

Беспроводные системы ПД

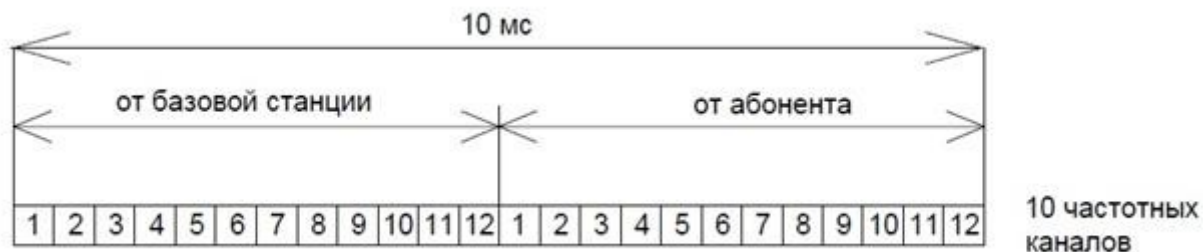
Лекция 04 Технология DECT

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) — технология беспроводной связи на частотах 1880–1900 МГц с модуляцией GMSK ($BT = 0,5$), используется в современных радиотелефонах. Стандарт DECT является наиболее популярным стандартом беспроводного телефона в мире благодаря простоте развёртывания DECT-сетей, широкому спектру пользовательских услуг и высокому качеству связи. По оценкам 1999 года, DECT принят более чем в 100 странах, а число абонентских устройств DECT в мире приближается к 50 миллионам.

В России массовое использование оборудования стандарта DECT официально было разрешено в 1998 г. решением ГКРЧ России "Об использовании полосы радиочастот 1880–1900 МГц для оборудования DECT" и приказом Госкомсвязи России "О порядке внедрения оборудования DECT на российских сетях электросвязи".

Рабочий спектр (частота DECT)	1880–1900 МГц
Количество несущих частот	10
Разнос частот	1.728 МГц
Метод доступа	MC/TDMA/TDD
Кол-во каналов на одну частоту	24 (12 дуплексных каналов)
Длительность фрейма	10 мс
Скорость передачи данных	1.152 Мб/с
Вид модуляции	GMSK ($BT = 0.5$)
Сжатие голоса	ADPCM
Допустимое отношение сигнал/шум	12 Дб
Мощность передатчика	10 мВт (средняя), 240 мВт (пиковая)

Радиоинтерфейс DECT основывается на методологии радиодоступа с использованием нескольких несущих, принципа множественного доступа с разделением времени, дуплекса с разделением времени (Multy Carrier/Time-Division Multiple Access/Time-Division Duplexing — MC/TDMA/TDD). Выделение базовой частоты DECT использует 10 частотных каналов (MC) в диапазоне 1880–1900 МГц. Временной спектр для DECT подразделяется на временные фреймы, повторяющиеся каждые 10 мс. Фрейм состоит из 24 временных слотов, каждый из которых индивидуально доступен (TDMA), слоты могут использоваться либо для передачи либо для приема. В базовой речевой услуге DECT два временных слота — с разделением в 5 мс — образуют пару для обеспечения поддерживаемой емкости обычно для полнодуплексных 32 kbps соединений (ADPCM — адаптивная дифференциальная ИКМ — аудиокодек G.726). Для облегчения реализаций базового стандарта DECT временной фрейм в 10 мс разделяется на две половины (TDD); первые 12 таймслотов используются для передачи фиксированной части (downlink), а остальные 12 — для передачи носимой части (uplink).



Структурой TDMA обеспечивается до 12 одновременных голосовых соединений DECT (полный дуплекс) на каждый трансивер, что дает значительные ценовые преимущества по сравнению с технологиями, позволяющими только одно соединение на трансивер. Благодаря усовершенствованному радиопrotocolу, DECT может предлагать полосы частот различной ширины, соединяя несколько каналов в одну несущую. Для целей передачи данных достигаются защищенные от ошибок чистые скорости в $n \times 24$ kbps максимально до 552 kbps, при этом, как оговорено стандартом DECT, обеспечивается полная безопасность.

GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) — это гауссовская двухпозиционная частотная манипуляция (ЧМн) с минимальным сдвигом, обладающая двумя особенностями, одна из которых — "минимальный сдвиг", другая — гауссовская фильтрация. Обе особенности направлены на сужение полосы частот, занимаемой GSMK-сигналом. Использование GSMK в системе сотовой радиосвязи GSM регламентируется стандартом ETSI (Европейский институт стандартов связи)

В общем случае, при ЧМн (FSK), спектр сигнала шире, чем при амплитудной манипуляции. Расширение спектра, свойственное угловой модуляции, частным случаем которой является ЧМн, зависит от *индекса модуляции* — величины, характеризующей изменение фазы, обусловленное модуляцией. Для ЧМн индекс равен $\beta = \Delta f / F$ (в радианах), где Δf — девиация (сдвиг) частоты, а F — частота манипуляции. Характер изменения фазы зависит от формы модулирующей функции частоты. Для обычной ЧМн функция прямоугольна, а для ЧМн с гауссовской фильтрацией, сглаживающей фронты посылок, близка к синусоидальной (при последовательности чередующихся посылок "0" и "1"). При синусоидальной модулирующей функции индекс модуляции является амплитудой изменения фазы. ЧМн подразделяют на узкополосную ($\beta < 0,5$) и широкополосную. В основе GSMK лежит MSK — узкополосная ЧМн "с минимальным сдвигом", характеризуемая $\beta = 0,5$. При формировании сигналов с GSMK используется гауссовская низкочастотная фильтрация модулирующих посылок, которую осуществляют обычно в цифровом процессоре (DSP), в котором формируется сигнал модуляции.

Различные компании выпускают микросхемы приемопередатчиков DECT с встроенным GSMK-модемом. Фирма Analog Devices выпускает микросхему приемопередатчика AD6411. Infineon Technologies выпускает микросхемы PMB 6720, PMB 6610 и PMB 6818/9.

При использовании принципа MC/TDMA/TDD для базового DECT (частотные и временные измерения), устройству DECT в любой момент доступен общий спектр из 120 дуплексных каналов. При добавлении третьего измерения (пространства) — при условии, что емкость DECT ограничивается помехами от сопряженных сот и достигается соотношение C/I (Carrier-to-Interface) = 10 дБ — можно получить очень низкий коэффициент повторного использования канала. Различные каналы связи в прилегающих сотах могут использовать тот же канал (комбинация частота/временной слот). Следовательно, при высокой плотности установки базовых станций DECT (например, на расстоянии 25 м в идеальной модели покрытия в форме шестиугольника) можно достичь емкости трафика для базовой технологии DECT

приблизительно до 10 000 Эрланг/кв.км./этаж при отсутствии необходимости частотного планирования. Инсталляция оборудования DECT упрощена, так как необходимо учитывать только требования к покрытию и трафику.

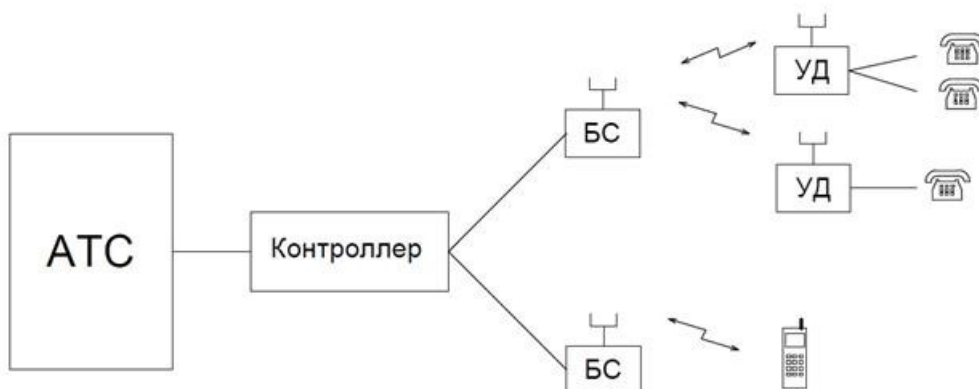
1 Эрланг равен средней нагрузке трафика, вызываемой одним речевым соединением DECT с использованием одной пары "частота/временной слот" 100% времени.

