

ОТЧЕТ МСЭ-R F.2060

Использование фиксированной службы в транспортной сети ИМТ-2000

(Вопрос МСЭ-R 221/9)

(2005)

1 Введение

В последнее время, по мере увеличения потребности в трафике подвижной связи, представленной ИМТ-2000, важным применением становится использование фиксированной службы (ФС) в транспортной сети в инфраструктуре подвижной связи.

Транспортная сеть ИМТ-2000 обеспечивает соединения различных базовых станций в сети, а также соединения одной базовой станции с другими станциями в инфраструктуре ИМТ-2000, для присоединения сети ИМТ-2000 к другим сетям электросвязи.

2 Сфера применения

Цель данного Отчета заключается в том, чтобы показать, как может использоваться ФС на различных иерархических уровнях транспортной сети ИМТ-2000 для обеспечения соединений базовых станций, а также базовых станций со станциями более высокого уровня в рамках этой транспортной сети. В данном отчете приводится пример использования ФС в транспортной сети ИМТ-2000.

Использование ФС в транспортной сети необходимо для обеспечения работы сетей ИМТ-2000. В зависимости от развития ИМТ-2000 и требуемой пропускной способности на различных уровнях транспортной сети, могут применяться различные диапазоны частот ФС.

В данном Отчете приводятся возможные структуры транспортных сетей ИМТ-2000, включая общие сведения о потребностях систем сотовой связи 3G (ИМТ-2000). В этом отчете также рассматривается возможное использование спектра, который уже распределен ФС. Независимо от пропускной способности сети передачи, выбор диапазонов частот зависит от местной обстановки в разных странах (существующего использования диапазонов частот, количества операторов сетей подвижной связи (ИМТ-2000) и т. д.).

3 Справочные документы

Читатель найдет дополнительное руководство в перечисленных ниже справочных документах:

Рекомендация МСЭ-R F.746:	Планы размещения частот радиостолбов для систем фиксированной службы
Рекомендация МСЭ-R F.758:	Принципы разработки критериев совместного использования частот наземной фиксированной службой и другими службами
Recommendation ITU-R F.1245:	Mathematical model of average radiation patterns for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in certain coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 to about 70 GHz
Recommendation ITU-R F.1399:	Vocabulary of terms for wireless access
Recommendation ITU-R M.1224:	Vocabulary of terms for International Mobile Telecommunications-2000 (ИМТ-2000)

Recommendation ITU-R M.1390:	Methodology for the calculation of IMT-2000 terrestrial spectrum requirements
Рекомендация МСЭ-R P.530:	Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, требующиеся для проектирования наземных систем прямой видимости
Рекомендация МСЭ-R P.676:	Затухание в атмосферных газах
Recommendation ITU-R P.837:	Characteristics of precipitation for propagation modelling
Руководство по внедрению систем IMT-2000:	http://www.itu.int/itudoc/qs/imt2000/84207.html
ECC Report 003:	Fixed service in Europe current use and future trends post-2002

4 Список сокращений

2G	2nd Generation Mobile System		Системы подвижной связи второго поколения
3G	3rd Generation Mobile System (IMT-2000)		Системы подвижной связи третьего поколения (IMT-2000)
AAL	ATM adaptation layer (i.e. AAL 0, AAL 2, AAL 5,...)		Уровень адаптации ATM (т. е. AAL 0, AAL 2, AAL 5,...)
ATM	Asynchronous transfer mode		Режим асинхронной передачи
ATPC	Automatic transmission power control	АРМП	Автоматическое регулирование мощности передатчика
BER	Bit error ratio		Коэффициент ошибок по битам
BS	Base station	БС	Базовая станция
BSC	Base station controller		Контроллер базовой станции
BTS	Base transceiver station		Базовая приемо-передающая станция
CBD	Central business district		Центральный деловой район
CBR	Constant bit rate		Передача битов с постоянной скоростью
CCDP	Co-channel dual polarized		Совпадающая частота с двойной поляризацией
CS	Central station (or Central base station)	ЦС	Центральная станция (или центральная базовая станция)
C/I	Carrier-to-interference ratio		Отношение сигнала несущей частоты к помехе
DSL	Digital subscriber line		Цифровая абонентская линия
FDCA	Fast dynamic capacity allocation		Быстрое динамическое распределение пропускной способности
FL	Feeder loss		Потери в фидере
FM	Fade margin		Запас на замирание
FS	Fixed service	ФС	Фиксированная служба
FSK	Frequency-shift keying		Частотная манипуляция
IMT-2000	International Mobile Telecommunication System-2000		Система международной подвижной электросвязи-2000
IP	Internet protocol		Протокол Интернет
LOS	Line-of-sight		Прямая видимость
MM	Multimedia		Мультимедиа
MSC	Mobile switching centre (2G or 3G)		Центр коммутации подвижной связи (2G или 3G)
OBQ	Offered bit quantity		Количество поступающих битов
PDH	Plesiosynchronous digital hierarchy	ПЦИ	Плещиохронная цифровая иерархия

P-P	Point-to-point		Связь пункта с пунктом
P-MP	Point-to-multipoint		Связь пункта со многими пунктами
POP	Point of presence (of a fibre optical operator)		Точка присутствия (оператора волоконно-оптической связи)
PSK	Phase shift keying	ФМ(н)	Фазовая манипуляция
QAM	Quadrature amplitude modulation		Квадратурная амплитудная модуляция
RF	Radio frequency		Радиочастота
RPE	Radiation pattern envelope (of an antenna)		Огибающая диаграммы направленности (антенны)
SAP	Service access point		Пункт доступа к услуге
SDH	Synchronous digital hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
STM	Synchronous transfer mode	РСП	Режим синхронной передачи
Sub-CS	Sub-central station (or sub-central base station)		Промежуточная центральная станция (или промежуточная центральная базовая станция)
XPD	Cross-polarization discrimination		Развязка по кроссполяризации
XPIC	Crosspolar interference canceller		Корректор кроссполяризационной развязки

5 Структура транспортной сети ИМТ-2000

5.1 Пример иерархических уровней транспортной сети ИМТ-2000

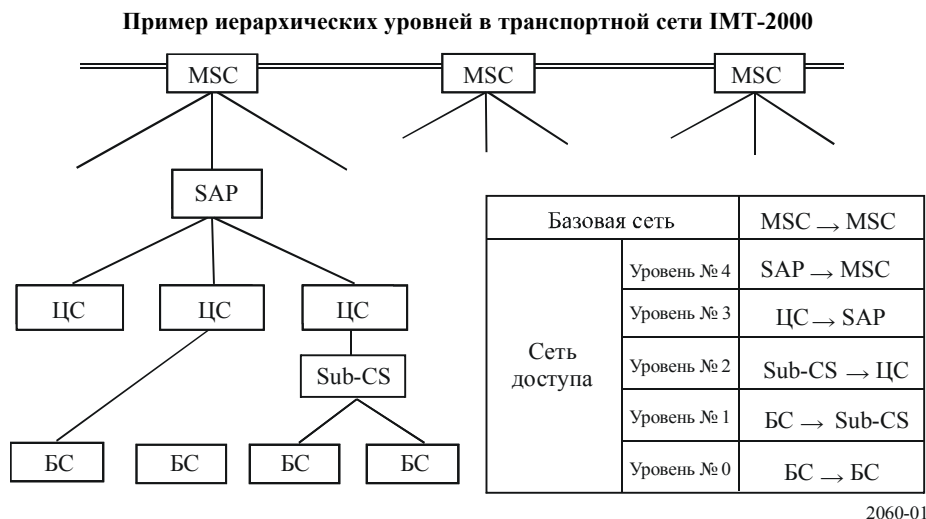
Транспортная сеть ИМТ-2000 состоит из различных транспортных иерархических уровней, поддерживающих интерфейсы передачи сети ИМТ-2000.

В принципе, сетевая иерархия ИМТ-2000 состоит из различных иерархических уровней и узлов сети. В данном отчете узлы определяются следующим образом, с использованием терминов, приведенных в Рекомендациях МСЭ-R М.1224 и МСЭ-R F.1399:

- MSC: центры коммутации подвижной связи в сети ИМТ-2000, обеспечивающие организацию общего потока трафика, а также предоставляющие присоединение к фиксированной сети;
- SAP: пункт доступа к услуге – базовый узел в рамках сети с функциями коммутации, предоставляемыми подчиненным базовым станциям в ИМТ-2000;
- ЦС: центральная станция (или центральная базовая станция) – базовая станция, в которой сходятся несколько или более линий P-P или P-MP, соединяющих окружающие базовые станции;
- Sub-CS: промежуточная центральная станция (или промежуточная центральная базовая станция) – базовая станция с промежуточной функцией транспорта для трафика между ЦС и другими базовыми станциями; и
- БС: базовая станция, за исключением станций, которые относятся к перечисленным выше категориям узлов; БС является узлом, образующим окончание транспортной сети.

Общая топология транспортной сети ИМТ-2000 приведена на рис. 1. Иерархические уровни, каждый из которых определяет соединительные линии, используемые для нескольких иерархий транспортной сети, будут рассматриваться в последующих разделах с точки зрения использования фиксированной службы.

РИСУНОК 1



На начальном этапе, большинство соединений, вероятно, обеспечивается с помощью линий фиксированной беспроводной связи. По мере развития сетей ИМТ-2000 возможна замена других соединений с высокой пропускной способностью (т. е. волоконно-оптических).

Примеры подробной топологии иерархических уровней транспортной сети ИМТ-2000 описаны в Приложении 1.

5.2 Требования к пропускной способности и длине пролета в транспортной сети

Для работы сетей ИМТ-2000 необходим целый ряд присоединений, которые характеризуются длиной пролета и транспортной пропускной способностью. В частности, транспортная пропускная способность зависит от потребностей пользователя в услугах подвижной электросвязи, методика оценки которых представлена в Рекомендации МСЭ-R М.1390.

В таблице 1 приведены ожидаемые значения транспортной пропускной способности для присоединений различных уровней. В Приложении 2 представлено подробное рассмотрение того, как получаются эти оценки. В этой связи рассмотрено развитие сетей и приведены ожидаемые значения пропускной способности как в краткосрочном, так и в долгосрочном периодах.

В таблице 2 показан ряд длин пролетов при различных условиях работы (сельских и городских) сети сотовой связи. Информация о пропускной способности и длине пролета определяет среду передачи, которая наилучшим образом удовлетворяла бы требованиям различных уровней сетей ИМТ-2000.

ТАБЛИЦА 1

Ожидаемые пропускные способности линий для присоединений различных иерархических уровней сетей ИМТ-2000

Иерархический уровень ⁽¹⁾	Краткосрочный период	Долгосрочный период
Иерархический уровень № 0	4–8 Мбит/с	4–34 Мбит/с
Иерархический уровень № 1	8–34 Мбит/с	8 Мбит/с – STM-1
Иерархический уровень № 2	34 Мбит/с – STM-1	$n \times 34$ Мбит/с – n STM-1
Иерархический уровень № 3	34 Мбит/с – 2 STM-1	n STM-1 – n STM 16
Иерархический уровень № 4	n STM-1	n STM1 – n STM-16

(1) Определения см. на рис. 1.

ТАБЛИЦА 2

Длины пролетов для присоединений различных иерархических уровней сетей ИМТ-2000

Иерархический уровень⁽¹⁾	Городские условия (км)	Сельские условия (км)
Иерархический уровень № 0	0,5–1,4	5–16
Иерархический уровень № 1	0,5–2,5	5–20
Иерархический уровень № 2	2,0–5,0	5,0–20
Иерархический уровень № 3	5–10	5,0–50
Иерархический уровень № 4	0–20	0–20

(1) Определения см. на рис. 1.

5.3 Среда передачи, используемая в транспортной сети

Не все из этих соединений в сети ИМТ-2000 непременно обеспечиваются с помощью радиооборудования, это зависит от:

- рассматриваемого сетевого уровня;
- технических средств определенного оператора сети; и
- экономических рамок.

Для определенной доли присоединений в сетях ИМТ-2000 могут использоваться кабельные системы (например, системы DSL) или волоконно-оптические системы.

Для различных сетевых уровней существуют различные требования в отношении пропускной способности электросвязи и целей готовности, обусловленные их функцией в сети. Эти уровни обычно создают транспортную сеть, содержащую пять иерархических уровней, которая может обеспечиваться различными среды передачи:

- иерархические уровни № 0, № 1 и № 2 (соединения БС, доступ БС к Sub-CS и/или к ЦС), в которых, в основном, используются линии фиксированной беспроводной связи Р-Р и/или Р-МР или кабельные линии связи;
- иерархический уровень № 3 (присоединение ЦС к SAP), в котором используются линии фиксированной беспроводной связи Р-Р и волоконно-оптические линии связи;
- иерархический уровень № 4 (присоединение SAP к MSC и к возможной точке присутствия (PoP) волоконно-оптических сетей), в котором используются, в основном, волоконно-оптические линии связи; и
- базовая сеть (присоединение MSC), в которой используются, в основном, волоконно-оптические линии связи.

Также возможны сценарии, при которых присоединение определенного иерархического уровня в рамках транспортной сети обеспечивает перенос трафика более низких уровней транспортной сети.

6 Применения ФС в рамках транспортных сетей ИМТ-2000

В данном разделе рассматриваются диапазоны частот фиксированной службы, а также их уместность/пригодность для использования в ИМТ-2000. В данный раздел включены: технические и физические характеристики диапазона частот, возможная плотность линий, настоящие и будущие требования к системам, а также другие факторы, которые оказывают влияние на уместность и пригодность определенных диапазонов. Кроме того, представлено сравнение особенностей топологий и диапазонов.

6.1 Характеристики диапазонов частот ФС

В целом, в транспортных сетях ИМТ-2000 могут использоваться все диапазоны частот, доступные для фиксированной службы. В следующих ниже разделах рассматриваются технические характеристики определенных диапазонов частот фиксированной службы, например, соответствующие пропускные способности, частотные разнесения, уровни модуляции, доступное количество радиостволов и типовая протяженность линий.

6.1.1 Информация о возможных диапазонах частот для транспортных сетей ИМТ-2000

Следует отметить, что в некоторых случаях использование на национальном уровне может отличаться от общих характеристик, описанных ниже. Более того, необходимо отметить, что помимо этих технических и физических характеристик, описанных в таблицах 3 и 4, следует принять во внимание ряд других факторов, которые могут оказывать существенное воздействие на пригодность некоторых диапазонов частот. Эти факторы описаны в п. 6.4, в котором сравниваются требования к линиям беспроводной связи, вытекающие из топологии сети ИМТ-2000, и особенности диапазонов частот.

Поскольку структура и плотность транспортной сети ИМТ-2000 требуют большого числа частот, особенно для коротких пролетов в интервале от нескольких километров до нескольких десятков километров, большая часть представляющих интерес диапазонов частот, особенно для густонаселенных районов, расположена на частотах выше 11 ГГц, хотя в рамках инфраструктурных сетей ИМТ-2000 для определенных линий в менее населенных районах также возможно использовать диапазоны частот ниже 11 ГГц. Однако, следует признать, что диапазоны частот фиксированной службы ниже 3,4 ГГц требуются для обслуживания более удаленных населенных пунктов, где необходимо иметь пролеты большой длины, чтобы сократить число станций. Это важный аспект предоставления экономичного доступа к сети в удаленных районах.

