

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R F.757-4
(04/2011)

**Базовые системные требования и
показатели качества для фиксированного
беспроводного доступа, использующего
мобильные технологии доставки услуг
телефонной связи и передачи данных**

Серия F
Фиксированная служба



Предисловие

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

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

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

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

Серии Рекомендаций МСЭ-R

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

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

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

Электронная публикация
Женева, 2011 г.

© ITU 2011

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

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.757-4

Базовые системные требования и показатели качества для фиксированного беспроводного доступа, использующего мобильные технологии доставки услуг телефонной связи и передачи данных

(Вопрос МСЭ-R 215/5)

(1992-1997-1999-2003-2011)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены основные системные требования и показатели качества для фиксированного беспроводного доступа (ФБД), использующего мобильные технологии¹. В Приложении 1 описываются применения мобильных технологий для использования в качестве ФБД, предлагающего основные услуги телефонной связи. В Приложении 2 описываются системы ФБД, предлагающие услуги передачи данных.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что уже широко используются системы подвижной радиосвязи, предлагающие основные услуги телефонной связи;
- b) что такие системы реализуются и в аналоговых, и в цифровых технологиях;
- c) что в некоторых случаях, как в сельских, так и в городских районах, из соображений удобства и экономии, может быть желательным применение в качестве ФБД систем, использующих мобильные технологии (см. список акронимов в п. 5 Приложения 2);
- d) что существует потребность в использующих мобильные технологии приложениях фиксированной связи, которые бы предлагали аналогичную функцию доступа к проводным линиям;
- e) что в тех случаях, когда радиолинии используются в приложениях фиксированной связи, они могут составлять часть международной линии связи;
- f) что внедрение систем ФБД, созданных на основе цифровых мобильных технологий, даст возможность предоставления различных видов услуг, включая местные вставки цифровых сетей с интеграцией служб (ЦСИС);
- g) что с помощью мобильных технологий приложения ФБД также могут использоваться в полосах частот, распределенных для фиксированной службы,

рекомендует,

- 1 что системы, использующие мобильные технологии в приложениях фиксированной связи, должны предоставлять услуги, доступные также и по проводным линиям. Такие услуги включают:
 - услугу индивидуальной телефонной связи;
 - услуги различных видов таксофонов;

¹ Наземные радиоинтерфейсы, поддерживающие и мобильный, и фиксированный беспроводный доступ при пользовательских скоростях передачи данных и включающие потенциальные возможности широкополосной связи, описаны в Рекомендации МСЭ-R М.1457 "Подробные спецификации радиоинтерфейсов Международной подвижной электросвязи-2000 (ИМТ-2000)" и выходят за рамки рассмотрения настоящей Рекомендации.

- услугу 4-проводной связи как с ЭМ-сигнализацией, так и без нее;
 - возможность передачи данных в полосе телефонного канала, включая факсимильную передачу и другие телематические услуги со скоростью передачи не менее 9,6 кбит/с,
- 2 что цифровые системы, использующие мобильные технологии в приложениях фиксированной связи, должны предоставлять такой же доступ к ЦСИС, что и цифровые мобильные системы;
- 3 что поскольку такие системы, используемые в качестве ФБД, могут быть частью международного соединения, они должны удовлетворять положениям соответствующих рекомендаций МСЭ-T серии G;
- 4 что должно быть предложено качество обслуживания, сравнимое с качеством обслуживания, предоставляемым абонентам фиксированной связи в городских районах, так, например, качество обслуживания должно быть лучше 1% и должно рассчитываться с применением Рекомендаций МСЭ-T E.506, МСЭ-T E.541, а также Добавление 1 к Рекомендациям серии E. С учетом экономических требований качество обслуживания (вероятность потери вызова), предоставляемое такой системой абоненту, должно быть, как правило, не хуже 5%;
- 5 что показатели качества по ошибкам и показатели готовности цифровых систем должны, как правило, соответствовать Рекомендациям МСЭ-R F.697 и МСЭ-R F.1400;
- 6 что по вопросам применения мобильных технологий в качестве ФБД следует обращаться к Приложению 1;
- 7 что по вопросам характеристик систем ФДБ на основе мобильных технологий, обеспечивающих передачу данных, следует обращаться к Приложению 2.

Приложение 1

Приложения технологий подвижной радиосвязи для использования в качестве ФБД, предлагающие основные услуги телефонной связи

1 Введение

Системы подвижной радиосвязи уже широко используются. Технология для таких систем активно развивается.

Технологически возможно, а в некоторых случаях может быть желательно из соображений удобства и экономии, применение систем подвижной радиосвязи в качестве ФБД. Системы ФБД, использующие мобильные технологии, подходят для развивающихся стран по причинам удобства и экономии. Целесообразно также их применение в развитых странах, особенно там, где существующая мобильная сеть обеспечивает покрытие территории, а фиксированная сеть нуждается в расширении (в сельских районах).

В данном Приложении описываются основные системные требования для таких применений. Одни применения предназначены для соединения абонентов с АТС, а следовательно, с коммутируемой сетью; другие применения включают пользователей фиксированной и подвижной связи в одной сети.

Для краткости применение технологий подвижной радиосвязи для использования в качестве ФБД будет называться просто "мобильный ФБД".

2 Общие положения

Услуга, которая должна быть предоставлена, образует постоянную, неотъемлемую часть сети связи.

Многие администрации уже внедряют такие системы для предоставления основных услуг телефонии в сельских районах. Поэтому важным является установление основных системных требований (например, показатели качества, полосы частот, процесс внедрения и аспекты технического обслуживания), которые обеспечат максимально эффективную интеграцию без ухудшения общих показателей качества сети.

Для сельских и отдаленных районов основной целью является обеспечение общего качества услуг, аналогичного или превосходящего качество услуг, предоставляемое системами проводной связи в хорошо обслуживаемых городских районах. Минимальным требованием при этом является достижение качества обслуживания, по крайней мере, сравнимого с качеством, предлагаемым в этих городских районах, как предложено в Справочнике МСЭ-Т (ранее МККТТ) по сельской связи (Женева, 1985 г.) и Рекомендациях МСЭ-R F.1103 и МСЭ-R F.1400.

В некоторых случаях использование систем мобильного ФБД может быть эффективным не только в сельских, но и в городских районах, например там, где временно не представляется возможным создание кабельной инфраструктуры. Преимуществом радиосистемы является то, что она может быть развернута быстрее, чем кабельная. Еще одной привлекательной возможностью может быть то, что после развертывания кабельных систем оборудование может быть легко преобразовано для использования в мобильных системах.

2.1 Основной подход

Существуют два основных подхода к системам мобильного ФБД. Первый подход предусматривает создание полностью новой системы мобильного ФБД, оптимизированной и предназначенной для использования в фиксированной связи; другой подход предлагает внесение минимальных изменений в существующие или планируемые мобильные системы для их адаптации к использованию в фиксированной связи.

Первый подход может быть оправдан в некоторых случаях с точки зрения экономической выгоды. Однако следует учитывать, что во многих случаях может быть желательным, чтобы система обслуживала абонентов и подвижной, и фиксированной связи. Для этих случаев предпочтительным кажется второй подход. Поэтому желательно, чтобы будущие мобильные системы включали в свои проекты возможность применения таких систем для ФБД, чтобы удовлетворять своим собственным критериям качества, устанавливаемым для условий подвижной связи; с другой стороны, мобильные системы могут значительно ограничивать качество, достигаемое фиксированной станцией. Например, одна из администраций управляет мобильными системами с соотношением несущая-помеха, равным 18 дБ на границах ячеек. Это отношение обеспечивает приемлемый уровень качества для мобильной системы, но может привести к недопустимому ухудшению качества для фиксированной службы, где радиолиния является составной частью телефонной сети, а радиосвязь используется вместо проводной или кабельной только из соображений удобства и экономичности. Другим фактором является то, что мобильные системы, как правило, оптимизируются для поддержания невысокого абонентского трафика – 0,02 Эрл, в то время как в фиксированной сети абонентский трафик обычно составляет в среднем 0,05–0,09 Эрл.

