

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1391-1

**Методология расчета требуемого радиочастотного спектра
для спутниковой составляющей ИМТ-2000***

(1999-2006)

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлена методология расчета требуемого радиочастотного спектра для спутниковой составляющей ИМТ-2000. Эта методология основана на требованиях и задачах, определенных в соответствующих рекомендациях по ИМТ-2000.

Методология структурирована таким образом, чтобы не зависеть от особенностей работы различных систем, которые включают в себя спутниковую составляющую (например, орбит). Характер служб, которые, как предполагается, будут поддерживаться системой, следует учитывать путем выбора соответствующих значений входных параметров.

2 Введение

Международная подвижная электросвязь (ИМТ-2000) с помощью одной или нескольких радиолиний предоставляет доступ к широкому спектру служб электросвязи, поддерживаемых фиксированными сетями электросвязи (например, КТСОП/ЦСИС), а также к другим службам, предназначенным для подвижных пользователей.

Предполагается наличие множества типов подвижных терминалов, связывающихся с наземными или спутниковыми сетями, причем эти терминалы могут быть разработаны для подвижного или фиксированного использования.

Ключевыми особенностями ИМТ-2000 являются:

- высокая степень общности проектов по всему миру;
- совместимость служб в рамках ИМТ-2000 и с другими фиксированными сетями;
- высокое качество;
- использование небольшого карманного терминала, имеющего возможность всемирного роуминга;
- возможность использования мультимедийных приложений и широкий спектр служб.

ИМТ-2000 определяется набором взаимозависимых Рекомендаций МСЭ, одной из которых является и настоящая Рекомендация.

Спутниковая составляющая ИМТ-2000 позволит частично удовлетворить постоянно возрастающую общую потребность в подвижных службах. Учитывая, что наземная и спутниковая составляющие ИМТ-2000 взаимно дополняют друг друга и предлагают совместные услуги, можно сделать вывод, что каждая из них требует наличия спектра соответствующей ширины. Для расчета требований к спутниковой составляющей ИМТ-2000 необходима специальная методология. Кроме того, следует отметить, что услуги ИМТ-2000 отличаются высокой эффективностью и дружелюбностью по отношению к пользователю (например, мультимедиа). Поэтому следует признать необходимость обеспечения доступа пользователя к различным услугам, совместимым с аналогичными услугами наземной составляющей ИМТ-2000.

* Эта методология может также использоваться для последующих после ИМТ-2000 систем.

3 Рекомендации, связанные с этим вопросом

В основу настоящей Рекомендации положены Рекомендация МСЭ-R М.818 (Работа спутника в составе ИМТ-2000) и Рекомендация МСЭ-R М.1167 (Структура спутниковой составляющей ИМТ 2000). В ней признаются требования к спутниковой составляющей, сформулированные в Рекомендации МСЭ-R М.1034 (Требования к радиоинтерфейсу(ам) для ИМТ-2000), учитываются потребности развивающихся стран (см. Рекомендацию МСЭ-R М.819) и постоянно возрастающий интерес к услугам с повышенной скоростью передачи данных.

4 Базовая информация

Начальная точка разработки методологии неизбежно определяется формой статистических данных о трафике электросвязи и их доступностью. В предыдущих рекомендациях, касающихся данного вопроса, отмечалось, что спутниковая составляющая ИМТ-2000 может иметь разные формы, каждая из которых является результатом оптимизации с целью удовлетворения потребностей предполагаемого рынка. В настоящей Рекомендации рассматриваются два типа спутникового трафика ИМТ-2000, именуемые мультимедийным и немультимедийным трафиком. Предполагается, что потребность в трафике будет выражаться в мегабайтах в месяц или в минутах в месяц.

В общих чертах можно ожидать, что развитие технологии со временем приведет к уменьшению спектра, требуемого для поддержания пользовательского трафика данного объема для данной категории услуг. Например, технические достижения, связанные с кодированием источника и конструкцией антенны, позволили добиться более эффективного повторного использования частот в системах, что привело к повышению общей эффективности использования спектра. Для комплекса услуг, поддерживаемых ИМТ-2000, использование пакетной коммутации и методов, допускающих задержку, также может внести свой вклад в повышение эффективности использования спектра.

Ожидается, что эти усовершенствования в использовании спектра будут включены в системы ИМТ-2000. Они позволят компенсировать дополнительные потребности в спектре, вызванные прогнозируемым ростом потребностей потребительского трафика вследствие роста числа клиентов, который может стимулироваться появлением новых услуг. Все эти факторы учитывались при разработке и в процессе применения методологии расчета спектра.

5 Рекомендуемая методология

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

рекомендует

5.1 использовать для расчета требований к частотному спектру спутниковой составляющей ИМТ-2000 нижеследующую методологию.