ТАБЛИЦА 3

Характеристики диапазонов частот выше 3,4 ГГц для систем Р-Р и Р-МР

Диапазон частот (ГГц)	Рекомендация МСЭ-R F.	Типовая длина пролета в умеренных климатических районах (км)
3,6	1488	5–15 (Р-МР)
4	382 635	20–80
5	746 1099	20–80
6 (нижняя часть)	383	20–80
6 (верхняя часть)	384	20–80
7	385	20–80
8	386	20–80
10	747	10–50
11	387	10–50
13	497	5–35
14	746	5–35
15	636	5–30
18	595	4–25

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Диапазон частот (ГГц)	Рекомендация МСЭ-R F.	Типовая длина пролета в умеренных климатических районах (км)
23	637	3–20
27	748	2–12
32	1520	1–10
38	749	1–6
52	1496	< 2
57	1497	< 2

Более подробную информацию по таблице 3 можно найти в Рекомендации МСЭ-R F.746, которая включает разнос частот между радиостволами для каждого из этих диапазонов частот.

ТАБЛИЦА 4

**Пропускная способность линий фиксированной беспроводной связи
в зависимости от ширины полосы и модуляции**

Ширина полосы (МГц)	Пропускная способность (Мбит/с)						
	2 × 2	8	2 × 8	34	51	155	2 x 155
3,5	4 позиции	16 позиций					
7		4 позиции	16 позиций				
13,75; 14			4 позиции	16 позиций	32 позиции		
27,5; 28; 29,65				4 позиции	16 позиций	128 позиций	128 позиций (CCDP)
40						64 позиции	64 позиции (CCDP)
55, 56						16 позиций	16 позиций (CCDP)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Режим CCDP с коррекцией кроссполяризационной развязки используется вплоть до 13 ГГц, и в ближайшем будущем также возможно использование в более высоких диапазонах. Этот режим работы позволяет удваивать пропускную способность в расчете на радиоствол путем одновременной передачи при двух ортогональных поляризациях (H и V) в одном и том же радиостволе.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Модуляции обозначаются количеством их цифровых позиций; например, модуляция 4-PSK является четырехпозиционной модуляцией.

6.1.2 Воздействие дождя

Целью данного раздела является предоставление некоторого руководства относительно того, как климатические условия могут повлиять на выбор диапазонов частот ФС для транспортной сети ИМТ-2000.

Выбор наиболее подходящего диапазона для инфраструктуры сетей подвижной связи ФС зависит от нескольких параметров, которые имеют либо регуляторный характер (например, диапазоны, доступные для ФС или нет, разрешение оператора, ограничивающее доступ к определенным диапазонам), либо технический. Поскольку это касается последнего из двух, следует рассмотреть воздействие дождя на эти параметры и, следовательно, на выбор диапазона.

Очевидно, что выбор будет в значительной степени зависеть от географической зоны, в которой развертываются сети ФС.

В связи с этим было проведено сравнение использования диапазонов 18, 23 и 38 ГГц относительно их возможности соответствовать требованиям "капиллярных" сетей ФС. В частности, были проведены исследования максимальных длин пролетов для этих диапазонов частот в зависимости от некоторых географических дождевых зон. Для целей этих исследований использовалась Рекомендация МСЭ-R P.837-1.

В результате этих исследований оказалось, что в дождевых климатических зонах М, N, P и Q, которые относятся к нескольким районам с тропическими или экваториальными климатическими условиями, характеристики диапазона 18 ГГц в переводе на максимальную длину пролета очень похожи на характеристики диапазонов 23 и 38 ГГц в дождевой климатической зоне E, которая относится к нескольким другим географическим районам с другими климатическими условиями, например, к Европе. Значения расстояний, представленные в таблице 3, не подходят для дождевых климатических зон М, N, P и Q.

Возможно, что диапазоны 23 ГГц и 38 ГГц, которые в климатических условиях Европы идеально подходят для использования в транспортной сети систем подвижной связи, не будут столь же перспективны в других районах, для которых характерны повышенные осадки в виде дождей. Эти диапазоны могут быть, например, ограничены использованием на очень коротких линиях в густонаселенных районах.

Вследствие этого ожидается, что в районах, относящихся к дождевым климатическим зонам М, N, P и Q, диапазон 18 ГГц мог бы играть важную роль в транспортной сети систем подвижной связи, аналогичную роли диапазонов 23 и 38 ГГц в Европе.

Более подробная информация о транспортных сетях подвижной связи в Европе, а также результаты расчетов для диапазонов 18 ГГц, 23 ГГц и 38 ГГц представлены в Приложении 3.

6.2 Технические требования к системам P-P и P-MP

Технические требования как к системам P-P, так и к системам P-MP зависят от рассматриваемой части структуры сети ИМТ-2000 и плотности линий.

6.2.1 Максимизация использования спектра

В транспортной сети ИМТ-2000 могут использоваться как системы P-P, так и системы P-MP.

В некоторых случаях по экономическим причинам в сельских районах возможно развертывание только систем P-P. В городских и густонаселенных городских районах возможно развертывание как систем P-P, так и систем P-MP. Выбор между этими двумя технологиями в городских и густонаселенных городских районах может обуславливаться такими факторами, как требования к пропускной способности в узлах доступа, управление трафиком, длина пролета, цель готовности и городские ограничения.

Эффективное использование спектра является основным требованием, позволяющим всем заинтересованным операторам сетей развертывать свои собственные сети, используя ограниченные диапазоны частот.

Важно отметить, что применение АТРС, ХРПС (для систем СЦИ, когда это практично) и антенн с хорошей RPE и улучшенной XPD могло бы повысить эффективность использования спектра.

6.2.1.1 Преимущества использования сочетания низкоуровневых и высокоуровневых схем модуляции в сетях P-P

В сети фиксированной беспроводной связи необходимо использовать схемы модуляции как низкого уровня (например, 4 позиции), так и высокого уровня (например, 16 позиций и более).

В типовой сети ИМТ-2000 сочетание систем низкоуровневой и высокоуровневой модуляции позволяет добиться оптимального компромисса между стоимостью и эффективностью спектра, поскольку не существует окончательного единого решения, удовлетворяющего каждому сценарию:

- виды оборудования, использующие системы модуляции более высокого уровня обычно более дорогостоящие и более чувствительные к ухудшениям (например, многолучевому распространению), чем виды оборудования с системами модуляции более низкого уровня;

- тем не менее, системы модуляции с более высоким количеством позиций наиболее эффективно используются в системах с большей пропускной способностью (в основном, системах СЦИ) для сокращения величины требуемого спектра, либо для того, чтобы вписаться в ограниченную ширину полос радиостволов, либо во всех типах систем в частях сети, в которых имеется или ожидается нехватка спектра.

Кроме того, адаптивные схемы модуляции могут оптимизировать пропускную способность трафика систем Р-МР путем использования схем модуляции самого высокого порядка в любой момент времени в зависимости от условий на линии (т. е. влияния условий распространения радиоволн) и потребностей в трафике во время связи. При их объединении с другими конкретными факторами систем Р-МР, такими как выигрыш от статистического уплотнения, можно добиться практического увеличения использования спектра. Адаптивные схемы модуляции считаются общепринятым параметром стандартов на радиоинтерфейсы фиксированного широкополосного беспроводного доступа, разрабатываемых некоторыми организациями по стандартизации. В части систем Р-Р также появляется интерес к этому методу.

6.2.2 Возможность обработки трафика

В системах Р-Р интерфейсы, необходимые для транспортного оборудования, определены транспортной пропускной способностью между БС и SAP: до 4×2 Мбит/с или 34 Мбит/с, или между SAP (где требуется более высокая транспортная пропускная способность): 34 Мбит/с, 2×34 Мбит/с или $n \times$ STM-1.

В системах Р-МР вопрос пропускной способности еще более усложнен соображениями в отношении зоны покрытия. Многие концентраторы Р-МР могут передавать вплоть до 130 Мбит/с/28 МГц в любой зоне покрытия, поделенной на сектора, в расчете на действующий радиоствол. Выигрыш от уплотнения обычно увеличивает возможность распределения этого ресурса ряду узлов в пределах зоны покрытия.

Даже если трафик данных, имеющий симметричный или асимметричный характер, возрастает, голосовой трафик по-прежнему будет оставаться важным. Поэтому оборудование должно эффективно передавать различные виды информации путем предоставления возможности передачи с максимальной пропускной способностью, которая необходима во время рассматриваемого соединения, при соответствующей категории обслуживания.

Однако, характер трафика будет меняться по мере развития ИМТ-2000. Возможно изменение в виде перехода от преобладания голосовых услуг к преобладанию услуг передачи данных, которое может оказать воздействие на характер передаваемого трафика, например, в виде асимметрии трафика между направлениями линии вверх и линии вниз. Системы Р-МР должны обладать гибкостью, чтобы учитывать эти изменяющиеся потребности либо путем адаптации схем модуляции на линии вверх/вниз, либо распределением ресурса времени передачи между линией вверх и линией вниз.

6.2.3 Транспортный механизм

Некоторые транспортные механизмы базируются на технологии АТМ. Интерфейсы передачи базируются, главным образом, на хорошо известных интерфейсах ПЦИ и СЦИ, например, 2 Мбит/с, 34 Мбит/с, STM-0 и STM-1, перенимая больше или меньше преимуществ от уровней адаптации АТМ (AAL 1 для трафика CBR 2G, AAL 2 и AAL 5).

Возможно, что в ходе дальнейшего развития ИМТ-2000, станут преобладать другие интерфейсы.

6.2.4 Готовность и качество

Традиционно операторы разворачивали свои соединительные линии для сетей подвижной связи на основе сочетания линий фиксированной беспроводной связи Р-Р и арендованных линий проводной связи. Основным решающим фактором выбора между линиями фиксированной беспроводной связи и арендованными линиями являются индивидуальные потребности оператора в плане управления сетью и качества передачи.

В сетях с высоким проникновением линий фиксированной беспроводной связи, соединения базовых станций подвижной связи со станцией коммутации рассчитаны на готовность 99,95% и выше, что соответствует времени неготовности четыре часа в год. Использование эффективных методов кодирования могло бы гарантировать почти безошибочную работу во время периодов готовности.

В этих условиях линии фиксированной беспроводной связи пригодны для транспорта АТМ и IP. В заключение необходимо отметить, что готовность сети, основанной на линиях фиксированной беспроводной связи, в значительной степени является вопросом планирования.

6.2.5 Защита

Трафик конечных пользователей является наиболее важным достоянием оператора. Если предоставляемая услуга ненадежна, конечные пользователи сменяют своего провайдера услуг. Оборудование высокого качества, оснащенное дополнительными механизмами защиты, обеспечивает оператору средства, необходимые для доставки услуг высокого качества.

Продукция для фиксированной беспроводной связи включает средства реализации необходимой защиты как от отказа оборудования, так и от аномального распространения радиоволн. Часть аппаратных средств дублируется для обеспечения защищенной конфигурации либо на одном, либо на обеих сторонах радиосоединения. Передающее оборудование может конфигурироваться либо под режим передачи с горячим резервом, либо под режим передачи с автономным резервом: с частотным разнесением по схеме (1 + 1) или (N + 1).

Интеллектуальный узел концентрации в сочетании с подходящей архитектурой транспортной сети добавляет еще один уровень защиты, т. е. сетевой защиты. Эта функциональная возможность позволяет оператору создавать надежные кольцевые структуры на основе любой пропускной способности фиксированной беспроводной связи вплоть до 155 Мбит/с. Механизмы защиты колец работают на первичном уровне, и они дают возможность защиты всех или точно определенных первичных потоков в рамках общей полезной нагрузки.

6.3 Плотность линий Р-Р в транспортной сети ИМТ-2000

В большинстве случаев для увеличения плотности линий Р-Р в транспортной сети следует использовать высоконаправленные антенны. В связи с этим в сетях с высокой плотностью следует отдавать предпочтение диаграммам направленности антенны на основании Рекомендации МСЭ-R F.1245.

Применение различных поляризаций существенно повышает плотность терминалов (принимая во внимание кроссполяризацию антенны, а также вследствие потерь при распространении из-за неравномерных атмосферных осадков, использование горизонтальной поляризации антенны на более высоких частотах (например, 38 ГГц) ограничено очень короткими линиями).

Для получения более правдоподобных результатов, необходимо принять во внимание другие параметры, например, АРМП или такие параметры, как влияние соседних или близлежащих радиостолов.

В некоторых случаях для увеличения плотности терминалов при развертывании плотной сети могут приниматься более высокие значения порогового ухудшения (например, при развертывании плотной сети), при условии, что показатели качества и готовности все еще удовлетворяются и возрастание ухудшения может быть компенсировано за счет энергетического потенциала линии связи.

6.4 Сравнение топологии и характеристики диапазона частот

Данный раздел посвящен тому, как можно реализовать топологии сети с учетом характеристик диапазона, а также других влияющих факторов, с тем чтобы дать возможность назначить диапазоны частот для конкретных частей транспортной сети ИМТ-2000.

Информация о топологиях сети приведена в п. 5.2 и в Приложении 1. Характеристики диапазона и другие влияющие факторы описаны в пп. 6.1 и 6.4.2, соответственно.

6.4.1 Сравнение топологии и характеристик диапазонов, описанных в п. 6.1 (без учета других факторов)

В таблицах 5 и 6 приводятся списки возможных диапазонов частот для систем Р-Р и Р-МР в зависимости от сетевых уровней, соответственно. В этой информации учитываются только характеристики диапазона, наличие рекомендаций и стандартов на оборудование под эти диапазоны. В ней не учитываются никакие другие факторы (например, конкретные использования спектра в конкретной стране), которые могут оказывать существенное воздействие на возможность и уместность использования этих диапазонов.

ТАБЛИЦА 5

Возможные диапазоны частот для систем Р-Р в зависимости от различных иерархических уровней сети ИМТ-2000

Иерархический уровень ⁽¹⁾	Диапазоны частот (ГГц)	Диапазоны частот, пригодные для меньшей протяженности (ГГц)	Диапазоны частот, пригодные для большей протяженности (ГГц)
Иерархический уровень № 0	11–64	27–32–38–52–57	11–13–15–18–23–27–32
Иерархический уровень № 1	11–57	27–32–38–52–57	11–13–15–18–23–27–32
Иерархический уровень № 2	11–38	27–32–38	11–13–18–23–27–32
Иерархический уровень № 3	4–32	13–18–23–27–32	4–6(нижняя часть)–6(верхняя часть)–7,5–11–13–18
Иерархический уровень № 4	< 18	13–18	< 18

⁽¹⁾ Определения см. на рис. 1.

