

1. Выбор и обоснование варианта использования технологий абонентского доступа по медному кабелю.

В отличие от симметричных технологий xDSL, асимметричные технологии xDSL предназначены для того, чтобы уже существующая телефонная служба (ТФОП или BRI-ISDN) продолжала работать и при переходе на xDSL. Иначе говоря, помимо телефонной службы она позволяет обеспечить и передачу данных. С целью разделения речевых сигналов и сигналов передачи данных используются частотные разветвительные фильтры, называемые разветвителями.

Краткий перечень разновидностей наиболее распространенных xDSL-технологий и их основные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики основных xDSL-технологий

Шифр	Скорость передачи	Длина (без регенераторов)	Особенности
DSL	До 160 кбит/с	До 7,5 км в зависимости от скорости и диаметра провода	Дуплексная передача по одной медной паре. Первоначально – для реализации U-стыка BRI ISDN
IDSL	До 128 кбит/с	До 7,5 км в зависимости от скорости и диаметра провода	Дуплексная передача по одной медной паре для доступа в Internet, минуя коммутатор каналов ISDN
HDSL	768/1024 кбит/с по одной паре; 2048 кбит/с по двум-трем парам медного кабеля	От 5 км (диаметр провода 0,5 мм) до 18 км (диаметр провода 1,2 мм)	Прием и передача группового сигнала по одному многожильному кабелю. Первоначально – для реализации U-стыка PRI ISDN
SDSL	160–2320 кбит/с	До 3–5 км в зависимости от скорости и диаметра провода	Рекомендуется для замены HDSL. Наиболее популярная группа симметричных технологий
ADSL	До 6,144 Мбит/с (из сети); до 640 кбит/с (от абонента)	До 3–5 км в зависимости от скорости и диаметра провода	Рекомендуется для доступа к услугам Internet с сохранением телефонного канала
UADSL	До 1,536 Мбит/с (из сети); до 384 кбит/с (от абонента)	До 3–5 км в зависимости от скорости и диаметра провода	Простота установки и эксплуатации. Использование – аналогично ADSL
RADSL	До 8,192 Мбит/с (из сети); до 640 кбит/с (от абонента)	До 3–5 км в зависимости от скорости и диаметра провода	Автоматически подбирается наиболее подходящая скорость передачи в соответствии с условиями в линии
VDSL	До 51 Мбит/с (из сети); до 1,6 Мбит/с (от абонента)	До 100–300 м в зависимости от скорости и диаметра провода	Самая высокоскоростная технология доступа (например, к сети ATM). Может использоваться в подсети абонентских линий для наращивания оптического кабеля

Используя исходные данные, приведенные в задании к ДКР №2, необходимо по произведенным расчетам выбрать технологии xDSL позволяющие снизить затраты на развернутые транспортные сети.

2. Формирование вариантов частотно-территориального планирования зонных сетей связи.

Топологический аспект отражает основное правило построения системы сотовой

связи как совокупности ячеек, или сот, покрывающих обслуживаемую территорию. Ячеечная, или сотовая, структура системы является следствием реализации принципа повторного использования частот – основного принципа сотовой системы, определяющего эффективное использование выделенного частотного ресурса и высокую канальную емкость системы.

В РФ для работы систем подвижной связи выделено десять полос частот: I (1,6–30 МГц), II (33–48,5 МГц), III (57–57,25 МГц), IV (74–74,6 МГц), V (75,4–76 МГц), VI (146–174 МГц), VII (300–308 МГц), VIII (336–344 МГц), IX (451–466 МГц) и X (890–960 МГц). Указанные полосы частот используются не только сетями подвижной радиосвязи, но и другими радиосредствами. Полосы разделены преимущественно между видами подвижной связи следующим образом:

I–VI используются в системах персонального вызова;

I–VIII – в технологических диспетчерских сетях;

IX–X – в РСОП.

Осваиваются и более высокочастотные диапазоны – 2–60 ГГц (преимущественно для малоподвижных и фиксированных абонентов).

На практике из-за неоднородности рельефа и наземных объектов форма ячеек (зон доступа) далеко не всегда совпадает с правильными шестиугольниками. Точный прогноз конфигурации каждой ячейки является весьма сложной задачей. При этом точность прогноза определяется, с одной стороны, точностью исходных данных об условиях распространения радиоволн (РРВ) и пространственно-временном распределении информационной нагрузки (трафика) подвижных абонентов, а с другой стороны, точностью используемых моделей РРВ и обслуживания подвижных абонентов (ПА). Кроме того, качество беспроводной связи и реальная конфигурация зон доступа существенно зависят от взаимного влияния различных относительно близко расположенных радиоэлектронных средств (РЭС).