Архитектура DECT

Основными составными частями любой DECT-системы являются:

- контроллер управления;
- базовые станции (ретрансляторы);
- переносные (мобильные) телефоны.

Благодаря параметрам базовых станций систем DECT возможна организация зон обслуживания (сот), размеры которых составляют 10–30 м в зданиях и до 300 м на открытом пространстве. При использовании направленных антенн (вытянутая сота) дальность связи увеличивается до нескольких километров, что обеспечивает широкое применение систем DECT — от построения домашних односотовых систем до микросотовых сетей общего доступа.



БС — базовая станция DECT обеспечивает требуемое радиопокрытие. БС подключается к контроллеру по одной или двум парам проводов. Она представляет собой приемопередатчик, обеспечивающий одновременную работу по 4–12 частотным каналам, работающий на две пространственно разнесенные антенны. БС выполняются в двух вариантах — для внутреннего и наружного размещения.

УД — устройства доступа представляют собой мобильную трубку или стационарный абонентский терминал, который иногда именуется «радиорозеткой». Встречается также название — абонентский радиоблок (АРБ).

БС DECT постоянно передает сигнал, по крайней мере, по одному каналу, таким образом выступая в качестве маяка для соединения с УД. Передача может быть частью активной связи, а может быть холостой. Передача маяка БС содержит служебную информацию об идентификации БС, возможностях системы, статусе БС и пейджинговую информацию для установления входящей связи. УД, подключенные к передаче маяка, анализируют передаваемую информацию и определяют, есть ли у УД права доступа к системе (только те УД, у которых есть права доступа, могут

установить связь), соответствуют ли возможности системы услугам, требующимся УД и — в том случае, если связь необходима — есть ли у БС свободная емкость для установления радиосвязи с УД.

Динамическое распределение и выбор канала

Вместо частотного планирования сети используется механизм Непрерывного Динамического Выбора и Распределения Каналов (CDCS/CDCA). Суть этого механизма заключается в том, что каналы выбираются динамически из всего набора каналов по следующим показателям: качество прохождения сигнала и уровень помех. Причём канал не закрепляется за соединением на всё время, он может меняться по мере необходимости. Происходит это следующим образом:

Каждая базовая станция DECT непрерывно сканирует все 120 частотных каналов, измеряет уровень принятого сигнала (RSSI — Received Signal Strength Indicator) (низкие значения мощности сигнала означают свободные каналы без помех, а высокие значения означают занятые каналы или каналы с помехами) и выбирает канал с минимальным уровнем помех. В этом частотном канале БС DECT излучает служебную информацию, которая, в числе прочих, содержит данные:

- 1) Для синхронизации телефона DECT;
- 2) Об идентификаторе системы;
- 3) О возможности системы;
- 4) О свободных каналах;
- 5) Пейджинг.

Анализируя эту информацию, телефон DECT находит свою БС и прописывается к ней. При выходе из зоны действия одной БС DECT происходит поиск следующей. Т. о., телефон всегда приписан к той или иной БС своей или дружественной системы. Далее телефон синхронно с БС начинает непрерывно сканировать все 120 каналов и измерять силу сигнала в каждом из них. Номера каналов с наименьшими RSSI заносятся в память. Одновременно в памяти находятся не менее двух таких каналов.