ТАБЛИЦА 6

Возможные диапазоны частот для систем Р-МР в зависимости от различных иерархических уровней сети ИМТ-2000

Иерархический уровень ⁽¹⁾	Возможные диапазоны частот (ГГц)
Иерархический уровень № 0	26–28–32–38
Иерархический уровень № 1	26–28–32–38
Иерархический уровень № 2	3,5
Иерархический уровень № 3	3,5
Иерархический уровень № 4	Не может строиться по принципу Р-МР

⁽¹⁾ Определения см. на рис. 1.

6.4.2 Другие факторы, которые необходимо учитывать при рассмотрении диапазонов для инфраструктуры ИМТ-2000

При рассмотрении диапазонов для инфраструктуры ИМТ-2000 необходимо учитывать много других факторов, таких как:

- вопросы совместного использования частот с другими радиослужбами;
- перегруженность спектра из-за существующих национальных присвоений; и
- вопросы регулирования на национальном уровне.

6.5 Модернизация существующих линий 2G до линий 3G

Внедрение 3G вероятно будет поддержано на существующих сетях, когда они будут готовы. В связи с этим возросшие потребности в пропускной способности по сравнению со вторым поколением (2G), включая передовые применения, которые обычно предлагаются сегодня в рамках 2G, приведут к необходимости модернизации существующих линий Р-Р, обеспечивающих эти сети.

Учитывая практические трудности, связанные с модернизацией существующих линий ПЦИ до СЦИ при соответствующем увеличении требования к готовности распространения сигнала (в основном, 99,99%–99,995%), возможный способ модернизации описан с конкретным акцентом на требования к распределению спектра, которые могут возникнуть в результате.

6.5.1 Развитие сетей 3G

Существующие сети 2G во многом зависели от радиоинфраструктуры Р-Р, которая образовывала соединение MSC – BSC – BTS. Большая часть линий является линиями ПЦИ с пропускными способностями 2–34 Мбит/с, и во многих случаях использовались диапазоны частот 23 и 38 ГГц. В этих диапазонах обеспечиваются длины пролетов в интервале < 1–20 км.

Ожидается, что для обеспечения услуг 3G нагрузка трафика данных возрастет до такой степени, что существующая инфраструктура 2G не сможет ее переносить, особенно в городских районах сети. Ожидается, что большая часть линий ПЦИ, пропускная способность которых в настоящее время составляет 16–34 Мбит/с, будет переведена в режим СЦИ с пропускной способностью, в частности, STM-1. Следует также отметить, что развернутые линии ПЦИ спланированы для готовности распространения сигнала 99,99%. Для линий СЦИ готовность распространения сигнала увеличится минимум до 99,995%.

Подвижный трафик, на котором основаны вышеприведенные оценки, включает передачу речи с высоким качеством, высокоскоростную передачу пакетов данных и транспорт для среднескоростных/высокоскоростных мультимедийных сигналов. Предполагается, что к 2010 году требуемая пропускная способность для отдельной станции увеличится примерно вчетверо по сравнению с пропускной способностью систем 2G в расчете на суммарную величину 90%. Возможно, потребуется пропускная способность 30–50 Мбит/с для удовлетворения большей части потребностей в пропускной способности для систем 3G.

6.5.2 Технологические ограничения

Существующая технология ограничивает общее усиление системы при использовании STM-1 СЦИ по сравнению с существующей пропускной способностью ПЦИ. Это ограничение воздействует на максимально достижимую длину линии для линии Р-Р в конкретном диапазоне частот. В идеале предпочтение оператора заключается в модернизации линии ПЦИ до СЦИ в том же самом диапазоне частот. Однако там, где существующая линия ПЦИ была развернута, исходя из обеспечения максимально достижимой длины линии в определенном диапазоне, модернизированной до СЦИ линии иногда невозможно остаться в том же самом диапазоне.

6.5.3 Усиление системы

Эффект "потерянного" усиления системы подробно описан в таблицах 7 и 8 с использованием параметров современных систем фиксированной беспроводной связи, действующих в диапазонах частот 23 ГГц и 38 ГГц.

ТАБЛИЦА 7

Усиление системы в диапазоне 23 ГГц

Пропускная способность/ширина полосы	Типовая выходная мощность (дБм)	Усиление системы ⁽¹⁾ (дБ)	"Потерянное" усиление системы (дБ)
16 Мбит/с/14 МГц	+17	94,5	–
34 Мбит/с/28 МГц	+17	91,5	–3
STM-1/28 МГц	+17	79	–15,5
STM-1/56 МГц	+18	84,5	–10

⁽¹⁾ По отношению к величине BER 10^{-6} , исходя из предположения о незащищенных системах.

ТАБЛИЦА 8

Усиление системы в диапазоне 38 ГГц

Пропускная способность/ширина полосы	Типовая выходная мощность (дБм)	Усиление системы ⁽¹⁾ (дБ)	“Потерянное” усиление системы (дБ)
16 Мбит/с/14 МГц	+16	89,5	–
34 Мбит/с/28 МГц	+16	86,5	–3
STM-1/28 МГц	+15,5	74	–15,5
STM-1/56 МГц	+15	77,5	–12

(1) По отношению к величине BER 10^{-6} , исходя из предположения о незащищенных системах.

Потеря усиления системы может быть измерена через максимальное достижимое расстояние при заданной пропускной способности и заданном диапазоне частот. В более высоких диапазонах частот потеря усиления системы оказывает сильное воздействие на максимальную длину пролета, которую можно достичь в системах с более высокой пропускной способностью.

Увеличение размера зеркала антенны является техническим решением, позволяющим восстановить часть “потерянного” усиления системы, однако больший размер зеркала оказывает воздействие на окружающую среду, которое возможно не потерпят местные комитеты по планированию. Кроме того, есть вероятность, что существующие строения башенного типа не выдержат дополнительного размера антенны вследствие ограничений ветровой нагрузки.

Следует отметить, что данная мера может оказать воздействие на другие присвоения линий ФС, а также на совместимость с другими службами, совместно использующими тот же самый диапазон частот, например, пассивными службами, и поэтому должна быть учтена при планировании линии.

На начальном этапе развертывания ИМТ-2000 использование того же самого места расположения, что и в системе 2G, является эффективным, экономичным и экологичным. Это означает, что базовые станции систем 3G совмещаются с базовыми станциями систем 2G, используя те же самые местоположения. В таких случаях также существенно увеличится требуемая пропускная способность для сети радиодоступа вследствие перевода систем 2G в системы 3G.

Очевидно, что для того, чтобы позволить модернизацию существующих линий ПЦИ в том же самом тракте, необходимо рассмотреть другие диапазоны частот. Сети 3G будут образовываться из существующих сетей 2G, и поэтому невозможно рассчитывать на полную реконструкцию сети на начальных этапах развития.

6.5.4 Совместное использование местоположения

Поскольку по линиям более высокого уровня может передаваться сетевой трафик более низкого уровня, на станции MSC может быть размещена SAP. То же самое касается SAP и ЦС. Совместное использование местоположения средствами узла на различных уровнях обуславливает преимущество в виде эффективного обслуживания и эксплуатации.

В обширных и густонаселенных городских районах требуются несколько MSC, и в том же здании, в котором расположены MSC, можно сосредоточить SAP. Таким образом, благодаря пониженной иерархии, конфигурация сетей будет упрощена.

6.6 Совместное использование инфраструктуры операторами сетей 3G

Там, где это возможно или поощряется органами, отвечающими за управление использованием частот, обычно бывает полезным совместное использование операторами подвижной связи их инфраструктуры. Информацию о совместном использовании инфраструктуры можно найти в Руководстве по внедрению систем ИМТ-2000.

7 Вопросы частотных присвоений

7.1 Использование присвоений 2G/преобразование в присвоения 3G

Существующие присвоения линиям ФС для использования в инфраструктурных сетях подвижной связи 2G могли бы использоваться в сетях с комбинированной инфраструктурой 2G/3G. Тем не менее, прямое использование существующих присвоений 2G транспортной сетью IMT-2000 может быть весьма затруднительным (иногда даже невозможным) вследствие увеличения потребности в пропускной способности и перегруженности спектра.

Это подразумевает, что существует необходимость в новом спектре для размещения комбинированных сетей 2G/3G. В среднесрочном (долгосрочном) периоде преобразование старых присвоений для удовлетворения потребностей в более высокой необходимой пропускной способности возможна в более низких диапазонах частот. В зависимости от обстановки на национальном уровне, полный последовательный перевод присвоений в более высокие диапазоны, по меньшей мере в густонаселенных районах, мог бы оказаться благоприятным для модернизации сети 2G в комбинированную сеть 2G/3G за счет обеспечения большего объема доступного спектра в более низких диапазонах. Приобретенный спектр в этих более низких диапазонах мог бы стать доступным для использования другими приложениями, требующими высокой пропускной способности, которые не могли бы разместиться в более высоких диапазонах вследствие потери усиления системы.

Тем не менее, у операторов должна быть возможность применять в сельских районах новые частотные присвоения линии за линией, а также возможность повторно использовать существующее оборудование фиксированной беспроводной связи.

7.1.1 Возможные изменения потребностей в частотах для базовой сети

Нижняя часть диапазона 6 ГГц (L6): Диапазон L6 по-прежнему будет интенсивно использоваться для кольцевых линий связи СЦИ на региональном уровне. Участки линий будут организовываться с использованием оптоволокна, однако, на местном уровне будет необходимо использовать дополнительные радиостволы в других диапазонах частот, например, в верхней части диапазона 6 ГГц (U6) или в диапазоне 4 ГГц.

Диапазон 13 ГГц: присвоение на рис. 3 в п. 7.2.2.2 имеет определенное сходство с присвоением, используемым для транспортных сетей, требующих более высокой пропускной способности. Спектр, изображенный на рис. 3 пунктирной линией, указывает план размещения с перемежением частот при разнесении на 40 МГц, который мог бы использоваться для передачи с пропускной способностью вплоть до STM-1. Следовательно, между соединительными линиями базовых станций и транспортными сетями с короткими/длинными пролетами было бы возможно обеспечить согласованное управление использованием спектра.

Весьма большое число линий 34 Мбит/с в пределах диапазона 13 ГГц скоро будет заполнено. Для того чтобы справиться с этим увеличением трафика, важно будет использовать другой диапазон частот с аналогичными условиями распространения (например, диапазон 11 ГГц), или модернизировать эти линии до пропускной способности СЦИ, ожидая разрешения на национальном уровне на линии СЦИ в радиостволах 28 МГц, которые позволят вчетверо увеличить скорость передачи битов на многих существующих линиях.

Диапазон 18 ГГц: диапазон 18 ГГц очень важен для городских линий СЦИ и соединения станций с оптической кольцевой линией связи в сельских районах. Этот диапазон также очень важен для линий (ПЦИ) со средней скоростью передачи битов. Более того, диапазон 18 ГГц будет использоваться для разгрузки диапазона 13 ГГц, а также для принятия части трафика, увеличение которого прогнозируется в диапазоне 23 ГГц.

7.1.2 Возможные изменения потребностей в частотах для сети доступа

По мере появления новых подвижных служб с высокой пропускной способностью, скорости передачи битов, требуемые в сети доступа, будут быстро увеличиваться. Результирующие потребности в частотах можно оценить с помощью моделирования сети, на основе предположения о различных объемах трафика в расчете на базовую станцию в городском районе.

Предусматривается несколько решений, позволяющих справиться с этим увеличением пропускной способности местной кольцевой линии связи:

- использование более эффективных видов модуляции, например 16-QAM, поскольку в густонаселенных городских районах по-прежнему приемлемо сокращение максимально допустимого расстояния пролета;
- использование увеличенной ширины полос (14 МГц или даже 28 МГц) в существующих диапазонах частот 23 ГГц и 38 ГГц;
- использование новых диапазонов частот между 23 ГГц и 38 ГГц, поскольку вследствие существующей занятости диапазонов 23 ГГц и 38 ГГц будет трудно удовлетворить дополнительные потребности в частотах в этих двух диапазонах. Минимальную необходимую потребность в частотах в пределах диапазонов частот от 23 ГГц до 38 ГГц можно с достаточным основанием оценить как 2×112 МГц в расчете на оператора;
- использование новых диапазонов частот выше 50 ГГц, например 52 ГГц или 57 ГГц, на очень коротких линиях между пикосотами.

7.2 Присвоения частотного блока/Меры взаимной защиты операторов

Необходимая плотность базовых станций в городских районах отделяет потребность в спектре для линий фиксированной службы для ИМТ-2000. В первые годы развертывания ИМТ-2000, вероятно, будут значительные потребности со стороны БС, в основном, в густонаселенных районах. Например, в Германии для обеспечения покрытия для 50% населения (8,5% территории) требуется около 10 000 БС в расчете на оператора. Такое начальное развитие сети должно завершиться как можно быстрее. После этих первых лет развертывания ИМТ-2000 потребуются следующие 10 000–20 000 БС, для того чтобы распространить покрытие на определенные сельские районы и повысить пропускную способность, существовавшую на начальном этапе, в густонаселенных районах. Для того чтобы удовлетворить потребность в быстром начальном развитии инфраструктуры БС и ФС, требуется ускоренная процедура присвоения частот. Такая процедура может быть обеспечена различными способами:

- поочередным присвоением линии за линией с использованием вычислительной техники при быстром отклике со стороны регулирующего органа;
- присвоением частотного блока; и
- сочетанием вышеуказанных методов.

Для большинства линий фиксированной беспроводной связи для соединения БС характерна низкая и средняя пропускная способность при малых расстояниях пролетов. Учитывая большое число линий, которые потребуются, представляется, что процедуры присвоения частотного блока являются быстрым и эффективным средством для администраций с ограниченными ресурсами. Вследствие характеристик таких линий, присвоения частотного блока могут быть более предпочтительными, чем другие методы, в зависимости от доступности на национальном уровне и процедур частотного планирования.

Предполагается, что администрации, желающие внедрить процедуру присвоения частотного блока, учитывают возможность установления надлежащей ширины и суммарной величины каждого частотного блока, подлежащего присвоению.

7.2.1 Преимущества и недостатки присвоений частотного блока

Для обеспечения быстрого и простого начального развития сети, могут предусматриваться присвоения частотного блока операторам по крайней мере для соединений базовых станций.

Преимуществами присвоений частотного блока частот являются:

- быстрое начальное развитие для выполнения условий разрешения;
- эффективное планирование спектра на основе типовых параметров системы;
- эффективное планирование спектра ввиду приемлемости возможных помех от собственных систем;
- экономическая эффективность в плане управления незадействованной частью спектра и заключения на нее договоров; и
- технологическая независимость (в равной степени могут использоваться методы Р-Р и Р-МР).

