Особенности и классификация систем подвижной радиосвязи (СПРС).

СПРС предназначены для связи между движущимся абонентом и абонентом ТФОП или между двумя движущимися абонентами.

Принципы организации СПРС:

* полносвязная система;
* «принцип звезды».

i j i ТФОП

 ЦС

k l j

i – l j – k k

 i – ЦС – j i – ЦС - k

 Полносвязная система Принцип звезды

 По способу использования каналов связи различают системы:

* с жестко закрепленными за группой абонентов каналами;
* с полнодоступным пучком каналов.

a d a g

b e b h

c f c i

 d … j

g j e k

h k f l

i l

Жесткое закрепление Пучок каналов – транкинговый принцип

 При одинаковых условиях (Ротк=10%, tзан.канала=2,5 мин/час) в первом случае обслуживается 60 – 70 абонентов, во втором – 420 абонентов, однако, необходимо определять метод доступа.

 Транкинговый принцип положен в основу всех коммерческих систем радиосвязи.

 Наиболее распространенным средством подвижной связи являются радиально-зоновые (транкинговые) системы и сотовые системы.

 Транкинговая система представляет собой типичную «звезду».

 Сотовая система имеет структуру:

ЦКПС

«Сота»

ТФОП

БС

 БС – базовая станция; ЦКПС – центр коммутации подвижной связи; ТФОП – телефонная сеть общего пользования.

Транкинговые системы.

 Достоинством транкинговых систем является простота управления сетью. Развитие получили в 60 – 70 гг.

 Отечественная транкинговая система – «Алтай» – была введена в 1965 году. Ее модификация существует и сейчас («Алтай 3М»). Есть также более новые системы: «Волемот», «Старт».

 Недостатком систем является низкая пропускная способность (число абонентов невелико) из-за невозможности повторного использования одних и тех же каналов (частотных) на обслуживаемой территории (50 км при дополнительном усилении).

Сотовые системы (ССПС).

 Основным недостатком ССПС является повышенная сложность систем из-за проблемы обслуживания абонента при его переходе из соты в соту – эстафетной передачи (handover, handoff).

 Достоинством является много большая пропускная способность за счет возможности повторного использования одних и тех же каналов (частот) в различных сотах (потенциальный выигрыш: при Рблок=5%, tзан.канала=1,5мин/час для обслуживания 10000 абонентов на территории Москвы в транкинговой системе необходимо иметь 250 каналов (Δfк=25кГц, F=2 х 6,25 МГц), а в сотовой системе при 25 ячейках необходимо иметь всего 10 каналов). В реальности, чтобы избежать перекрестных помех между сотами их объединяют в кластеры – группы ячеек в зоне обслуживания с различными наборами каналов (частот). Широко используется кластер в виде «ромашки»:

5

3

2

7

4

1

7

5

6

2

6

1

D – зашитный интервал

 Величина D определяется исходя из перекрестных помех между сотами с одинаковым набором частот. При этом оперируют не абсолютным значением D, а соотношением D/Rc, где Rc – радиус соты. Из соотношения находят необходимую мощность передатчика.

 Вышеизложенное достоинство явилось причиной того, что для коммерческой подвижной связи используется именно сотовый принцип. Транкинговые системы существуют и развиваются, но, главным образом, применяются для так называемой корпоративной связи.

 Важным достоинством ССПС является возможность постепенного развертывания этих систем на обслуживаемой территории во времени и в пространстве, что позволяет использовать доходы, полученные при начале эксплуатации системы для ее развития. Основой этого служит принцип расщепления ячеек:

Rmax

Rmin

 При пространственном подходе учитывается территориальная загрузка сети (максимальная - в деловом центре, минимальная - в «спальных» районах и пригородах). В зависимости от этого меняется коэффициент расщепления ячеек и Rc.

 Еще одним достоинством ССПС является роуминг – автоматический поиск и обслуживание абонентских станций (АС), пришедших с других территорий (других ЦКПС).

Стандарты сотовой связи.

 Стандарт – совокупность услуг, предоставляемых ССПС и эксплуатационно-технических характеристик аппаратуры ССПС.

В настоящее время в мире существует 9 стандартов ССПС 1-го поколения и 4 – 2-го поколения.

К 1-му поколению относятся аналоговые стандарты, где основная услуга – передача речи, причем в аналоговой форме при ЧМ и частотном разделении каналов. Стандарты 1-го поколения разрабатывались независимо в разных странах и предназначались для использования каждой страной своего стандарта. Основные стандарты 1-го поколения: NMT-450 (Скандинавские страны) и AMPS (США).

