значениями $C_{ch,SF,m}$. Последовательность кода деления каналов должна быть синхронизирована по времени с границей символа. Последовательности чипов с реальными значениями в ветвях I и Q затем обрабатывается как отдельная последовательность чипов с комплексными значениями. Эта последовательность чипов скремблируется (комплексное почиповое перемножение) с использованием кода скремблирования с комплексными значениями $S_{dl,n}$.

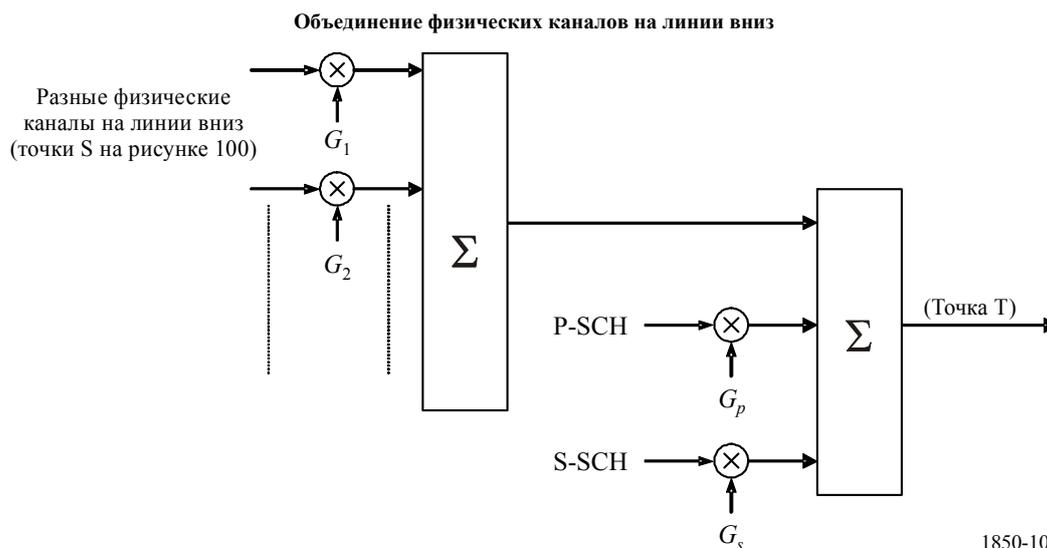
РИСУНОК 108
Расширение для всех физических каналов на линии вниз кроме SCH



1850-108

На рисунке 109 показано, как комбинируются различные каналы на линии вниз. Каждый комплексные расширенный канал, соответствующий точке S на рисунке 109, отдельно взвешивается с коэффициентом взвешивания G_i . Комплексные P-SCH и S-SCH отдельно взвешиваются с коэффициентами взвешивания G_p и G_s . Затем все физические каналы на линии вниз комбинируются путем комплексного суммирования.

РИСУНОК 109



Коды деления каналов на рисунке 109 – это те же самые коды, которые используются на линии вверх, а именно ортогональные коды с переменным коэффициентом расширения (OVSF), которые сохраняют ортогональность между каналами на линии вниз с разными скоростями и коэффициентами расширения.

Код скремблирования создается за счет объединения двух реальных последовательностей в комплексную последовательность. Каждая из двух реальных последовательностей получается из поэлементного сложения (по модулю 2) 38 400 сегментов чипов двух двоичных m -последовательностей x и y . Последовательность x получается из генератора полиномиального $X^{18} + X^7 + 1$. Последовательность y получается из генератора полиномиального $X^{18} + X^{10} + X^7 + X^5 + 1$. Начальное состояние для последовательности x имеет вид $(00\dots 1)$, где 1 – это младший бит (LSB). Начальное состояние для последовательности y имеет вид $(11\dots 1)$.

Тогда n -я последовательность кода Голда z_n определяется следующим образом:

$$- \quad z_n(i) = x((i + n) \text{ modulo } (2^{18} - 1)) + y(i) \text{ modulo } 2, \quad i = 0, \dots, 218 - 2.$$

Эти двоичные последовательности преобразуются в последовательность реальных значений Z_n . Наконец, n -я последовательность комплексного кода скремблирования $S_{dl,n}$ определяется следующим образом:

$$- \quad S_{dl,n}(i) = Z_n(i) + j Z_n((i + 131\,072) \text{ modulo } (2^{18} - 1)), \quad i = 0, 1, \dots, 38\,399.$$

Отметим, что шаблон он фазы 0 до фазы 38 399 повторяется.

Коды скремблирования делятся на 512 множеств, и каждое множество состоит из первичного кода скремблирования и 15 вторичных кодов скремблирования. Первичные коды скремблирования состоят из кодов скремблирования $n = 16*i$, где $i = 0\dots 511$. 1-е множество вторичных кодов скремблирования состоит из кодов скремблирования $16*i + k$, где $k = 1\dots 15$. Выполняется однозначное преобразование между каждым первичным кодом скремблирования и 15 вторичными кодами скремблирования в таком множестве, что i -й первичный код скремблирования соответствует i -му множеству вторичных кодов скремблирования. Следовательно, используются коды скремблирования $n = 0, 1, \dots, 8191$.

Множество первичных кодов скремблирования далее делится на 64 группы кодов скремблирования, каждая из которых состоит из восьми первичных кодов скремблирования. j -я группа кодов скремблирования состоит из первичных кодов скремблирования $16*8*j + 16*k$, где $j = 0\dots 63$ и $k = 0\dots 7$.

4.3.7.4.3.1 Коды синхронизации

Первичный код синхронизации (PSC), C_{psc} составлен из двух обобщенных иерархических последовательностей Голя.

Определим:

$$- \quad a_1 = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, -1 \rangle;$$

$$- \quad a_2 = \langle y_1, y_2, y_3, \dots, y_{16} \rangle = \langle 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1 \rangle.$$

Код PSC генерируется путем повторения последовательностей a_1 и a_2 , модулированных комплиментарной последовательностью Голя, и создания комплексной последовательности с идентичными реальной и мнимой составляющими. PSC C_{psc} определяется следующим образом:

$$C_{psc} = (1 + j) \times \langle a_1, -a_1, -a_1, -a_1, -a_1, a_1, -a_1, -a_1, a_2, a_2, -a_2, a_2, -a_2, a_2, a_2, a_2 \rangle.$$

16 вторичных кодов синхронизации (SSCs), $\{C_{ssc,1}, \dots, C_{ssc,16}\}$, являются комплексными с идентичными реальной и мнимой составляющими, и образуются из поэлементного мультиплексирования последовательности Адамара и последовательности z , определяемой следующим образом:

$$z = \langle b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, b_1, -b_1, -b_1, b_2, -b_2, -b_2, b_2, b_2, b_2, -b_2, b_2, -b_2 \rangle, \text{ где:}$$

$$b_1 = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, -x_9, -x_{10}, -x_{11}, -x_{12}, -x_{13}, -x_{14}, -x_{15}, -x_{16} \rangle \text{ и } x_1, x_2, \dots, x_{15}, x_{16}, \text{ являются точно такими же, как в определении последовательности } a_1, \text{ выше.}$$

$$b_2 = \langle y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, -y_9, -y_{10}, -y_{11}, -y_{12}, -y_{13}, -y_{14}, -y_{15}, -y_{16} \rangle \text{ и } y_1, y_2, \dots, y_{15}, y_{16}, \text{ являются точно такими же, как в определении последовательности } a_2, \text{ выше.}$$

Последовательности Адамара получают как строки в матрице H_8 , выстроенные в рекурсии. Обозначим n -ю последовательность Адамара как строку матрицы H_8 , пронумерованной сверху вниз, $n = 0, 1, 2, \dots, 255$, впоследствии. Далее, пусть $h_m(i)$ и $z(i)$ обозначают i -й символ последовательности h_m и z , соответственно, где $i = 0, 1, 2, \dots, 255$.

k -й код SSC, $C_{ssc,k}$, $k = 1, 2, 3, \dots, 16$ определяется следующим образом тогда:

$$C_{ssc,k} = (1 + j) \times \langle h_m(0) \times z(0), h_m(1) \times z(1), h_m(2) \times z(2), \dots, h_m(255) \times z(255) \rangle,$$

где $m = 8 \times (k - 1)$.

Имеется 64 вторичных последовательности SCH, и каждая последовательность состоит из 15 кодов SSC. Эти 64 вторичных последовательности SCH образуются таким образом, что их циклические сдвиги являются уникальными, т. е. ненулевой циклический сдвиг менее 15 любой из 64 последовательностей не равен ни одному циклическому сдвигу ни одной из 64 последовательностей. Кроме того, ненулевой циклический сдвиг менее 15 любой из последовательностей не равен самому себе с любым другим циклическим сдвигом менее 15.

4.3.7.4.3.4 Модуляция на линии вниз

Чиповая скорость модуляции равна 3,84 Мчип/с.

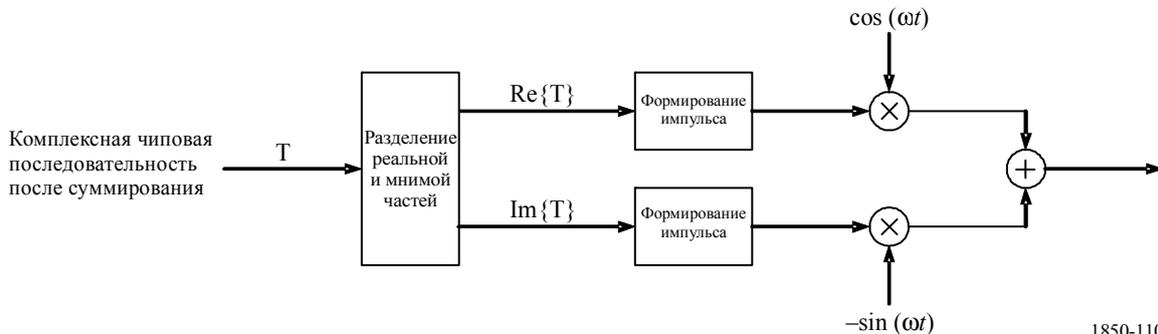
Модуляция комплексной последовательности чипов, созданной в процессе расширения, показана на рисунке 110.

Модулированные каналы DPDCH и DPCCCH мультиплексируются во времени.

Фильтр полосы групповых частот (фильтр, формирующий импульсы) – это фильтр с приподнятым корнем квадратным от косинуса с наклоном фронтов в частотной области $\alpha = 0,22$.

РИСУНОК 110

Модуляция на линии вниз



4.3.7.4.4 Процедуры

4.3.7.4.4.1 Поиск луча

В процессе поиска луча UE ищет спутниковый луч и определяет код скремблирования на линии вниз и кадровую синхронизацию общего канала этого луча спутника.

В процессе поиска луча станция MES ищет луч searches и определяет код скремблирования на линии вниз и кадровую синхронизацию этого луча. Поиск луча обычно выполняется в три этапа:

Этап 1: Синхронизация слота

Во время первого этапа процедуры поиска луча станция MES использует первичный код синхронизации канала SCH для определения синхронизации слотов в луче. Это обычно выполняется при помощи одного согласованного фильтра (или аналогичного устройства), согласованного с первичным кодом синхронизации, который является общим для всех лучей. Синхронизация слотов в луче может быть достигнута путем детектирования пиков сигнала на выходе согласованного фильтра.

Этап 2: Синхронизация кадров и идентификация группы кода

Во время второго этапа процедуры поиска луча, станция MES использует вторичный код синхронизации канала SCH для определения синхронизации кадров и идентификации группы кодов луча, найденного на первом этапе. Это выполняется при помощи коррелирования принимаемого сигнала со всеми возможными последовательностями вторичного кода синхронизации, и определения максимального значения корреляции. Поскольку циклические сдвиги последовательности для группы кодов уникальны, то определяется синхронизация кадров.

Этап 3: Идентификация кода скремблирования

Во время третьего и последнего этапа процедуры поиска луча, станция MES определяет точный первичный код скремблирования, использованный в найденном луче. Первичный код скремблирования обычно определяется при помощи посимвольного коррелирования канала CPICH со всеми кодами в группе кодов, определенными на втором этапе. После того как первичный код скремблирования определен, первичный канал SSPCH может быть детектирован, и может быть прочитана информация в канале, относящаяся к системе и лучу.

Во время первого и второго этапов может потребоваться грубый метод поиска частоты и/или метод дифференциального детектирования из-за ошибки несущей частоты в результате сдвига Доплера.

Во время второго и третьего этапов станция MES может использовать локально сохраненную информацию о спутниковой группировке и ее положении. Это может сократить время поиска луча.

4.3.7.4.4.2 Случайный доступ

4.3.7.4.4.2.1 Процедура RACH

На уровне MAC, когда должны передаваться данные, станция MES выбирает класс канала RACH и начинает цикл повторной передачи. Если число циклов повторной передачи превышает максимальное число циклов повторной передачи, MES останавливает процедуру и посылает отчет на более высокий уровень.

В начале каждого цикла повторной передачи MES обновляет параметры, относящиеся к процедуре RACH, используя последние значения, включенные в системные информационные сообщения, которые передаются в радиовещательном режиме в канале BCH. Затем, на основе сохраненного значения, MES принимает решение о том, начинать ли передачу канала RACH в текущем кадре. Если передача не разрешена, MES повторяет процедуру в следующем кадре, начиная с проверки сохраненного значения. Если передача разрешена, MES начинает следующий период повторной передачи. Если число повторенных периодов превышает максимальное число повторных передач, MES заново начинает цикл повторной передачи в следующем кадре.