5.2 Обзор

Спутниковый трафик ИМТ-2000 из пункта в пункт разделен на две основные категории: мультимедийный и немультимедийный трафик. Мультимедийный трафик – это трафик, который, как предполагается, осуществляется с помощью новейших систем, поддерживающих высокую скорость передачи данных, узкий точечный луч и услуги с коммутацией пакетов. Немультимедийный трафик – это трафик, который, как предполагается должен осуществляться системами, поддерживающими лишь низкую скорость передачи данных, более широкие точечные лучи и услуги с коммутацией каналов. Хотя могут быть и другие типы систем, например системы с очень узкими точечными лучами, поддерживающие лишь услуги узкополосной связи, подобное разделение считается полезным в том отношении, что оно отражает диапазон различных технологий, которые, как ожидается, будут использоваться в период времени, охватываемый данным исследованием.

В отношении мультимедийного трафика предполагается, что весь трафик осуществляется в режиме коммутации пакетов, и сигналы всех услуг мультиплексируются на одних и тех же носителях. Это наиболее эффективный способ переноса определенного объема данных по сети. Спутниковый трафик ИМТ-2000 из пункта в пункт будет обеспечиваться системами подвижной спутниковой службы.

Многоадресный/широковещательный трафик может обеспечиваться системами в рамках РСС или ПСС.

В свою очередь немультимедийный трафик разделен на три служебные категории: низкоскоростной трафик данных, передача сообщений и речевая телефония. Предполагается, что каждая из этих служб переносится на отдельных типах несущих. Помимо трафика ПСС из пункта в пункт, представлена также методология расчета многоадресного трафика.

5.3 Подробное описание

В нижеследующих разделах приводятся уравнения для расчета потребности в спектре для спутниковых систем ИМТ-2000, переносящей мультимедийный трафик (в том числе широковещательный/многоадресный трафик) и немультимедийный трафик, соответственно. При рассмотрении нескольких систем расчет общей потребности в спектре осуществляется путем добавления отдельных потребностей каждой системы.

5.3.1 Мультимедийный трафик

Для расчета требуемого спектра (S (МГц)) для мультимедийных услуг необходимо следующее базовое уравнение:

$$S = N_{beams} \cdot B \cdot \left\lceil \frac{T_{BH} \cdot 8000}{3600 \cdot eff \cdot R} \right\rceil \quad (1),$$

где:

- N_{beams} : число лучей в кластере повторного использования частот
- T_{BH} : трафик в час пик в одном луче (Мбайт)
- B : ширина полосы несущей (МГц)
- eff : коэффициент эффективности для учета средней нагрузки каждой несущей
- R : средняя эффективная скорость передачи данных несущей (кбит/с).

И где $\lceil \cdot \rceil$ означает округление до следующего наибольшего целого значения. Это требуется для получения целого числа несущих.

Прогнозы трафика обычно делаются по целому ряду категорий трафика на основе различных условий, таких как воздушная, сухопутная и морская среда, и различных услуг, например подвижной связи, связи с помощью перевозимых средств и связи на транспортных средствах. Расчет трафика в часы пик, T_{BH} , осуществляется путем добавления требуемого трафика для всех этих категорий (см. уравнение (2a)). Поскольку прогнозы трафика делаются либо в Мбит/с в месяц, либо в минутах в месяц (например, для речевого трафика), требуется преобразование этих прогнозируемых показателей в мегабиты в часы пик. Это делается с помощью следующих уравнений:

$$T_{BH} = \sum_i T_i \quad (2a)$$

$$T_i = \frac{T_{Mi} \cdot P_{BHi} \cdot P_{HSi} \cdot H_i}{MD_i \cdot N_{beams}} \quad (2b)$$

$$T_i = \frac{T_{Mi} \cdot 60 \cdot R_{VC} \cdot P_{BHi} \cdot P_{HSi} \cdot H_i}{8000 \cdot MD_i \cdot N_{beams}}, \quad (2c)$$

где:

- T_{Mi} : прогнозируемый ежемесячный глобальный трафик для категории трафика i ; если он дается в Мбит/с, используется уравнение (2b), а если он дается в минутах, то используется уравнение (2c)
- R_{VC} : скорость кодирования (кбит/с)

- p_{BH_i} : доля суточного трафика, приходящаяся на часы пик, для трафика категории i
- p_{HS_i} : доля глобального трафика, приходящаяся на кластер "горячих точек", для трафика категории i
- H_i : коэффициент смещения часов пик (от 0 до 1) для трафика категории i (см. п. 5.2.3)
- MD_i : коэффициент преобразования месяцев в дни для трафика категории i
- N_{beams} : количество лучей в кластере повторного использования частот.

Следует отметить, что эти уравнения предполагают единообразное распределение трафика по лучам в кластере "горячих точек". При таком упрощении может в определенной степени недооцениваться потребность в спектре.