Стандарты 2-го поколения – цифровые, то есть речь передается в цифровом виде, кроме того могут передаваться данные с невысокой скоростью (до 9600 бит/сек), используют временное разделение каналов, ФМ и ее варианты, предусмотрен режим роуминга. Стандарты: GSM-900 (Паневропейский) (GSM-1800) с разделением каналов TDMA-FDMA; D-AMPS (Америка) (DCS-180, IS-54, IS-136) с разделением каналов TDMA-FDMA; IS-95 (Америка, Южная Корея, Китай, Гонконг) с разделением каналов CDMA; японский стандарт.

В России в 90 – 91 гг. GSM-900 был признан федеральным стандартом, однако, из-за дороговизны и отсутствия частотного диапазона разрешено бы-ло использовать NMT-450. В качестве регионального был разрешен AMPS.

3-е поколение (ближайшее будущее) будет являться цифровыми стандартами персональной подвижной радиосвязи, что подразумевает все-объемлющий охват «где угодно, что угодно, когда угодно». Должны обеспе-чивать возможность высокоскоростной передачи данных (Multimedia) – 144 кбит/сек для объектов с высокой подвижностью, 2 Мбит/сек для объектов с низкой подвижностью. Стандарты: UMTS (сочетается с наземной структурой ISDN, B-ISDN), FPLMTS (полностью базируется на радиоканалах).

В настоящее время считается, что единого, общего для всех, стандарта 3-го поколения не будет, а будет совокупность различных стандартов, определяющих рекомендуемые направления развития уже существующих наиболее передовых стандартов.

Решать задачу создания ССПС 3-го поколения целесообразно, использую принцип конвергенции стандартов (взаимопроникновения) – совместимости по цепям управления.

Структура стандарта 3-го поколения:

БС

ЦКПС

БС

БС

БС

ISDN

**ГС**

 **пС**

 **мкаС мкС**

 - радиосвязи;

 - могут быть как радиосвязями, так и использовать наземную структуру;

 - используется наземная структура.

ИСЗ – искусственный спутник Земли;

 - абонентская станция;

пС - пикосота, D=60…100 м, связь с малоподвижными абонентами внутри здания, большая скорость передачи данных абоненту;

мкС - микросота, D=100…1000 м, связь с медленно перемещающимся абонентом;

мкаС - макросота, D<5…6 км, связь с движущимся абонентом, эстафетная передача;

ГС - гиперсота, D=1,5…2,0 тыс. км, связь с удаленным абонентом, подвижным или неподвижным.

Для такой системы необходима полоса частот не менее 230 МГц, поэтому для системы 3-го поколения на всемирной основе были выделены следующие полосы частот: 1885 – 2025 МГц, 2110 – 2200 МГц, включая полосы 1980 – 2010 МГц и 2170 – 2200 Мгц для спутниковой составляющей системы.

Пейджинговые системы.

Пейджинговые системы – системы индивидуального радиовызова.

Первый вариант – системы, работавшие на одной частоте, использовали код POCSAG со скоростью 1200 бит/сек, передавали 126000 тональных вызовов в час. Принцип построения – сотовый, с синхронным разделением.

На данный момент – стандарт ERMES, 16 частотных каналов по 25кГц.

Перспектива – двухсторонняя связь (обратно – с низкой скоростью, короткие сообщения).

Абонентский радиодоступ WLL (RLL).

Возможность доступа к существующим сетям на другой основе, т.е. на АТС ТФОП ставится базовая станция. Используется сотовый принцип, кодовое разделение.

Подход к проектированию ССПС.

ССПС – информационная сеть, содержащая как радиоканалы, так и проводные каналы, а также звено управления в виде ЦКПС.

Любая сеть считается нормально функционирующей, если возможен обмен информацией между любой парой абонентов этой сети.

Сети различают по их конфигурации:

1. Полносвязная сеть

К=1/2У(У-1), где

К – количество связей,

У – количество узлов.

 При этом в полносвязной сети У-2 ребра являются избыточными, поэтому по такой схеме ССПС не строится.

1. Древовидная сеть

 Любая пара узлов связана не более чем одним ребром, используется в ССПС.

 Специфика работы сети ССПС определяется особенностями радиоканала (равнодоступность, внутрисистемная помеха, внешние помехи).

 При характеристике сети в целом вводят понятие матрицы ее показателей качества.

 С=⏐⏐Сij⏐⏐ - матрица пропускных способностей;

 Р0=⏐⏐Р0ij⏐⏐ - матрица ошибок.

 При этом за конкретный показатель качества сети в целом принимают наихудшее значение этого показателя для одного из участков.

 Сеть характеризуется принципом организации сквозного тракта между ее узлами:

1. Собственно тракт, выделяемый для передачи между узлами сетей на все время активности этих узлов (метод коммутации каналов) – системы 1-го и 2-го поколения.
2. Поэтапная передача сообщений с запоминанием на промежуточных узлах.