Во время периода нарастающих циклов повторной передачи станция MES должна выполнять процедуру физического случайного доступа следующим образом:

Этап 1: Определить слоты доступа, доступные на линии вверх для следующего множества слотов полного доступа, для множества доступных подканалов RACH в данном ASC. Случайным образом выбрать один слот доступа среди других, заранее определенных. Если в выбранном множестве нет доступного слота доступа, то случайным образом выбрать один слот доступа на линии вверх, соответствующий множеству доступных подканалов RACH в данном ASC из следующего множества слотов доступа.

Этап 2: Случайным образом выбрать сигнатуру из множества сигнатур, доступных в данном ASC.

Этап 3: Установить счетчик повторных передач преамбулы на максимум "Преамбула Retrans Max".

Этап 4: Установить параметр Мощность преамбулы команды в значение Preamble_Initial_Power.

Этап 5: В том случае, когда Мощность преамбулы команды превышает максимально допустимое значение, установить мощность передачи преамбулы на максимально допустимую мощность. В ином случае установить мощность передачи преамбулы в значение предписанной мощности преамбулы. Передать преамбулу, используя выбранные слот доступа на линии вверх, сигнатуру и мощность передачи преамбулы.

Этап 6: Если в слоте доступа на линии вниз, соответствующем слоту доступа, выбранному на линии вверх, не обнаружено ни положительного, ни отрицательного индикатора приема, соответствующего выбранной сигнатуре, то:

Этап 6.1: Выбрать следующий доступный слот доступа из множества доступных субканалов RACH в пределах данного ASC.

Этап 6.2: Случайным образом выбрать новую сигнатуру из множества доступных сигнатур в пределах данного ASC.

Этап 6.3: Увеличить мощность преамбулы команды на ΔP_0 = шаг регулировки мощности (дБ). если предписанная мощность преамбулы превышает максимально допустимую мощность на 6 дБ, станция MES может перейти из состояния L1 ("Без подтверждений в AICH") на более высокий уровень (MAC) и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Этап 6.4: Уменьшить счетчик повторных передач преамбулы на единицу.

Этап 6.5: Если счетчик повторных передач преамбулы > 0 , то повторить действия, начиная с Этапа 5. В ином случае перейти из состояния L1 ("Без подтверждений в AICH") на более высокий уровень (MAC) и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Этап 7: Если в слоте доступа на линии вниз, соответствующем слоту доступа, выбранному на линии вверх, обнаружен отрицательный индикатор приема, соответствующий выбранной сигнатуре, то перейти из состояния L1 ("Без подтверждений в AICH") на более высокий уровень (MAC) и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Этап 8: Передавать сообщения случайного доступа через три или четыре слота доступа на линии вверх после слота доступа последней переданной преамбулы на линии вверх в зависимости от параметров времени передачи AICH. Мощность передачи части управления сообщений со случайным доступом должна быть на P_{p-m} (дБ) выше мощности последней переданной преамбулы.

Этап 9: Перейти из состояния L1 ("Без подтверждений в AICH") на более высокий уровень (MAC) и выйти из процедуры физического случайного доступа.

Во время передачи преамбулы и сообщений RACH, MES может использовать метод предварительной компенсации сдвига Допплера, основанный на оценке сдвига Допплера в несущей на линии вниз.

Если ответное сообщение, соответствующее переданному сообщению RACH, принимается на более высоком уровне (RLC или RRC) в любой момент во время процедуры случайного доступа, MES должна остановить процедуру RACH.

4.3.7.4.4.2 Процедура CPCH

Для каждого физического канала CPCH из множества каналов CPCH, распределенных лучу, параметры физического уровня вводятся в сообщения системной информации в рамках BCH. Физический уровень должен выполнять процедуру CPCH следующим образом:

Этап 1: После приема от уровня MAC запроса на доступ станция MES должна проверить значение индикаторов SI последней передачи. Если тест покажет, что максимальная доступная скорость передачи данных меньше запрошенной скорости передачи данных, станция MES должна прекратить попытки доступа.

Этап 2: Станция MES устанавливает мощность передачи преамбулы в значение Preamble_Initial_Power.

Этап 3: Станция MES устанавливает счетчик повторных передач AP в значение $N_{AP_Retrans_Max}$.

Этап 4: Используя группу субканалов кадра доступа комбинации ресурсов доступа, соответствующую требуемой скорости передачи данных, станция MES получает доступные кадры доступа. Станция MES случайным образом выбирает один кадр доступа на линии вверх из полученных доступных кадров. Когда субкадры доступа используются для PRACH, станция MES случайным образом выбирает а субкадр доступа из четных и нечетных субкадров доступа в пределах выбранного кадра доступа.

Этап 5: Станция MES случайным образом выбирает сигнатуру AP из множества доступных сигнатур в комбинации ресурсов доступа, соответствующей требуемой скорости передачи данных.

Этап 6: Станция MES случайным образом выбирает сигнатуру CD из множества сигнатур CD.

Этап 7: Случайным образом выбрать сдвиг времени передачи τ_{off} в диапазоне от $-\tau_{off,max}$ до $\tau_{off,max}$.

Этап 8: Станция MES должна проверить значение индикатора состояния. Если тест покажет, что максимальная доступная скорость передачи данных меньше запрошенной скорости передачи данных, станция MES должна прекратить попытки доступа и передать на MAC уровень сообщение об ошибке. В ином случае, станция MES передает AP, используя выбранный кадр доступа или субкадр доступа на линии вверх, сигнатура, сдвиг времени передачи и исходную мощность передачи преамбулы, и последовательно передает преамбулу CD с той же мощностью, что и AP.

Этап 9: Если станция MES не обнаруживает положительного или отрицательного индикатора приема или CDI, соответствующего выбранной сигнатуре AP и сигнатуре CDP, соответственно, в кадре доступа (или субкадре от APA/CD/CA-ICH на линии вниз), соответствующего выбранному кадру доступа или субкадру доступа, должны быть выполнены следующие этапы:

Этап 9a): Выбрать следующий доступный кадр доступа в используемой группе субканалов. Когда субкадры доступа используются для PRACH, станция MES случайным образом выбирает субкадр доступа среди четных и нечетных субкадров доступа в пределах выбранного кадра доступа.

Этап 9b): Случайным образом выбрать новую сигнатуру CD из множества сигнатур CD.

Этап 9c): Увеличить мощность передачи преамбулы с определенным сдвигом ΔP . Сдвиг мощности ΔP_0 используется, если только не работает отрицательный таймер AICH, в этом случае вместо него используется ΔP_1 .

Этап 9d): Уменьшить счетчик повторных передач AP на единицу.

Этап 9e): Если счетчик повторных передач AP < 0 , станция MES прекращает попытки доступа и передает на уровень MAC сообщение об ошибке. Если счетчик повторных передач AP равен или больше 0, станция MES повторяет процедуру, начиная с Этапа 7.

Этап 10: Если станция MES обнаруживает отрицательный индикатор приема AP, соответствующий выбранной сигнатуре AP из кадра доступа или субкадра доступа канала APA/CD/CA-ICH на линии вниз, соответствующего выбранному кадру доступа или субкадру доступа, станция MES прекращает попытки доступа и передает на MAC уровень сообщение об ошибке. Станция MES устанавливает отрицательный таймер AICH для указания на использование значения ΔP_1 в качестве преамбулы сдвига мощности до истечения времени таймера.

Этап 11: Если станция MES принимает положительный индикатор приема AP, соответствующий выбранной сигнатуре AP, и индикатор CDI с сигнатурой, которая не соответствует сигнатуре в преамбуле CD, станция MES прекращает попытки доступа и передает сообщение об ошибке на MAC уровень.

Этап 12: Если станция MES принимает положительный индикатор приема AP и CDI от APC/CD/CA-ICH с совпадающими сигнатурами, и если CA сообщения указывает на один из каналов PCPCH, которые были указаны как свободные в последнем принятом радиовещательном сигнале CSICH, станция MES передает начальную преамбулу передачи τ_{p-ip} мс позже момента начала AP/CDP. Исходная мощность передачи должна быть ΔP_{p-m} (дБ) выше, чем мощность передачи AP/CDP. Передача участка сообщения пачки импульсов начинается сразу после начальной преамбулы передачи. Регулировка мощности на участке сообщения выполняется в соответствии со слотом команды TRP на линии вниз, связанным с PCPCH в канале CPCH-CCPCH.

Этап 13: Во время пакетной передачи данных канала CPCH, станция MES и спутниковая сеть доступа (RAN) выполняют регулировку мощности по внутренней цепи на участке сообщения канала PCPCH.

При передаче преамбулы и сообщений, MES может использовать метод предварительной компенсации сдвига Доплера, основанный на оценке сдвига Доплера в несущей на линии вниз.

4.3.7.4.4.3 Регулировка мощности

4.3.7.4.4.3.1 Регулировка мощности с открытой цепью

Регулировка мощности с открытой цепью используется для регулировки передаваемой мощности в физическом канале случайного доступа. Прежде чем передавать кадр случайного доступа, MES измеряет принимаемую мощность в первичном общем физическом канале управления на линии вниз на протяжении достаточно долгого времени для устранения любого влияния невзаимных многолучевых замираний. На основании оценок мощности и значения мощности передачи в первичном CCPCH (передаются в радиовещательном режиме в канале BCCH), можно найти потери на трассе на линии вниз, включая замирания из-за затенения. Из этой

оценки потерь на трассе, знания уровня помех на линии вверх и требуемого принимаемого SIR, можно найти мощность передачи в физическом канале случайного доступа. Уровень помех на линии вверх, а также требуемое принимаемое значение SIR передается в радиовещательном режиме в канале BCCH.

Регулировка мощности с открытой цепью используется также при установлении выделенного канала трафика и может дополнительно непрерывно активироваться до освобождения выделенного канала трафика.

4.3.7.4.4.3.2 Регулировка мощности по замкнутой цепи

Медленная регулировка мощности по замкнутой цепи выполняется Уровнем 3 (RRC) на основании отчетов станции MES об измерениях для линии вниз и измерений сигналов станции MES на линии вверх.

Кроме того, регулировка мощности по замкнутой цепи на Уровне 1 с частотой одна команда регулировки мощности передачи (TPC) в кадре.

4.3.7.4.4.4 Разнесение передачи с выбором луча

Разнесение передачи с выбором луча (SSTD) – это метод макро разнесения в режиме с мягким переключением. Этот метод является дополнительным в спутниковой сети доступа (RAN). Изменяя мощность принимаемого сигнала каналов CPICH, передаваемых в активных лучах, станция MES периодически выбирает один из лучей из своего набора активных лучей и назначает его "первичным", все остальные лучи определяются как "непервичные". Луч с наибольшей мощностью CPICH детектируется как первичный луч. Канал DPDCH на линии вниз передается в первичном луче, тогда как канал DPDCH на линии вниз передается в непервичных лучах.

Для того чтобы выбрать первичный луч, каждому лучу присваивается временный идентификатор (ID) и станция MES периодически сообщает соединенным лучам ID первичного луча. ID первичного луча доставляется станцией MES к активным лучам в поле FBI канала DPDCH на линии вверх.

Временный ID назначается каждому луч во время SSTD, и этот ID используется как сигнал выбора луча. В радиокadre передается один 15-битовый код ID.

Луч определяет свой статус как "непервичный", если одновременно выполняются следующие условия:

- принимаемый ID код не соответствует его собственному ID коду;
- качество принимаемого сигнала на линии вверх удовлетворяет порогу качества, установленному сетью.

Статус лучей (первичный или непервичный) в активном множестве синхронно обновляется. Если луч принимает кодированный ID на линии вверх в кадре j , статус луча на линии вниз обновляется в кадре $(j + 1 + T_{os})$, где T_{os} определяется более высокими уровнями (значение T_{os} определяется сетью в соответствии с задержкой двусторонней передачи в луче).