Кроме вышеуказанных преимуществ возможно появление рисков и недостатков, например:

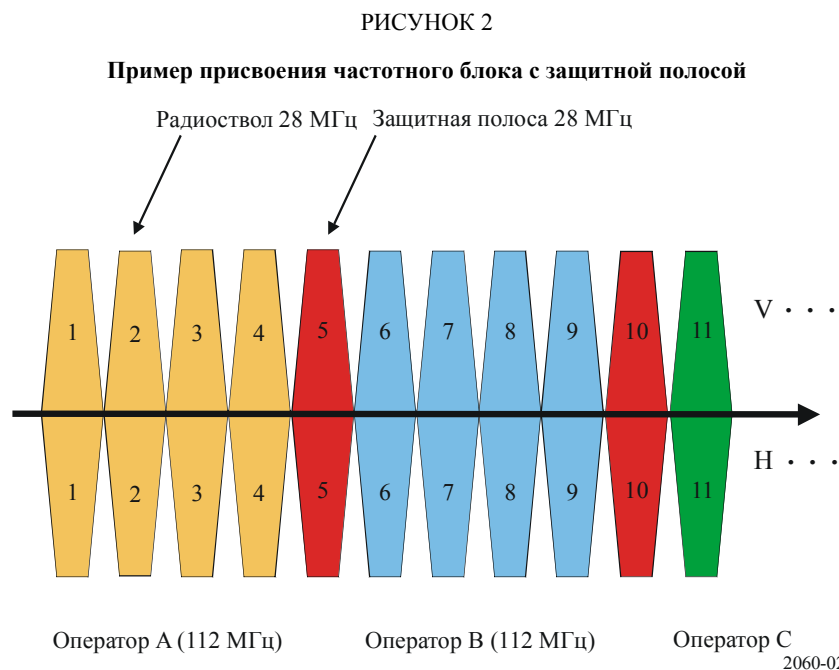
- значительных/незначительных конфликтов (приводящих к возможной необходимости координации действий операторов);
- неиспользуемых защитных полос (приводящих к неэффективности использования спектра); и
- неиспользуемых присвоений частотных блоков (приводящих к неэффективности использования спектра).

7.2.2 Меры взаимной защиты операторов в сценариях присвоения частотного блока

7.2.2.1 Сценарий присвоения при наличии защитной полосы

В случае применения процедур присвоения частотного блока, защитные полосы должны отделять эти присвоения спектра, чтобы не допустить помехи между различными операторами. В пределах присвоенных частотных блоков операторы могут свободно выбирать вид поляризации и ширину полосы радиовола, вплоть до максимально используемой ширины полосы (т. е. 28 МГц).

Пример такого сценария присвоения при наличии защитной полосы приведен на рис. 2.



Для того чтобы избежать рисков, упомянутых в п. 7.2.1, необходимо применить определенные меры, позволяющие не допустить неэффективного использования спектра. Такие меры обычно требуются, в частности, в случае, когда различные операторы совместно используют определенное местоположение для их базовых станций.

Для того чтобы не допустить значительных/незначительных конфликтов, по меньшей мере для станций-концентраторов при звездообразных конфигурациях, возможно заранее установить определенную подполосу в соответствии с использованием Р-МР (т. е. Sub-CS более чем с тремя линиями на диапазон). Если два оператора, имеющие соседние частоты, обменяются координатами больших станций-концентраторов, то в сочетании с достаточными защитными полосами, это, возможно, приведет к меньшим конфликтам, а некоторых конфликтов удастся не допустить. Из опыта функционирования сетей 2G следует, что между различными операторами часто имеются тесные взаимоотношения, и они бывают информированы о важных узлах каждого из них.

В примере на рис. 2 для того чтобы свести к минимуму защитные полосы, размер блока должен быть надлежащим и не должен быть меньше 56 МГц в пределах диапазона. Больше подходят размеры блоков 84 МГц и 112 МГц, однако их, возможно, трудно достичь. Поскольку защитная полоса должна быть размером с максимально используемую ширину полосы радиовола, необходимо

ограничить максимально используемую ширину полосы радиоствола для операторов, по меньшей мере по краям блока. После того, как основное начальное развитие завершено, защитные полосы могут использоваться операторами для целей оптимизации, если между операторами применяется частотное планирование. В этом отношении защитные полосы не пропадают, а их использование просто отложено до завершения основного начального этапа развития, и такое возможно даже в случае использования Р-МР. Тем не менее на границах использования Р-МР и Р-Р вероятность найти подходящее решение относительно мала.

Для обеспечения эффективного использования диапазонов и недопущения наличия неиспользуемого спектра для каждой линии (Р-Р), соответствующая информация центральной станции (Р-МР) должна отправляться полномочному органу, например, в виде месячных или годовых отчетов. Неиспользуемый или редко используемый спектр мог бы в дальнейшем стать доступным для других операторов или применений.

7.2.2.2 Сценарий присвоения без защитной полосы

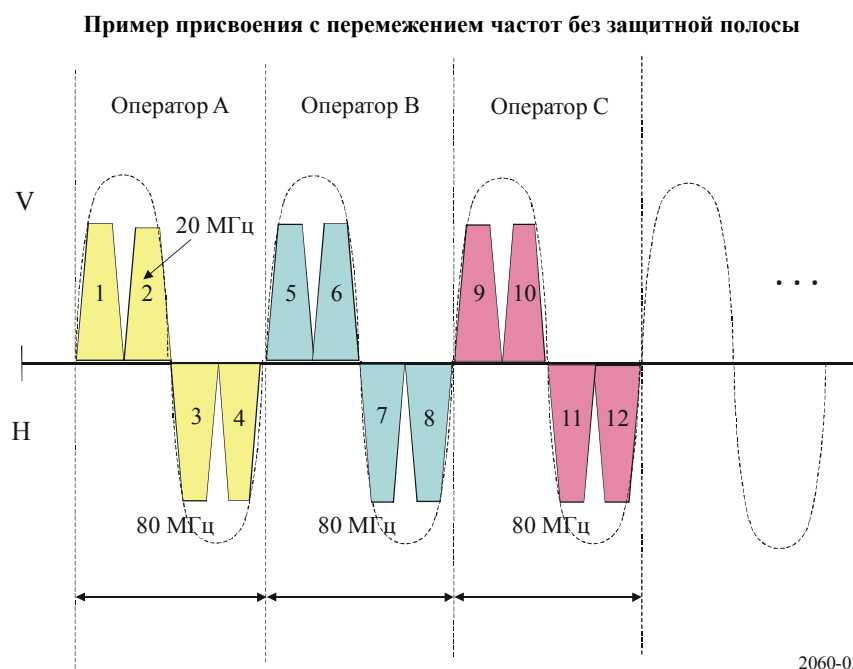
Пример сценария присвоения без использования защитных полос приведен на рис. 3.

Данное присвоение имеет нижеследующие преимущественные черты:

- в пределах ширины полосы 80 МГц, присвоенной одному оператору, размещены четыре радиоствола;
- соседние радиостволы между двумя операторами (например, радиостволы № 4 и № 5) размещены с различными поляризациями, и это будет способствовать уменьшению помех между операторами; и
- один оператор мог бы использовать свои радиостволы на более низкой частоте (например, радиостволы № 1 и № 2), применяя антенну с одной поляризацией, и затем впоследствии увеличить пропускную способность линии путем применения либо фидера с противоположной поляризацией, либо отдельной антенны с противоположной поляризацией.

Присвоение на рис. 3 имеет определенное сходство с присвоением, используемым для транспортных сетей, требующих более высокой пропускной способности. Спектр, изображенный на рис. 3 пунктирной линией, указывает план размещения с перемежением частот при разнесении на 40 МГц, который мог бы использоваться для передачи с пропускной способностью вплоть до STM-1. Следовательно, между соединительными линиями базовых станций и транспортными сетями с короткими/длинными пролетами возможно согласованное управление использованием спектра.

РИСУНОК 3



7.2.3 Примеры методов присвоения

Примеры методов присвоения в некоторых странах представлены в Приложении 4.

7.2.4 Резюме аспектов присвоений

Следует отметить, что помимо полностью исключительного использования присвоенных частотного блока и присвоения линии за линией, существуют различные возможные решения. Присвоение частотного блока может быть полезным на более низких уровнях инфраструктурной сети в диапазонах частот выше порядка 20 ГГц. Более того, может быть удобно разрешить исключительное использование соответствующих участков спектра только на определенный срок, до завершения основного начального развития сети, и впоследствии осуществить пересмотр присвоения.

Для верхней части сетевых уровней, где, вероятно, будет меньше линий, требующих высокой пропускной способности (STM-1 и выше), по-видимому, более подходящим является использование присвоения линии за линией.

8 Общее резюме

Вследствие различных требований на национальном уровне невозможно предоставить какое-то единое значение для величины требуемого спектра или определить, в каких диапазонах может быть предоставлен спектр для этих целей.

Данное решение должно приниматься на национальной основе. Однако, могут быть учтены некоторые принципы:

- Требуемая общая ширина полосы частот ФС для инфраструктурных сетей ИМТ-2000 в долгосрочном периоде будет определяться, в основном, развитием ИМТ-2000. Реальные потребности должны быть ориентированы на среднесрочные решения, обеспечивающие поставщикам услуг достаточную защищенность планирования в экономическом выражении и быстрое начальное развитие сети ИМТ-2000, а также учитывающие эффективность спектра и потребности других служб и применений.
- Хотя требуемая величина спектра и конкретное число фиксированных линий беспроводной связи будут меняться в зависимости от страны и оператора, плотности линий в городских районах будут определять требуемый спектр фиксированной службы для инфраструктурных сетей ИМТ-2000. На этом основании можно получить для оператора оценку требуемого спектра фиксированной службы для различных уровней инфраструктурной сети ИМТ-2000 (количественные оценки представлены для оператора, имеющего 2–3 частотных блока ИМТ-2000 по 5 МГц каждый, т. е. при полной величине спектра ИМТ-2000 10–15 МГц). Различными администрациями могут приниматься требования на основании их национальных потребностей, исходя из:
 - количества операторов;
 - сценариев развития потребностей пользователей;
 - будущей плотности части инфраструктурных сетей, обеспечиваемой фиксированной беспроводной связью;
 - использования альтернативных сетей для обеспечения инфраструктуры (например, кабельных или волоконно-оптических);
 - климатической и топографической обстановки; и
 - политики регулирования.
- При рассмотрении диапазонов ФС для инфраструктуры ИМТ-2000, также возможно учитывать нижеследующие факторы:
 - технические характеристики в выражении достижимых скоростей передачи данных, длины пролета и т. д.;
 - вопросы совместного использования и/или разделения полосы и/или приоритет, предоставленный различным радиослужбам (должны применяться соответствующие рекомендации МСЭ); и
 - загруженность спектра вследствие существующих присвоений.

- В отношении присвоения частот национальными полномочными органами необходимо учитывать быстрое и гибкое начальное развитие инфраструктурной сети, для которого требуется:
 - предоставление спектра для систем Р-Р и Р-МР при соответствующей стратегии присвоения;
 - включение/модернизация существующих инфраструктурных сетей (например, 2G в 3G), если это целесообразно и возможно; и
 - возможное совместное использование инфраструктуры (например, инфраструктур 2G и 3G одного оператора или различных операторов подвижной связи), если это целесообразно и возможно.

Приложение 1

Подробная топология транспортной сети ИМТ-2000

1 Соединение БС с ЦС

Если необходимо, чтобы SAP обслуживал большое число БС, следует создавать подсети, чтобы иметь в сети дополнительную концентрацию узлового присоединения. Как можно увидеть на рис. 1, такая дополнительная концентрация обеспечивается путем включения в транспортную сеть ЦС с функциями коммутации АТМ. Соединения БС с ЦС могут обеспечиваться посредством либо архитектуры Р-Р и Р-МР, либо сочетанием обеих архитектур.

1.1 Применения Р-Р

Линии беспроводной связи Р-Р фиксированной службы являются очень важным средством передачи в архитектуре сети радиодоступа в рамках ИМТ-2000. Одной из основных областей для этих применений является присоединение базовых станций к центрам коммутации в пределах сети. Линии Р-Р могут преобладать в части доступа сотовых реализаций к сети. В зависимости от потребностей, включающих:

- длину пролета;
- требуемую пропускную способность;
- цели готовности,

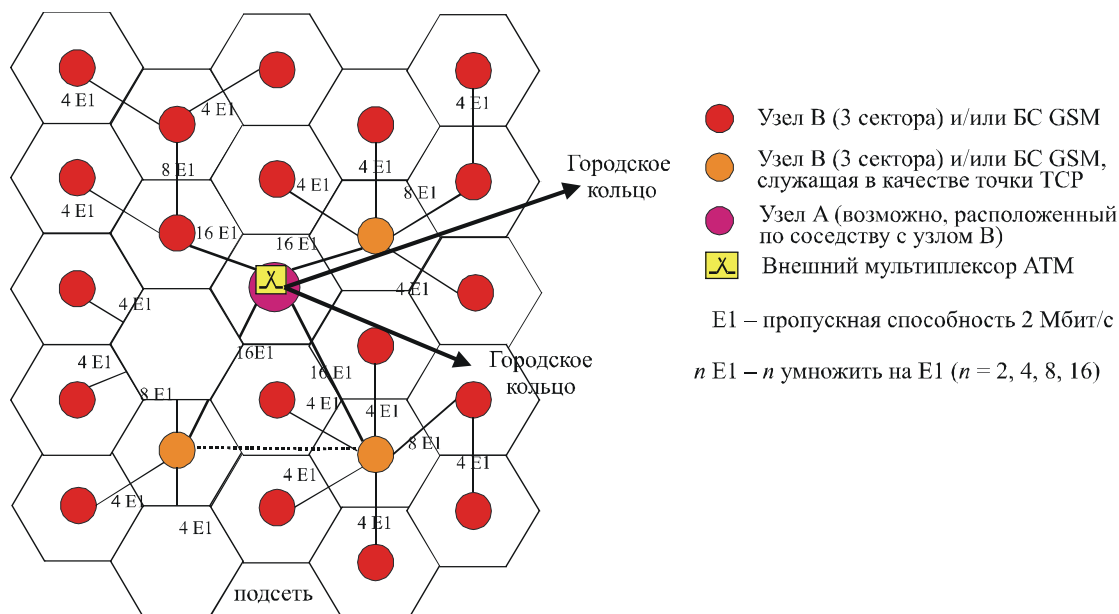
возможно подыскать подходящие диапазоны частот для работы линий беспроводной связи.

Однако прямой доступ определенной соты к БС может привести к длине пролета, при которой потребуются установка больших антенн. Это может вызвать серьезные проблемы при установке, особенно в больших пунктах концентрации (ЦС) в пределах сети. Поэтому, вместо прямых присоединений следует использовать цепочки линий Р-Р, включая объединение пропускных способностей по цепочке линий между БС соты и центром коммутации, особенно в пригородных и сельских условиях.

В городских и густонаселенных городских условиях плотность БС позволяет эффективно использовать звездообразные и почти звездообразные сети с функциональной возможностью предварительной концентрации или по меньшей мере сбора, путем введения SUB-CS. Тем не менее, возможным решением по-прежнему могут быть традиционные структуры, поскольку движущей силой сетей подвижной связи всегда является зона радиопокрытия системы подвижной связи, а не оптимальные параметры транспортной сети. Данный факт всегда будет требовать определенной гибкости от транспортной сети, приводящей иногда к более высоким потребностям в спектре. На рис. 4 показана возможная структура почти звездообразной сети, включающая цепочки линий Р-Р.