При необходимости организации исходящей связи телефон направляет запрос БС DECT, к которой он в данный момент приписан, предлагая установить связь в одном из свободных, с точки зрения телефона, каналов. Если этот канал отвергается БС, то телефон предлагает следующий из списка свободных. После согласия БС на установление соединения по одному из предложенных каналов происходит обмен сигнализационной и другой служебной информацией, а затем установление соединения и разговор.

Организация входящей связи осуществляется аналогичным образом. Радиотелефон DECT непрерывно анализирует «пейджинговое» сообщение на наличие «своего» входящего вызова. После распознавания входящего вызова он посылает запрос на установление связи в одном из свободных каналов. Таким образом, выбор канала для установления соединения происходит динамически и только по инициативе и под управлением телефонной трубки DECT. Этот механизм называется непрерывным динамическим выбором канала (CDCS).

Канал, в котором происходит разговор, не является выделенным на всё время соединения. По тем или иным причинам (например, ухудшение качества связи при перемещении трубки в зону «тени») радиотелефон может сменить его. При этом радиотелефон DECT выбирает канал из списка свободных и предлагает его БС. При согласовании с БС DECT происходит переход на новый канал. Переход может происходить и по инициативе БС. При этом она о своем желании перейти на новый канал сообщает радиотелефонной трубке, далее всё происходит так, как описано выше, т.е. выбор нового канала осуществляется радиотелефоном. Этот механизм называется непрерывным динамическим распределением каналов (CDCA).

Прописка

Прописка — это процесс, благодаря которому система допускает конкретную мобильную DECT-трубку к обслуживанию. Оператор сети или сервис-провайдер обеспечивает пользователя секретным ключом прописки (PIN-кодом), который должен быть введен как в БС, так и в трубку до начала процедуры. До того, как трубка инициирует процедуру фактической прописки, она должна также знать идентификацию БС, в которой она должна прописаться. Время проведения процедуры обычно ограничено, и ключ прописки может быть применен только один раз, это делается специально для того, чтобы минимизировать риск несанкционированного использования. Прописка в DECT может осуществляться "по эфиру", после установления радиосвязи с двух сторон происходит верификация того, что используется один и тот же ключ прописки. Происходит обмен идентификационной информацией, и обе стороны просчитывают секретный аутентификационный ключ, который используется для аутентификации при каждом установлении связи. Секретный ключ аутентификации не передается по эфиру.

Мобильная DECT-трубка может быть прописана на нескольких БС. При каждом сеансе прописки, трубка просчитывает новый ключ аутентификации, привязанный к сети, в которую он прописывается. Новые ключи и новая информация идентификации сети добавляются к списку, хранящемуся в трубке и используемому в процессе соединения. Трубки могут подключиться только к той сети, в которую у них есть права доступа.

Аутентификация

Аутентификация трубки может осуществляться как стандартная процедура при каждом установлении связи. Во время сеанса аутентификации БС проверяет аутентификационный ключ, не передавая его по эфиру.

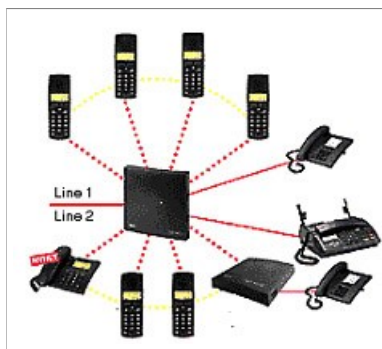
Принцип нераскрытия идентификационной информации по эфиру заключается в следующем: БС посылает трубке случайное число, которое называется "запрос". Трубка рассчитывает "ответ", комбинируя аутентификационный ключ с полученным случайным числом, и передает "ответ" БС. БС также просчитывает ожидаемый "ответ" и сравнивает его с полученным "ответом". В результате сравнения происходит либо продолжение установления связи либо разъединение.