4.3.8 Спецификации спутникового радиointерфейса H

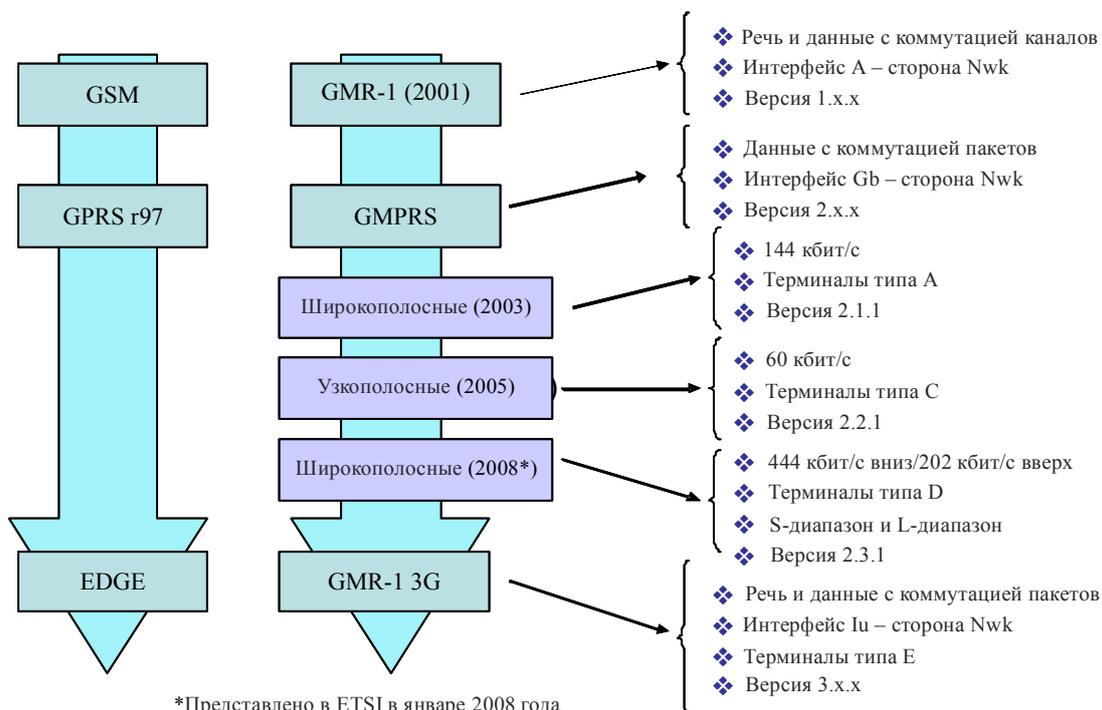
Радиointерфейс SRI-H – это эволюционный радиointерфейс спутниковой системы подвижной связи третьего поколения (3G), который создан на основе проверенного и развернутого радиointерфейса GMR-1. GMR-1 (GEO-Mobile Radio-1) – это спецификация радиointерфейса спутниковой системы подвижной связи, которая опубликована в 2001 году как ETSI (ETSI TS 101 376), так и TTA (S-J-STD-782). Версия ETSI несколько раз обновлялась, в ней появлялись улучшения, дополнительные функции и техобслуживание. Этот раздел является кратким описанием этого радиointерфейса. Описание фильтра смотрите в опубликованной спецификации. Эволюция радиointерфейса GMR-1 с добавлением к нему функций и услуг 3G представляется и рассматривается для целей стандартизации в спецификации радиointерфейса ETSI как радиointерфейса GMR-1 3G в 2008 году.

Путь разработки и стандартизации GMR-1 соответствует развитию сети радиодоступа GSM/EDGE или GERAN как показано на рисунке 111.

Спецификация радиointерфейса GMR-1, основанного на TDMA, была впервые стандартизована в ETSI в 2001 году (GMR-1 Release 1) на основе архитектуры протокола GSM с дополнительной оптимизацией для спутниковой связи и с использованием интерфейса A с центральной сетью (см. рисунок 112). Радиointерфейс GMR-1 Release 1 поддерживает услуги, совместимые с GSM и использует инфраструктуру сети GSM. Он разработан для использования с двухмодовыми терминалами (спутниковая/наземная связь), позволяющим пользователю перемещаться между спутниковыми сетями GMR-1 и наземными сетями GSM. Функции включают в себя спектрально эффективную передачу голоса, факс, устойчивый к задержкам, надежные непрозрачные услуги передачи данных со скоростями до 9,6 кбит/с, SMS, услуги сотового радиовещания, услуги на основе информации позиционирования, роуминг модуля идентификации абонента (SIM), сигнализация с высоким проникновением и вызовы между терминалами с единичными спутниковыми пролетами. Система,

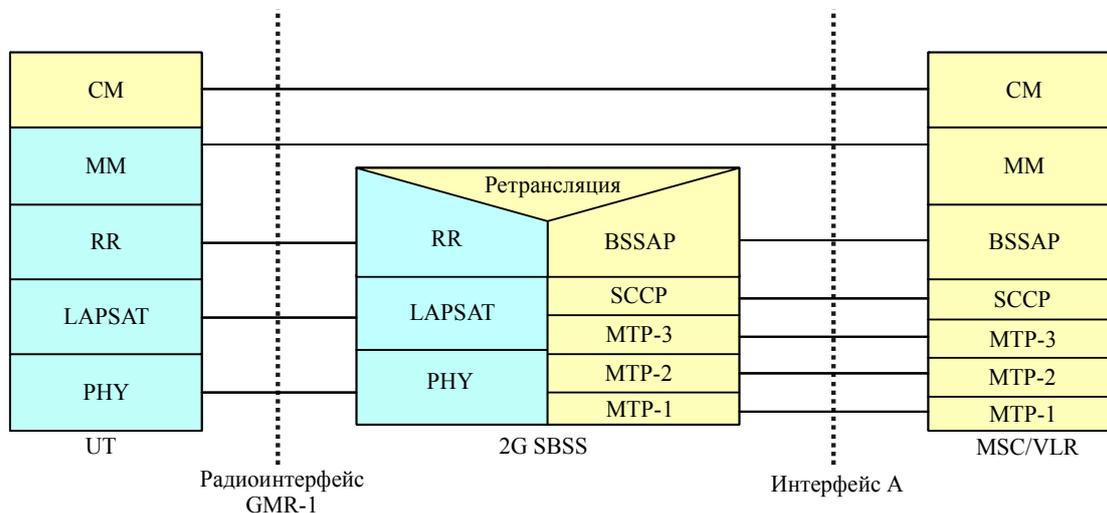
основанная на стандарте GMR-1 Release 1, широко используется сегодня в Европе, Африке и на Среднем Востоке.

РИСУНОК 111



1850-111

РИСУНОК 112



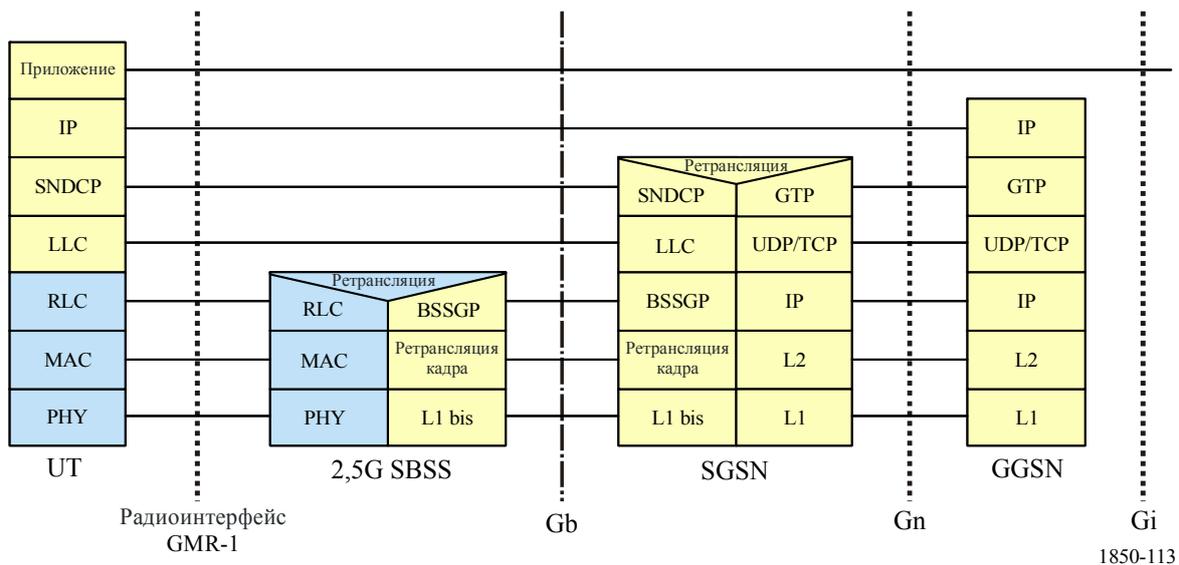
1850-112

Спецификация с коммутацией каналов обновлялась в техническом комитете ETSI SES еще дважды – в 2002 году (Версия 1.2.1) и в 2005 году (Версия 1.3.1).

GMR-1 использует мультиплексирование с временным разделением в прямом канале и многостанционный доступ с временным разделением в обратном канале.

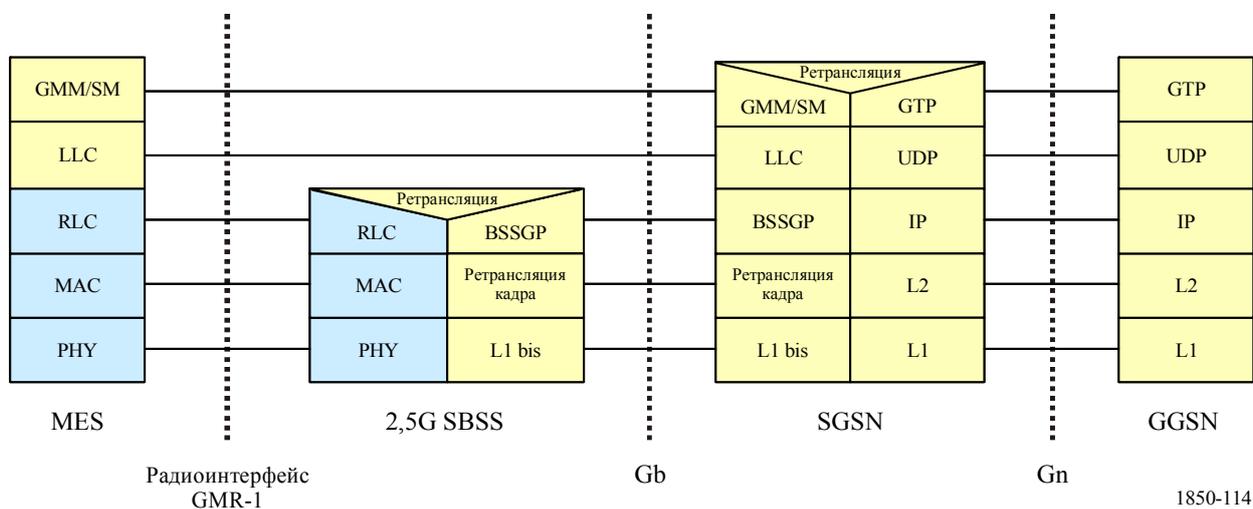
В 2003 году спецификация GMR-1 была расширена за счет добавления возможности коммутации пакетов и опубликована как GMPRS-1 (GCO-Mobile Packet Radio System) или GMR-1 Release 2. Система GMPRS-1 предоставляет IP-услуги передачи данных на переносимые терминалы, используя технологию GPRS с интерфейсом Gb с центральной сетью. На рисунках 113 и 114 показана архитектура протокола радиointерфейса GMR-1 для плоскости пользователя и плоскости управления, использующей интерфейс Gb на стыке с центральной сетью. Множество специальных дополнений для спутниковой связи было введено на уровнях PHY и MAC стека протокола для увеличения пропускной способности и спектральной эффективности.

РИСУНОК 113



1850-113

РИСУНОК 114



1850-114

GMPRS-1 Версия 2.1.1 поддерживает двустороннюю пакетную передачу данных со скоростями до 144 кбит/с, различное QoS для разных пользователей и динамическую адаптацию канала. GMPRS-1 Версия 2.2.1, опубликованная в 2005 году, поддерживает узкополосные пакетные услуги передачи данных на носимые терминалы, которые допускают скорости до 28,8 кбит/с на линии вверх и 64 кбит/с на линии вниз. Широкополосная пакетная услуга передачи данных предусматривает скорость до 444 кбит/с в прямом канале и 202 кбит/с в обратном канале для переносимых терминалов размером А5 в новой версии, которая в настоящее время пересматривается техническим комитетом по подвижным спутниковым системам (ПСС) ETSI SES. Эта новая версия будет опубликована как GMPRS-1 Версия 2.3.1. Система позволяет также достигать скорости до 400 кбит/с на линии вверх с внешней антенной. Этот последний набор спецификаций использует новейшие методы на уровне PHY, такие как коды LDPC и модуляцию 32-APSK, и могут предоставлять услуги двусторонней потоковой передачи.

Система, использующая спецификации GMR-1, Release 2, была успешно развернута и интенсивно используется в Европе, Африке, Азии и на Среднем Востоке.

Спецификация GMR-1 3G представленная в этом году на рассмотрение технического комитета ETSI SES MSS в составе семейства спутниковых радиointерфейсов IMT-2000 в качестве добровольного стандарта. GMR-1 3G, основана на адаптации радиointерфейса ETSI TDMA EDGE к условиям спутниковой связи (см. Рек. МСЭ-R М.1457-6, IMT-2000 TDMA с одной несущей). Следовательно, GMR-1 3G является спутниковым эквивалентом системы EDGE. Архитектура протокола основана на 3GPP Release 6, но в качестве радиointерфейса используется TDMA. Следовательно, в соответствии со спецификациями ETSI 3GPP, спутниковая базовая станция эквивалентна системе GERAN. Система GMR-1 3G разработана так, чтобы выполнялись требования системы беспроводной связи спутниковой компоненты третьего поколения (3G).

