

К. Л. КУЗНЕЦОВ

Россия, г. Москва, Гос. авиационный ин-т

Дата поступления в редакцию
09.03 1998 г. — 26.10 1998 г.
Оппонент д. т. н. В. Л. БАНКЕТ

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ РАДИОСЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Обосновывается выбор топологии, архитектуры и модульного состава радиосегментов вычислительных сетей. Приведены методика выбора радиомодемов и пример расчета радиотракта.

The choosing of layout architecture and modular composition of computing networks are being based. The radiomodems choosing procedure and example of radio path calculation have been presented.

За последние годы техника беспроводных вычислительных сетей передачи данных выросла до уровня коммерчески доступных решений. Однако в существующих публикациях не освещаются вопросы обоснованного выбора топологии, архитектуры и модульного состава радиосетей. В настоящей статье делается попытка обобщения частных случаев, предлагается методика обоснованного выбора оборудования радиосети.

Основными факторами развития радиосетей являются [1–4]:

- появление мобильных пользователей (невозможность подсоединения подвижных абонентов является непреодолимым ограничением кабельных сетей);
- необходимость скоростного подключения территориально удаленных станций (экономическая нецелесообразность или невозможность построения кабельной сети);
- необходимость быстрого развертывания временных сетей;
- сложность прокладки кабельных сетей в мегаполисах.

Для стран СНГ, где отсутствует развитая инфраструктура скоростных кабельных коммуникаций, наиболее актуальными являются второй и третий факторы развития.

Рассмотрим наиболее целесообразные топологические решения построения радиосегментов сетей.

Двухточечная линия применяется для объединения двух локальных кабельных вычислительных

сетей в случае достаточной удаленности или высокой стоимости прокладки кабельных коммуникаций. Типичное применение — связь «главный офис — склад».

Многоточечная радиосеть применяется для подключения территориально разбросанных удаленных абонентов или сегментов сети к центральной кабельной сети. Типичные применения — связь «центральный офис — филиалы» и высокоскоростной доступ в Internet.

Магистральная радиосеть передачи данных используется для построения широкомасштабных сетей с большим количеством ретрансляторов, для передачи потока видеoinформации, уплотненных телефонных каналов и IP-трафика в пределах действия данной сети. Такие сети характеризуются смешением различных типов оборудования и сетевых технологий.

В настоящее время для построения интегрированных телекоммуникационных радиосетей различные компании поставляют оборудование, которое можно разделить на два класса устройств:

- радиомодемы (сетевые радиокарты) — предназначены, в основном, для создания двухточечных радиолиний, например, объединяющих две кабельные локальные вычислительные сети;
- радиомосты (узлы доступа) — предназначены для создания многоточечных радиосетей, подключения мобильных пользователей, и могут осуществлять маршрутизацию информации в радиосети.

Оба класса устройств в зависимости от требуемой дальности связи и наличия помех в местности применения могут использоваться в комплекте с усилителями и приемопередающими антеннами с различным коэффициентом направленного действия.

Радиомодемы и радиомосты имеют множество потребительских параметров и функций. Некоторые из них не выражаются количественным показателем, а говорят о наличии или отсутствии определенного свойства, например, возможность ретрансляции

АППАРАТУРА СВЯЗИ

пакетов Radio Ethernet, не предназначенных для данного узла.

Основными потребительскими характеристиками радиомодемов и радиомостов являются:

- максимальная скорость передачи в канале;
- частотный диапазон работы устройства;
- метод модуляции несущей;
- возможность ретрансляции пакетов;
- защищенность системы от прослушивания;
- вероятность ошибки на бит;
- стоимость.

Специфической характеристикой радиомостов является наличие возможности роуминга клиентов, заключающегося в возможности переключения мобильного клиента (радиомодема) с одного радиомоста на другой без потери логического соединения с общей для радиомостов сетью.

Скорость передачи в канале для предлагаемого оборудования составляет от 32 до 4096 Кбит/с.

По технологии передачи сигнала беспроводные сети передачи данных делят на следующие типы:

- с расширением спектра радиосигнала путем скачкообразного переключения частоты (FHSS — Frequency Hopping Spread Spectrum);
- с расширением спектра радиосигнала по принципу модуляции прямой псевдослучайной последовательностью (DSSS, Direct Sequencing Spread Spectrum).