5.3.2 Применение для широковещательного/многоадресного трафика

Одним из примеров мультимедийного трафика является широковещательный/многоадресный трафик. Необходимо сделать несколько допущений:

В уравнении (1):

- eff : в данном случае равно 1, поскольку широковещательный/многоадресный трафик является трафиком полной нагрузки
- T_{BH} : T является прогнозируемым многоадресным трафиком (Мбит/с) для оказания услуг в зоне охвата лучом, поскольку понятие часа пик к широковещательному/многоадресному трафику не относится.

Далее мы получаем:

$$S = N_{beams} \cdot B \cdot \left[\frac{T \cdot 8000}{3600 \cdot R} \right]. \quad (3)$$

В уравнении (2b):

- T_M : прогнозируемый ежемесячный глобальный трафик, указанный в Мбит/с
- p_{BH} : доля суточного трафика, приходящаяся на часы пик (обычно $p_{BH} = 1/24$)
- p_{HS} : в данном случае равно 1, поскольку трафик не зависит от географического местоположения пользователя
- H : равно единице, поскольку трафик будет равномерно распределен по времени и понятие часа пик к широковещательному трафику не относится
- MD : коэффициент преобразования месяцев в дни (обычно, $MD = 30$ для многоадресного трафика)
- N_{beams} : число лучей в кластере повторного использования частот.

Далее мы получаем:

$$T = \frac{T_M \cdot p_{BH}}{MD \cdot N_{beams}}. \quad (4)$$

5.3.3 Немультимедийный трафик

Как отмечалось в п. 5.2, рассматриваются три типа немультимедийного трафика: низкоскоростной трафик передачи данных, передача сообщений и речевая телефония, каждый из которых, как предполагается, будет переноситься на отдельных типах несущих. Эти три типа трафика обозначены индексом i в нижеследующих уравнениях.

В случае немультимедийного (с коммутацией канала) трафика применяется формула Эрланг-В для преобразования трафика в часы пик в Эрлангах в требуемое число каналов, например:

$$S_i = N_{beams} \cdot ErlangB(T_{Erl,i}, GoS_i) \cdot B_i, \quad (5)$$

где:

- N_{beams} : количество лучей в кластере повторного использования частот
 $T_{Erl,i}$: трафик в часы пик в одном луче (Эрланг) для типа трафика i
 GoS_i : категория обслуживания (вероятность блокировки) для типа трафика i
 B_i : ширина полосы несущей (МГц) для типа трафика i .

$$T_{Erl,i} = \frac{T_{M,i} \cdot H_i \cdot P_{HS,i} \cdot P_{BH,i} \cdot 8000}{N_{beams} \cdot MD_i \cdot R_i \cdot 60 \cdot 60} \quad (6a)$$

$$T_{Erl,i} = \frac{T_{M,i} \cdot H_i \cdot P_{HS,i} \cdot P_{BH,i}}{N_{beams} \cdot MD_i \cdot 60}, \quad (6b)$$

где:

- $T_{M,i}$: прогнозируемый ежемесячный глобальный трафик для типа трафика i ; если он указан в Мбит/с, то применяется уравнение (6a), а если он указан в минутах, то применяется уравнение (6b)
 H_i : коэффициент смещения часов пик (от 0 до 1) для типа трафика i (см. п. 5.2.3)
 $P_{BH,i}$: доля суточного трафика, приходящаяся на часы пик, для типа трафика i
 $P_{HS,i}$: доля глобального трафика, приходящаяся на кластер "горячих точек", для типа трафика i
 MD_i : коэффициент преобразования месяцев в дни для типа трафика i
 N_{beams} : количество лучей в кластере повторного использования частот
 R_i : скорость передачи данных несущей для типа трафика i .

Затем общая потребность в спектре для немультимедийного трафика определяется путем суммирования потребностей трех различных типов трафика, а именно:

$$S = \sum S_i. \quad (7)$$

5.3.4 Дополнительные комментарии по поводу расчета трафика в часы пик

Методология предполагает, что потребности трафика выражаются в Мбит/с или минутах в месяц. Для расчета трафика в часы пик используются коэффициенты месяц-день и день-час пик. Эти коэффициенты следует рассчитывать на основе статистических данных о трафике или предполагаемого поведения трафика, а также с учетом соображений относительно качества обслуживания, например, допустимости задержки предоставления различных услуг.

Расчет спектра следует осуществлять для нескольких районов мира, например для трех Районов МСЭ. Для определения максимального требуемого спектра в том или ином районе можно использовать географические пик-факторы в зависимости от разрешения входных данных о трафике.

Что касается немультимедийного трафика, то поскольку существуют три различных типа трафика, час пик для каждого типа трафика не может наступать в одно и то же время. Потребности в спектре должны рассчитываться с учетом общих часов пик. Коэффициент смещения часов пик, H , позволяет преобразовать трафик в часы пик для каждого типа трафика в трафик в общие часы пик.