Спецификация GMR-1 3G использует интерфейс Iu-PS между радиосетью и центральной сетью. Цель состоит в том, чтобы позволить операторам ПСС предоставлять новейшие IP-услуги на базе IMS. Ключевые возможности, включенные в этот радиointерфейс, следующие:

- Спектрально эффективная многоскоростная передача VoIP с компрессией, использующей заголовков в нулевом байте.
- Устойчивые сигналы для замыкания канала с терминалами UT, имеющие вид наземных устройств.
- Пропускная способность до 592 кбит/с.
- Работа с несколькими несущими в полосе канала.
- Множество типов терминалов – Носимые терминалы, PDA, автомобильные, портативные и стационарные.
- Мультимедийные IP-услуги.
- Различной QoS для разных пользователей и разных приложений.
- Динамическая адаптация канала.
- Совместимость с IPv6.
- Прокси элементы для улучшения характеристик.
- Переключение наземной/спутниковой сети.
- Протоколы не модифицированной среды без доступа (NAS) с центральной сетью COTS.

Другие целевые функции включают в себя MBMS и "нажми и говори" с эффективным использованием ресурсов. Системы на основе спецификаций радиointерфейса GMR-1 3G в настоящее время разрабатываются по всему миру для операторов ПСС, работающих как в диапазоне частот 1,5/1,6 ГГц, так и в диапазоне 2 ГГц. На рисунках 115 и 116 показана архитектура протокола радиointерфейса GMR-1 3G для плоскости пользователя и плоскости управления, использующей интерфейс Iu-PS на стыке с центральной сетью.

РИСУНОК 115

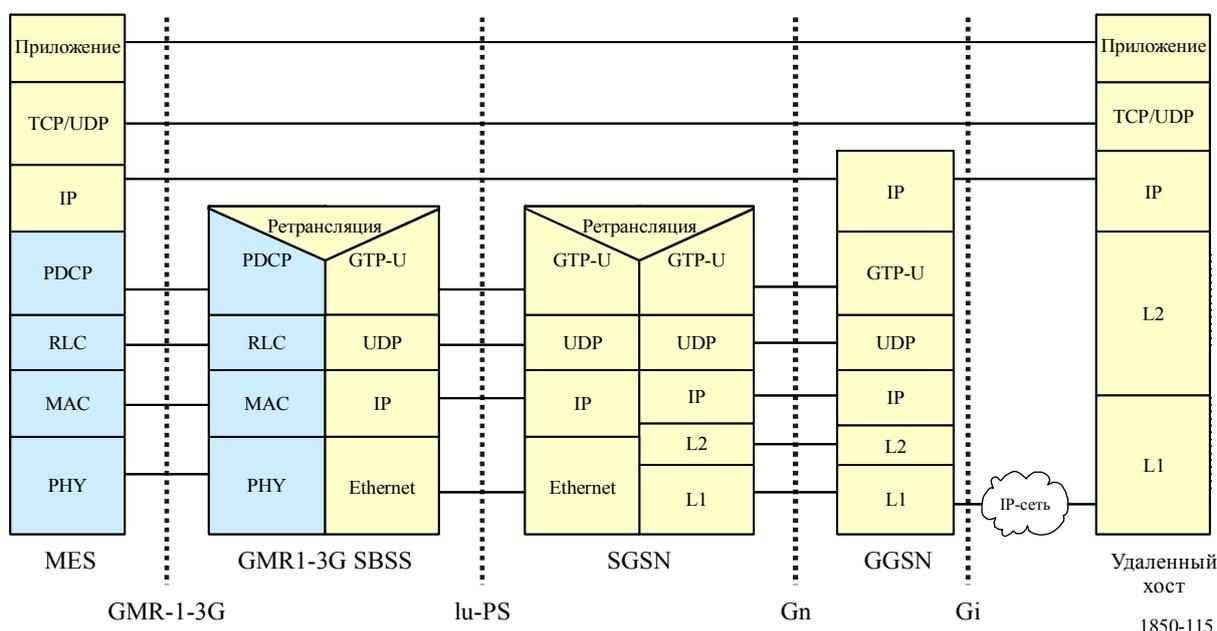
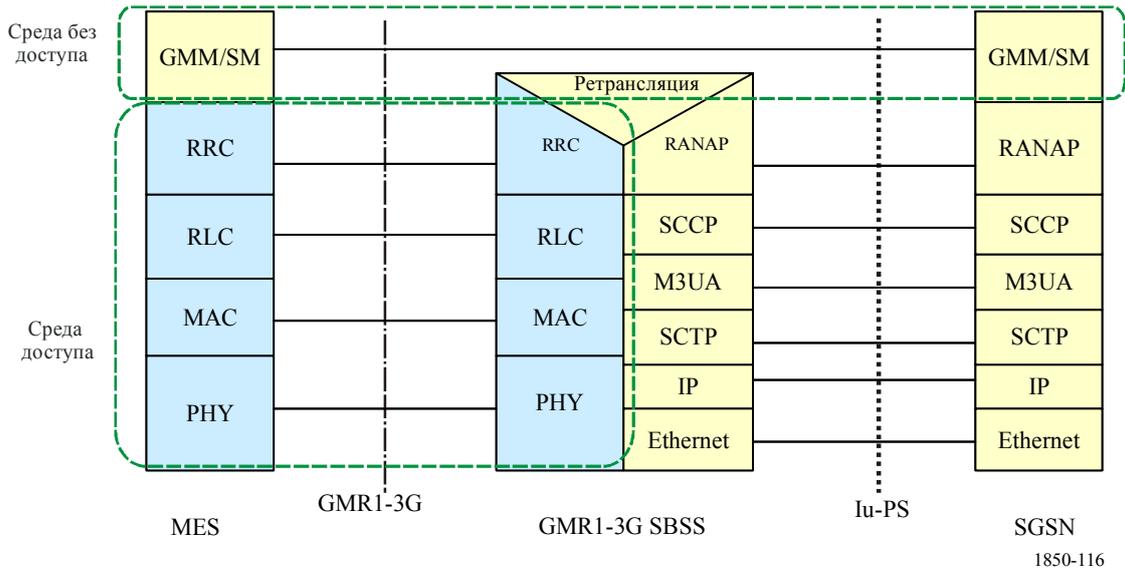


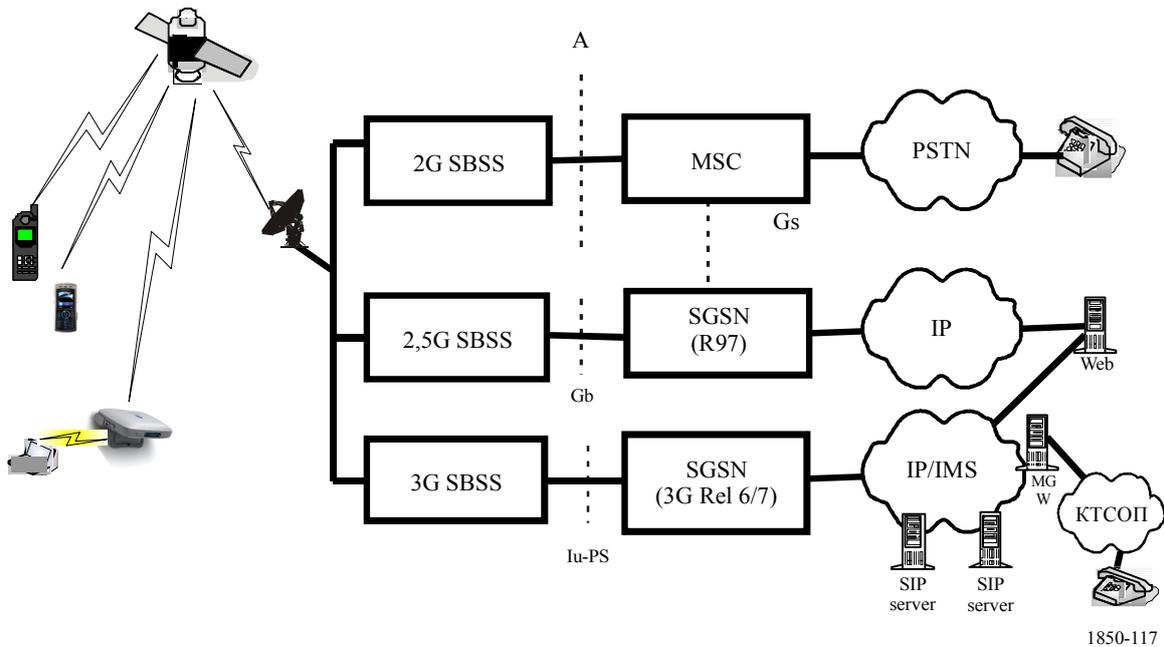
РИСУНОК 116



Сквозная архитектура, демонстрирующая радиointерфейс GMR-1 3G с различными интерфейсами на стыке с центральной сетью показана на рисунке 117. Оператор может выбрать собственный вариант архитектуры (A, Gb, Iu-PS) или их комбинацию.

В этом описании термин "GMR-1" используется как указание на атрибуты радиointерфейса и на систему, которая использует интерфейс A и интерфейс Gb. Там где конкретный атрибут применим только к интерфейсу A или интерфейсу Gb, он будет указан как GMR-1 (режим A) или GMR-1 (режим Gb), соответственно. Термин GMR-1 3G используется для указания на атрибуты радиointерфейса и систему, которая использует интерфейс Iu-PS, и будет называться GMR-1 3G (режим Iu). Если никакого интерфейса не указано, значит этот атрибут является общим для всех интерфейсов.

РИСУНОК 117



GMR-1 3G работает в режиме FDD с шириной полосы РЧ каналов от 31,25 кГц до 312,5 кГц. Обеспечивает более мелкое деление спектра, что упрощает совместное использование спектра различными системами.

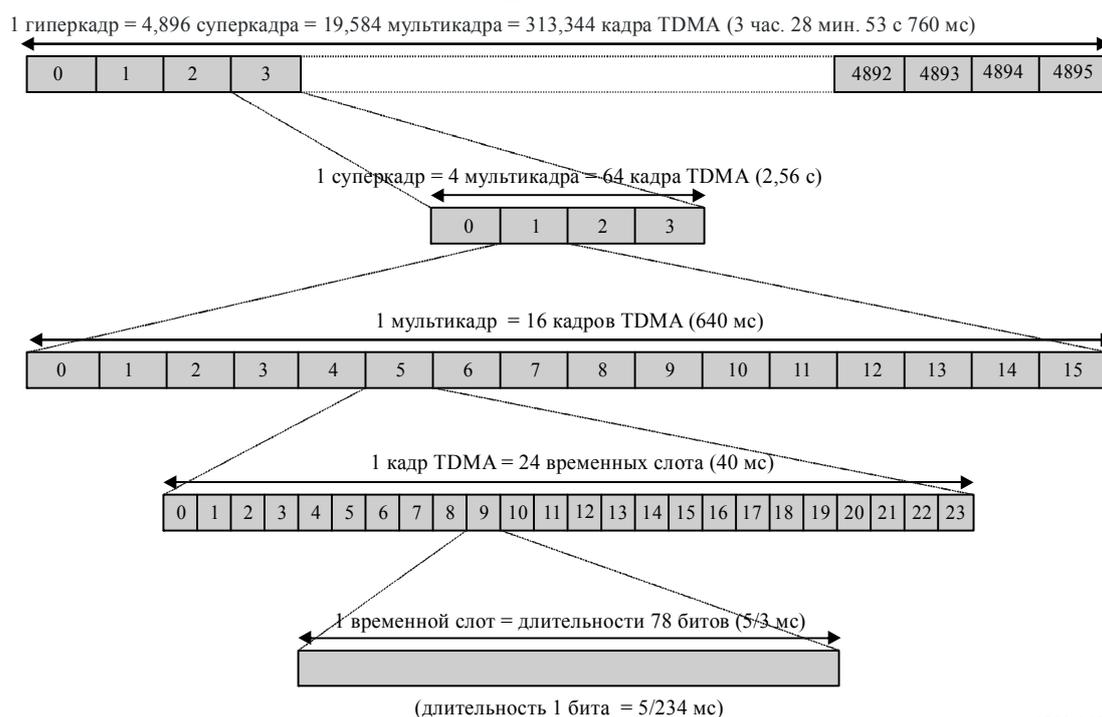
GMR-1 3G предоставляет широкий диапазон услуг передачи данных в канале от 1,2 до 592 кбит/с. Могут поддерживаться высококачественные услуги электросвязи, включая телефонию с голосовым качеством и услуги передачи данных в условиях глобального спутникового покрытия.

4.3.8.1 Временная структура

Эталонная временная структура (ETSI TS 101 376-5-7) показана на рисунке 118. Слоты времени в кадре TDMA пронумерованы от 0 до 23, и каждому слоту присвоен номер слота (TN). Кадры TDMA имеют номер кадра (FN). Номер кадра является циклическим и лежит в пределах от 0 до $FN_MAX = (16 \times 4 \times 4 \ 896) - 1 = 313 \ 343$. Номер кадра увеличивается в конце каждого кадра TDMA. Полный цикл номеров кадра TDMA от 0 до FN_MAX определяется как гиперкадр. Другие комбинации кадров включают в себя:

- Мультикадры. Мультикадр состоит из 16 кадров TDMA. Мультикадры синхронизированы так, что FN первого кадра в мультикадре (по модулю 16) всегда = 0.
- Суперкадры. Суперкадр состоит из четырех мультикадров. Суперкадры синхронизированы так, что FN первого кадра в суперкадре (по модулю 64) всегда = 0.
- Информационный цикл системы. Информационный цикл системы имеет ту же длину, что и суперкадр. Однако первый кадр информационного цикла системы задержан на целое число кадров (0–15) от начала суперкадра. Реальная задержка преднамеренно меняется от луча к лучу для уменьшения требований спутника к пиковой мощности. Каналы FCCH и BCCH используются для достижения синхронизации информационных циклов системы на станции MES.