FHSS и DSSS реализуют метод расширения спектра радиосигнала, передаваемого в полосах, выделенных для промышленных, научных и медицинских (ISM) применений. ISM-диапазон включает в себя полосы частот 902...928 МГц и 2,4...2,484 ГГц.

В технологии FHSS используется метод переключения частоты передаваемого сигнала между несколькими заданными частотами с определенной скоростью и в определенной последовательности, что позволяет повысить помехозащищенность.

Технология DSSS предусматривает разбиение данных на небольшие пакеты, называемые «чипами» (chips), и использует передатчик для распределения чипов по фиксированной полосе частотного диапазона. Изделия DSSS имеют более высокую себестоимость, чем устройства, использующие FHSS, и, как правило, потребляют на порядок большую мощность (примерно 1 Вт против 100 мВт).

Методы модуляции DSSS и FHSS обеспечивают достаточную криптостойкость передачи, т. к. базовый псевдослучайный код определяется сетевым адресом радиокарты. Дополнительно в некоторых устройствах применяется шифрование по стандарту DES.

Основные возможности и технические характеристики радиомодемов и радиомостов, поставляемых рядом фирм, приведены в **таблице**.

Основные возможности

Характеристики	Aironet Wireless Communications Inc. Arlan
Цена изготовителя за 1 адаптер, \$	870
Цена изготовителя за 1 узел доступа, \$	1775
Характеристики	
Метод модуляции	DSSS
Диапазон частот, ГГц	2,4...2,4835
Остановка и возобновление работы	×
Управление потреблением мощности	×
“Горячий” свопинг	×
Потребляемый ток, мА:	
при передаче	420
при приеме	210
в режиме ожидания	10
Соответствие Plug& Play	×
Заявленная дальность, м:	
в помещении	99
на открытом пространстве	660
Заявленная скорость передачи, Кбит/с	2048
Характеристики узлов доступа	
Размеры, мм	50×203×152
Возможность перемещения	×
Типы кабелей:	
10Base-T	×
10Base2	×
Автоматич. балансировка нагрузки	×
Защита от несанкционированного доступа	
Контроль доступа	×
Шифрование	×
Опознавание	×
Совместимость с сетевыми ОС (наличие драйверов) :	
LANtastic	×
Macintosh System 7.5x	—
MS Windows for Workgroups	×
MS Windows 95	×
MS Windows NT	×
NetWare 3.x/4.x	×/×
NetWare Lite	×
Клиент OS/2 LAN/ Warp Server	×/×
Версия NDIS	2.1, 3.1
Функции управления	
Фильтрация: протоколы	Ether Talk, IP, IPX
MAC-адрес/Тип передачи	×
Работа с SNMP MIB	×
Наличие программ управления	×
Диагностика каналов связи	×
Инструментарий обследования места установки	×