2.2 Полосы частот

Частотный спектр – это ограниченный природный ресурс. Следовательно, полосы частот, пригодные для подвижной связи, в первую очередь должны использоваться для мобильных служб или дополняющих друг друга приложений фиксированной связи. По этой причине применение мобильных систем для ФБД может быть оправдано в основном в сельских районах, где потребности в подвижной связи невелики, а предоставление услуг электросвязи при помощи проводных сетей обходится слишком дорого. См. также Рекомендацию МСЭ-R F.1401 "Соображения, касающиеся идентификации возможных полос радиочастот для систем фиксированного беспроводного доступа и соответствующие исследования совместного использования".

Если мобильные системы адаптируются для использования в качестве ФДБ, полосы частот должны быть такими же, как и для мобильных систем.

Полосы частот, обычно используемые для подвижной радиосвязи, к примеру, в диапазоне 400 МГц и 800/900 МГц, располагаются ниже частоты 3 ГГц. В принципе любые из этих диапазонов пригодны также и для работы фиксированной службы; следовательно, помеховая обстановка в любой области, где предполагается задействовать такую службу, должна сегодня удовлетворять критериям как для фиксированной, так и для мобильной службы.

2.3 Эксплуатационные аспекты

В принципе системами мобильного ФБД могут быть предоставлены все виды услуг электросвязи, предлагаемые при помощи проводных линий. Большинство услуг уже предоставляется мобильными системами. Одной из услуг, как правило, не предоставляемых мобильными системами, является услуга многоканального телефона, имеющая большое значение для телефонов с тастатурным набором или для учреждений АТС.

Некоторые функции мобильных систем не являются необходимыми для мобильного ФБД. К ним относятся роуминг и возможность перехода абонента из зоны действия одной базовой станции в зону действия другой без потери разговора (хэндовер). Кроме того, может потребоваться модификация некоторых подсистем в рамках мобильных систем в целях адаптации к применению ФБД. Наиболее важными являются план нумерации и подсистема ведения финансовых расчетов. В частности, в тех случаях, когда система оказывает услуги как мобильным абонентам, так и абонентам мобильного ФБД, план нумерации и подсистема ведения финансовых расчетов должны быть способны обслуживать обе категории абонентов, если только регламент не допускает использования общей подсистемы для обслуживания мобильных абонентов и абонентов мобильного ФБД.

В том случае, когда мобильные системы входят в состав существующей сети КТСОП, одним из решений проблем нумерации и ведения расчетов может быть создание точек управления служб с общим каналом передачи служебной информации.

При оказании услуг электросвязи необходимо учитывать предполагаемое размещение абонентских станций. Хотя окончательное оборудование можно устанавливать в помещении абонента, это место не всегда является лучшим для расположения радиоантенны. Как правило, дома в холмистой местности строят в долинах, либо в местах, где обеспечивается определенная защита от погодных условий. Это необходимо учитывать при проектировании системы, к примеру, путем приспособления мобильного оборудования для работы на 650-омную цепь (включая телефонный аппарат) при использовании в фиксированной службе.

В некоторых сельских районах промышленные источники питания переменного тока либо недоступны, либо менее надежны, чем аналогичные источники, используемые в городских или пригородных районах. Особое внимание необходимо уделить вопросу обеспечения надежных источников питания для абонентских устройств в сельских районах. Одной из альтернатив может быть установка аккумуляторов резервного электропитания.

2.4 Пропускная способность трафика – качество обслуживания

Часто планируется качество обслуживания или вероятность потери вызовов порядка 1%, но оно редко достигает 5%, хотя некоторые администрации устанавливают требования в диапазоне 0,1–0,5%, чтобы не допустить ухудшения национальной сети, превышающего норму 1%, рекомендованную МСЭ-Т. Должен быть предусмотрен соответствующий рост числа абонентов, поэтому следует избегать более высоких показателей вероятности потери вызовов, поскольку они, как правило, приводят к серьезной неудовлетворенности клиентов. Значения этих вероятностей рассчитываются обычным способом в соответствии с Рекомендациями МСЭ-Т E.506, МСЭ-Т E.541 и Добавлением 1 к Рекомендациям серии E, а также Рекомендацией МСЭ-R F.1103. Должны учитываться следующие факторы:

- количество требуемых радиостволов;
- число абонентов, которых требуется обслужить;
- интенсивность трафика в расчете на одного абонента.

Для абонентов в сельских районах часто использовалась средняя интенсивности трафика на одного абонента, составляющая 0,05–0,09 Эрл. График вероятности потери вызовов для максимума из 6 радиостволов приведен в Справочнике МСЭ-Т (ранее МККТТ) по сельской связи (Женева, 1985 г.), стр. 84 (англ.), рисунке 7-4 (III).

3 Требования для цифровых систем

3.1 Общие положения

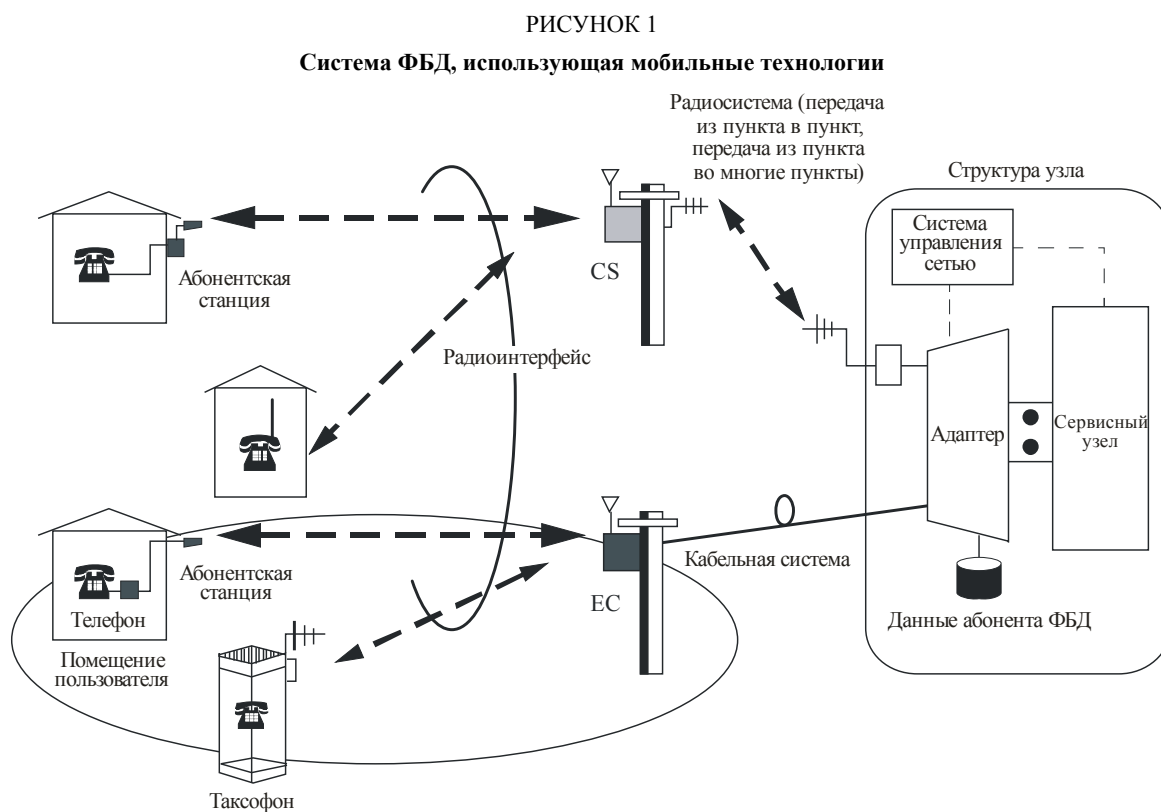
Широкое распространение цифровых мобильных технологий в настоящее время обеспечило возможность создания доступного по цене радиооборудования для ФБД. Такие системы обладают следующими особенностями:

- высокая готовность системы и хорошее качество передачи речи;
- быстрое развертывание и установка оборудования;
- низкая начальная стоимость в сельских и пригородных районах;
- простое техническое обслуживание и управление оборудованием;
- гибкая конструкция сети доступа с целью удовлетворения изменяющихся запросов;
- устойчивость в случае стихийных бедствий.