РИСУНОК 4

Пример структуры подсети для доступа БС с использованием почти звездообразной структуры и цепочек линий ФС



2060-04

При такой архитектуре, основанной на линиях фиксированной связи Р-Р, каждая ЦС оборудована направленными антеннами, каждая из которых нацелена в направлении конкретной БС. БС также оснащены направленными антеннами, которые направлены либо на ЦС, либо на другую БС, с которой она образует почти звездообразную структуру или цепочку линий ФС.

Данное решение обладает следующими достоинствами:

- ограниченным числом установок линий для определенного местоположения;
- короткими длинами пролетов;
- малыми антеннами вследствие использования высоких частот;
- уменьшением чрезмерного объединения пропускных способностей по цепочкам; и
- гибкостью в отношении изменений/увеличений требуемых транспортных пропускных способностей и добавления дополнительных БС.

Пример оценки потребностей в спектре для подсети, описанной на рис. 4, можно найти в Приложении 2.

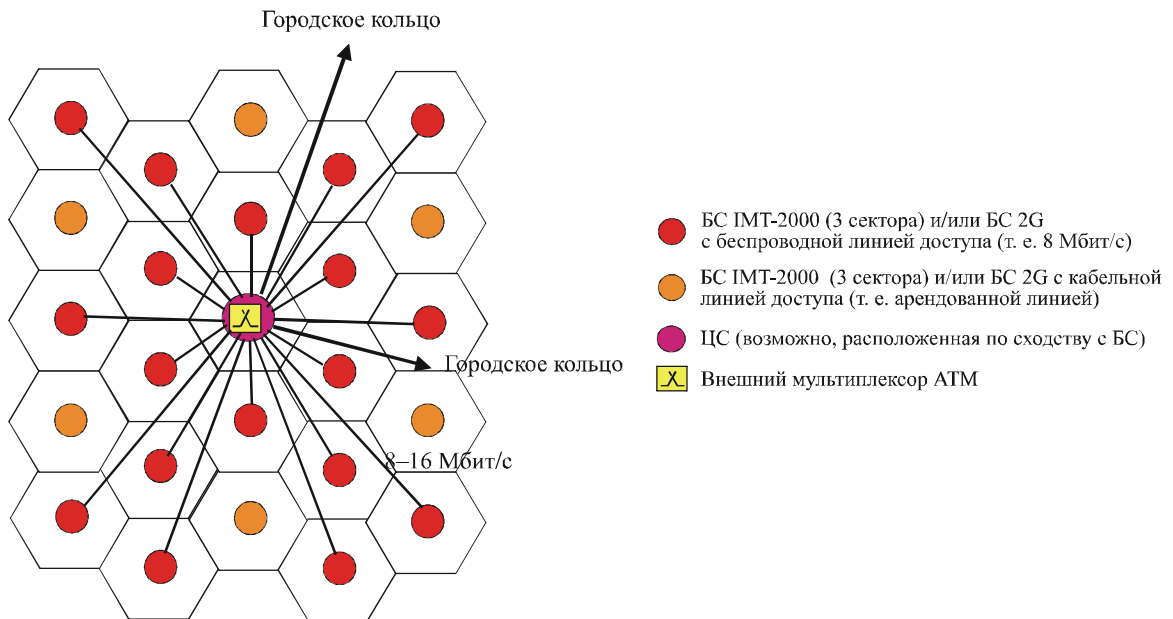
Если обстановка позволяет, то метод прямого доступа для построения линий от ЦС (коммутатор АТМ) до как можно большего числа окружающих БС обеспечивает нижеследующие преимущества:

- не требуется разделение нагрузки или присоединение к другой системе радиодоступа в базовой станции; и
- может быть легко выполнено условие прямой видимости для многих базовых станций, если у ЦС высокая опора.

На рисунке 5 изображен пример развертывания линии прямого доступа к БС от ЦС.

РИСУНОК 5

Пример структуры с использованием прямых линий для доступа к БС



2060-05

При такой архитектуре, основанной на линиях фиксированной связи Р-Р, каждая ЦС оборудована направленными антеннами, каждая из которых нацелена в направлении конкретной БС. БС также оснащены направленными антеннами, которые направлены на ЦС.

В двух сценариях развертывания линий доступа к базовым станциям (БС), например, на рис. 4 и рис. 5, наличие условия прямой видимости между станциями должно быть тщательно учтено. В Дополнении 1 к Приложению 1 представлены примеры исследования вероятности наличия прямой видимости между ЦС и окружающими БС, а также между БС.

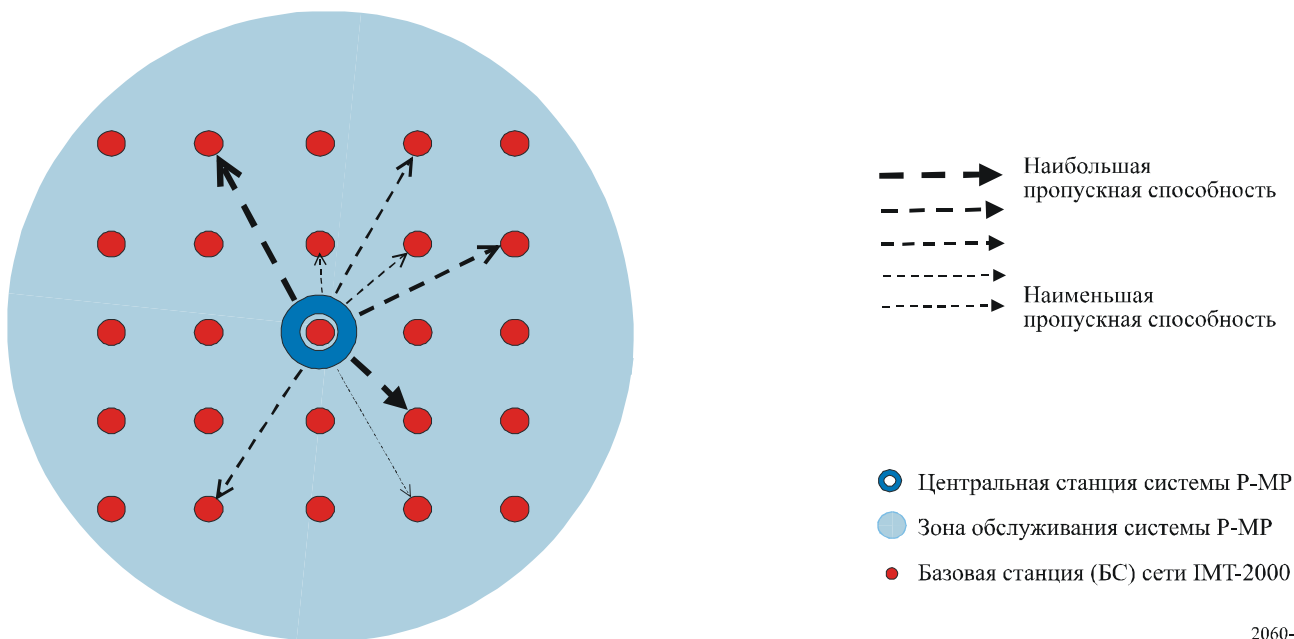
1.2 Применения Р-МР

В районах с высокой плотностью сот в рамках IMT-2000, использование применений Р-МР фиксированной службы может быть решением для удовлетворения потребностей в пропускной способности при присоединении базовых станций (БС) соты к центру коммутации. Применения Р-МР могут иметь возможность обслуживать большое число сот, особенно при работе систем Р-МР, использующих секторные антенны.

Структур такой сети Р-МР показана на рис. 6. В соответствии с индивидуальными потребностями каждой БС, могут быть предоставлены различные транспортные пропускные способности для обслуживания ЦС системы Р-МР.

РИСУНОК 6

Пример структуры сети Р-МР фиксированной службы



2060-06

Более того, возможно динамическое распределение пропускной способности в рамках системы Р-МР, которое могло бы повысить эффективность данной системы. Динамическое поведение систем Р-МР должно обеспечивать адаптацию к текущим потребностям в трафике обслуживаемой БС. Время срабатывания обычно менее 1 с. Принципы динамического распределения пропускной способности показаны на рис. 7

РИСУНОК 7

Динамическое распределение пропускной способности в системах Р-МР фиксированной службы



2060-07

Системы Р-МР могут быть более эффективными за счет использования:

- выигрыша от уровня модульности ATM;
- FDCA (быстрого динамического распределения пропускной способности) и
- мультиплексирования ATM.

Кроме того, системы Р-МР могут обеспечивать преимущество в виде сведения к минимуму зрительного воздействия.

1.3 Комбинированные решения Р-МР/Р-Р

Существует несколько оснований для применений линий Р-Р, учитывающих ограничения сетей со значительным уровнем развертывания Р-МР:

- отсутствие прямой видимости между базовой станцией и центральной станцией системы Р-МР;
- более плохое отношение *C/I* у некоторых БС, соединенных с системой Р-МР;
- отдельная БС с постоянной потребностью в высокой пропускной способности; и
- соединительные линии для соединения центральной станции Р-МР с SAP.

Объединение на основе АТМ посредством линий Р-МР, в основном, больше подходит к большим концентраторам при большом числе соединенных БС и совершенно необходимой эффективности спектра (поскольку она определяет потребности оператора в присвоении частот).

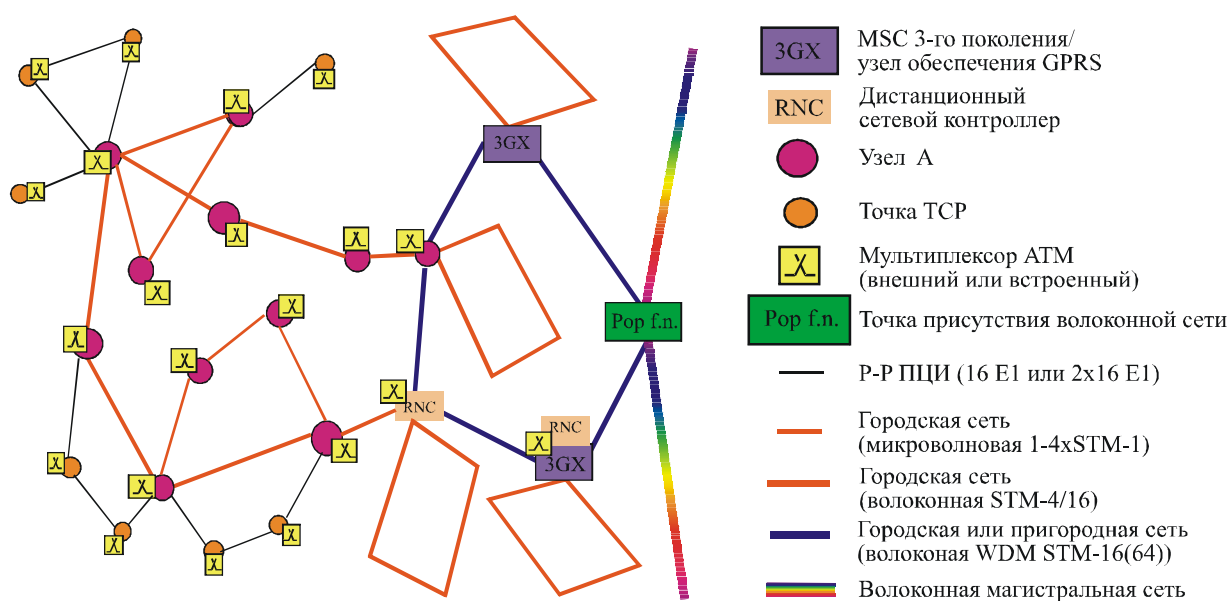
2 Структуры транспортной сети между ЦС и базовой сетью

Одной из задач транспортной сети выше уровня ЦС и SAP в рамках ИМТ-2000 является организация и осуществление концентрации информации в направлении SAP и далее до базовой сети (MSC), см. рис. 1 в основной части этого Отчета. Возможная структура данного участка сети приведена на рис. 8.

Посредством кольцевой структуры определенное число ЦС можно соединить с местоположением следующего SAP. В рамках структур иерархического уровня № 3 по меньшей мере в первые годы использования сети можно ожидать разумного количества линий Р-Р СЦИ. Более того, возможно использовать лишь несколько местоположений SAP, поскольку концентрация трафика уже применена в пунктах концентрации за счет функциональной возможности мультиплексирования/коммутации АТМ. Концентрация трафика в SAP незначительна. Выше уровня SAP также могут применяться линии Р-Р СЦИ, однако с самого начала, возможно, отдать предпочтение волоконно-оптическим соединениям.

РИСУНОК 8

Возможная структура транспортной сети для ИМТ-2000 более высокого порядка



Дополнение 1 к Приложению 1

Моделирование вероятности наличия прямой видимости между узловыми станциями в структуре подсети

В разделе 1 Приложения 1 на рис. 4 и рис. 5 показаны два примера структур, использующих линии Р-Р, т. е. соответственно:

- почти звездообразная и цепная структура (рис. 4); и
- структура с прямым доступом (рис. 5).

В таблице 9 показано, что средняя вероятность наличия прямой видимости между ЦС и окружающими базовыми станциями в пределах 5 км составляет порядка 92%. Это указывает на то, что линия прямого доступа от ЦС до ряда базовых станций может строиться при высоте антенны более 40 м.

ТАБЛИЦА 9

Пример вероятности наличия прямой видимости между ЦС и БС

ЦС (высота антенны)	Число БС в пределах 5 км	Вероятность наличия прямой видимости БС в пределах 5 км (%)
№1 (82 м)	52	96,2
№2 (98 м)	71	83,1
№3 (71 м)	63	90,5
№4 (99 м)	60	93,3
№5 (49 м)	38	97,4
№6 (54 м)	24	95,8
№7 (43 м)	26	100
№8 (43 м)	31	87,1
№9 (96 м)	31	93,6
Среднее значение (70 м)	44,5	92

С другой стороны, в соответствии со структурой доступа БС на основе рис. 4 было проведено другое исследование вероятности наличия прямой видимости между базовыми станциями. В качестве примера в таблице 10 приведен результат, который показывает, что даже при меньших высотах антенн (20–40 м) может быть получена высокая вероятность наличия прямой видимости.