1. i j k l

2. i j k l

 m

 2.а Метод передачи сообщение целиком (метод коммутации сообщений).

 2.б Метод передачи сообщений по частям (метод коммутации потоков) – наиболее перспективный с точки зрения пропускной способности, однако требует более сложного управления сетью.

 Пакетная передача позволяет повысить пропускную способность системы за счет использования канала сразунесколькими абонентами (передача сообщений в паузах речи), а также уменьшение среднего времени до получателя при высокой активности абонентов.

Разделение сетей на иерархические уровни.

 Любая сеть состоит из многих разнородных звеньев, поэтому для удобства ее проектирования ее разбивают на 7 уровней, границы между которыми устанавливают так, чтобы взаимодействие между уровнями было минимальным.

 Правило взаимодействия называется межуровневым интерфейсом, а правило взаимодействия элементов одного уровня – протоколом.

 Уровни:

* физический;
* канальный;
* сетевой;
* транспортный;
* сеансовый;
* представительный;
* прикладной.

Первые три уровня практически полностью характеризуют ССПС. Четвертый и пятый отвечают за роуминг и т.п. Последние уровни характеризуют абонентов (представление информации).

Физический уровень.

 Задача – обеспечение возможностей передачи сообщения по каналу связи с заданным качеством.

Наиболее важное звено – радиоканал.

Этапы:

1. Разбиение территории на соты.

Здесь важно правильно выбрать значение R0 и D с учетом требований высокой пропускной способности и ограничений по быстродействию системы управления сетью и по энергетическим возможностям аппаратуры, предназначеной для передачи по радиоканалу.

Оптимальный вариант – поэтапное введение системы с постепенным расщеплением больших сот на малые.

Пример: ССПС с частотным разделением каналов (FDMA).

Каждая сота должна обслуживать lmax абонентов. Для этого требуется Fсоты=lmaxFa. Для всей системы – F=k lmaxFa, где k – коэффициент повторного использования частот k≈1/3(D/R0)2; общее число абонентов N=lmaxL, где L – число сот на территории обслуживания, L≈1,21(R/R0)2; частотная эффективность сотовой системы γ=N/F≈3,6(R/R0)2/(Fa(D/R0)2.

Таким образом γ увеличивается в случаях:

а) (D/R0) уменьшается – уменьшение размера кластера, т.е. увеличение перекрестных помех; снижение Рс/Рш – достигается помехоустойчивым кодированием.

б) Fa уменьшается – использование 4ФМ, использование ММС – модуляции с минимальным сдвигом – концентрация энергии в узком участке спектра + Гауссовское сглаживание.

ММС

ФМ

 в) R/R0 повышается – снижение размеров соты (сейчас R0 opt ≈ 1,6 км) – пока нет.

 В реальности приходится учитывать рельеф местности и характер застройки территории, т.к. эти факторы являются причинами зон затемнения или участков с глубокими интерференционными замираниями. Поэтому при энергетическом расчете системы сначала рассчитывают радиус сот для некоторого усредненного рельефа по формулам, соответствующим распространению УКВ радиоволн над шероховатой поверхностью, которые позволяют получить среднестатический результат. Затем для участков с усложненным рельефом производят специальный усложненный расчет (детерминированный расчет). После этого с помощью подвижной измерительной аппаратуры для зон со сложным рельефом определяют реальные границы сот и указывают точки, где должны стоять дополнительные станции.

1. Выбор диапазона рабочих частот

D-AMPS UMTS (IMF 2000)

 NMT-450 AMPS, IS-95 GSM GSM, DCS - 1800

 450 800 900 1700 1800 2000 2100 2300 f

 Диапазон → характеристики радиоканала → модуляция

→ вид кодирования.

Характеристики радиоканала.

БС

Затеняющий объект

 - прямой луч.

 Кроме прямого луча, проходящего через затеняющие объекты, существует две группы отраженных лучей:

* от близлежащих объектов;
* от больших удаленных объектов.

Считается, что интенсивность лучей меняется по *exp* закону и импульсная характеристика канала имеет вид:

τр min

0 tmin τр max t

 τр max ограничивает скорость передачи дискретных сообщений по радиоканалу.

 В диапазоне 800 – 900 МГц предельная скорость R=100…150 бит/сек.

 Величины задержек лучей друг относительно друга характеризует следующая таблица:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Город | Пригород | Здание |
| τр max, мкс | 5…12 | 1…7 | 0,1…0,3 |
| τр ср, мкс | 1,5 | 0,5 | <0,1 |
| В, МГц | 0,083 | 0,4 | >1,25 |

 В – интервал корреляции замираний по частоте

 При использовании простых (УСП – узкополосных) сигналов FT≈1; эффективным средством борьбы с многолучевостью является перемежение передаваемых символов (наряду с корректирующим кодированием). Однако, из-за относительно большого интервала корреляции замираний по времени и низкой скорости замираний интервал перемежания оказывается очень большим.