Используя вышеперечисленные преимущества, цифровые системы мобильного ФБД получили широкое распространение во многих странах. Услуги, предоставляемые системами мобильного ФБД, включают 2-проводную телефонную связь, общественные телефоны-автоматы, факсимильную связь и передачу данных с использованием модемов (со скоростью до 9,6 кбит/с). Учитывается необходимость предусмотреть будущие линии связи ЦСИС (2В + D).

3.2 Конфигурация системы

Конфигурация системы ФБД показана на рисунке 1. Основные компоненты системы – это адаптеры (ADP), сотовые станции (CS) и станции конечных пользователей или абонентские станции (SS). Для выполнения соединений между ADP и CS используются кабели или радиосистемы. Адаптеры размещаются между сервисным узлом (SN) и CS. Функциями адаптера являются концентрация, аутентификация и т. д.



Примерами интерфейсов между ADP и CS может служить интерфейс E1/T1 или интерфейсы на основе Рекомендаций МСЭ-T G.964/G.965. CS устанавливаются вне помещений, например в верхней части опор. На одной CS может быть несколько радиоблоков, каждый из которых обеспечивает несколько каналов сообщений в зависимости от используемой технологии. В результате этого одна CS предоставляет до нескольких десятков каналов сообщений, а также один канал управления. Радиус зоны обслуживания таких систем ФБД варьируется от 0,1 до нескольких десятков километров.

Основные параметры некоторых примеров мобильных технологий, используемых для применений ФБД, приведены в таблице 1. Мобильные технологии, указанные в таблице 1, определены в Рекомендациях МСЭ-R M.1033 и МСЭ-R M.1073.

ТАБЛИЦА 1

Основные параметры некоторых мобильных технологий, используемых для применений ФБД

	D-AMPS-FWA 450/800/1 900	IS-95- CDMA-FWA	GSM-FWA 900/1 800	PHS-FWA	DECT-FWA
Полоса частот (МГц)	440–450/485–495 824–849/869–894 1 850–1 910/1 930–1 990	824–849/869–894 1 750–1 780/1 840–1 870 1 850–1 910/ 1 930–1 990	890–915/935–960 1 710–1 785/1 805–1 880 ⁽⁴⁾	1 893,5–1 926,5	DECT 1 880–1 900 или 1 900–1 920 FWA 1 910–1 930
Доступ	TDMA (FDD)	CDMA (FDD)	FDMA/TDMA (FDD)	TDMA/SDMA (TDD)	TDMA (TDD)
Радиус зоны обслуживания (км)	Несколько десятков	До 62,5	До 35 ⁽⁵⁾	5/15 ⁽³⁾	5
Схема кодирования речи	ACELP 7,9 кбит/с	QCELP 13,2 кбит/с EVRC 8 кбит/с	HR 5,6 кбит/с FR 13 кбит/с, EFR 12,2 кбит/с ⁽⁶⁾	ADPCM	ADPCM
Количество радиостволов	833 при 800 МГц 1 985 при 1,9 ГГц	20–30	124/374	155	120
Сетевой интерфейс ⁽²⁾	T1/E1 ⁽²⁾	T1/E1	E1	E1/T1/PSTN	E1

(1) Данные будут представлены позднее.

(2) E1 = 2 Мбит/с; T1 = 1,5 Мбит/с.

(3) Радиус зоны обслуживания 15 км достигается при помощи передатчика мощностью 500 мВт при условии прямой видимости.

(4) Помимо этих полос частот также доступны следующие полосы:
380,2–389,8/390,2–399,8 410,2–419,8/420,2–429,8 450,4–457,6/460,4–467,6
478,8–486/488,8–496 698–716/728–746 747–763/777–793 806–821/851–866
824–849/869–894 880–915/925–960 876–915/921–960 1 850–1 910/1 930–1 990.

(5) Радиус зоны обслуживания > 35 км возможен при расширенном ТА.

(6) Помимо этих схем кодирования речи также доступны следующие:
TCH/AFS12,2, TCH/AFS10,2, TCH/AFS7,95, TCH/AFS7,4, TCH/AFS6,7, TCH/AFS5,9,
TCH/AFS5,15, TCH/AFS4,75, TCH/AHS7,95, TCH/AHS7,4, TCH/AHS6,7, TCH/AHS5,9,
TCH/AHS5,15, TCH/AHS4,75, TCH/WFS12,65, TCH/WFS8,85, TCH/WFS6,60,
O-TCH/AHS12,2, O-TCH/AHS10,2, O-TCH/AHS7,95, O-TCH/AHS7,4, O-TCH/AHS6,7,
O-TCH/AHS5,9, O-TCH/AHS5,15, O-TCH/AHS4,75, O-TCH/WFS23,85,
O-TCH/WFS15,85, O-TCH/WFS12,65, O-TCH/WFS8,85, O-TCH/WFS6,60,
O-TCH/WHS12,65, O-TCH/WHS8,85, O-TCH/WHS6,60.

Сокращения, представленные в таблице 1:

ADPCM	Adaptive differential pulse code modulation	АДИКМ	Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция
D-AMPS-FWA	Digital advanced mobile telephone system FWA		ФБД на основе цифровой продвинутой системы подвижной телефонной связи
DECT-FWA	Digital enhanced cordless telecommunications FWA		ФБД на основе цифровой улучшенной беспроводной связи
EVRC	Enhanced variable rate codec		Усовершенствованный кодек речи с переменной скоростью передачи
FDD	Frequency division duplexing		Дуплексная передача с частотным разделением каналов
FDMA	Frequency-division multiple access	МДЧР	Многостанционный доступ с частотным разделением каналов
GSM-FWA	Global system for mobility FWA		ФБД стандарта GSM (Глобальная система подвижной связи)
IS-95-CDMA-FWA	Interim Standard-95 code division multiple access FWA	МДКР	ФБД промежуточного стандарта (IS-95) на основе многостанционного доступа с кодовым разделением
PHS-FWA	Personal handyphone system FWA		ФБД на основе системы персональной связи с использованием портативных телефонов
PSTN	Public switched telephone network	КТСОП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
QCELP	Quadrature code excited linear prediction		Линейное предсказание с квадратурной кодовой инициацией
SDMA	Space division multiple access		Многостанционный доступ с пространственным разделением каналов
T1/E1	Primary rate transmission system		Система передачи с первичной скоростью
TA	Timing advance		Опережение
TDD	Time division duplexing		Дуплексный режим с временным разделением каналов

3.3 Требования к показателям качества и готовности

Согласно пункту 5 раздела *рекомендует* настоящей Рекомендации, показатели качества по ошибкам и показатели готовности цифровых систем ФБД должны, как правило, соответствовать Рекомендациям МСЭ-R F.697 и МСЭ-R F.1400. Поскольку эти Рекомендации не различают системы мобильного ФБД от систем, предназначенных исключительно для фиксированной связи, необходимо, чтобы системы мобильного ФБД соответствовали требованиям этих Рекомендаций. В частности, чтобы соответствовать показателям готовности в Рекомендации МСЭ-R F.1400, а именно 99,99% для применений среднего качества и 99,999% для применений высокого качества, среднее время восстановления (MTTR) должно быть достаточно коротким и в городской, и в сельской местностях.