ТАБЛИЦА 10

Пример вероятности наличия прямой видимости между БС

	Высота антенны (м)	Число выборочных станций	Средняя вероятность наличия прямой видимости до 5 ближайших станций (%)	Среднее расстояние до 5 ближайших станций (м)
Группа антенн малой высоты	20–40	35	94	1 294
Группа антенн средней высоты	40–60	52	95	1 067
Группа антенн большой высоты	Более 60	13	97	944

Приложение 2

Примеры оценок потребностей в спектре ФС для сетей IMT-2000 в городских районах

1 Словарь условных обозначений и акронимов

Обозначение	Единица измерения	Описание
A_M	км ²	Площадь микросоты
V_A	Мбит/с/км ²	Скорость передачи битов на единицу площади на оператора
V_{AN}	Мбит/с/км ²	Скорость передачи битов на единицу площади на N_0 операторов
v_B	Мбит/с	Теоретическая требуемая полная скорость передачи битов на станцию соты
V_B	Мбит/с	Сокращенная полная скорость передачи битов для стандартной иерархии ПЦИ
V_Q	кбит/ч/км ²	Общее количество поступающих битов на линии вниз
V_S	Мбит/с	Скорость передачи битов на станцию соты
V_T	МГц	Общая ширина полосы требуемого частотного спектра
V_U	МГц	Единичная ширина полосы
C_M	–	Число несущих на микросоту
D	км	Длина пролета
D_S	Мбит/с	Скорость передачи данных на сектор
N_C	–	Общее число требуемых радиостволов в узле
N_0	–	Общее число операторов
O_A	–	Заголовок ATM
O_H	–	Заголовок программной эстафетной передачи
O_S	–	Заголовок сигнализации
O_T	–	Суммарный заголовок
R_M	м	Радиус микросоты
S_M	–	Число секторов на микросоту

2 Введение

В данном Приложении представлены некоторые руководящие указания для оценки потребностей в спектре ФС для сетей передачи ИМТ-2000, образующих присоединения станций соты (БС) к Sub-CS.

В нем описывается набор входных данных, некоторые предположения и процедура расчета радиуса соты, которая использовалась при проектировании кластера сот. На основе этих оценок в п. 6 были выбраны различные планы сетей передачи для определения требуемого спектра, в основном, в диапазоне 38 ГГц. Эти результаты можно применять к другим диапазонам, например, 27 ГГц, а также 32 ГГц. Основное внимание было уделено городским районам и микросотам.

План для каждого примера сети передачи снабжен следующей информацией:

- положением присоединений в пределах кластера сот;
- предложением для частотного плана; и
- основными характеристиками.

Был рассмотрен технический показатель качества имеющегося передающего оборудования и для проверки были рассчитаны уровни помех. В итоге, все варианты сравнены с точки зрения требуемой ширины полосы и доступного спектра. Соотношение для наихудшего случая и наилучшего случая составило примерно 2–3.

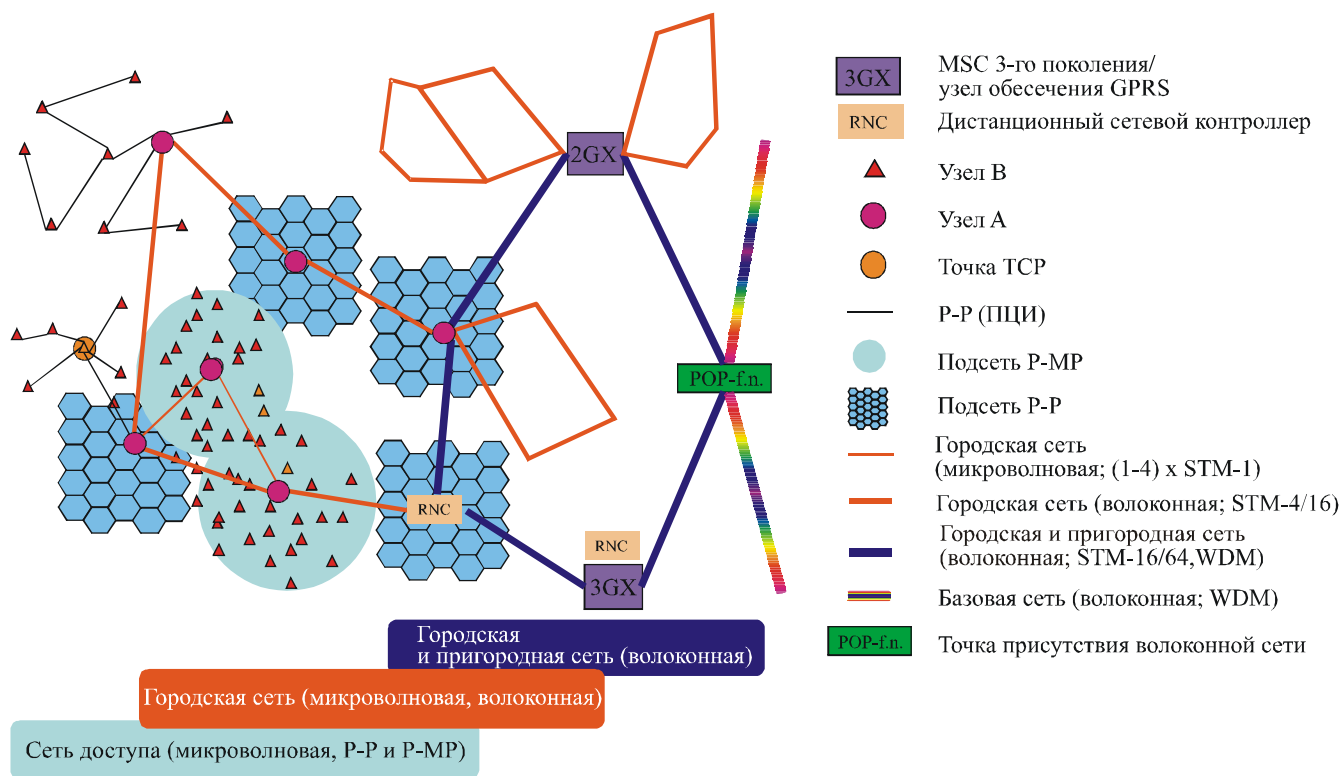
3 Общий обзор сети ИМТ-2000

Транспортная сеть ИМТ-2000 представляет присоединение пользователя подвижной связи к базовой сети. Этой инфраструктуре подвижной связи требуется поддержка транспортной сети, которая организует передачу информации между пользователями подвижной связи, сконцентрированными в БС, а также присоединение к сети фиксированной связи.

Общий обзор сети ИМТ-2000 приведен на рис. 9. Присоединения сети радиодоступа к транспортной сети, а также интерфейсы в пределах самой транспортной сети диктуют требования в отношении пропускной способности и среды передачи, используемых для присоединения всех уровней сетевой иерархии.

РИСУНОК 9

Общий обзор сети IMT-2000



2060-09

4 Оценка радиуса микросоты

В начале оценивается размер соты. В таблице 11 показан пример расчета оценки общего количества поступающих битов на линии вниз (кбит/ч/км²) в рамках СЕПТ за 2005 год.

ТАБЛИЦА 11

Общее количество поступающих битов (OBQ) на линии вниз (кбит/ч/км²) за 2005 г.

Услуги	СВД/ Городской район (в здании)	Пригородный район (в здании или на улице)	Жилище (в здании)	Городской район (пешеходная зона)	Городской район (проезжая часть)	Сельский район, внутри помещения и вне помещения
Высокоскоростные интерактивные услуги мультимедиа	$3,78 \times 10^8$	$4,73 \times 10^5$	$5,37 \times 10^3$	$8,69 \times 10^6$	$2,17 \times 10^6$	$1,66 \times 10^4$
Высокоскоростные услуги мультимедиа	$2,76 \times 10^8$	$5,24 \times 10^6$	$2,77 \times 10^5$	$7,86 \times 10^7$	$1,35 \times 10^5$	$1,72 \times 10^3$
Среднескоростные услуги мультимедиа	$2,21 \times 10^7$	$2,62 \times 10^5$	$1,38 \times 10^4$	$6,42 \times 10^6$	$1,10 \times 10^4$	$8,62 \times 10^1$
Коммутируемая передача данных	$9,58 \times 10^7$	$2,99 \times 10^5$	$9,22 \times 10^3$	$4,76 \times 10^6$	$3,66 \times 10^5$	$5,61 \times 10^3$
Простой обмен сообщениями	$2,76 \times 10^6$	$5,53 \times 10^4$	$2,92 \times 10^3$	$8,29 \times 10^5$	$1,42 \times 10^3$	$1,82 \times 10^1$
Речь	$3,52 \times 10^8$	$1,29 \times 10^6$	$5,98 \times 10^4$	$8,20 \times 10^7$	$3,56 \times 10^6$	$3,46 \times 10^4$
Итого	$1,13 \times 10^9$	$7,62 \times 10^6$	$3,68 \times 10^5$	$1,81 \times 10^8$	$6,24 \times 10^6$	$5,86 \times 10^4$

Сравнение результатов в строке "Итого" показывает, что только две услуги представляют интерес в плане дальнейших оценок в отношении транспортной пропускной способности системы ФС:

- центральный деловой район (CBD), для которого общая потребность составляет $1,13 \times 10^9$ кбит/ч/км²; и
- городской район (пешеходная зона), с общей потребностью $1,81 \times 10^8$ кбит/ч/км².

Во всех остальных категориях суммарные величины гораздо меньше упомянутых, и поэтому их можно не брать в расчет при оценке требуемой транспортной пропускной способности. Суммарные величины ОВQ на линии вверх не учитывались вследствие их более низких значений, с другой стороны, нагрузка на линиях фиксированной беспроводной связи обычно симметрична в прямом и обратном направлении.

Общее количество поступающих битов в условиях CBD в десять раз выше, чем в условиях городского района (пешеходной зоны), однако, поскольку CBD, в основном, обслуживается в пикосотах, это количество не учитывается при оценке радиуса микросоты.

ТАБЛИЦА 12

Предположения для дальнейших расчетов

Название	Условное обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
Общее количество поступающих битов на линии вниз	V_Q	$1,81 \times 10^8$	кбит/ч/км ²	Из таблицы 11
Общее число операторов	N_O	4	–	Получено на основе сценариев развития
Число несущих на микросоту	C_M	2	–	Предполагаемое значение
Число секторов на микросоту	S_M	2	–	Предполагаемое значение
Скорость передачи данных на сектор	D_S	0,9	Мбит/с	Предполагаемое значение

ТАБЛИЦА 13

Вывод радиуса микросоты с учетом значений из таблицы 11

Название	Условное обозначение	Формула для расчета	Результат	Единица измерения
Скорость передачи битов на станцию соты, результирующая	V_S	$C_M \times S_M \times D_S$	3,6	Мбит/с на станцию соты
Скорость передачи битов на N_O операторов на единицу площади (округленная)	V_{AN}	$V_Q/3600$	52	Мбит/с/км ²
Скорость передачи битов на оператора на единицу площади	V_A	V_{AN}/N_O	13	Мбит/с/км ²
Площадь микросоты	A_M	V_S/V_A	0,277	км ²
Радиус микросоты (округленный)	R_M	$620 \times A_M^{1/2}$	330	м

5 Модель кластера

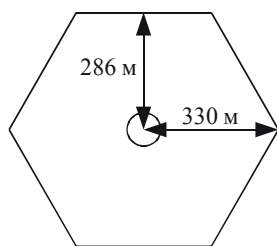
5.1 Общие сведения

Соображения:

- в первом расчете используются только микросоты;
- линии Р-Р ФС используются для присоединения станции соты к узлу. При определении транспортной пропускной способности на линии Р-Р учитывается дополнительный заголовок, например, представленный в Таблице 14;
- внимание сосредоточено в первую очередь на городском районе: если результаты расчета требуемого частотного спектра для линий Р-Р ФС соответствуют доступному частотному спектру, то для пригородных и сельских районов никакой нехватки не будет.

РИСУНОК 10

Размеры микросоты



2060-10

ТАБЛИЦА 14

Определение требуемой транспортной пропускной способности на станцию микросоты для линии фиксированной беспроводной связи

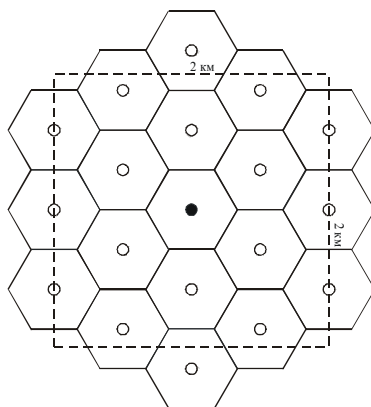
Название	Условное обозначение	Формула для расчета	Значение	Единица измерения
Скорость передачи битов на станцию соты, результирующая	B_S	$C_M \times S_M \times d_S$	3,6	Мбит/с на станцию соты
Заголовок сигнализации	O_S		1,15	–
Заголовок программной эстафетной передачи	O_H		1,40	–
Заголовок АТМ, составляющий от 20% до 70%, в зависимости от услуги	O_A		1,45	–
Суммарный заголовок	O_T	$O_S \times O_H \times O_A$	2,33	–
Требуемая транспортная пропускная способность (полная скорость передачи битов на станцию микросоты)	β_B	$O_T \times B_S$	8,4	Мбит/с на станцию соты
Сокращенная полная скорость передачи битов, адаптированная для стандартной иерархии ПЦИ	B_B		8	Мбит/с на станцию соты

5.2 Проектирование кластера

В данном контексте кластер формируется из числа микросот одинакового размера (как показано на рис. 10), которые упорядочены таким образом, что покрывают зону квадратной формы (рис. 11). Все соответствующие БС соединены с одной SUB-CS с помощью линий Р-Р.

РИСУНОК 11

План кластера размером 2×2 км с одной Sub-CS в центре



2060-11

Исследуемые сети передачи определены в таблице 15.

ТАБЛИЦА 15

Параметры, учитываемые при расчете передачи

Параметр	Сеть передачи
Радиус микросоты (м)	330
Число несущих на микросоту	2
Число секторов на микросоту	2
Размер кластера	2×2 км
Количество микросот в кластере (приблизительно)	14
Количество линий ФС на кластер	13
Подробности плана	п. 6.3
Резюме результатов	п. 6.4

6 План сети передачи

6.1 Общие сведения

Различные структуры плана сети передачи оцениваются с точки зрения присоединения микросот к одному узлу кластера. Оценка общего требуемого частотного спектра основана на расчетах помех. Для моделирования нескольких конфигураций были использованы характеристики реального оборудования (радиооборудования и антенны).

6.2 Некоторые определения, используемые при моделировании

6.2.1 Единичная ширина полосы B_U

Показатель единичной ширины полосы B_U был введен для того, чтобы иметь средство измерения занятого частотного спектра в зависимости от требуемой полной скорости передачи битов на линию (или транспортной пропускной способности). Это значение получено при условии четырехуровневой схемы модуляции (4-FSK или 4-QAM), и оно также в особых случаях представляет распределение каналов в соответствующем частотном плане. При использовании различных значений транспортной пропускной способности B_U присваивается наименьшее из значений.

ТАБЛИЦА 16

Зависимость транспортной пропускной способности от единичной ширины полосы (B_U)

Транспортная пропускная способность (Мбит/с)	B_U (МГц)
4×2 или 8	7
2×8	14
16×2 или 34	28

6.2.2 Ширина полосы требуемого частотного спектра B_T

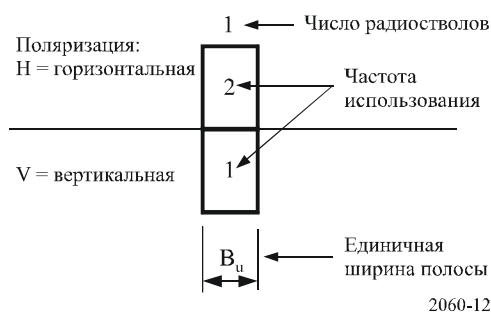
Ширина полосы общего требуемого частотного спектра зависит от плана сети присоединения, и она определяется для реализации одного кластера (и для одного оператора) следующим образом:

$$B_T = N_C \times B_U,$$

где N_C представляет число последовательных радиостволов в SUB-CS, включая "защитные" радиостволы (если необходимо удовлетворять установленному значению C/I). Поэтому необходимо оценить только N_C для каждого типа плана транспортной сети. Соседние кластеры с различными планами оказывают незначительное воздействие на рассматриваемый кластер.