 1 2 3 - посылки

t

 1 i j 2 3

 Δt > tзамир i j t

 fI fII fIII

 Rз=ϕ(V,Q) - скорость замираний.

 В ситуации, когда Δt велико, наряду с перемежением используют прыганье по частоте

 Наличие многолучевости, т.о., приводит к необходимости применять наряду с перемежением прыганье по частоте с соответствующим шагом или использовать ШПС, полоса которых F=(6…9)В.

 В зависимости от того, где проходит трасса распространения сигнала, замирания в канале характеризуются законами Релея или Райса. Райсовский закон характерен для связи внутри здания, релеевский – для города. При райсовском распределении и использовании CDMA (ШПС) можно ограничиться одним-двумя каналами обработки в приемнике, т.к. всегда присутствует прямой луч или же добавочно один мощный отраженный луч. В релеевском канале приходится увеличивать число каналов обработки до 3-х – 4-х, т.к. ориентируются на отсутствие прямого луча и наличие нескольких одинаковых отраженных лучей.

1. Кодирование.

Выбор методов кодирования определяется характером группирования ошибок в канале. При независимых ошибках достаточно использовать мощный корректирующий код (блочный код или чаще сверточный код). При коррелированных ошибках необходимо применять коды, корректирующие пакеты ошибок, однако эти коды имеют большую избыточность, поэтому применяют сочетание блочных и сверточных кодов, используя сверточный код для исправления одиночных ошибок, а блочный – для обнаружения неисправленных ошибок.

ИИ

Бл. К.

Св. К.

Св. ДК

Бл. ДК

ПИ

Для согласования кода с каналом используют операцию повторения наиболее важных символов кода, т.е. этот символ передается подряд несколько раз и решение о его знаке принимается на основе сравнения. Кроме того, для согласования кода с каналом используют методы многофазной манипуляции (4ОФМ).

1. Выбор метода доступа к каналу (МДЧР, МДВР, МДКР – соответственно FDMA, TDMA, CDMA).

Критерием выбора является, с одной стороны, сложность управления доступом и сложность аппаратуры, с другой стороны, пропускная способность системы.

МДЧР (FDMA) – самая простая.

МДВР (TDMA) – используется комбинация МДВР-МДЧР (TDMA-FDMA), сложное управление доступом, высокая пропускная способность.

МДКР (CDMA) – простое управление доступом, сложная аппаратура, потенциально наибольшая пропускная способность, не требуется планирование частотно-временного ресурса.

Канальный уровень.

Задача – довести информацию от заданного количества пользователей с заданным качеством.

1. Управление распределения ресурса.

1.а Самоуправляемый доступ к каналу.

1.б Предоставление каналов по требованию.

1.а Самоуправляемый доступ хорош тем, что не требует выделения специального служебного канала управления доступом. Применяется в МДЧР и имеет следующий принцип:

Базовая станция на частоте свободного канала передает маркер. АС, выходя на связь, просматривает все частотные каналы и фиксирует сигнал маркера, затем на дуплексной частоте этого канала АС передает сигнал занятия канала. БС, приняв этот сигнал, снимает маркер и передает на АС сигнал разрешения занятия канала. Затем идет служебная информация по соединению с корреспондентом.

Если связь устанавливается по инициативе БС, то используют специальный однонаправленный канал, по которому БС передает вызов и номер свободного рабочего канала, по которому АС подтверждает, что вызов принят.

1.б При предоставлении каналов по требованию выделяется отдельный случайный канал, называемый канал сигнализации. У всех БС, входящих в кластер, эти каналы разные.

АС передает по каналу сигнализации запрос в виде пакета, содержащего служебную информацию. Пакет посылается в режиме случайного доступа к каналу.

БС передает по каналу сигнализации последовательность кадров с необходимыми сообщениями (ответ на вызов с номером РК), либо сама вызывает АС.

Тз

Тп

Запрещенная область

 18% Ра

Случайный доступ к каналу имеет отрицательную сторону. При большой активности абонентов, когда вероятность столкновения пакетов Ра превышает 18%, время задержки передачи пакета по отношению к длине пакета начинает недопустимо расти.

Требования по достоверности передачи для канала сигнализации более высокие, чем для рабочего канала. Поэтому здесь применяют помехоустойчивые виды модуляции (при более низкой скорости передачи), кодирование с исправлением ошибок и многократную передачу сообщений в пакете.

1. Управление мощностью передатчиков БС и АС.