РИСУНОК 118



4.3.8.2 Каналы

От радиоподсистемы требуется поддерживать определенное число логических каналов ETSI TS 101 376-5-2, которые можно разделить на две общие категории:

- каналы трафика (ТСН);
- каналы управления (ССН).

4.3.8.2.1 Каналы трафика

Каналы трафика С коммутацией каналов или в режиме А включают в себя каналы, перечисленные в таблице 52. Эти каналы трафика являются двусторонними.

ТАБЛИЦА 52

Тип канала	Возможность для информации пользователя	Общая скорость передачи данных	Модуляция	Канальное кодирование
ТСН3	Кодированная речь	5,85 кбит/с	$\pi/4$ CQPSK	Конволюционное
ТСН6	Данные пользователя: 4,8 кбит/с Fax: 2,4 или 4,8 кбит/с	11,70 кбит/с	$\pi/4$ CQPSK	Конволюционное
ТСН9	Данные пользователя: 9,6 кбит/с Fax: 2,4; 4,8 или 9,6 кбит/с	17,55 кбит/с	$\pi/4$ CQPSK	Конволюционное

Определяются каналы пакетной передачи, которые обеспечивают скорости передачи данных от 8,8 кбит/с до 587,2 кбит/с.

Канал пакетной передачи трафика (PDTCH) соответствует ресурсу, распределенному отдельной MES в одном физическом канале для передачи данных пользователя. Различные логические каналы могут быть динамически мультиплексированы в одном канале PDTCH. Канал PDTCH использует модуляцию $\pi/2$ BPSK, $\pi/4$ QPSK, 16 APSK или 32 APSK. Все каналы пакетной передачи трафика являются однонаправленными, либо на линии вверх (PDTCH/U) для передачи пакетов, создаваемых подвижной станцией, либо на линии вниз (PDTCH/D) для передачи пакетов, принимаемых подвижной станцией.

Каналы PDTCH используются для передачи пакетов данных трафика либо в режиме Gb, либо в режиме Iu. Те, что применимы для режима Gb, перечислены в таблице 53, а те, что применимы Iu, перечислены в таблице 54. Различные каналы PDTCH определяются суффиксом (m, n) , где m указывает ширину полосы физического канала, в который преобразуется PDTCH, $m \times 31,25$ кГц, а n определяет число слотов времени, распределенных этому физическому каналу. В таблицах 53 и 54 показаны различные типы каналов пакетной передачи трафика PDTCH $(m, 3)$, $(m = 1, 4, 5 \text{ и } 10)$, где длительность пачки импульсов равна 5 мс, PDTCH $(m, 6)$, $(m = 1, 2)$, где длительность пачки импульсов равна 10 мс, и PDTCH $(m, 12)$, $(m = 5)$, где длительность пачки импульсов равна 20 мс.

Выделенный канал трафика (DTCH) используется для передачи трафика пользователя, когда выделенный канал (DCH) распределен терминалу, работающему в режиме с выделенным каналом. Канал DTCH однонаправленный. Канал DTCH/U используется на линии вверх, а DTCH/D используется на линии вниз. Канал DTCH может поддерживать передачу кодированной речи со скоростью либо 2,45, либо 4,0 кбит/с. В таблице 54 показаны различные типы каналов пакетной передачи трафика DTCH $(m, 3)$, $(m = 1, 4, 5 \text{ и } 10)$, где длительность пачки импульсов равна 5 мс, DTCH $(m, 6)$, $(m = 1, 2)$, где длительность пачки импульсов равна 10 мс, и DTCH $(m, 8)$, $(m = 1)$, где длительность пачки импульсов равна 13,333 мс.

ТАБЛИЦА 53

Каналы	Направление (U: вверх, D: вниз)	Символьная скорость передачи (ксимвол/с)	Канальное кодирование	Модуляция	Ширина полосы передачи (кГц)	Пиковая скорость передачи (без CRC) (кбит/с)	Пиковая скорость передачи (с CRC) (кбит/с)
PDTCH(4,3)	U/D	93,6	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	125,0	113,6	116,8
PDTCH(5,3)	U/D	117,0	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	156,25	145,6	148,8
PDTCH(1,6)	U/D	23,4	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	31,25	27,2	28,8
PDTCH(2,6)	D/D	46,8	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	62,5	62,4	64,0
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	$\pi/4$ -QPSK	156,25	199,2	199,6
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	16-APSK	156,25	354,8	355,2
PDTCH2(5,12)	D	117,0	LDPC	32-APSK	156,25	443,6	444,0
PDTCH2(5,12)	U	117,0	LDPC	$\pi/4$ -QPSK	156,25	199,2	199,6
PDTCH2(5,12)	U	117,0	LDPC	16-APSK	156,25	399,2	399,6
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	$\pi/4$ -QPSK	156,25	169,6	171,2
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	16-APSK	156,25	342,4	344,0
PDTCH2(5,3)	U/D	117,0	LDPC	32-APSK	156,25	380,8	382,4

ТАБЛИЦА 54

Каналы	Направление (U: вверх, D: вниз)	Символьная скорость передачи (ксимвол/с)	Канальное кодирование	Модуляция	Ширина полосы передачи (кГц)	Пиковая скорость передачи (без CRC) (кбит/с)	Пиковая скорость передачи (с CRC) (кбит/с)
PDTCH(1,6)	U/D	23,4	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	31,25	27,2	28,8
DTCH(1,3)	U/D	23,4	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	31,25	28,8	32,0
DTCH(1,6)	U/D	23,4	Конволюц.	$\pi/2$ -BPSK	31,25	14,4	16,0
DTCH(1,6)	U/D	23,4	Конволюц.	$\pi/4$ -QPSK	31,25	8,8	10,4
DTCH(1,8)	U/D	23,4	Конволюц.	$\pi/2$ -BPSK	31,25	10,8	12,0
PDTCH3(2,6)	U/D	46,8	Турбо	$\pi/4$ -QPSK	62,5	62,4	64,0
PDTCH3(5,3)	U/D	117,0	Турбо	$\pi/4$ -QPSK	156,25	156,80	160,00
PDTCH3(5,3)	D	117,0	Турбо	16-APSK	156,25	252,80	256,0
PDTCH3(5,12)	U/D	117,0	Турбо	$\pi/4$ -QPSK	156,25	185,2	186,0
PDTCH3(5,12)	D	117,0	Турбо	16-APSK	156,25	295,2	296,0
PDTCH3(10,3)	D	234,0	Турбо	$\pi/4$ -QPSK	312,50	344,0	347,20
PDTCH3(10,3)	D	234,0	Турбо	16-APSK	312,50	587,20	590,40

PUI и PRI

Блок MAC/RLC состоит из PUI (Открытая информация пользователя) и PRI (Секретная информация пользователя) как показано на рисунке 119 (ETSI TS 101 376-4-12).

РИСУНОК 119



1850-119

Нагрузкой является Секретная информация (PRI), доставляемая на физический уровень каналным уровнем. PRI включает в себя заголовок MAC и другую избыточную информацию высших уровней. Пиковая скорость передачи нагрузки (без CRC) определяется как максимально достижимая скорость передачи данных PRI при непрерывной передаче, т. е. с использованием всех 24 слотов времени в кадре. Указанные выше пиковые скорости достигаются при кодировании со скоростью 3/4 для PDTCH(4,3) и PDTCH(5,3), и достигаются при кодировании со скоростью 4/5 для PDTCH(1,6) и PDTCH(2,6). Пиковые скорости для PDTCH2(5,12) и PDTCH2(5,3) с кодированием LDPC достигаются для различных схем модуляции со следующими комбинациями скоростей кодирования:

- На линии вниз: 32 APSK со скоростью 4/5, 16 APSK со скоростью 4/5, $\pi/4$ QPSK со скоростью 9/10.
- На линии вверх: 16 APSK со скоростью 9/10, $\pi/4$ QPSK со скоростью 9/10.

Пиковые скорости для турбокодированных каналов PDTCH3(5,12) и PDTCH3(5,3) достигаются для различных схем модуляции со следующими комбинациями скоростей кодирования:

- На линии вниз: 16 APSK со скоростью 2/3, $\pi/4$ QPSK со скоростью 5/6.
- На линии вверх: $\pi/4$ QPSK со скоростью 5/6.

Пиковые скорости для турбокодированного канала PDTCH3(10,3) достигаются для различных схем модуляции со следующими комбинациями скоростей кодирования:

- На линии вниз: 16 APSK со скоростью 2/3, $\pi/4$ QPSK со скоростью 5/6.

4.3.8.2.2 Каналы управления

Каналы управления (ETSI TS 101 376-5-2) предназначены для передачи данных сигнализации или синхронизации. Определено три категории каналов управления: радиовещательный, общий и выделенный. Внутри этих категорий определены конкретные каналы. Как и с каналами трафика, некоторые каналы управления применимы для режимов A, Gb и Iu, а другие – только для некоторого подмножества режимов. Если режим не указан, канал управления применим для всех. Определено два множества каналов управления. В зависимости от доступной э.и.и.м. спутника может быть предпочтительным одно или другое множество. Все радиовещательные и общие каналы управления передаются на несущей в полосе шириной 31,25 кГц.

Радиовещательные каналы управления включают в себя**FCCH или FCCH3**

Каналы FCCH или FCCH3 передают информацию для корректировки частоты подвижной земной станции (MES). Эта корректировка частоты требуется только для работы радиоподсистемы. Канал FCCH используется также в информационном цикле системы синхронизация станции MES. FCCH существует только на линии вниз.

Пачка импульсов в канале FCCH это пакет реальных сигналов, качающийся с амплитудой в три слота. Комплексная огибающая передаваемой пачки импульсов определяется следующим образом (ETSI TS 101 376-5-4):

$$x(t) = p(t) \left[e^{j\phi_0} \sqrt{2} \cos(0,64\pi(t - 58,5T)^2) \right],$$

где ϕ_0 – случайная фаза, а $p(t)$ – линейно нарастающая функция, определенная в опубликованной спецификации. Этот сигнал определяет диапазон качания пакета, как $(-7,488 \text{ кГц}, 7,488 \text{ кГц})$.

Пачка импульсов в канале FSSCH3 это пакет реальных сигналов, качающийся с амплитудой двенадцать слотов. Комплексная огибающая передаваемой пачки импульсов определяется следующим образом:

$$x(t) = p(t) \left[e^{j\varphi_0} \sqrt{2} \cos(0,32\pi(t - 234T)^2) \right],$$

где φ_0 – случайная фаза, а $p(t)$ – линейно нарастающая функция, определенная в опубликованной спецификации. Этот сигнал определяет диапазон качания пакета, как (от $-3,744$ кГц до $3,744$ кГц).

GBCH или GBCH3

Канал GBCH или GBCH3 передает на станции MES сигналы времени от глобальной системы позиционирования (GPS), а также информацию эфемерид для спутников GPS. Описанный ниже PCH также может содержать календарные данные. Канал GBCH существует только на линии вниз.

Каждая пачка импульсов GBCH содержит 108 битов информации и передается в режиме радиовещательной передачи с использованием пачки импульсов DC2, состоящей из двух слотов. Пачка импульсов DC2 использует модуляцию $\pi/4$ CQPSK и кодируется с применением конволюционного кода. GBCH3 содержит ту же информацию, что GBCH, но она отформатирована так, чтобы соответствовать структуре пачки импульсов DC12. Структура пачки импульсов DC12 использует модуляцию $\pi/2$ BPSK и конволюционное кодирование. Каждая пачка импульсов GBCH3 содержит 192 бита информации.

BCCH

Канал BCCH обеспечивает радиовещательную передачу системной информации на станции MES, и существует только на линии вниз. Параметры системной информации BCCH описываются в (ETSI TS 101 376-4-8). Каждая пачка импульсов BCCH содержит 192 бита информации. Каждая пачка импульсов BCCH передается в режиме радиовещательной передачи, используя либо структуру пачки импульсов BCCH, либо структуру пачки импульсов DC12. Структура пачки импульсов BCCH имеет длину шесть слотов и передается в режиме радиовещательной передачи, используя модуляцию $\pi/4$ CQPSK с применением конволюционного кода.

Общие каналы управления

Канал CCCH включает в себя следующие общие каналы управления.

PCH

Канал пейджинга (PCH): только на линии вниз, используется для пейджинговой передачи данных на станции MES. Каждая пачка импульсов PCH содержит 192 бита информации и передается в режиме радиовещательной передачи, используя либо шестислотовую пачку импульсов DC6, либо пачку импульсов DC12. Пачка импульсов DC6 передается в режиме радиовещательной передачи, используя модуляцию $\pi/4$ CQPSK и кодируется с применением конволюционного кода.

RACH или RACH3

Канал случайного доступа (RACH): только на линии вниз, используется для запроса распределения ресурсов канала трафика.