Виды сетей DECT

Системы DECT различаются по размерам и количеству подключаемых абонентских устройств. Основными являются:

- **Домашние многотерминальные системы (Home)** — односотовые системы домашнего использования, подключаемые непосредственно к ТфОП, с ограниченным количеством абонентских трубок.
- **Бизнес-системы (Business)** применяются для построения беспроводных офисных и учрежденческих сетей связи, как правило, с использованием одного контроллера и нескольких базовых станций.
- **Системы уровня предприятия (Enterprise)** используются для построения территориально-распределенных корпоративных сетей связи и обеспечивают беспроводную связь для большого количества абонентов на ограниченной территории.
- **Микросотовые системы общего пользования (Cordless Terminal Mobility — CTM)** позволяют обслуживать большое количество мобильных абонентов, перемещающихся с небольшой скоростью (до 30 км/ч).
- **Системы фиксированного абонентского радиодоступа (Wireless Local Loop — WLL, Radio Local Loop — RLL)** используются для быстрого беспроводного подключения абонента или группы абонентов к ТфОП в местах, где не развиты кабельные линии связи, или в местах с малой плотностью абонентов, когда прокладка кабелей экономически нецелесообразна или физически невозможна.

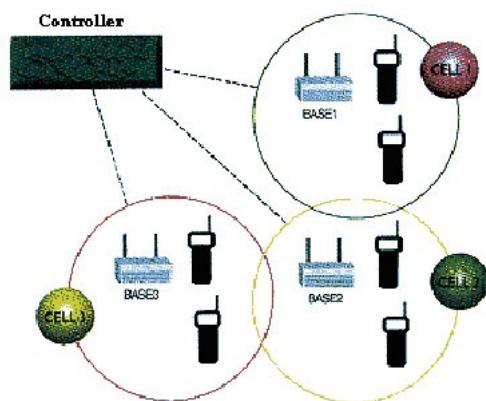
Классическая Home System состоит из одного базового блока, подключаемого обычно через обыкновенную аналоговую линию (1 или 2 линии).



Устанавливается обычно в частных квартирах. Доступно к подключению до 8–10 мобильных трубок. Обеспечивают в рамках одной базы 2 соединения между 2 трубками и 1 соединение между одной трубкой и аналоговой линией одновременно. Имеют расширенный сервис, такой как автоответчик или АОН. Часто интегрируется с факсимильным аппаратом. Примеры такой системы: Siemens Gigaset и Goodwin Lund.

Подобные системы выпускают также LG и Sagem. Все эти системы объединяет одно неприятное свойство — Home System не поддерживают хэндовер (handover) — способность системы "передавать" мобильного абонента из БС в БС и способность мобильной трубки переключиться из БС в БС при ухудшении сигнала. Также существующая способность DECT-трубок регистрироваться во многих системах это функция, отличная от хэндовера.

Стандартная Business System состоит из одного DECT контроллера (часто контроллер интегрирован в УАТС) и достаточно большого количества БС.



БС подключаются к контроллеру по разным протоколам и разным линиям. Например, компания Matra Telecom подключает свои БС по ISDN-BRI со скоростью 128 кбит/с, что с учетом 32 kbps кодирования ADPCM G.726 обеспечивает четыре речевых канала. Компания DeTeWe подключает базовые станции по своему собственному протоколу, аналогичному ISDN-BRI. К БС возможно подключить до 2 таких линий, обеспечивающих в сумме 8 одновременных соединений на базу.

Компания Philips разработала 6 и 12 канальные базы, подключающиеся к контроллеру по 2 Mbps G.703. Максимальное удаление БС от контроллера определяется характеристиками интерфейса соединительной линии и может быть от 1,7 км до 5 км в зависимости от производителя. Способы электропитания также отличаются: где-то оно подается дистанционно, а где-то — от отдельного источника.