ТАБЛИЦА 2

Основные параметры описанных применений ФБД, использующих цифровые мобильные технологии

	D-AMPS-FWA 450/900	IS-95- CDMA-FWA	GSM-FWA 900/1 800	PHS-FWA	DECT-FWA	PDC-FWA 800/1 500
Полоса частот (МГц)	440–450/485–495 824–849/869–894	824–849/869–894 1 750–1 780/1 840–1 870 1 850–1 910/1 930–1 990	890-915/935-960 1 710-1 785/1 805-1 880	1 893,5–1 919,6	DECT 1 880–1 900 или 1 900–1 920 FWA 1 910–1 930	810–828/940–958 1 429–1 453/1 477–1 501
Доступ	TDMA (FDD)	CDMA (FDD)	TDMA (FDD)	TDMA (TDD)	TDMA (TDD)	TDMA (FDD)
Радиус зоны обслуживания (км)	Несколько десятков	До 62,5	0,1 до 30/0,1 до 20	5	5	До 50
Схема кодирования речи	IS-54 IS-136	QCELP 13,2 кбит/с EVRC 8 кбит/с	HR 5,6 кбит/с FR, EFR 13 кбит/с	ADPCM	ADPCM	VSELP 6,7 кбит/с PSI-CELP 3,45 кбит/с
Количество радиостволов	(1)	20–30	124/374	348	120	216/288
Сетевой интерфейс ⁽²⁾	T1/E1 ⁽²⁾	T1/E1	E1	G.964/G.965 GR303/PSTN	E1	G.964, G.965 PSTN (двухпроводной аналоговый)

⁽¹⁾ Данные будут представлены позже.

⁽²⁾ E1 = 2 Мбит/с; T1 = 1,5 Мбит/с.

ADPCM	Adaptive differential pulse code modulation
D-AMPS-FWA	Digital advanced mobile telephone system FWA
DECT-FWA	Digital enhanced cordless telecommunications FWA
EVRC	Enhanced variable rate codec
FDD	Frequency division duplexing
FDMA	Frequency-division multiple access
GSM-FWA	Global system for mobility-FWA
IS-95-CDMA-FWA	Interim Standard-95 code division multiple access FWA
PDC-FWA	Personal digital cellular FWA
PHS-FWA	Personal handyphone system FWA
PSI-CELP	Peripheral subsystem interface-code excited linear prediction
PSTN	Public switched telephone network
QCELP	Quadrature code excited linear prediction
T1/E1	Primary rate transmission system
TDD	Time division duplexing
VSELP	Vector sum excited linear prediction

АДИКМ	Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция ФБД на основе цифровой продвинутой системы подвижной телефонной связи ФБД на основе цифровой улучшенной беспроводной связи Усовершенствованный кодек речи с переменной скоростью передачи Дуплексная передача с частотным разделением каналов
МДЧР	Многостанционный доступ с частотным разделением каналов ФБД стандарта GSM (Глобальная система подвижной связи)
МДКР	ФБД промежуточного стандарта (IS-95) на основе многостанционного доступа с кодовым разделением ФБД на основе персональной цифровой системы сотовой связи ФБД на основе системы персональной связи с использованием портативных телефонов
КТСОП	Периферийный интерфейс подсистемы-линейное предсказание кода Коммутируемая телефонная сеть общего пользования Линейное предсказание с квадратурной кодовой инициацией Система передачи с первичной скоростью Дуплексный режим с временным разделением каналов Линейное предсказание с возбуждением по векторной сумме

3.4 Реализация

Существует множество способов реализовать возможности доступа, включающие системы мобильного ФБД, как показано на рисунке 2. На рисунке видно, что типичная система беспроводного доступа состоит из ADP, CS и SS (или станции конечного пользователя). Например, в большой зоне, обслуживаемой одним сервисным узлом (SN), будет множество небольших подзон, находящихся на разных расстояниях от SN, имеющих различное число, плотность и темпы роста числа абонентов. Следовательно, наиболее важная проблема, стоящая перед операторами сети, состоит в том, каким образом выбрать оптимальный (т. е. с наименьшей стоимостью и максимальной эффективностью) вариант реализации с учетом условий в каждой из рассматриваемых подзон.