AGCH

Канал разрешения доступа (AGCH): только на линии вниз, используется для распределения терминалу ресурсов канала трафика. Каждая пачка импульсов AGCH содержит 192 бита информации и передается в режиме радиовещательной передачи, используя либо шестислотовую пачку импульсов DC6, либо пачку импульсов DC12.

BACH

Базовый канал оповещения (BACH): только на линии вниз, используется для оповещения станций MES. Каждая пачка импульсов BACH имеет длину в два слота и передается в режиме радиовещательной передачи, используя модуляцию BPSK.

4.3.8.3 FEC

GMR-1 3G использует новейшие схемы FEC (ETSI TS 101 376-5-3). В таблице 55 перечислены схемы FEC, поддерживаемые системой GMR-1 3G.

ТАБЛИЦА 55

Кода FEC	Размер блока FEC (биты информации)	Примечания
Конволюционный код	Между 20 и 1 000 битов	Ограниченная длина $K = 5, 6, 7$ и 9 . Скорость материнского кода $1/4, 1/3$ и $1/2$. Различные скорости при помощи прореживания. Отыскание хвостов для получения небольших блоков FEC
Турбо код	Между 200 и 6 000 битов	Основан на турбокоде 3GPP/3GPP2. Различные скорости при помощи прореживания
Код Рида-Соломона	Блок из 9 информационных символов по 4 бита	Систематический код Рида-Соломона (15,9)
Расширенный код Голея	12 битов информации	Расширенный код Голея (12,24)
Код LDPC (Проверки четности с малой плотностью)	Между 500 и 9 000 битов	Основан на коде DVB-S2 LDPC. Дальнейшая оптимизация для получения небольших блоков FEC
Код CRC (Циклической проверки избыточности)	Между 20 и 9 000 битов	3, 5, 8, 12, 16 битовая CRC для обнаружения ошибок

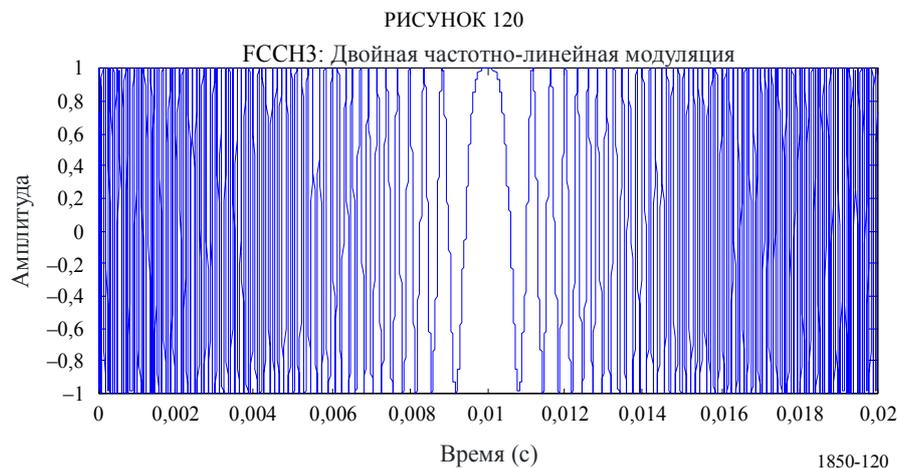
После кодирования FEC биты дополнительно прореживаются, перемежаются и скремблируются до модуляции. Подробности можно найти в ETSI TS 101 376-5-3.

4.3.8.4 Модуляция

GMR-1 3G использует методы модуляции, эффективно использующие ресурсы спектра и мощности, определенные в ETSI TS 101 376-5-4. Описанные в спецификации схемы модуляции таковы:

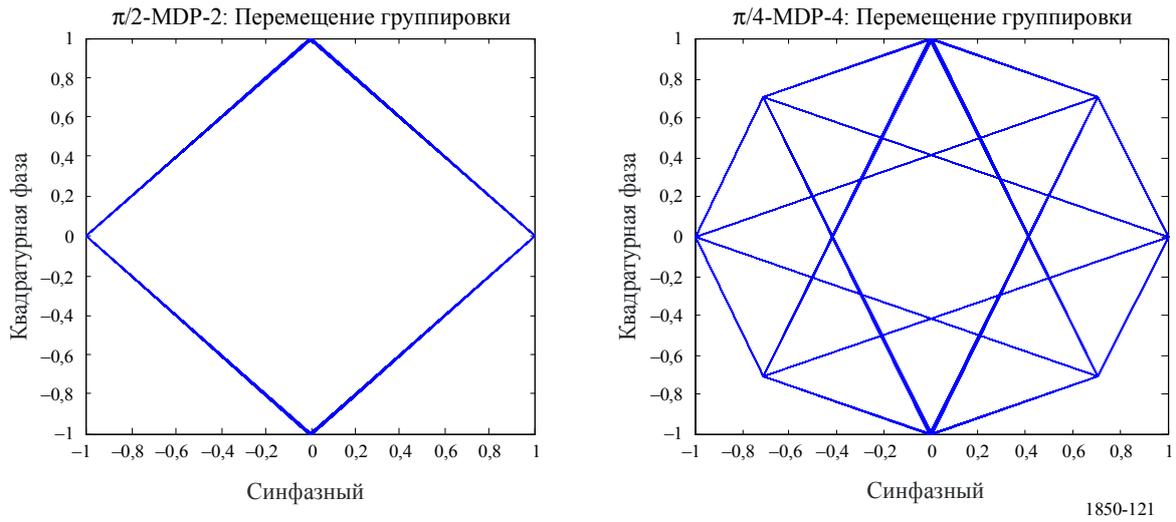
- двойная линейно-частотная модуляция;
- $\pi/2$ -BPSK, $\pi/4$ -QPSK, 16 APSK и 32 APSK.

Двойная линейно-частотная модуляция – это частотно-модулированный сигнал с постоянной огибающей, который используется для начальной синхронизации UT и определения частоты в канале корректировки частоты (FCCH). Сигнал двойной линейно-частотной модуляции показана на рисунке 120.



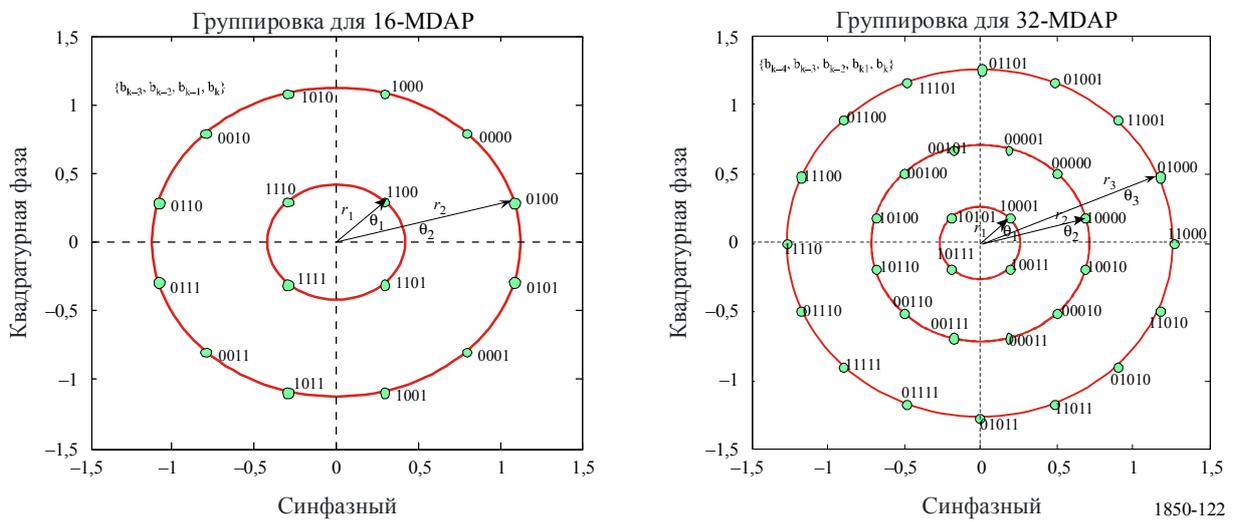
Каналы управления используют либо $\pi/2$ -BPSK, либо $\pi/4$ -QPSK, а каналы трафика используют $\pi/2$ -BPSK, $\pi/4$ -QPSK, 16 APSK или 32 APSK в зависимости от скорости передачи данных. Группировка сигнала для модуляции $\pi/2$ -BPSK и $\pi/4$ -QPSK показана на рисунке 121, а для 16 APSK, и 32 APSK показана на рисунке 122.

РИСУНОК 121



1850-121

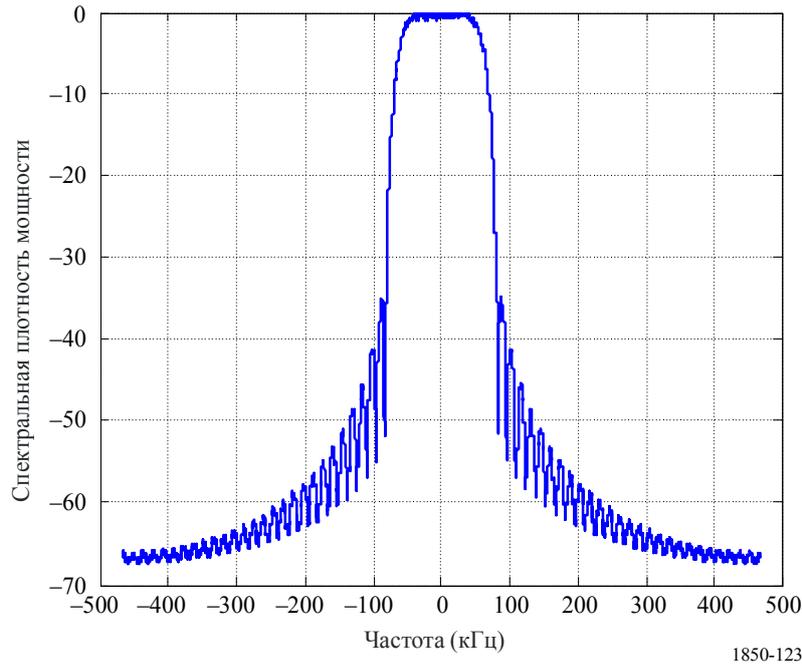
РИСУНОК 122



1850-122

Модулированный сигнал это импульсы определенной формы, сформированной при помощи фильтра с характеристикой квадратного корня из приподнятого косинуса (SQRC) с коэффициентом спада 0,35. Например, спектральная плотность мощности (PSD) сигнала PNB3(5,3), модулированного по методу $\pi/4$ -QPSK показана на рисунке 123.

РИСУНОК 123



В таблице перечислены 56 отношения пиковой и средней скорости (PAPR) для разных схем модуляции. Принятые в GMR-1 3G схемы модуляции, такие как $\pi/2$ -BPSK, $\pi/4$ -QPSK или 16-APSK, имеют значения PAPR намного меньше, чем у обычных схем BPSK, QPSK и 16-QAM.

ТАБЛИЦА 56

Модуляция	$\pi/2$ -BPSK	BPSK	QPSK	$\pi/4$ -QPSK	16-QAM	16-APSK	32-APSK
PAPR (дБ)	1,84	3,86	3,86	3,17	6,17	4,72	5,91

4.3.8.5 Регулировка мощности и адаптация канала

GMR-1 3G поддерживает регулировку мощности и адаптацию канала, как определено в ETSI TS 101 376-5-6. Регулировка мощности и адаптация канала позволяют системе оптимально управлять радиоресурсами в соответствии качеством канала пользователя.

Цель адаптации скорости к модуляции и коде состоит в том, чтобы :

- отрегулировать полосу пропускания в соответствии с уникальными условиями в канале каждого пользователя, при поддержании надежной передачи.

Для обратного канала подвижного терминала, задачи регулировки мощности заключаются в том, чтобы:

- уменьшить помехи в совмещенном канале на приемнике спутника за счет обеспечения того, что все сигналы от различных УТ принимаются на спутнике примерно с одним уровнем;
- свести к минимуму расход мощности УТ за счет использования э.и.и.м., минимально необходимой для установления соединения для данных условий канала.

Адаптация канала

Пакетные услуги передачи данных используют процедуры регулировки скорости кодирования и схемы модуляции, как в прямом, так и в обратном канале (ETSI TS 101 376-5-6).

Сеть выбирает скорость кодирования/схему модуляции, как для прямого, так и для обратного направлений на основе информации о качестве сигнала и уровне мощности, имеющейся в сети и полученной от терминалов.

Терминал идентифицирует скорость кодирования и модуляцию, выбранные сетью, читая заголовок физического уровня (PUI) в каждой пачке импульсов прямого канала.

Регулировка мощности

Выделенный канал использует регулировку мощности и для обратного и для прямого канала (ETSI TS 101 376-5-6). В услуге пакетной передачи данных регулировка мощности используется в обратном направлении. Мощность передачи на UT регулируется так, чтобы достичь ожидаемого, но не чрезмерного качества сигнала на стороне сети. Мощность, передаваемая терминалом, может быть изменена в диапазоне на 24 дБ меньше максимальной мощности с шагом 0,4 дБ.

Поддерживается и регулировка мощности по замкнутой цепи, и регулировка мощности с открытой цепью.