РИСУНОК 12

Частотный план (пример)



6.2.3 Диапазон частот

Присвоение диапазона частот, когда это применимо, выбирается в зависимости от длины пролета d .

ТАБЛИЦА 17

Зависимость диапазона частот от длины пролета d (пример)

Длина пролета d (км)	Диапазон частот (ГГц)
до 0,7	52, либо 56, либо 58
до 5	38

6.2.4 Уровень на входе приемника

В любом случае уровень на входе приемника должен составлять -40 дБм при допустимом отклонении ± 1 дБ. Поэтому:

- необходимо должным образом установить выходную мощность соответствующего передатчика; и/или

- необходимо правильно выбрать антенну.

6.2.5 Требования к отношению C/I

Выбор радиоствола основан на результатах расчета помех и отношении $C/I \geq 55$ дБ.

6.2.6 Поляризация

В зависимости от длины пролета (или для улучшения развязки) используется горизонтальная или вертикальная поляризация.

6.3 План сети передачи

Различные планы транспортной сети оцениваются для кластера размером 2×2 км. Для каждой из приведенных ниже структур исследуются 2 варианта:

- Вариант х.1 – Все линии действуют в одном и том же диапазоне частот (например, 38 ГГц);
- Вариант х.2 – Частоты для всех линий с длиной $d < 0,7$ км выбраны из диапазона > 38 ГГц (например, 58 ГГц);

при этом х означает ранг структур, в соответствии с подразделами 6.3.1–6.3.3 (например, для Структуры 1 $x = 1$).

6.3.1 Структура 1

В данной структуре SUB-CS расположена приблизительно по центру кластера, и каждая БС соединена отдельной линией Р-Р (рис. 13).

Основные характеристики:

- минимальная длина пролета приблизительно 0,6 км;
- максимальная длина пролета приблизительно 1,2 км; и
- пропускная способность на линию ФС составляет 8 Мбит/с ($B_U = 7$ МГц).

РИСУНОК 13

План присоединений в Структуре 1

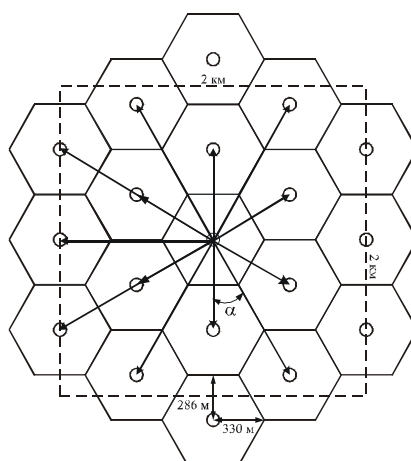


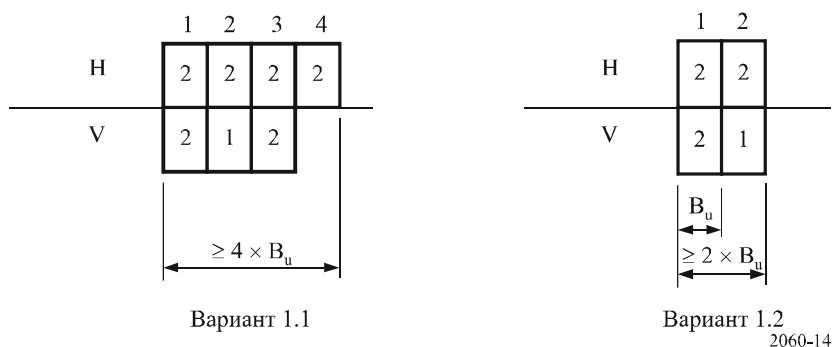
ТАБЛИЦА 18

Основные характеристики Структуры 1

Вариант	Диапазон частот (ГГц)	Число линий	Требуемые радиостволы	Длина пролета d (км)
1.1	38	13	$N_c \geq 4$	$> 0,6$
1.2	38	7	$N_c \geq 2$	> 1
	58	6	$N_c \geq 2$	$< 0,7$

РИСУНОК 14

Частотные планы в диапазоне 38 ГГц для Структуры 1



6.3.2 Структура 2

В данном случае с узлом последовательно соединено до трех сот. Длина пролета всех линий одного и того же порядка составляет примерно 0,6 км. Угол между соседними соединениями, в основном, больше, чем в Структуре 1, поскольку к SUB-CS подводится меньше соединений.

РИСУНОК 15

План присоединений в Структуре 2

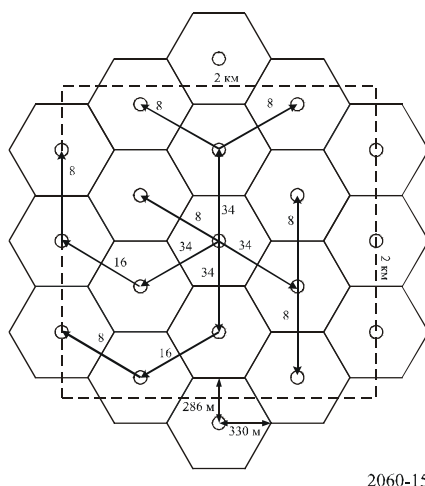


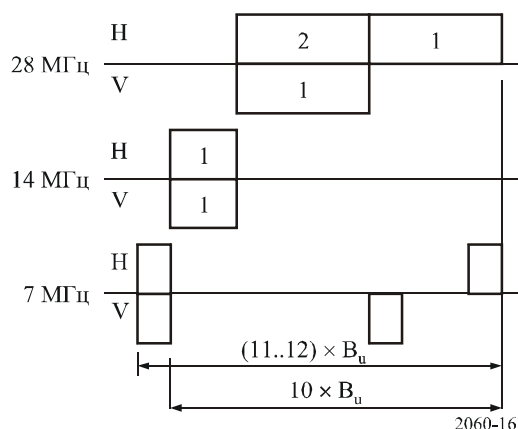
ТАБЛИЦА 19

Основные характеристики Структуры 2

Транспортная пропускная способность Мбит/с	Диапазон частот (ГГц)	Модуляция	Частотное разнесение (МГц)	Число линий
8	38	4 FSK, 4-QAM	7	7
16	38	4 FSK, 4-QAM	14	2
34	38	4 FSK, 4-QAM	28	4

РИСУНОК 16

Частотный план в диапазоне 38 ГГц для Структуры 2



Если все линии работают в диапазоне 38 ГГц, то требуемая ширина полосы составляет $(11..12) \times B_U$ (Вариант 2.1), а если все линии 8 Мбит/с работают в диапазоне 58 ГГц, то требуемая ширина полосы составляет $10 \times B_U$ (Вариант 2.2).

6.3.3 Структура 3

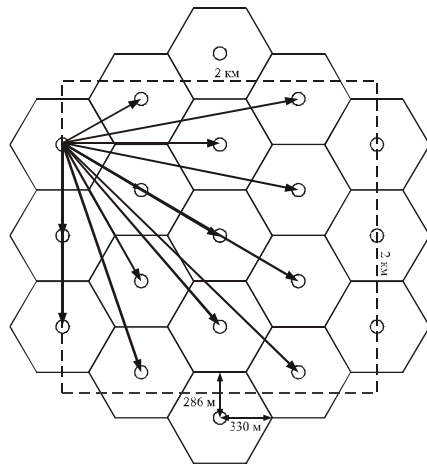
Данный случай представляет собой разновидность Структуры 1. SUB-CS смещена от центра к одному из краев кластера. Каждая сота соединена отдельной линией. Данная структура часто используется в Швейцарии.

Для данной конфигурации характерно следующее:

- суммарный внутренний угол составляет примерно 90° ;
- среднее значение угла между двумя соседними линиями $\alpha \geq 7^\circ$;
- минимальная длина пролета d приблизительно равна 0,6 км;
- максимальная длина пролета d приблизительно равна 2,1 км; и
- пропускная способность в расчете на линию ФС равна 8 Мбит/с ($B_U = 7$ МГц).

РИСУНОК 17

План присоединений в Структуре 3



2060-17

ТАБЛИЦА 20

Основные характеристики Структуры 3

Вариант	Диапазон частот (ГГц)	Число линий	Требуемые радиостволы	Длина пролета d (км)
3.1	38	13	$N_C \geq 11..13$	$> 0,6$
3.2	38	10	$N_C \geq 6$	$> 0,7$
	58	3	$N_C \geq 2$	$< 0,7$

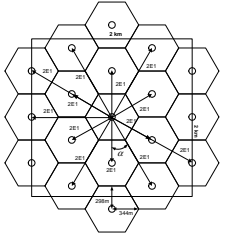
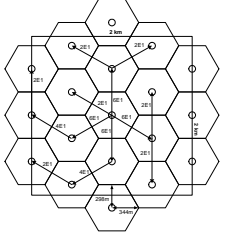
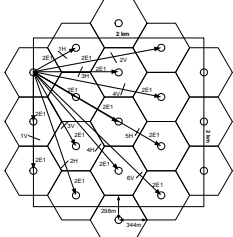
В Варианте 3.1 имеется несколько параллельных линий. В Варианте 3.2 почти во всех случаях не допускается наличие линий, работающих на параллельных направлениях, за счет того, что все линии с длиной пролета меньше 0,7 км действуют в диапазоне 58 ГГц.

6.4 Резюме различных структур

В таблице 21 приводится сравнение основных характеристик и результатов для различных исследованных структур и вариантов.

ТАБЛИЦА 21

Сравнение различных структур сети передачи

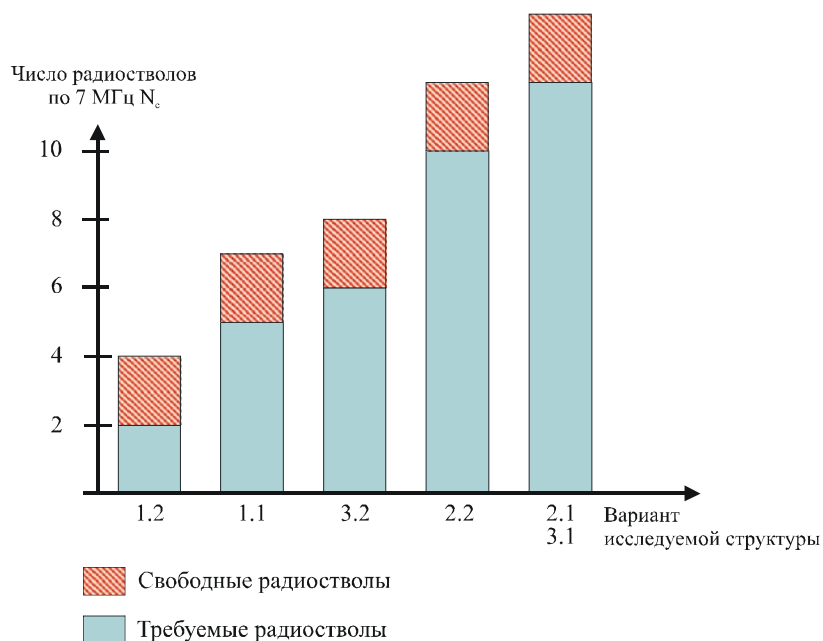
Структура сети передачи		Вариант	Требуемая общая ширина полосы B_T	"Параллель- ные" линии к узлу	Различная транспортная пропускная способность	58 ГГц для линий с $d < 1$ км
Рис. 13		1.1	$\geq 4 \times B_U$	Да	Нет	Нет
		1.2	$\geq 2 \times B_U$	Нет	Нет	Да
Рис. 15		2.1	$\geq (11 \dots 12) \times B_U$	Нет	Да	Нет
		2.2	$\geq 10 \times B_U$	Нет	Да	Да
Рис. 17		3.1	$\geq (11 \dots 13) \times B_U$	Да	Нет	Нет
		3.2	$\geq 6 \times B_U$	Нет	Нет	Да

На рисунке 18 дано графическое представление оцененных потребностей в спектре ФС. Приводится сравнение требуемой ширины полосы в диапазоне 38 ГГц по каждой структуре и варианту сети передачи.

По итогам данного исследования возможно оценить частотную потребность в расчете на оператора приблизительно в 70 МГц, в диапазоне 38 ГГц. Для каждой потребности в спектре следует добавить дополнительную потребность в двух радиостволах по 7 МГц. Эти свободные радиостволы необходимы для сведения к минимуму помехи между соседними кластерами, включая резервирование 7 МГц для присоединения пикосот.

РИСУНОК 18

Потребности в общей ширине полосы в диапазоне частот 38 ГГц в "городском" район



2060-18

Приложение 3

Воздействие дождя на транспортную сеть ИМТ-2000

В данном Приложении представлены результаты исследования воздействия дождя на транспортную сеть ИМТ-2000. В данном исследовании внимание сосредоточено на диапазонах частот, широко используемых в Европе, а именно диапазонах 18 ГГц, 23 ГГц и 38 ГГц.

Из результатов этого исследования следует, что на выборе диапазонов частот для транспортной сети ИМТ-2000 могут всерьез сказаться климатические условия, с которыми приходится сталкиваться в данном районе. Это обстоятельство показано на примере из опыта одного французского оператора в районах с сильно различающимися климатическими характеристиками.

1 Транспортные сети подвижной связи в Европе

В феврале 2002 года было опубликован отчет ЕСС (Report 003) "Фиксированная служба в Европе: использование в настоящее время и дальнейшие перспективы после 2002 года". Исследования, проведенные рядом администраций, показывают, что диапазоны 23 и 38 ГГц являются двумя основными диапазонами, используемыми в Европе для инфраструктурных сетей ФС. Число линий в этих диапазонах вместе с линиями в диапазоне 18 ГГц и полосе 24,5–26,5 ГГц приведено в таблице 22.

ТАБЛИЦА 22

Число линий ФС в Европе в различных полосах в 2001 г.