РИСУНОК 2
Формы средств доступа

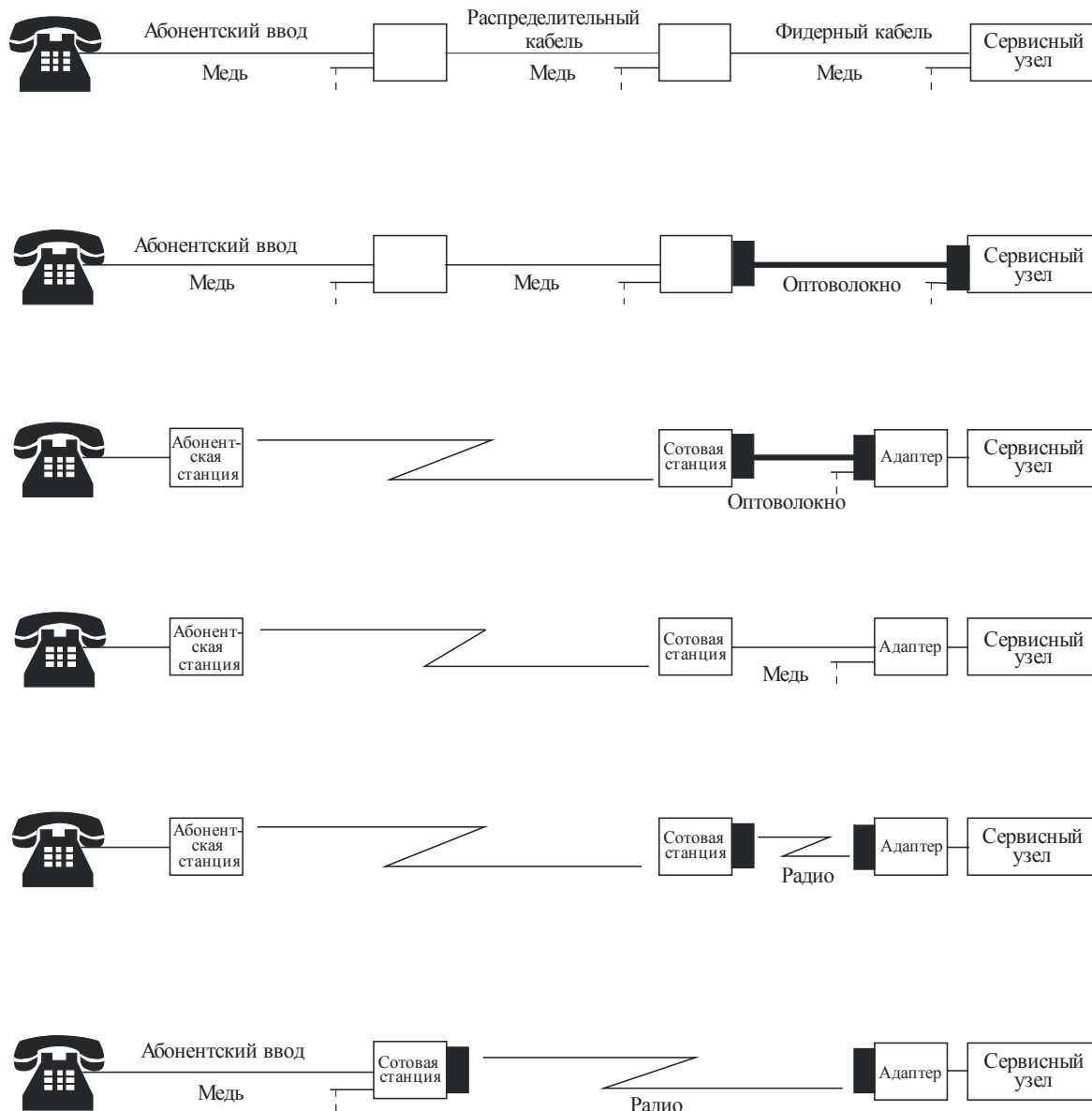
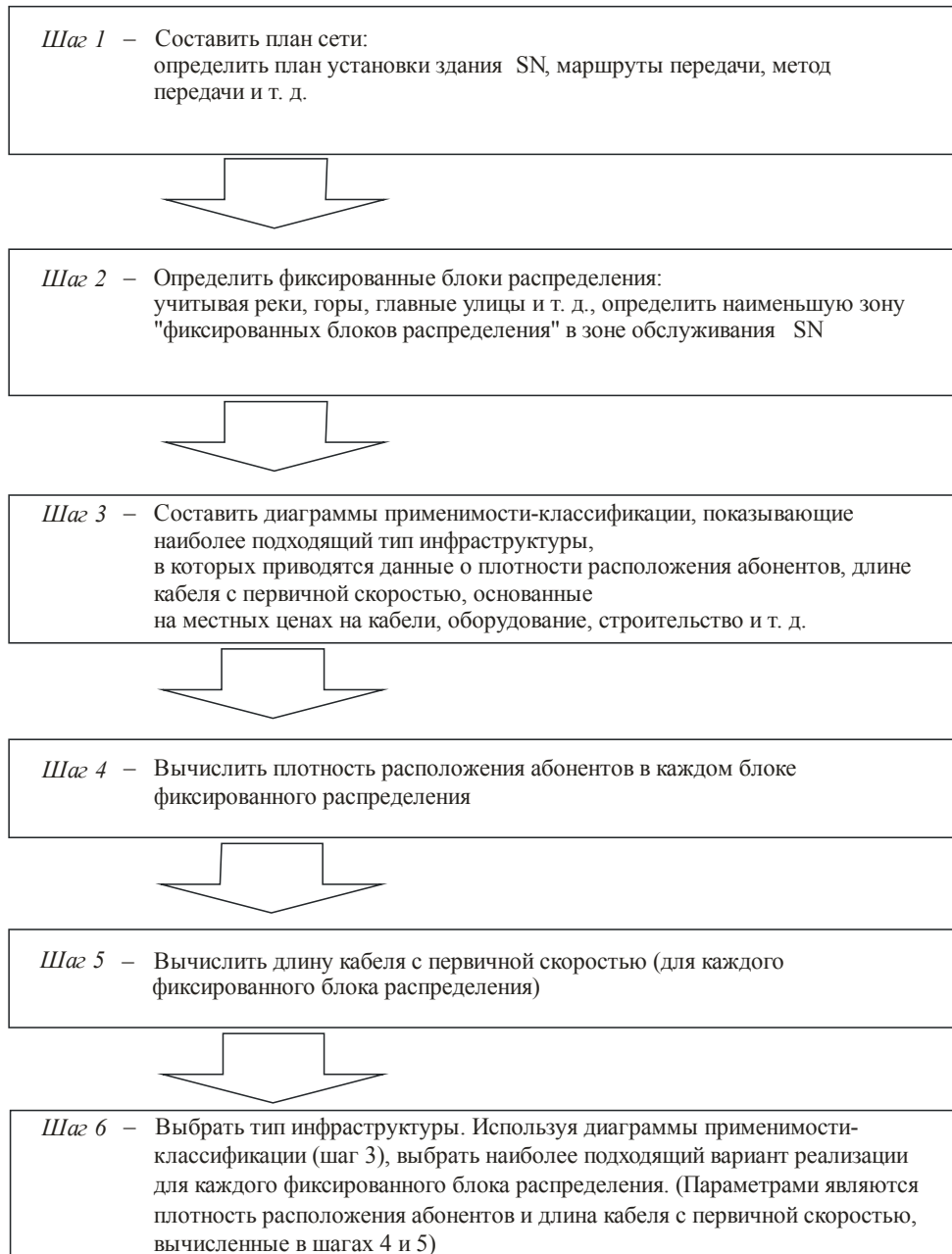


Схема выбора наиболее подходящих средств представлена на рисунке 3.

РИСУНОК 3

Выбор подходящих систем мобильного ФБД

3.5 Аспекты эксплуатации и технического обслуживания

Операторы могут контролировать несколько систем мобильного ФБД (и управлять ими) из одного центра управления. Существуют два вида архитектуры управления системой (древовидная или кольцевая). Они обладают различными характеристиками с точки зрения стоимости, надежности и т. д., и имеется возможность переключения с одной архитектуры на другую при расширении системы, наращивании оборудования или переконфигурировании центра.

Можно описать три системы, обеспечивающие функции системы управления сетью (NMS). Функции каждой системы представлены ниже:

- система эксплуатации и технического обслуживания сети для центра управления;
- система создания новых возможностей и поддержки управления для локальных станций;
- система заказа услуг для центра обслуживания абонентов.

Каждый центр управления сохраняет резервные копии данных (об абонентах, системе, трафике и т. д.), полностью отражающие состояние одного или нескольких других центров управления, с целью обеспечения защиты в случае аварии. Если один из центров выходит из строя, данные могут быть восстановлены из другого центра, а управление может быть перенаправлено на другой узел для обеспечения непрерывного процесса.

Родственная система управления базами данных (СУБД) обеспечивает возможность быстрого и гибкого поиска данных, простого сбора статистики и высокоэффективной обработки операций для больших объемов данных. Кроме того, она поддерживает различные формы сохранения данных, например гибкий диск, магнитооптический диск и т. д. Операторы могут легко управлять NMS, определять текущий статус системы и принимать соответствующие меры, используя графический интерфейс пользователя.

4 Выводы

Системы мобильного ФБД способны обеспечить доступ к услугам электросвязи как для абонентов в сельских районах, так и для абонентов в целом.

Как ожидается, оптимизированные фиксированные системы смогут обеспечить более высокий уровень качества и улучшенные характеристики услуг, чем при использовании подвижной радиосвязи. Уровень качества, предоставляемый системами ФБД, в некоторых случаях может быть приемлемым для администрации, которой требуется обеспечить основную услугу телефонной связи для небольшого числа широко распределенных по территории абонентов, особенно если это может быть организовано без особых затрат в пределах существующей ячейки подвижной связи. Администрация, однако, должна учитывать, что достигаемые в этом случае показатели качества могут ухудшать качество национальных или международных соединений сверх допустимых национальных норм или норм МСЭ-Т. Как всегда, при этом необходимо произвести полную оценку приемлемых методов радиосвязи, которая должна включать рассмотрение Рекомендаций МСЭ-Т и МСЭ-R, сравнение достижимых показателей качества с требуемым, затраты, срок службы оборудования, техническое обслуживание, надежность, пригодность для работы в местных условиях, предлагаемые услуги и т. д.

Приложение 2

Характеристики систем ФБД, основанных на мобильных технологиях, обеспечивающих передачу данных

1 Введение

За последние годы системы ФБД, основанные на мобильных технологиях, получили большое развитие. Первоначально системы, основанные на цифровых беспроводных технологиях, были предназначены для строительства сетей доступа КТСОП в короткие сроки и при минимальных затратах. Такие системы обеспечивают передачу речевых сообщений, в основном при использовании АДИКМ на скорости 32 кбит/с. Развитие в направлении мобильных систем третьего поколения привело к появлению усовершенствованных систем, предшествующих IMT-2000, способных предлагать скорости передачи информации до 40 кбит/с.