При частотно-территориальном планировании (ЧТП) различают три этапа расчетов в рамках решаемых задач анализа и синтеза.

Анализ – расчет конфигурации зон (электромагнитного) покрытия (радиосигналами с достаточной для связи мощностью $P_c \geq P_{с.тр}$). Синтез – выбор мест размещения, высот и ориентации антенн, а также мощности передатчиков базовых станций, при которых удастся обеспечить заданную степень (в идеале – полную) электромагнитного покрытия заданной территории размещения ПА.

Анализ – расчет конфигурации зон обслуживания ПА с заданными вероятностно-временными характеристиками (VBX) информационного обмена. Синтез – выбор необходимого количества трафиковых каналов (приемопередатчиков – ПП) БС, при котором удастся обеспечить заданные VBX для заданной доли (в идеале – для всех) ПА на заданной территории их размещения.

Анализ – расчет конфигурации зон электромагнитной совместимости (ЭМС), в пределах которых выполняются требования к достоверности и своевременности, несмотря на одновременную работу множества относительно близко расположенных РЭС. Синтез – выбор необходимого количества и распределения частот между всеми ПП всех БС СПР, при которых в пределах заданной территории размещения ПА выполняются требования к ЭМС (сохраняется неизменной конфигурация зон обслуживания несмотря на взаимное влияние РЭС). При использовании технологий с МДЧР и адаптивным выбором свободных частот (подобных DECT) или с МДКР и одной несущей (подобных IS-95) указанная задача синтеза не решается, но анализ

ЭМС все равно выполняется, иногда совместно с решением задач анализа и синтеза на первых двух этапах.

При решении задач определения конфигурации зон покрытия (1-й этап) и ЭМС (3-й этап) используются три класса моделей РРВ, отличающиеся составом используемых исходных данных о земной поверхности, а также сложностью и точностью расчетов затухания радиоволн L [дБ] (loss – потери) между БС и мобильными станциями (МС) ПА на расстоянии R [км] на частоте F [МГц] при высотах антенн БС H [м] и МС h [м]:

2.1. Модели РРВ, чувствительные только к дальности R между БС и МС и обобщенному типу земной поверхности вокруг БС независимо от конкретного направления от БС к МС. Конфигурация зоны покрытия одной БС при этом имеет форму круга. Можно выделить три типа данных моделей, отличающиеся степенью чувствительности к реальной земной поверхности вокруг анализируемой БС:

модель РРВ в свободном пространстве, совершенно не учитывающая наличие земной поверхности.

модель РРВ в околоземном пространстве, учитывающая абсолютное экранирующее влияние идеальной сферической земной поверхности с эквивалентным радиусом.

модель РРВ в приземном слое атмосферы, учитывающая статистические свойства неоднородности земной поверхности (включая наземные объекты):

$$L = A + B \cdot \lg(R), \quad (1)$$

где параметры A и B зависят от типа земной поверхности, а также от частот F [МГц] и высот антенн БС H [м] и МС h [м] (например, в модели Окамура – Хата для городских районов при $F = 150\text{--}1000$ МГц, $H = 30\text{--}200$ м, $h = 1\text{--}10$ м):

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot \lg(F) - 13,82 \cdot \lg(H) - a(h);$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \lg(H),$$

где $a(h)$ – поправочный коэффициент для высоты антенны МС, равный, для малых (средних) городов и пригородов величине

$$a(h) = (1,1 \cdot \lg(F) - 0,7) \cdot h - (1,56 \cdot \lg(F) - 0,8);$$

для больших городов и используемых частотах $F < 300$ МГц величине

$$a(h) = 8,29 \cdot \lg^2(1,54h) - 1,1;$$

для больших городов и используемых частотах $F \geq 300$ МГц величине

$$a(h) = 3,2 \cdot \lg^2(11,75h) - 4,97.$$

Зная максимально (минимально) допустимое затухание сигналов L_c (помех L_n) путем обратных преобразований формулы (1) несложно определить радиус зон покрытия R_c (или ЭМС R_n), причем всегда при прочих равных условиях $R_c < R_n$.