Позволяет уменьшить средний уровень перекрестных помех в системе и уменьшить размерность кластера и величину защитных частотных интервалов.

Управление мощностью передатчиков АС обеспечивает выравнивание сигналов от ближних и дальних АС на входе приемника БС.

Управление мощностью передатчика БС позволяет за счет снижения среднего уровня помех в дальней зоне уменьшить размерность кластера.

Основная сложность при регулировке мощности связана с тем, что прямой и обратный каналы ССПС разнесены по частоте на 15…45 МГц, поэтому замирания сигналов в этих каналах не коррелированы.

В результате для точной регулировки мощности приходится использовать два уровня управления мощностью – низший и более высокий.

Низший уровень базируется на АРУ приемника:

ПРМ

АРУ

ПРД

ПРД

АРУ

ПРМ

На более высоком уровне для получения более точного результата БС передает пилот-сигнал, ретранслируемый АС. Оценка уровня пилот-сигнала, принятого на БС после ретрансляции, позволяет уточнить значение мощности передатчика как БС, так и АС. Пилот-сигнал формируется либо в виде синусоидального колебания, передаваемого вне полосы основного сообщения, либо в виде тестовой кодовой комбинации.

S(t)

пилот-тон

 f инф. пакет тест. комбин. t

 Аналоговые системы Цифровые системы

Еще более точный результат можно получить, если осуществить промежуточный прием и оценку тестовой комбинации на АС. При этом сама АС также будет формировать собственную тестовую комбинация для БС.

Главная сложность при точной регулировке мощности – задержка при принятии решения о регулировке.

Сетевой уровень.

Задача – управление взаимодействием элементов ССПС.

1. Взаимодействие между АС и сетью в целом.

ОРМ

БД

ВРМ

ЦКПС1

ТФОП

ЦКПС2

БД

ОРМ

ВРМ

1

i

1

k

 …

 Аб

 БС

 … …

 АС … … … …

 1 j 1 m 1 n 1 s

 Управление в сети может быть:

* централизованным;
* децентрализованным.

При централизованном (квазицентрализованном) управлении все операции по взаимодействию с АС выполняет ЦКПС.

При децентрализованном управлении часть функций возлагается на БС и ЦКПС используется только для взаимодействия с другим ЦКПС или с коммутационными станциями ТФОП.

В настоящее время в ССПС используется в основном централизованное управление. Децентрализованный вариант более характерен для WLL (RLL) систем – систем беспроводного абонентского доступа.

На вышеприведенном рисунке изображен централизованный вариант. Важнейшей функцией ЦКПС является идентификация АС и ее обнаружение в режиме роуминга. Кроме того ЦКПС выполняет все операции, необходимые для взаиморасчетов между оператором и пользователем.

Данная схема обеспечивает идентификацию АС следующим образом: АС передает свой номер на ЦКПС. ЦКПС проверяет этот номер в ОРМ (опорном регистре местоположения). Если номера нет, ЦКПС1 запрашивает ЦКПС2 о наличии этого номера в его ОРМ. Получив положительный ответ ЦКПС1 заносит номер в свой ВРМ (визитный регистр местоположения). Дальнейшее обслуживание ЦКПС1 будет выполнять самостоятельно, не обращаясь к ЦКПС2. При вызове АС абонентом ТФОП запрос поступает на ЦКПС2, а затем переадресовывается на ЦКПС1, который далее взаимодействует с АС – роуминг. Все взаиморасчеты с АС выполняет ЦКПС2 по данным, получаемым от ЦКПС1. Если АС уходит с территории обслуживания ЦКПС1, то ее номер убирается из ВРМ.

При децентрализованом управлении в WLL (RLL) каждая БС имеет свою базу данных (БД), содержащую информацию об абонентах, обслуживаемых на данной территории. ЦКПС здесь выполняет только операции, управляющие соединением с центром коммутации ТФОП или с БС других ЦКПС.

1. Управление в сети в процессе установления связи.

А. Установление связи по инициативе ЦКПС.

Основная сложность связана с тем, что неизвестно, в какой именно из сот находится АС.

 ЦКПС БС1 БС2 БС3 АС

Вызов от

аб. ТФОП Выбор наиб.

 сигнала

 Вызов квитанция

 КС № РК

 РК

 Трубка

 Проверка снята

 Разговор

 Переход

 Отбой на КС

 КС – канал сигнализации, РК – рабочий канал.