В связи с распространением интернета и других мультимедийных услуг возрастает потребность в передаче данных в дополнение к передаче речевых сообщений как в развивающихся странах, так и в развитых.

В данном Приложении описывается способ передачи данных при помощи систем ФБД, основанных на мобильных технологиях.

2 Общие характеристики систем ФБД, основанных на мобильных технологиях

В таблице 3 представлены параметры базовых станций для некоторых примеров систем ФБД, основанных на мобильных технологиях. Мобильные технологии, представленные в таблице 2, описываются в Рекомендациях МСЭ-R М.1033 и МСЭ-R М.1073.

ТАБЛИЦА 3

Параметры базовых станций для некоторых примеров систем ФБД, основанных на мобильных технологиях

Элемент	Характеристики				
	PHS	GSM ⁽⁴⁾	IS-95	DECT	D-AMPS (136)
Диапазон частот	Диапазон 1,9 ГГц	а) Диапазон 1,8 ГГц б) Диапазон 1,9 ГГц	Диапазон 1,9 ГГц	Диапазон 1,9 ГГц	а) Диапазон 850 МГц б) Диапазон 1,9 ГГц
Метод доступа	TDMA/SDMA	TDMA/FDMA	CDMA	TDMA/TDD	TDMA/FDMA
Кадр TDMA	5 мс	4,615 мс	Не применимо	10 мс	40 мс
Канал трафика/ РЧ несущая	4	8 при полной скорости 16 при половинной скорости 16 при полной скорости (VAMOS) 32 при половинной скорости (VAMOS)	30 (общепринятое значение)	Полный слот: 12 дуплексных каналов	3 при полной скорости
Скорость передачи данных/канал трафика	32 кбит/с	Стандартный пакет: GMSK/~200 кбит/с 8-PSK/~600 кбит/с 16-QAM/~950 кбит/с 32-QAM/~1 185 кбит/с	14,4 кбит/с 64 кбит/с (IS-95B)	64 кбит/с	$\pi/4$ shift DQPSK/ Стандартный пакет: 13 кбит/с 8-PSK/Стандартный пакет: DL 19,95 кбит/с UL 18,6 кбит/с
Метод модуляции/ скорость передачи	$\pi/4$ shift QPSK/ 384 кбит/с	GMSK/271 кбит/с 8-PSK/812,5 кбит/с 16-QAM/1 300 кбит/с 32-QAM/1 625 кбит/с	QPSK (расширение) BPSK (исходящий); 64-арный ортогональный (входящий)/ 9,6 или 14,4 кбит/с на канал до 921,6 кбит/с на несущую IS-95	GFSK ($BT = 0,5$)/ 1 152 кбит/с	$\pi/4$ shift QPSK/48,6 кбит/с 8-PSK/70,8 кбит/с
Речевой кодек	АДИКМ 32 кбит/с (ИКМ 64 кбит/с)	Полная скорость: RPE-LTP 13 кбит/с	QCELP 13,2 кбит/с EVRC 8 кбит/с	32 кбит/с ADPCM (64 кбит/с PCM)	Полная скорость: ACELP 7,9 кбит/с Полная скорость: AMR12,2 кбит/с
Интервалы/кадр	8	8 при полной скорости	Не применимо	12	6

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Позиция	Характеристики				
	PHS	GSM ⁽⁴⁾	IS-95	DECT	D-AMPS (136)
Полоса пропускания канала	288 кГц	200 кГц	1 250 кГц	1,728 МГц	30 кГц
Количество каналов	16 (на 4 несущих)	Зависит от полосы: 124 на 25 МГц	61 (на РЧ несущую)	12	833 в диапазоне 800 МГц 1 985 в диапазоне 1,9 ГГц
Эффективность использования спектра (эрланг/сектор/МГц)	7,8 при полосе 25,8 МГц; 4 несущих/ячейка; 15 речевых каналов/ячейка; 0,05 Эрл/ячейка (2% GoS)	2,4 при полосе 15 МГц Тх; фактор многократного использования = 4; 6 несущих/сектор; 45 речевых каналов/сектор; 35,6 Эрл/сектор (обеспечиваемая) (2% GoS)	9,5 при полосе 15 МГц Тх; фактор многократного использования = 1; 11 несущих/сектор; 220 речевых каналов/сектор; 143 Эрл/сектор (2% GoS)		19,6 при 1% блокировании
Максимальный радиус зоны сотовой связи (км)	5/15 ⁽¹⁾	35	50	5	35
Пиковая мощность передатчика (дБм)	24/27 ⁽¹⁾	34~43 ^{(2) (3)}	23	24	34,77
Максимальный коэффициент усиления антенны (дБи)	12/3 (Сотовая станция/ абонентская установка)	12~18	16,6	12	13
Боковые лепестки антенны (дБ)	-25/0	-25	-25	-25	-25
Чувствительность (дБм) BER = 1×10^{-3}	-86	-104 ⁽²⁾	-104	-86	-111/π/4 shift DQPSK -107/8-PSK
Интерфейс сервисного узла	Цифровой/аналоговый	Цифровой/аналоговый	Цифровой/аналоговый	Цифровой/аналоговый	Цифровой/аналоговый

(1) Радиус зоны обслуживания 15 км достигается при помощи передатчика мощностью 500 мВт при условии прямой видимости.

(2) ETSI TS 100 910 V.8 11. 0.

(3) Для случая пико-BTS и микро-BTS диапазон колеблется от 22 дБм до 32 дБм в вышеуказанных полосах частот. Для станций BTS, поддерживающих QPSK, 8-PSK, 16-QAM и/или 32-QAM, производитель должен заявить максимальную выходную мощность GMSK для каждой дополнительной поддерживаемой комбинации скорости модуляции и скорости передачи символов.

(4) Более подробный перечень основных параметров представлен в таблице 2.

3 Методы передачи данных ФБД

3.1 Передача данных в полосе речевого сигнала

Существуют Рекомендации МСЭ-Т серии G, касающиеся, например, использования метода кодирования речевых сигналов в коммутируемой телефонной сети общего пользования, и Рекомендации МСЭ-Т серии V, касающиеся передачи данных при помощи коммутируемой телефонной сети общего пользования или 4-проводных арендованных каналов телефонного типа. Выбор применяемых Рекомендаций зависит от метода кодирования речевого сигнала. Например, при использовании Рекомендации МСЭ-Т G.726 (АДИКМ 32 кбит/с) качество передачи данных в полосе речевого сигнала гарантируется до скорости 4800 бит/с (*V.27ter*). Несмотря на то что скорость зависит от условий передачи, передача данных может происходить при скорости 7200 бит/с или 9600 бит/с (см. Рекомендацию МСЭ-Т G.726).

3.2 Цифровая передача

В методах цифровой передачи передача данных является кодонезависимым процессом, а типичные каналы трафика имеют скорости 14,4 кбит/с, 32 кбит/с и 64 кбит/с. Более высокая скорость передачи возможна при использовании нескольких каналов трафика либо при использовании более широких каналов. Скорость передачи будет составлять $M \times N$ кбит/с (M : скорость передачи на канал трафика; N : количество распределенных каналов трафика). В системе ЦСИС структура канала определяется как $2B + D$, а PHS всегда использует пять каналов трафика на одного абонента. В DECT используются более широкие каналы трафика.

Некоторые примеры системы мобильного ФБД описаны в Справочнике МСЭ-R по ФБД (второе издание тома 1 Справочника МСЭ-R по сухопутной подвижной связи).