2.2. Выбор необходимого количества трафиковых каналов (приемопередатчиков – ПП) БС, при котором удастся обеспечить заданные ВВХ для заданной доли (в идеале – для всех) ПА на заданной территории их размещения осуществляется с использованием номограмм Бухмана.

2.3. После построения зон покрытия многих БС с помощью приведенной модели при планировании СПР формируются карты границ зон обслуживания разных БС, представляющие собой множество элементарных площадок размещения, помеченных условным номером той БС, от которой уровень сигнала превышает уровни сигналов от других БС. Именно карта границ при определенном регулярном размещении БС и однородных условиях РРВ имеет вид шестигранных сот.

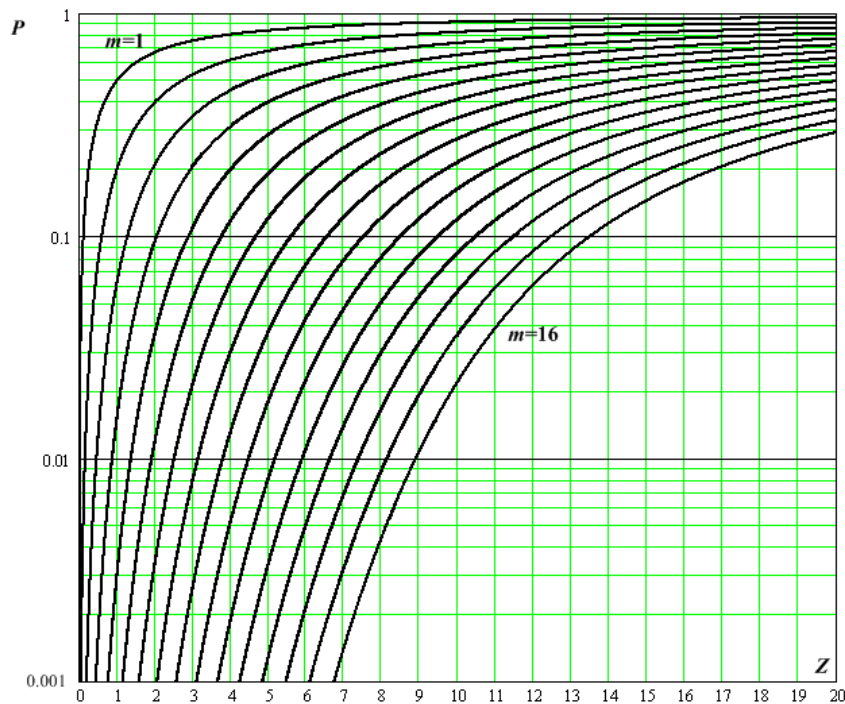


Рис. 1. Номограммы Бухмана

Определив по карте границ величину радиуса зоны связи R_c как минимальное расстояние до границы отдельной зоны обслуживания (соты) и максимальный радиус зоны ЭМС (помех) R_n , можно оценить минимально необходимое количество групп частот (размер кластера) N_F для ССПС:

$$N_F = \left\lceil \frac{(\rho + \gamma)^2}{3} \right\rceil, \quad (2)$$

где $\rho = R_n/R_c$ – относительный радиус зоны помех; $\gamma \in [-1, 1]$ – смещение относительного расстояния до центра зоны обслуживания наиболее удаленной БС от радиуса зоны помех, учитывающее влияние разбиения зон доступа на секторы с помощью направленных антенн.

В частности, для круговых антенн $\gamma = 1$. При использовании секторных антенн допустимое расстояние до центра зоны доступа наиболее удаленной БС уменьшается $\gamma < 1$. В предельном случае (наиболее полно проявляющемся для шестисекторных направленных антенн) можно получить $\gamma = -1$. Применяя обратный пересчет, с помощью формулы (2) можно оценить максимальный относительный радиус зоны помех, при котором допустимо использование того или иного количества групп частот.

2.4. Распределение минимального количества частотных групп между базовыми станциями сети подвижной радиосвязи (рисунком) осуществить с учетом формы территории города и его пригорода.

Топологический аспект имеет важное значение для планирования (проектирования) зоновых СПР и определяет особенности выбора мест размещения базовых станций, вычисления конкретной конфигурации (размеров) ячеек (зон доступа) и распределения частот с учетом окружающей земной поверхности, требований трафика ПА и влияния мешающих РЭС.

Используя выданные исходные данные, приведенные в задании, необходимо рассчитать приведенные выше параметры.