 Число различных КС в системе определяется размером кластера. Приемник АС проходит по КС и выбирает КС с наибольшим уровнем сигнала, затем на дупрексной частоте выбранного КС (т.е. через выбранную БС) передается квитанция. ЦКПС определяет отношение сигнал-шум в этом КС (в этом случае уже начинает работать система управления мощностью передатчиков). Если отношение сигнал-шум при связи с выбранной БС хорошее, то ЦКПС передает на АС номер РК, а БС и АС переходят на этот РК. После проверки связи включается разговор, затем отбой, после которого приемник АС переходит в дежурный режим, т.е. в режим просмотра КС.

 Данный алгоритм не оптимален с точки зрения момента включения управления мощностью. Лучше производить управление мощностью в РК в процессе проверки связи. Тоже самое касается и проверки отношения сигнал-шум. Эти изменения позволяют уменьшить время занятости КС и, следовательно, уменьшить вероятность столкновения пакетов в КС.

 Б. Установление связи по инициативе АС.

 АС в дежурном режиме просматривает КС всех БС и при необходимости выхода на связь выбирает канал с наибольшим уровнем сигнала. По этому КС и передается запрос от АС.

 ЦКПС БСi АС

 Запрос РК

 № РК

 Проверка РК

Соединение Данные по связи

с Аб. ТФОП

 Разговор

 Отбой Переход

 на КС

1. Эстафетная передача обслуживания АС.

При ухудшении отношения сигнал-шум ЦКПС посылает по КС БС тестовые сигналы и выбирает БС с наилучшим отношением сигнал-шум, затем передает номер нового РК на АС и АС переходит на этот канал. Сигнал также переадресуется со старой БС на новую, которая предает его на РК, указанный ЦКПС.

Недостатком такой схемы является явление «пинг-понга» – из-за интерференционных замираний и затенения отношение сигнал-шум для соседних БС на границах сот может сильно варьироваться в ту или иную сторону и происходит многократное взаимное переключение БС. Метод борьбы с этим для CDMA будет рассмотрен далее.

Пути усовершенствования ССПС.

Сушествует три пути усовершенствования:

1. Повышение пропускной способности ССПС без увеличения используемого ресурса.
2. Повышение надежности поддержания связи с АС.
3. Повышение скорости передачи.
4. Повышение пропускной способности ССПС.

а) Снижение D/R0.

Достигается за счет снижения допустимого отношения сигнал-шум (применение цифровых методов передачи, помехоустойчивое кодирование и модуляция).

Другой способ применение секторного обслуживания сот:

 1200

 600

1200

 1200

 Был придуман стокгольмский план расположения сот:

 D E

 A B

 C F C F

 E D

 B A

 В данном случае величина D/R0 получается минимально возможной (через одну ячейку), а также, за счет применения антенн с разной шириной ДН, перераспределяется пропускная способность между зонами с большей и меньшей активностью абонентов. Такой план позволяет обслуживать город с разделением на центральную деловую зону и периферийную зону спальных районов.

 Достигается при использовании CDMA, т.к. размерность кластера – единица, и вся полоса частот, отводимая на систему используется в каждой соте.

 б) Увеличение числа одновременно работающих абонентских станций путем динамического распределения частотно-временного ресурса: пакетный режим передачи (коммутация пакетов) и предоставление РК в паузах речи другим абонентам (длительность пауз – до 45% от общего времени занятия канала).

 в) Применение методов доступа к каналу эластичных к изменению нагрузки в канале. Обеспечивается при использовании CDMA.

 Для узкополосных систем: .

 Для ШПС (CDMA): .

 Если число работающих АС велико, то сумма Pci мало изменится при добавлении еще нескольких АС и, соответственно, мало уменьшится h2. Таким образом, мы меняем ухудшение качества связи на увеличение пропускной способности. Другой путь состоит в обмене скорости передачи на количество абонентов.

 R=1/T ⇒ Rmax ⇒ (TF)min ⇒ M абонентов при F=const.

 Rmin ⇒ (TF)max ⇒M+K абонентов, где К=const.

 Скорость символов на выходе вокодера меняется в пределах 8…1бит/сек.

1. Повышение надежности.

а) Повышение устойчивости работы в канале с замираниями.

Для этого необходимо:

* осуществлять помехоустойчивое кодирование;
* перемежение символов;
* в CDMA - применять сигнал, обеспечивающий разделение лучей при приеме, и методы обработки этого сигнала, позволяющие использовать сигналы лучей для улучшения качества связи.

При обработке возможно два подхода:

* автовыбор наиболее мощного сигнала луча и прием информации только по этому лучу;
* раздельная обработка нескольких лучей с последующим сложением результатов обработки. Этот метод обеспечивает выигрыш в несколько дБ. Обычно обрабатывают не более 3 – 4 лучей, что позволяет обеспечить выигрыш по сравнению с узкополосными системами порядка 10дБ и выше.