3.3 Факсимильная передача

В отношении факсимильной передачи в коммутируемых телефонных сетях общего пользования (включая ISDN) имеются следующие Рекомендации МСЭ-Т серии T:

- Рекомендация МСЭ-Т T.4 для факсимильной передачи группы 3;
- Рекомендация МСЭ-Т T.90 для факсимильной передачи группы 4.

Эти Рекомендации применимы и к ФБД, несмотря на то что скорость передачи зависит от кодирования речи и условий передачи, как при передаче данных в полосе речевого сигнала для группы 3.

4 Модель использования каждого метода и сравнения технических характеристик

4.1 Модель использования

Модель использования каждого из методов показана на рисунке 4.

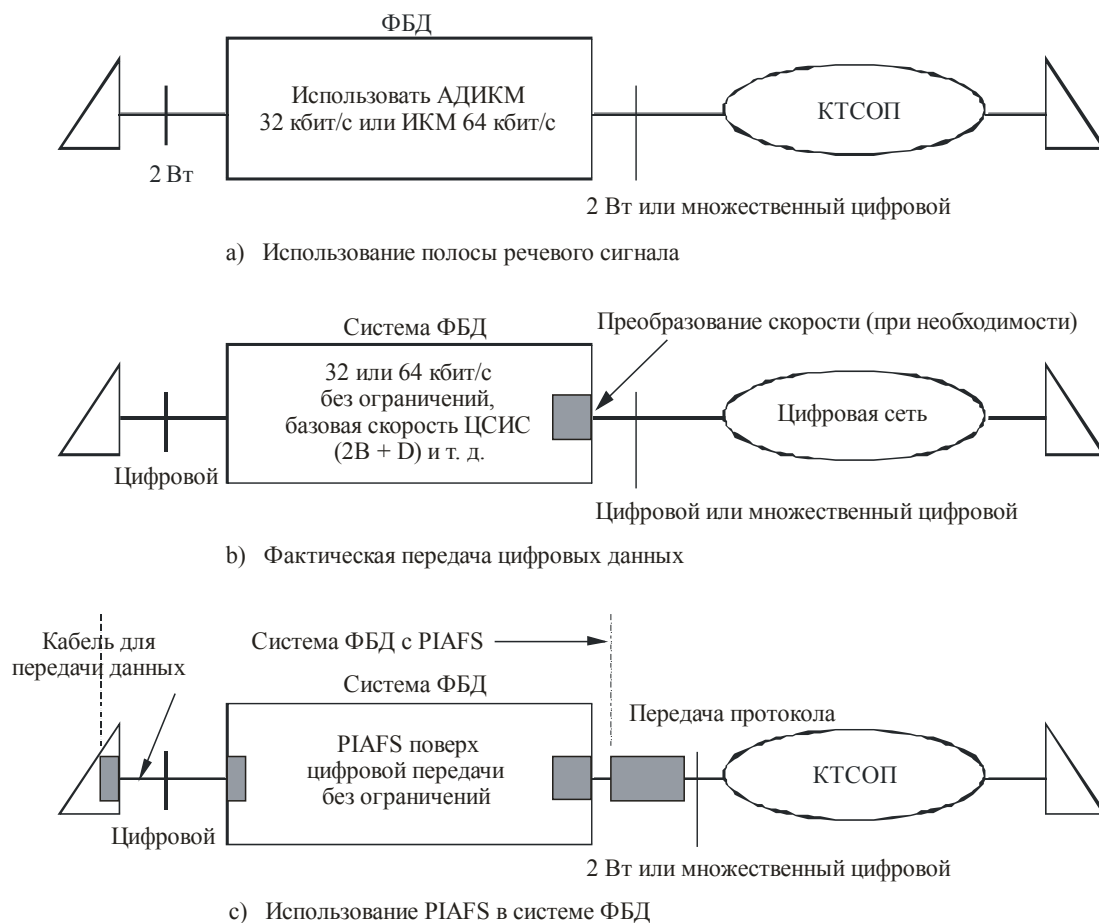
При использовании полосы речевого сигнала, как на рисунке 4а), для участков радиолинии обычно применяется АДИКМ 32 кбит/с. Существуют два способа соединения с КТСОП; в одном используются 2-проводные аналоговые сигналы, а в другом – множественные цифровые сигналы. В последнем способе ухудшение качества передачи из-за аналогового/цифрового преобразования менее значительное.

При передаче цифровых данных, как показано на рисунке 4б), цифровые сигналы передаются из конца в конец в кодонезависимом режиме. Скорость передачи зависит от пропускной способности системы ФБД, которая может составлять 32 кбит/с, 64 кбит/с или базовую скорость ISDN $2B + D$. Если система ФБД не предусматривает исправление ошибок, тогда скорость зависит от возможностей терминалов.

На рисунке 4с) показано, что для секции ФБД используется стандарт доступа к интернет-форуму PHS (PIAFS). PIAFS – это процедура передачи данных, использующая неограниченный цифровой носитель PHS 64 кбит/с/32 кбит/с. PIAFS преобразуется при входе в КТСОП, а общепринятая передача через модем реализуется в КТСОП.

РИСУНОК 4

Модель использования передачи данных



F.0757-04

4.2 Сравнение технических характеристик

В таблице 4 представлены характеристики каждой модели.

Несмотря на то что при использовании полосы речевого сигнала скорость передачи не настолько высока, в принципе, нет необходимости в применении специальной адаптации для перехода от системы ФБД, разработанной для аналоговой телефонной передачи. Для повышения качества передачи данных желательно, чтобы интерфейс для КТСОП был множественным цифровым. Кроме того, если требуется более высокая скорость передачи, ее можно получить, используя в системе ФБД кодирование ИКМ 64 кбит/с.

При фактической передаче цифровых данных необходим цифровой интерфейс и к терминалу, и к цифровой сети, а также требуется произвести значительное изменение аналоговой телефонной системы. Кроме того, использовать можно только цифровой терминал.

Использование в системе ФБД протоколов исправления ошибок обеспечит сопротивление помехам от радиопередачи, хотя это несколько снизит максимальную скорость передачи данных. При использовании в системе ФБД конкретного радиопrotocola необходим новый интерфейс, включая кабель передачи данных для терминалов, а в сеть должно быть подключено оборудование передачи протокола. Однако передача данных довольно стабильна и не слишком подвержена влиянию помех от радиопередачи. Кроме того, можно использовать стандартные терминалы. Для информации, стандарт PIAFS, описанный в таблице 4, является особой системой передачи для PHS. Это гарантирует осуществление процедур контроля за передачей (сопоставимых с эталонной моделью OSI уровня 2) для высококачественной передачи данных.

Что касается упомянутых выше характеристик каждой модели, необходимо выбрать наиболее подходящую систему передачи данных для применения по назначению.