При регулировке мощности по замкнутой цепи мощность передатчика терминала UT регулируется на основе данных измерений качества принимаемого сигнала, выполняемых сетью. Из-за времени двусторонней передачи скорость реакции в замкнутой цепи на изменение канала мала. Регулировка с открытой цепью предназначена для смягчения влияния замираний. Сеть выбирает вид регулировки мощности для терминала на основе данных измерений качества, выполняемых физическим уровнем сети во время переданной пачки импульсов от UT.

При регулировке мощности с открытой цепью, измерения качества принимаемого сигнала на UT обрабатываются используются для быстрой регулировки мощности передатчика UT, если качество сигнала внезапно ухудшается. Этот подход предполагает, что существует некоторая статистическая корреляция между затенением приема и передачи. Этот подход используется на терминалах UT для ускорения реакции регулировки мощности для противодействия затенениям.

4.3.8.6 Организация канала управления

Подвижная спутниковая служба может использовать для синхронизации либо трехслотовую пачку импульсов FCCH, либо 12-слотовую пачку импульсов FCCH3 (ETSI TS 101 376-5-2). Выбор зависит от доступной для спутника э.и.м. В таблице 57 перечислены типы пачек, используемые в радиовещательном и общем каналах управления для случаев, когда используется FCCH, а в таблице 58 перечислены типы пачек, используемые в радиовещательном и общем каналах управления для случаев, когда используется FCCH3.

Станция MES будет сканировать либо FCCH, либо FCCH3 и сможет принимать другие каналы управления в зависимости от того, какая версия канала корректировки частоты принимается.

ТАБЛИЦА 57

Канал управления	Тип пачки импульсов
FCCH	FCCH
BCCH	BCCH
GBCH	DC2
PCCH	DC6
AGCH	DC6
BACH	BACH

ТАБЛИЦА 58

Канал управления	Тип пачки импульсов
FCCH3	FCCH3
BCCH	DC12
GBCH3	DC12
PCCH	DC12
AGCH	DC12
BACH	BACH

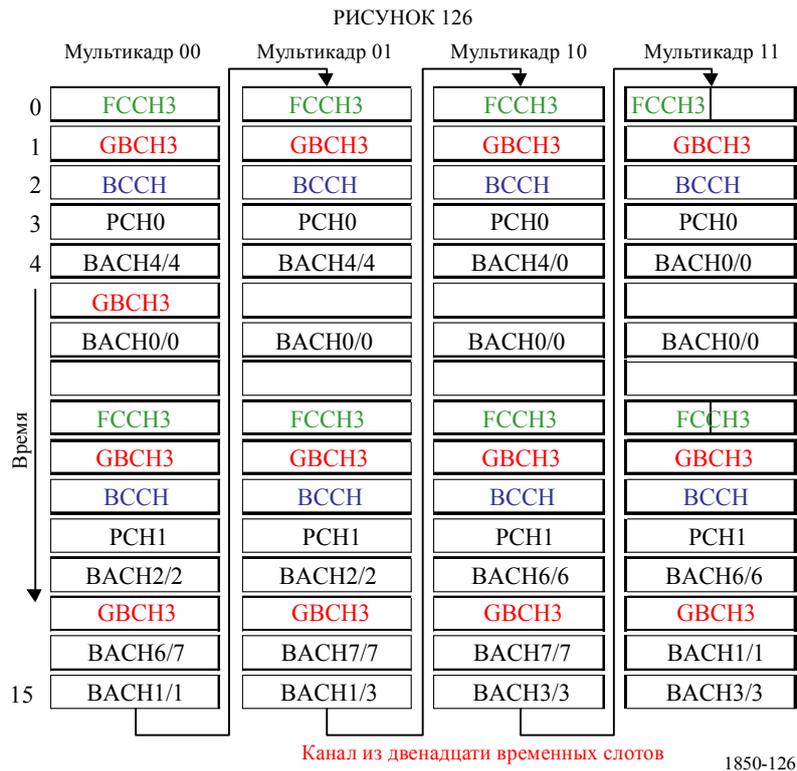


РИСУНОК 127



4.3.8.7 Структура уровня MAC/RLC

Структура уровня MAC (ETSI TS 101 376-4-12) для радиointерфейса SRI-I основана на GPRS/EDGE MAC (смотрите также 3GPP 44.160) со специфической для спутников оптимизацией, целью которой является смягчение влияния длинных задержек. Эта оптимизация предназначена для увеличения пропускной способности за счет минимизации избыточности протоколов и максимального использования полосы пропускания, обеспечиваемой физическим уровнем. Спутниковые системы подвижной связи, основанные на этих улучшениях уровня MAC, были успешно развернуты в полевых условиях.

MAC выполняет следующие функции:

- Конфигурация преобразования между логическими каналами и базовыми каналами.
- Выбор логических каналов для радиоканала передачи данных сигнализации.
- Выбор логических каналов для радиоканала передачи данных пользователя.
- Присвоение, переконфигурация и освобождение совместно используемых ресурсов для TBF.
- Передача результатов измерения UT и контроль отчетности.

- Радиовещательная передача/прослушивание каналов BCCH и CCCH.
- Шифрование и дешифрование для прозрачного режима в режиме Iu.
- Идентификация различных потоков трафика одной или нескольких станций MES в совместно используемом канале.
- Мультиплексирование/демультиплексирование блоков PDU высшего уровня.
- Мультиплексирование/демультиплексирование нескольких TBF в одном канале PDTCH.
- Составление расписания данных RLC/MAC и управлением блоками PDU, доставляемых в физический канал по совместно используемому каналу.
- Деление/восстановление блоков PDU RLC/MAC на/из нескольких совместно используемых логических каналов.

RLC работает в режиме с подтверждением (AM) или в режиме без подтверждений (UM). Функции включают в себя:

- Сегментацию PDU высшего уровня на блоки данных RLC.
- Конкатенцию PDU высшего уровня на блоки данных RLC.
- Заполнение битами для заполнения блока данных RLC.
- Дезассемблирование блоков данных RLC в PDU блоки данных верхнего уровня.
- Доставку PDU высшего уровня внутри последовательности.
- Адаптацию канала.
- Шифрование и дешифрование в режиме Iu.
- Проверку номера последовательности для обнаружения потери блоков RLC.

В режиме Iu RLC может также работать в прозрачном режиме для спектрально эффективной передачи VoIP.

В дополнение к вышесказанному RLC выполняет следующие функции, когда работает в режиме ACK:

- Процедура обратной коррекции ошибок (BEC), позволяющая выполнять селективную ретрансляцию блоков данных RLC.
- Отбрасывание RLC SDU, которые еще не сегментированы на отдельные RLC PDU, в соответствии с требованиями соответствующих радиоканалов передачи данных.

4.3.8.8 Структура уровня RRC

Структура уровня управления радиоресурсами (RRC) для SRI-I основана на спецификации RRC режима Iu ETSI GERAN (3GPP 44.018 и 3GPP 44.118) со специальной для спутников оптимизацией с целью борьбы с длительными задержками и достижения лучшей эффективности использования спектра.

Модель состояния RRC основана на состояниях RRC, определенных в 3GPP TS 44.018 и показанных на рисунке 128.

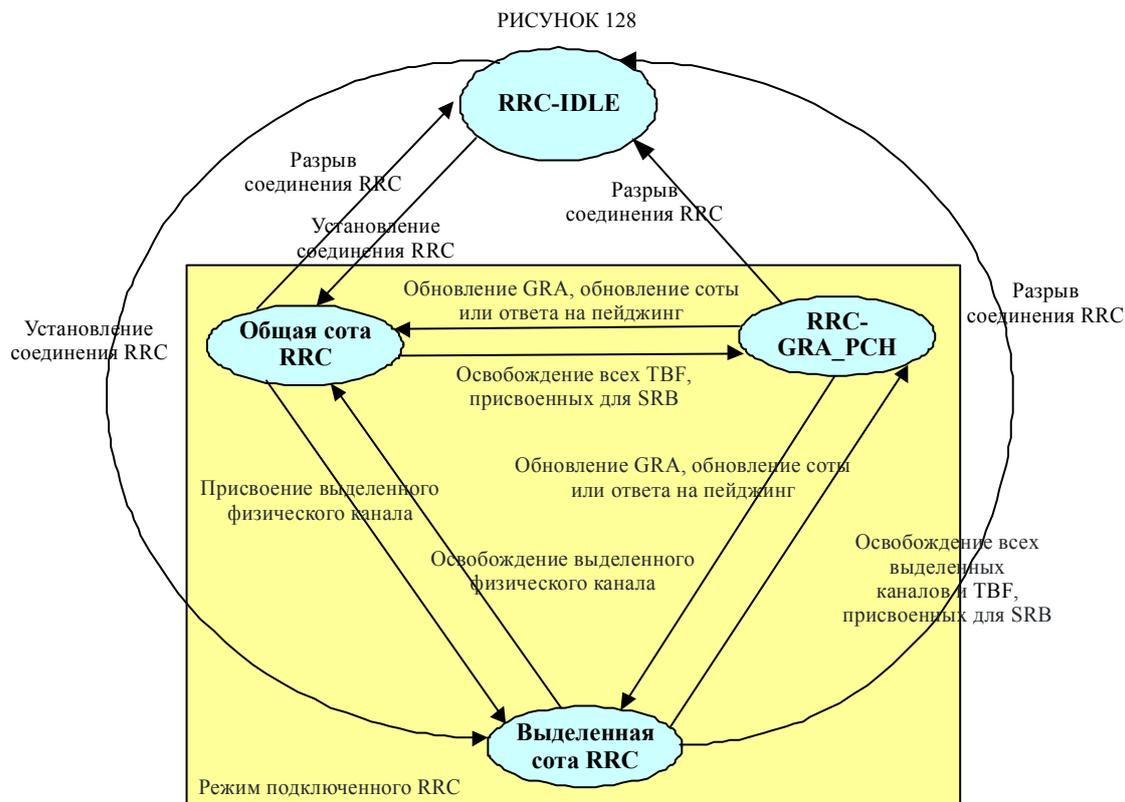
Функции RRC включают в себя:

- Присвоение, переконфигурацию и освобождение радиоресурсов для соединения RRC.
- Установление, переконфигурацию и освобождение радиоканалов передачи данных.
- Освобождение соединений сигнализации.
- Пейджинг.
- Маршрутизацию PDU высшего уровня.
- Управление требуемым QoS.
- Управление шифрованием и защитой целостности.
- Защиту целостности.
- Поддержку услуг определения местоположения.
- Управление опережением.

Специальные для спутников улучшения на уровне RRC включают в себя:

- Улучшение процедуры обновления соты для уменьшения числа двусторонних передач.
- Быстрое установление соединения RRC с использованием RACH.
- Быстрое обновление GRA с использованием RACH/PRACH.

- Быстрый разрыв/освобождение соединения RRC с использованием AGCH.



1850-128

4.3.8.9 Структура уровня PDCP

Структура уровня протокола конвергенции пакетных данных (PDCP) основана на 3GPP TS 25.323 со специальными для спутников улучшениями. Структура PDCP показана на рисунке 129.

PDCP выполняет следующие функции:

- Компрессия заголовка и декомпрессия IP-данных (например, заголовки TCP/IP и RTP/UDP/IP для IPv4 и IPv6) на блоке приема и передачи, соответственно.
- Передача данных пользователя. Эта функция используется для передачи данных между пользователями услуг PDCP.
- Поддержка нескольких последовательностей PDCP.

PDCP использует услуги, предоставляемые подуровнем управления радиоканала (RLC).

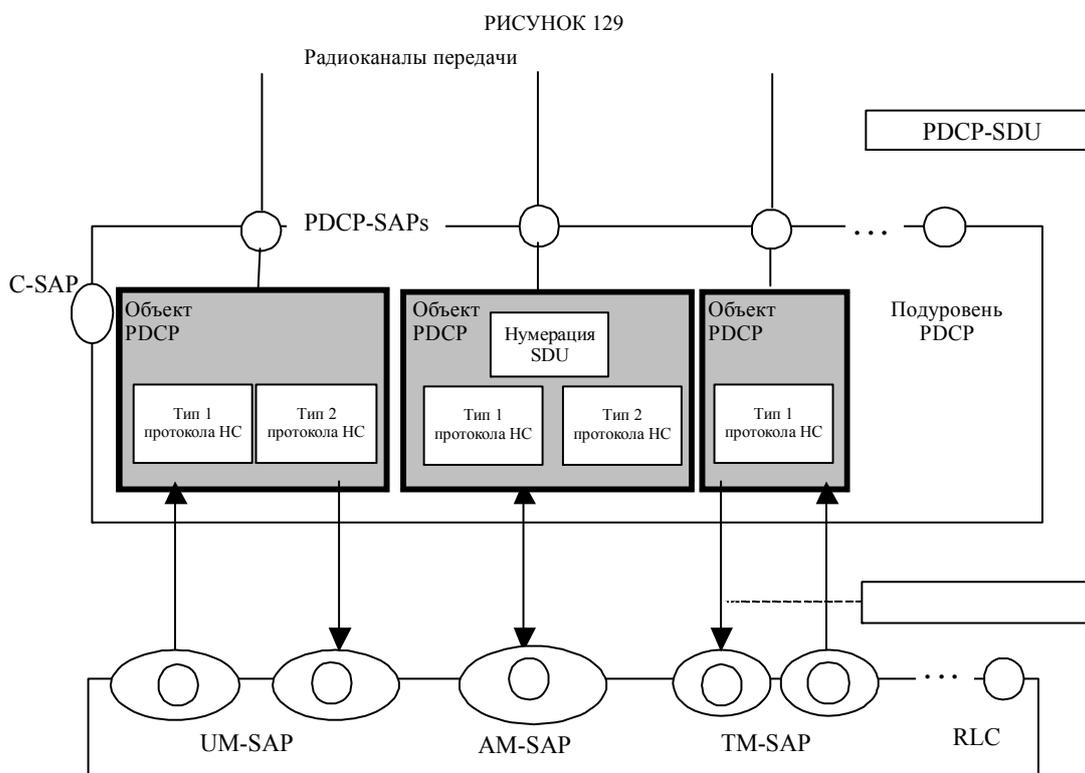
Специальная для спутников оптимизация включает в себя:

- Ранние процедуры установления контекста.
- Компрессия заголовка в нулевом байте.
- Эффективная обработка пакетов RTCP.
- Эффективная обработка заголовков IPv6 RTP/UDP/IP.
- Взаимодействие с прокси элементами улучшения качества TCP.