Для узкополосных систем TDMA-FDMA очень опасной является межсимвольная интерференция: непрерывный поток символов сообщения преобразуется в пакеты, занимающие одно окно в кадре. При этом скорость следования символов в пакете будет в Ткадра/Тпакета выше и длительность Тсимвола  в пакете меньше или равна времени запаздывания между соседними лучами. Для борьбы с замираниями в этом случае используют перемежение символов и скачки по частоте. Кроме того применяют «эквалайзеры» – адаптивные фильтры, позволяющие подавить сигналы всех лучей кроме самого мощного:

1-ый

луч

 t

2-ой

луч

 tз t

ЛЗ на tз

 -k

 Σ

Одно звено эквалайзера

Для настройки эквалайзера в составе каждого пакета передается обучающая последовательность, известная на приемном конце, и настройка производится по критерию минимальной ошибки приема этой последовательности.

Кроме перечисленных методов широко используется прием на пространственно разнесенные антенны на БС.

б) Уменьшение вероятности срыва связи при эстафетной передаче.

Сбой связи при эстафетной передаче может возникнуть из-за неправильного выбора момента перехода обслуживания на другую БС.

Повышение надежности эстафетной передачи может быть достигнуто за счет дублирования передачи информации к АС через 2 БС (через предыдущую и следующую). При этом решение об окончании эстафетной передачи принимает сама АС, сравнивая сигналы, поступающие от двух БС.

ΔU –

порог АС

Порог

на ЦКПС

 начало дублирование информации конец t

 эст. прд. эст. прд.

 - БС1, - БС2.

В данном случае система не боится режима «пинг-понга», а вероятность потери связи при эстафетной передаче будет меньше, поскольку сигналы, несущие информацию, складываются между собой.

1. Увеличение скорости передачи.

Более высокая скорость передачи информации является обязательным требованием к ССПС 3-го поколения.

а) Параллельная передача сообщений по нескольким РК.

б) Переход к многопозиционной передаче.

в) Сочетание а) и б).

Для систем TDMA-FDMA эти способы имеют реализацию:

* используется несколько временных окон в кадре для использования одним абонентом – при этом снижается пропускная способность системы в целом;
* увеличение числа градаций фазы (2ФМ →4ФМ → 8…16ФМ) – уменьшается помехоустойчивость.

Для CDMA:

* вариант а) в чистом виде;
* увеличение общего числа сигналов – не влияет на пропускную способность и помехоустойчивость;
* сочетание позволяет увеличить скорость в m x k раз (m – число каналов, k – число сигналов).

Если в системе CDMA одновременно действуют два требования – повышение скорости и сохранение пропускной способности, то может использоваться вариант параллельной передачи а) на одно радионаправление. При этом в точке приема обрабатываются все тсигналю, передаваемые по каналу («свои» и «чужие»). Чужие сигналы затем полностью восстанавливаются и вычитаются из принятой смеси сигналов. Т.о., окончательно будут приниматься только «свои» сигналы – многопользовательское детектирование.

Корр 1к

Корр 2к

 …

Корр Nк

Блок обработки

Корр 1к

Корр 2к

 …

Корр Кк

Блок удаления

 Чужие Свои

Стандарты ССПС.

NMT – 450.

Общая характеристика.

1-ое поколение; аналоговый; передача речи 300 – 3000 Гц; ЧМ; девиация ±5 кГц; полоса 25 кГц; шаг сетки 25 кГц; полоса системы 4,5 МГц; 180 дуплексных частотных каналов; FDMA; управление доступом со стороны АС – самоуправляемый доступ.

Сетевой уровень

Централизованное управление сетью; система управления обеспечивает идентификацию АС, роуминг, эстафетную передачу, установление связи между ТФОП или АС с другой АС; для сопряжения ЦКПС с АТС любого вида используется транзитная станция. ЦКПС – электронная коммутационная станция, работающая по записанной программе. Пример – DX-200: число субзон обслуживания 1…8; число БС в субзонах 4…64. Управляющие линии связи ЦКПС – БС ИКМ30 (цифровые, 30 кБит/сек, 72 линии). Максимальное число телефонных каналов связи, подключенных к ЦКПС DX-200 – 2160. Емкость ЦКПС – 5…100 тыс. абонентов.

Канальный уровень.

Характеристики всех радиоканалов одинаковы. При выходе на связь по инициативе АС, она сама находит свободный РК, отмеченный маркером БС. Если инициатива от ЦКПС, используется служебный канал, по которому передается вызов. Этот вызов принимает АС и на дуплексной частоте передает квитанцию. После этого ЦКПС сообщает номер РК на который переходят АС и БС. Сообщения по служебночу каналу передаются в цифровой форме со скоростью 1200 бит/сек с помехоустойчивым кодированием. Чтобы характеристики СК и РК были одинаковы, сообщение в служебном канале передаются методом FFSK:

 → → ЧМ

 1200 1800 1200 Гц

Для контроля качества связи используются тестовый сигнал в виде гармонического колебания 4000Гц.