ТАБЛИЦА 4

Характеристики каждой модели

	Использование полосы речевого сигнала	Цифровые данные	Особый радиопrotocol (с использованием PIAFS)
Скорость передачи данных (один канал трафика)	4,8 кбит/с; 9,6 кбит/с и т. д.	32 кбит/с	29,2 кбит/с
Скорость передачи данных (множественный канал трафика)	56 кбит/с и т. д.	64 кбит/с, 2B + D и т. д.	58,4 кбит/с
Влияние помех от радиооборудования	Присутствует	Присутствует	Присутствует в меньшей степени
Возможность подключения к терминалу	Стандартный модем	Только цифровой терминал	Стандартный модем
Переход от системы ФБД, разработанной для аналоговой телефонной сети	В целом без изменений	Подключение цифрового интерфейса для терминала и цифровой сети	<ul style="list-style-type: none"> – Новый интерфейс, включая кабель передачи данных для терминалов – Подключение оборудования передачи протокола

5 Список акронимов

ADP	Adapter		Адаптер
ADPCM	Adaptive differential pulse code modulation	АДИКМ	Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция
CELP	Code excited linear prediction		Линейное предсказание с мультикодовым управлением
CS	Cell station		Сотовая станция
DBMS	Data base management system	СУБД	Система управления базами данных
DEC	Digital enhanced cordless telecommunication		Цифровая усовершенствованная беспроводная связь
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	ЕТСИ	Европейский институт стандартизации
EVRC	Enhanced variable rate codec		Усовершенствованный кодек речи с переменной скоростью передачи
E1 (2 Мбит/с)/ T1 (1,5 Мбит/с)	Primary rate transmission system		Система передачи с первичной скоростью
FM	Frequency modulation	ЧМ	Частотная модуляция
FWA	Fixed wireless access	ФБД	Фиксированный беспроводной доступ
GFSK	Gaussian filtered minimum shift keying		Минимальная манипуляция с гауссовской фильтрацией
GMSK	Gaussian minimum shift keying		Гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом
GoS	Grade of service		Класс обслуживания
GSM	Global system for mobile communications		Глобальная система подвижной связи
ISDN	Integrated services digital network	ЦСИС	Цифровая сеть с интеграцией служб
ITU-R	Radiocommunication Sector	МСЭ-R	Сектор радиосвязи

ITU-T	Telecommunication Standardization Sector	МСЭ-T	Сектор стандартизации электросвязи
MOS	Mean opinion scores		Средняя экспертная оценка
MTTR	Mean time to repair		Среднее время восстановления
NMS	Network management system		Система управления сетью
PCM	Pulse-code modulation	ИКМ	Импульсно-кодовая модуляция
PHS	Personal handyphone system		Система персональной связи с использованием портативных телефонов
PIAFS	PHS Internet access forum standard		Стандарт доступа к интернет-форуму PHS
PLMN	Public land mobile network		Сухопутная подвижная сеть общего пользования
PSTN	Public switched telephone network		Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
QPSK	Quadruphase pulse shift keying		Квадратурная фазовая импульсная манипуляция
RPE-LTP	Regular pulse excitation – linear predictive coding		Долговременное линейное предсказание с регулярным импульсным возбуждением
SDMA	Space division multiple access		Многостанционный доступ с пространственным разделением каналов
SN	Service node		Сервисный узел
SS	Subscriber station (end-user station)		Абонентская станция (станция конечного пользователя)
TDD	Time division duplexing		Дуплексный режим с временным разделением каналов
TDMA	Time division multiple access		Многостанционный доступ с временным разделением

6 Справочные документы

6.1 Рекомендации МСЭ-R

- Рекомендация МСЭ-R F.697: Показатели качества по ошибкам и готовности для гипотетических эталонных цифровых секций, образующих часть или весь участок среднего качества линии связи в цифровой сети с интеграцией служб со скоростью передачи ниже основной скорости, в которых используются цифровые радиорелейные системы.
- Рекомендация МСЭ-R F.1103: Основные требования и технологии, относящиеся к системам фиксированного беспроводного доступа, которые работают в полосах ниже 3 ГГц, для обеспечения беспроводных абонентских соединений в сельских районах.
- Recommendation ITU-R F.1399: Vocabulary of terms for wireless access.
- Recommendation ITU-R F.1400: Performance and availability requirements and objectives for fixed wireless access to public switched telephone network.
- Recommendation ITU-R F.1402: Frequency sharing criteria between a land mobile wireless access system and a fixed wireless access system using the same equipment type as the mobile wireless access system.
- Recommendation ITU-R F.1518: Spectrum requirement methodology for fixed wireless access and mobile wireless access networks using the same type of equipment, when coexisting in the same frequency band.

- Recommendation ITU-R M.1033: Technical and operational characteristics of cordless telephones and cordless telecommunication systems.
- Recommendation ITU-R M.1073: Digital cellular land mobile telecommunication systems.

6.2 Рекомендации МСЭ-T

- ITU-T Recommendation E.506: Forecasting international traffic.
- ITU-T Recommendation E.541: Overall grade of service for international connections (subscriber-to-subscriber).
- ITU-T Recommendation G.103: Hypothetical reference connections.
- ITU-T Recommendation G.123: Circuit noise in national networks.
- ITU-T Recommendation G.162: Characteristics of compandors for telephony.
- ITU-T Recommendation G.165: Echo cancellers.
- ITU-T Recommendation G.173: Transmission planning aspects of speech service in digital public land mobile networks.
- ITU-T Recommendation G.711: Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies.
- ITU-T Recommendation G.726: 40, 32, 24, 16 kbit/s Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM).
- ITU-T Recommendation G.728: Coding of speech at 16 kbit/s using low-delay code excited linear prediction.
- ITU-T Recommendation G.729: Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear-prediction (CS-ACELP).
- ITU-T Recommendation G.964: V-Interfaces at the digital local exchange (LE) – V5.1 interface (based on 2 048 kbit/s) for the support of access network (AN).
- ITU-T Recommendation G.965: V-Interfaces at the digital local exchange (LE) – V5.2 interface (based on 2 048 kbit/s) for the support of access network (AN).
- ITU-T Recommendation P.75: Standard conditioning method for handsets with carbon microphones.
- ITU-T Recommendation P.76: Determination of loudness ratings; fundamental principles.
- ITU-T Recommendation P.78: Subjective testing method for determination of loudness ratings in accordance with Recommendation P.76.
- ITU-T Recommendation P.79: Calculation of loudness ratings for telephone sets.
- ITU-T Recommendation T.4: Standardization of Group 3 facsimile terminals for document transmission.
- ITU-T Recommendation T.90: Characteristics and protocols for terminals for telematic services in ISDN.
- ITU-T Recommendation V.17: A 2-wire modem for facsimile applications with rates up to 14 400 bit/s.
- ITU-T Recommendation V.21: 300 bits per second duplex modem standardized for use in the general switched telephone network.
- ITU-T Recommendation V.22: 1 200 bits per second duplex modem standardized for use in the general switched telephone network and on point-to-point 2-wire leased telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.22bis: 2 400 bits per second duplex modem using the frequency division technique standardized for use on the general switched telephone network and on point-to-point 2-wire leased telephone-type circuits.

- ITU-T Recommendation V.23: 600/1 200-baud modem standardized for use in the general switched telephone network.
- ITU-T Recommendation V.26bis: 2 400/1 200 bits per second modem standardized for use in the general switched telephone network.
- ITU-T Recommendation V.26ter: 2 400 bits per second duplex modem using the echo cancellation technique standardized for use on the general switched telephone network and on point-to-point 2-wire leased telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.27bis: 4 800/2 400 bits per second modem with automatic equalizer standardized for use on leased telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.27ter: 4 800/2 400 bits per second modem standardized for use in the general switched telephone network.
- ITU-T Recommendation V.29: 9 600 bits per second modem standardized for use on point-to-point 4-wire leased telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.32: A family of 2-wire, duplex modems operating at data signalling rates of up to 9 600 bit/s for use on the general switched telephone network and on leased telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.32bis: A duplex modem operating at data signalling rates of up to 14 400 bit/s for use on the general switched telephone network and on leased point-to-point 2-wire telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.34: A modem operating at data signalling rates of up to 33 600 bit/s for use on the general switched telephone network and on leased point-to-point 2-wire telephone-type circuits.
- ITU-T Recommendation V.90: A digital modem and analogue modem pair for use on the Public Switched Telephone Network (PSTN) at data signalling rates of up to 56 000 bit/s downstream and up to 33 600 bit/s upstream.

6.3 Другие публикации МСЭ

Справочник МСЭ-R по сухопутной подвижной связи (включая беспроводный доступ), Том 1: фиксированный беспроводный доступ, издание 2-е, 2001 год.

МСЭ-T (ранее МККТТ) Справочник по сельской связи (1985 г.).