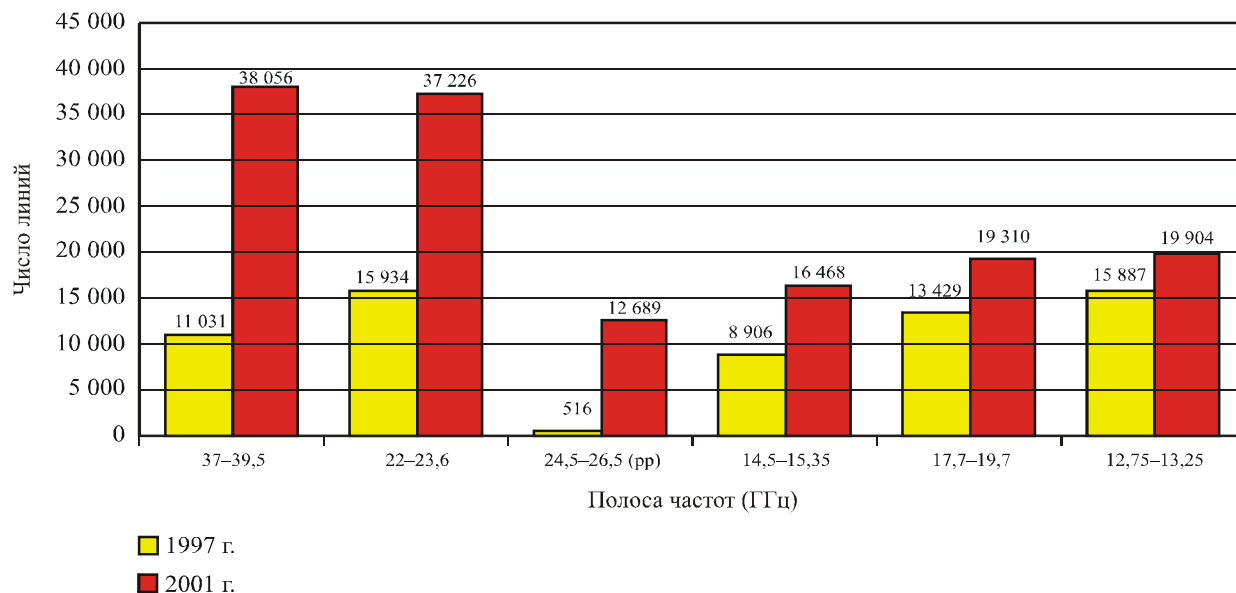
Полоса частот (ГГц)	Число линий в пределах Европы
17,7-19,7	19 310
22-23,6	37 226
24,5-26,5 (примечание)	12 689
37-39,5	38 056

ПРИМЕЧАНИЕ. – данная полоса представляет собой один из диапазонов, упоминаемых в таблице 3 как "диапазоны 27 ГГц".

Как показано на гистограмме на рис. 19, полосы 37–39,5 ГГц и 22–23,6 ГГц, несомненно, являются двумя полосами, преимущественно используемыми для инфраструктурных сетей в Европе.

РИСУНОК 19

Сравнение использования различных полос частот в Европе в 1997 и 2001 гг. (отрывок из Отчета ЕСС (Report 003))



2060-19

2 Сравнение воздействия дождя на использование ФС

Для того, чтобы позволить сравнение воздействия дождя на использование ФС в различных диапазонах, был вычислен доступный запас на замирание в разных географических дождевых зонах для диапазонов 18,23 и 38 ГГц, как функция от длины линии.

2.1 Расчет запаса как функции от длины пролета

Расчет выполнен на основе Рекомендации МСЭ-R P.530 при готовности минимум 99,99%, а также МСЭ-R P.676. Рассматриваемые системы ФС являются системами Р-Р, а их характеристики взяты из Рекомендации МСЭ-R F.758. В некоторых случаях были использованы характеристики систем, которые в настоящее время действуют в определенных странах с высокой температурой или тропическим климатом.

Запас на замирание рассчитывается следующим образом:

$$FM = P_r - P_{r,min}$$

или:

$$FM = G_e + G_r + P_e - L_T(p) - FL - P_{r,min},$$

где:

- FM : запас на замирание;
- P_e : входная мощность при излучении (мощности передатчика) (дБм);
- $L_T(p)$: общие потери (за счет дождя в $p\%$, газа и дифракции) (дБ);
- FL : потери в фидере (общие: при излучении и приеме) (дБ);
- $P_{r,min}$: минимальный уровень при приеме (обычно для BER 10^{-6}) (дБм);
- G_e : усиление антенны при излучении (передатчик) (дБи);
- G_r : усиление антенны при приеме (приемник) (дБи).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поскольку рассматриваются только системы Р-Р ФС, в приведенном ниже расчете $G_e = G_r = G$.

2.2 Результаты расчетов в Зонах E, M, N, P и Q

Во всех случаях угол места равен 0° и $p = 0,01\%$.

Ниже приводится непосредственное сравнение доступного интервала длин пролетов в диапазонах 18 ГГц в Зоне Q, а также 23 и 38 ГГц в Зоне E, на основе формул, представленных в п. 2.1.

Характеристики, использованные в таблице 23:

ТАБЛИЦА 23

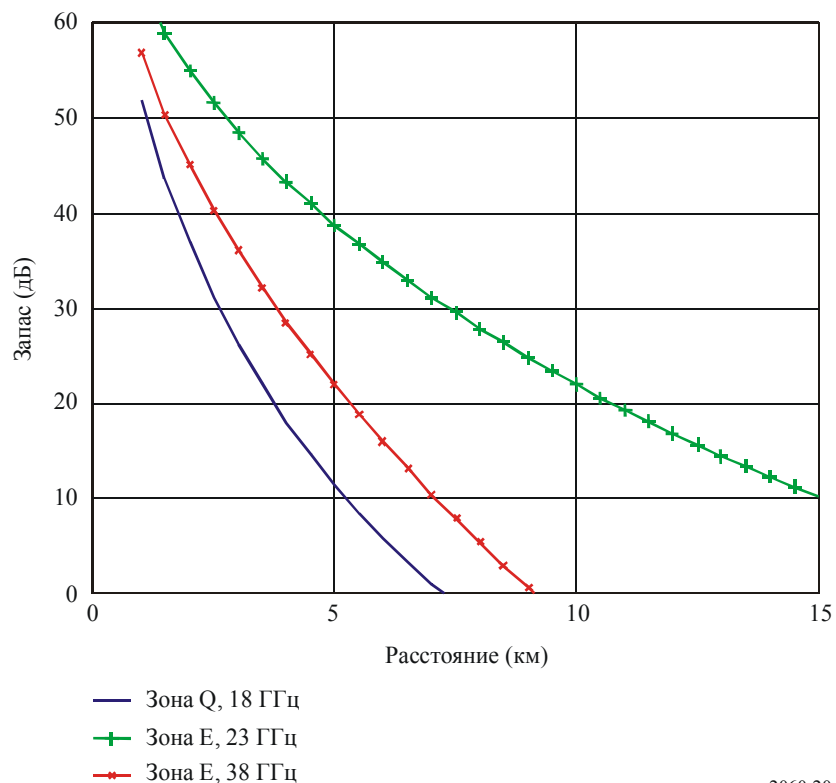
Характеристики системы, использованные при расчетах, представленных на рис. 20

Частота (ГГц)	18	23	38
FL (дБ)	3	4	4
P_e (дБм)	+25	-25	-25
G (дБи)	45	46	46
$P_{r,min}$ (дБм)	-72,4	-78	-78

Результаты этого сравнения показаны на рис. 20. Получается, что существует значительное сходство между интервалом длин пролетов, обеспечиваемым в диапазоне 38 ГГц в климатической зоне E, и интервалом, обеспечиваемым в диапазоне 18 ГГц в климатической зоне Q. В данной Зоне диапазон 18 ГГц играет ту же роль (а именно, для инфраструктурной сети), а не диапазон 38 ГГц в этой климатической зоне.

РИСУНОК 20

Сравнение между доступными интервалами длин пролетов в диапазонах 18 ГГц в Зоне Q, а также 23 и 38 ГГц в Зоне E



3 Случай, имеющий место во Французских заморских департаментах

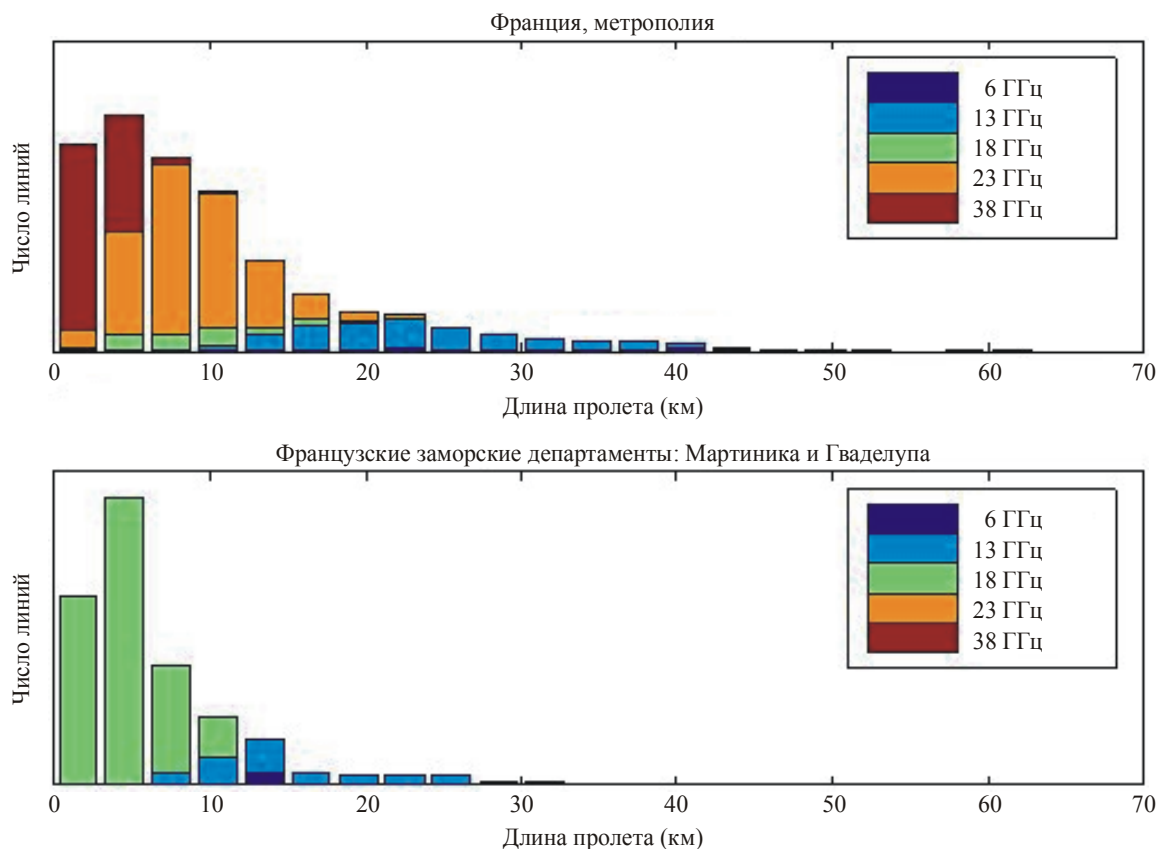
Французский оператор не использует диапазоны 23 и 38 ГГц в Карибских Французских заморских департаментах Гваделупе и Мартинике по причине ослабления в дожде. Самым высоким диапазоном частот, используемым ФС для обеспечения инфраструктурной сети ИМТ-2000, является диапазон 18 ГГц.

На рисунке 21 представлено сравнение распределения диапазонов частот как функция от длины пролета для французской метрополии и Французских заморских департаментов Мартиники и Гваделупы.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для сведения, общее число линий, учтенных в приведенной ниже гистограмме, составляет: 5460 – в департаментах французской метрополии и 241 – во Французских заморских департаментах.

РИСУНОК 21

Распределение линий для инфраструктуры сетей подвижной связи во Франции, включая ее заморские департаменты



Приложение 4

Примеры частотных присвоений в некоторых странах

1 Метод присвоения блоков частот в Норвегии

В Норвегии блоки частот были распределены в диапазоне 23 ГГц, в полосе 24,5–26,5 ГГц и в диапазоне 38 ГГц. По причине большого спроса и ограниченности ресурсов органа, выдающего разрешение, частотные блоки давались операторам по принципу "первым пришел – первым обслужен". Кроме того, разрешения на эти блоки выдавались новым операторам на указанных ниже условиях:

- Разрешения выдаются без очень строгих технических правил. Операторы несут ответственность за любые помехи, вызванные их системами. Если между двумя операторами возникает конфликт, приоритет имеет оператор, который первым ввел свою систему в действие.
- В конце каждого года операторы должны посылать в орган, выдающий разрешение, подробную информацию о линиях, которые были установлены.
- В любое время, использование спектра, распределенного оператору, может быть подвергнуто оценке. Если полномочный орган считает, что во всем блоке частот нет необходимости, разрешение на блок частот может быть отозвано и заменено на отдельные разрешения.

2 Процедура присвоения линии за линией в Соединенном Королевстве

Система присвоения фиксированной линии, или система с ограниченным шумом, которая была разработана Агентством Радиосвязи (RA) Соединенного королевства, объединенным в настоящее время с Управлением связи (OFCOM), является эффективной с точки зрения удовлетворения потребностей клиентов. Каждый диапазон частот фиксированной службы, управляемый на основе системы присвоения OFCOM, обновляется с использованием соответствующего критерия присвоения частот (например, минимальной длины пролета, разрешенных классов антенн и т. д.) Все присвоения с помощью системы присвоения осуществляются по принципу линии за линией.

При подаче заявления на получение разрешения клиент предоставляет подробное описание заявляемых станций, а также технические характеристики требуемых линий, например, оборудование, поляризация, готовность. В большинстве случаев, за исключением полосы 57–59 ГГц, в которой получение разрешения не требуется, а также полосы 64–66 ГГц, в которой получение разрешения осуществляется методом регистрации, радиостволы присваиваются в самом высоком совместимом диапазоне частот с целью удовлетворения потребностей клиента.

До присвоения линии, заявление проверяется системой, которая сверяет следующее:

- опознаваемы ли и известны ли станции, создаются ли новые станции, если требуется;
- высокая/низкая ли конфигурация и имеется ли прямая видимость;
- одобрено ли использование антенн в этом диапазоне частот в соответствии с характеристиками, указанными производителями;
- одобрено ли использование оборудования в этом диапазоне частот; и
- подходят ли длины пролетов.

Если заявление удовлетворительное, то осуществляются дальнейшие технические проверки, включая:

- правильные углы места и азимуты антенны; и
- является ли требуемая готовность больше 99,99%.

После этого процесса проверки, в соответствии с установленным порядком присвоения определяется тип местности вокруг и между оконечностей линии, например сельский, городской, водный, лесной и т. д.; рассчитываются просвет зоны Френеля, запас на замирание и требуемые э.и.и.м.

Далее в процессе присвоения определяются все линии в том же самом диапазоне частот в пределах координационной зоны. Затем из доступных радиостволов инженером по присвоениям выбирается радиоствол или ряд радиостволов. Все мешающие сигналы, передаваемые или принимаемые любым другим пользователем в пределах координационной зоны рассчитываются и оцениваются на предмет возможности создания помех. После этого присваивается первый доступный радиоствол, свободный от помех. В особых случаях данная система может быть вручную откорректирована.

Частоты для каждой линии присваиваются предварительно, вслед за координацией существующих линий фиксированной наземной связи (P-P) с другими службами. Заявление предварительных частот не дает право на использование линии фиксированной наземной связи (P-P), однако призвано помочь заявителю в плане своевременной закупки и конфигурации оборудования. Официально разрешение выдается только после того, как от всех заинтересованных сторон получены свидетельства об отсутствии разногласий.