Преимущества функций уровня PDCP включают в себя:

- Повышение эффективности использования спектра и снижение использования мощности спутника.
- Увеличение емкости.
- Увеличение срока службы аккумулятора UT.

- Улучшение времени интерактивного ответа.
- Снижение коэффициента потерянных пакетов.



1850-129

4.3.8.10 Типы терминалов

GMR-1 3G поддерживает широкий диапазон типов терминалов от малых носимых терминалов до стационарных или перевозимых терминалов с большим усилением (ETSI TS 101 376-5-2). Поддерживаются обе скорости передачи речи 2,45 и 4 кбит/с с использованием компресси нулевого бита заголовка, а также трафик IP-данных с полосами пропускания, зависящими от типа терминала. Поддерживаются следующие технические характеристики терминалов.

- Идентификатор типа GMR терминала (кодированная точка сигнализации).
- Многослотовый класс (ограничения на передачу в пакете импульсов для небольших терминалов).
- Класс мощность (смотрите опубликованные спецификации).
- Поддерживаемые типы каналов (FCCN и/или FCCN3 и т. д.).
- Режим передачи (полудуплексный или дуплексный).
- Режим использования (носимый, стационарный и т. д.).
- Тип антенны (внутренняя или внешняя, с линейной или круговой поляризацией и т. д.).
- Поддерживаемые сетевые интерфейсы (режим A, Gb или Iu).
- Рабочий диапазон частот (2 ГГц, 1,5/1,6 ГГц).

4.3.8.11 Вывод

GMR-1 3G является расширением опубликованного в ETSI (ETSI TS 101 376) и TTA (S-J-STD-782) стандарта GMR-1 подвижной спутниковой связи, обеспечивающее поддержку услуг IMT-2000. В настоящее время система GMR-1 используется в системе подвижной спутниковой связи, обслуживающей Европу, Африку, Азию и Средний Восток. Система GMR-1 3G в настоящее время создается в Северной Америке.

GMR-1 3G предоставляет услуги IMT-2000 на самые разные терминалы и поддерживает пакетную передачу данных со скоростями от 2,45 до 592 кбит/с.

GMR-1 3G поддерживает спектрально эффективную передачу компрессированных голосовых сигналов с нулевым байтом заголовка.

GMR-1 в настоящее время является спецификацией радиointерфейса, опубликованной в ETSI (ETSI TS 101 376) и TTA (S-J-STD-782), а GMR-1 3G будет представлена в качестве стандарта для рассмотрения.

5 Рекомендации по пределам нежелательных излучений от терминалов спутниковых систем IMT-2000

Нежелательные излучения от терминалов спутниковых систем IMT-2000 должны соответствовать пределам, установленным в соответствующих Рекомендациях МСЭ-R (например, для НГСО и ГСО спутниковых систем, работающих в определенных полосах частот в диапазоне 1–3 ГГц, все терминалы должны соответствовать уровням, определенным в Рекомендациях МСЭ-R М.1343 и МСЭ-R М.1480, соответственно).

Приложение 1

Сокращения

3GPP	3rd Generation Partnership Project		Проект партнерства третьего поколения
AI	Acquisition indicator		Индикатор приема
AICH	Acquisition indicator channel		Канал индикатора приема
ALT	Automatic radio link transfer		Автоматическая передача радиоканала
AP	Access preamble		Преамбула доступа
ARQ	Automatic repeat request		Автоматическое повторение запроса
AS	Access slot		Слот доступа
AVP	Attribute value pair		Пара значения атрибута
BCH	Broadcast channel		Радиовещательный канал
BCCH	Broadcast control channel		Радиовещательный канал управления
BEC	Backward error correction		Исправление ошибок переспросом
BER	Bit error ratio	КОБ	Коэффициент ошибок по битам
BPSK	Binary Phase Shift Keying		Двоичная фазовая манипуляция
BS	Base station	БС	Базовая станция
BSDT	Beam selection diversity transmission technique		Метод разнесенной передачи с выбором луча
CCCH	Common control channel		Общий канал управления
CCPCH	Common control physical channel		Общий физический канал управления
CDMA	Code division multiple access		Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
CDP	Collision detection preamble		Преамбула обнаружения коллизий
CLoS	Clear line of sight		Свободная прямая видимость
CN	Core network		Центральная сеть
CPCH	Common packet channel		Общий канал пакетной передачи
CPICH	Common pilot channel		Общий пилотный канал

CSICH	CPCH status indicator channel	Канал индикаторов состояния CPCH
CTCH	Common traffic channel	Общий канал трафика
DCCCH	Dedicated control channel	Выделенный канал управления
DPCCH	Dedicated physical control channel	Выделенный физический канал управления
DPDCH	Dedicated physical data channel	Выделенный физический канал передачи данных
DRA	Direct radiating array	Антенная решетка прямого излучения
DS-CDMA	Direct spread CDMA	CDMA с прямой последовательностью
DSCH	Downlink shared channel	Совместно используемый канал на линии вниз
DTCH	Dedicated traffic channel	Выделенный канал трафика
DTMF	Dual-tone multiple frequency	Двухтональный многочастотный набор
FACH	Forward access channel	Прямой канал доступа
FBI	Feedback information	Информация обратной связи
FCH	Frame control header	Заголовок управления кадром
FCCH	Frequency correction channel	Канал корректировки частоты
FDD	Frequency division duplex	Дуплекс с частотным разделением
FDMA	Frequency division multiple access	Многостанционный доступ с частотным разделением каналов
FEC	Forward error correction	Упреждающая коррекция ошибок
FER	Frame error ratio	Коэффициент ошибок по кадрам
FFT	Fast Fourier transform	Быстрое преобразование Фурье
FSW	Frame synchronization word	Слово кадровой синхронизации
FTP	File transfer protocol	Протокол передачи файлов
GBCH	GPS broadcast channel	GPS Радиовещательный канал
GCC	Ground control centre	Центр управления земными станциями
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network	Сеть радиодоступа GSM EDGE
GMR-1	GEO-Mobile Radio -1	ГЕО-подвижная радиосвязь-1
GPS	Global Positioning System	Глобальная система определения местоположения
HDLC	High-level data link control	Управление высокоуровневыми данными
HP-CCPCH	High penetrating common control physical channel	Общий физический канал управления высокого проникновения
IMS	IP multimedia subsystems	IP мультимедийные подсистемы
IMR	Intermediate module repeater	Промежуточный модуль ретранслятора
IP	Internet protocol	Интернет протокол
IWF	Interworking functions	Функции взаимодействия
LDPC	Low density parity check code	Код проверки четности низкой плотности
LES	Land earth stations	Сухопутные земные станции
MAC	Medium access control	Управление доступом к среде передачи
MBMS	Multimedia broadcast/multicast service	Мультимедийная радиовещательная/многоадресная услуга
MC	Multi-carrier	С несколькими несущими
MES	Mobile earth station	Подвижная земная станция

MF	Multiframe		Мультикадр
MOE	Minimum output energy		Минимальная выходная энергия
MRC	Maximum ratio combining		Комбинирование с максимальным коэффициентом
MTCH	MBMS traffic channel		Канал трафика MBMS
MTs	Mobile terminals		Подвижные терминалы
NCCH	Notifications control channel		Канал управления уведомлениями
OCQPSK	Orthogonal complex QPSK		Ортогональная комплексная QPSK
OVSF	Orthogonal variable spreading factor		Ортогональный переменный коэффициент расширения
PBX	Private branch exchange		Офисная автоматическая телефонная станция
PCCC	Parallel concatenated convolution code		Параллельный конкатентный конволюционный код
PCH	Paging channel		Канал пейджинга
PC-P	Power control preamble		Преамбула регулировки мощности
PCPCH	Physical common packet channel		Общий физический канал пакетной передачи
P-CPICH	Primary common pilot channel		Первичный общий пилотный канал
PDCP	Packet data convergence protocol		Протокол объединения пакетных данных
PDSCH	Physical downlink shared channel		Совместно используемый физический канал на линии вниз
PDSCCH	Physical downlink shared control channel		Совместно используемый физический канал управления на линии вниз
PDTCH	Packet data traffic channel		Канал трафика пакетных данных
PDU	Protocol data unit		Блок данных протокола
PFM	Pre-compensated frequency modulation		Частотная модуляция с предварительной компенсацией
PI-CCPCH	Pilot common control physical channel		Пилотный общий физический канал управления
PLMN	Public land mobile network	ССПСИ	Сеть сухопутной подвижной связи общего пользования
PRACH	Physical random access channel		Физический канал случайного доступа
PRI	Private user information		Секретная информация пользователя
PSC	Primary sync code		Первичный код синхронизации
PSDN	Public Switched Data Network		Коммутируемая сеть передачи данных общего пользования
PSTN	Public Switched Telephone Network	КТСОП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
PUI	Public user information		Открытая информация пользователя
QoS	Quality of service		Качество обслуживания
QPSK	Quadrature phase shift keying		Квадратурная фазовая манипуляция
RACH	Random access channel		Канал случайного доступа
RF	Radio frequency		Радиочастота
RLC	Radio link control		Управление радиоканалом
RNC	Radio network controller		Контроллер радиосети
RNS	Radio network sub-systems		Подсистемы
RRC	Radio resource control		Управление радиресурсами радиосети
RRM	Radio resource management		Управление радиресурсами
RTCH	Random traffic channel		Канал случайного трафика

S-CCPCH	Secondary common control physical channel		Вторичный общий физический канал управления
S-CPICH	Secondary common pilot channel		Вторичный общий пилотный канал
SC	Single-carrier		С одной несущей
SCC	Satellite control centre		Центр управления спутниками
SCH	Synchronization channel		Канал синхронизации
SCPC	Single-channel-per-carrier	ОКН	Один канал на несущую
SDO(s)	Standards development organization(s)	ОРС	Организация(и) по разработке стандартов
SDU	Service data unit		Блок служебных данных
SF	Spreading factor		Коэффициент расширения
SFN	System frame number		Системный номер кадра
SI	Status indicator		Индикатор состояния
SIR	Signal-to-interference ratio		Отношение сигнал-помеха
SIM	Subscriber identity module		Модуль идентификации абонента
SMS	Short message service		Служба коротких сообщений
SRAN	Satellite radio access network		Спутниковая сеть радиодоступа
SRI-E	Satellite radio interface E		Спутниковый радиointерфейс E
SS	Subscriber station		Абонентская станция
SSC	Secondary sync code		Вторичный код синхронизации
SSDT	Spot selection diversity transmission		Разнесенная передача с выбором луча
SSTD	Beam selection transmit diversity		Разнесенная передача с выбором луча
SW-CDMA	Satellite wideband CDMA		Спутниковый широкополосный CDMA
TDD	Time division duplex		Дуплексная передача с временным разделением
TDMA	Time division multiple access		Многостанционный доступ с временным разделением каналов
TFCI	Transport-format combination indicator		Индикатор комбинации транспорт-формат
TPC	Transmit power control		Регулировка мощности передачи
TT&C	Telemetry, telecommand, and control		Телеметрия, телеуправление и телеконтроль
TTI	Transmission time interval		Интервал времени передачи
UBR	Unassured bit rate		Негарантированная скорость передачи
UE	User equipment		Оборудование пользователя
URL	Uniform resource locator		Унифицированный указатель ресурсов
UT	User terminal		Терминал пользователя
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access		Универсальный наземный радиодоступ
WCDMA	Wideband CDMA		Широкополосный CDMA
W-C/TDMA	Wideband (hybrid) code and time-division multiple access	Вт-С/TDMA	Широкополосный (гибридный) многостанционный доступ с кодовым и временным разделением каналов
W-O-C/TDM	(Hybrid) wideband orthogonal CDM/TDM	Вт-O-С/TDM	(Гибридный) широкополосный ортогональный CDM/TDM
W-QS-QO-C/TDMA	(Hybrid) wideband quasi-synchronous quasi-orthogonal CDMA/TDMA	Вт-QS-QO-С/TDMA	(Гибридный) широкополосный квазисинхронная квазиортогональный CDMA/TDMA