Физический уровень.

 Диапазон частот БС – АС 463-467,5 МГц, АС – БС 453-457,5 МГц. Для борьбы с замираниями – ничего (благодаря диапазону они невелики). Для устойчивости приема на БС используется пространственное разнесение. Отношение сигнал-шум должно быть 15 дБ и более, поэтому размер кластера n=9 (обычно), радиус соты – до 30 км с УМ и специальной антенной (4 –5 км для АС). Для повышения пропускной способности системы используются секторные антенны с ДН 1200, 900, 600, при этом часто используется зонтичная схема обслуживания. Также применяется регулировка мощности передатчиков АС по командам от ЦКПС, передаваемым в паузах речи.

AMPS.

Общая характеристика.

 1-ое поколение; аналоговый; FDMA; диапазон БС – АС 870-890 МГц; АС –БС 825-845 МГц; ЧМ; девиация ±12 кГц; полоса 30 кГц; шаг сетки 30кГц; 666 частотных каналов.

 Принципы, заложенные в систему очень близки к NMT – 450.

Основные отличия.

 Управление доступом: по требованию (выделяется специальный служебный канал, который используется как при вызове от ЦКПС, так и при запросе от АС). Для снижения вероятности блокировки СК при запросах от АС применяется передача БС сигналов «свободно-занято». корость передачи по СК – 8000 бит/сек. «Свободно-занято» повторяется 5 раз (принцип 3 из 5). Для контроля качества связи используется одно из трех sin-колебаний с f=5970, 6000, 6030 Гц (SAT), причем номер сигнала БС сообщается АС в виде команды. Для сообщения о готовности к связи со стороны АС, она после получения номера РК и настройки на него передает сигнал ST с f=8 кГц.

GSM – 900.

Общая характеристика.

 2-ое поколение; цифровой; TDMA-FDMA; mt=8; mf=128; диапазон частот БС – АС 935-960 МГц, АС – БС 890-915 МГц; полоса 200 кГц.

Сетевой уровень.

 Централизованное или децентрализованное управление.

 При децентрализованном управлении каждый ЦКПС имеет свою базу данных, включающую в себя ОРМ и ВРМ, а также блоки идентификации и аутентификации.

 к КБС к другим ЦКПС

ЦКПС

КБС

ОРМ

ВРМ

БИ

БА

(система сигнализации №7)

 группа ТФОП

 БС ISDN

 к КБС

 БД

 КБС – контроллер БС – выполняет часть функций ЦКПС других стандартов (кодирование, декодирование, криптография, прыганье по частоте).

Канальный уровень.

 Предоставление каналов по требованию; система с временным разделением – много операций, связанных с синхронизацией.

 Главная задача – обеспечение всех уровней синхронизации в системе. Поскольку система с TDMA требует синхронизации различного вида и эти сигналы синхронизации должны передаваться с различной периодичностью, то в GSM принята иерархическая структура размещения всех подобных сигналов в кадрах. Исходным является гиперкадр, длительность которого равна периоду генератора системы криптографической защиты. Далее - суперкадр, мультикадр и, собственно, кадр. Все кадры в составе гиперкадра пронумерованы, поэтому прочтя номер кадра можно определить, какой вид синхросигнала передается в данном кадре. Стандарт GSM различает физические каналы – частотно-временные окна, занимаемые передаваемыми пакетами, и логические каналы, определяющие информационное содержание пакета. Различают логические каналы: с собственно информацией, с синхронизацией по f, с сигналами тестирования, с синхронизацией на передачу и на прием, кроме того должны передаваться специальные «пустые» пакеты, позволяющие поддерживать синхронизацию в паузах речи.

Физический уровень.

 Для защиты от замираний используется не только помехоустойчивое кодирование, но и прыганье по частоте. Для этого на каждый канал выделяется по 3 частоты, чередующихся от кадра к кадру. При этом закон чередования выбирается из условия сохранения защитного интервала 45 МГц по частоте между прямым и обратным направлением.

 Характеристики цифровых сигналов в системе определяются из следующей структурной схемы:

 GMSK

Во кодер

ПК

ПМ

Ш

ФП

М

ПРД

ПРМ

ДМ

ПП

ДШ

ДПМ

ДК

 13 22,8 33,8 270,83 кбит/сек

 ПК – помеховый кодер; ПМ – перемежитель; Ш – шифратор; ФП – формирователь пакета; М – модулятор (GMSK – модуляция с минимальным сдвигом и гауссовским сглаживанием); ПП – преобразователь пакета.