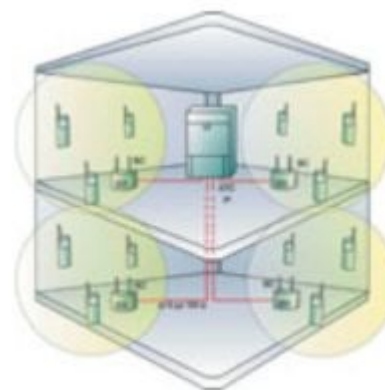


Рис. 1. Типовая схема организации учрежденческой сети связи

Enterprise System отличается от варианта Business наличием роуминга — способности системы передавать вызов в другую систему и присваивать класс обслуживания роуминговому абоненту.

Классификация DECT-систем по типу интеграции с опорной АТС

Типы интеграции DECT контроллеров с опорной АТС различаются по типу стыка с АТС (цифровой или аналоговый канал), по типу интеграции (внешний или интегрированный в АТС контроллер) и по способности коммутировать вызовы.

Основные проблемы, возникающие в разных вариантах интеграции:

1. *Контроллеры, стыкующиеся с АТС по аналоговым линиям*, обеспечивают DECT абоненту сервис аналогового аппарата, но исключают такие сервисы, как отображение фамилий и прочей доп. информации на дисплее. Подобные системы слабо расширяемы и роуминга не имеют.
2. *Контроллеры, стыкующиеся с АТС по цифровым линиям, но являющиеся по сути своей радиоудлинителями*, обеспечивают абоненту в случае удачной интеграции весь сервис современной цифровой АТС. Каждый абонент имеет

свой класс обслуживания и т. д. Однако такие системы очень недешевы, и, как правило, для полноценной интеграции требуют покупки всей линейки оборудования у одного поставщика, из-за чего теряется выгода в использовании открытой технологии, которой и является DECT. Плюсом подобных систем является огромная расширяемость системы. Примером может служить Definity Dect R2 (Avaya Comm.). Эта система расширяется до 16320 DECT абонентов и поддерживает роуминг начиная с ПО v.8.4. Минусом является проблемность в стыке со сторонними АТС.

3. *Внешние микросотовые системы, умеющие самостоятельно коммутировать каналы* — достаточно дешевы, хорошо расширяемы, достаточно мобильны, но у них имеется недостаток, заключающийся в том, что эта система и является отдельной системой. Максимальный сервис — это базовый вызов и, при условии использования сигнализаций типа ISDN QSIG, AutoCallBack. Основные функции, используемые в современной АТС, будут недоступны абоненту микросотовой системы DECT. Класс обслуживания на всю систему будет один.
4. Наилучшим решением являются *встроенные в АТС контроллеры*. В этом случае DECT абонент получает максимально доступный сервис, сравнимый с сервисом системных телефонов. Минусом является незначительная масштабируемость и относительная дороговизна. Плюсами является наличие роуминга, реализующегося средствами АТС по межстанционным каналам. Также, в таких системах затруднен мониторинг подсистемы DECT. Такие системы выпускала компания Intracom в рамках высоконадежной универсальной системы связи iAS-W. Такие системы предлагались как для гражданского применения, так и для военного. В частности, в войсках НАТО (в основном США) iAS использовалось для быстрого развертывания связи на военных базах. Гражданское применение этих систем реализовано в США и Канаде для обеспечения связью фермерских хозяйств.

Источники:

1. DECT. <https://ru.wikipedia.org>
2. Описание стандарта DECT. <http://www.abc-tel.ru>
3. Обзор стандарта DECT. <http://1234g.ru>
4. Стандарт DECT: обзор оборудования / Ю.В. Радионова, А.В. Власов // Технологии и средства связи. <http://www.tssonline.ru>
5. Основные принципы работы систем стандарта DECT. <http://www.t-service.ru>
6. MSK сигналы с гауссовой огибающей (GMSK). <http://www.dsplib.ru>
7. Модуляция GMSK в современных системах радиосвязи / В. Голуб. <http://www.chipinfo.ru>