АППАРАТУРА СВЯЗИ

и технические характеристики радиомодемов и радиомостов

AT&T Network Systems WaveLAN	BreezeCOM BreezeNET	Digital Equipment Corp. RoamAbout	IBM Corp. IBM Wireless LAN Entry	Proxim Inc. RangeLAN2	RDG Network Inc. Portlan	Solectec Corp. Airlan	Xircom Inc. Netwave
545	695	695	445	695	695	699	399
1295	1295	1795	1350	1895	2195	2499	1499
DSSS	FHSS	DSSS	FHSS	FHSS	FHSS	DSSS	FHSS
0,902...0,928	2,4...2,4835	0,902...0,928	2,4...2,4835	2,4...2,4835	2,4...2,4835	0,902...0,928	2,4...2,4835
×	×	×	×	×	×	—	×
×	—	×	×	×	×	×	—
×	×	×	×	×	×	—	×
600	320	550	320	300	360	580	320
300	160	295	275	150	290	350	160
30	Нет данных	35	35	5	40	35	Нет данных
×	×	—	×	—	×	—	×
62	73	132	99	165	148	35	50
265	330	264	264	330	890	264	215
2048	1200	2048	400	1600	1024	2048	1024
50×203×406	25×280×127	25×280×127	76×280×216	90×254×381	76×254×343	25×280×127	64×152×203
×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	×	×	×	×
×	—	×	—	×	×	—	×
×	—	—	—	—	—	—	×
×	×	—	×	×	×	×	×
—	—	×	—	×	×	×	×
×	×	—	×	×	×	×	×
×	×	—	×	×	×	×	×
×	×	×	×	×	×	×	×
×	×	×	×	×	×	—	×
×	×	—	—	×	×	—	—
×/×	×/×	×/×	×/×	×/×	×/×	×/×	×/×
×	×	×	—	×	×	×	×
×	—	×	—	×	×	—	—
2.1, 3.1	2.0, 3.0	2.1, 3.1	2.01	2.01,3.1	2.1, 3.1	2.1, 3.1	2.01, 3.0
—	—	—	NetBEUI, NetBIOS	Ether Talk, IP, IPX	Ether Talk, IP, IPX, NetBEUI	—	—
×	×	—	×	×	×	—	×
×	×	×	×	×	×	×	×
×	—	—	—	×	—	—	—
×	×	×	—	×	—	×	×
—	×	—	—	×	—	—	×

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ

Методику выбора оборудования для построения радиосегмента можно представить в виде решения оптимизационной задачи, имеющей входные данные, критерии оптимизации и набор решений.

Исходными данными, как правило, служат:

- топология реализуемой сети;
- требуемая скорость передачи данных в радиосегменте;
- протяженность радиосегмента.

Критерии отбора решений могут быть получены из исходных данных (при условии их достаточной детализации) и зависят от конкретной задачи. В наиболее общем случае – это решение поставленной задачи при минимальной суммарной стоимости оборудования.

Результатом решения являются:

- наименование применяемых радиомодемов или радиомостов;
- мощность усилителей, требуемых для обеспечения необходимой дальности и устойчивости связи;
- типы антенн;
- суммарная стоимость оборудования.

Задача выбора оборудования для построения радиосегмента заключается в выборе типов радиомодемов (радиомоста или радиокарты) и оборудования антенно-усилительного тракта.

Результатом выбора типа радиомодема является номенклатура радиомостов и радиокарт, необходимых для реализации заданной топологии, удовлетворяющая дополнительным требованиям задания.

Антенно-усилительный комплект должен иметь технические характеристики, достаточные для устойчивой связи на расстоянии длины радиосегмента.

Выбор типа радиомодема.

Из-за большого количества потребительских характеристик и дополнительных свойств различных типов радиомодемов следует производить отбор оборудования так, чтобы его характеристики были достаточны для решения следующих задач:

- возможность построения заданной топологии на оборудовании данного класса;
- обеспечение заданной скорости обмена данными;
- минимизация стоимости обслуживания;
- устойчивость работы с учетом уровня помех в данной местности.

На возможность построения заданной топологии могут влиять наличие маршрутизации пакетов радиокарты или модемом и возможность роуминга.

При оценке стоимости обслуживания следует учитывать наличие программного обеспечения и драйверов для удобного управления устройством.

Для обеспечения устойчивой работы, с учетом уровня помех, следует произвести соответствующие измерения в диапазонах частот работы устройства и выбрать радиокарту, работающую в наименее «загрязненном» диапазоне частот.

Выбор антенно-усилительного оборудования.

Задача выбора оборудования антенно-усилительного тракта включает в себя следующие исходные данные:

- геометрические характеристики топологии радиосегмента (протяженность радиосегмента, длина кабельного отвеса «усилитель – антенна»);
- несущая частота;
- ширина частотной полосы;
- диапазон температур эксплуатации устройства;
- необходимая устойчивость связи.

Из основного уравнения радиосвязи [5] следует соотношение для расчета требуемой мощности передатчика:

$$P_{\text{прд}} = \frac{(4\pi)^2 P_{\text{пор}} R^2}{G_1 G_2 \lambda^2} 10^{0,1\alpha R}, \tag{1}$$

где $P_{\text{пор}}$ – минимальная пороговая мощность сигнала на входе приемника;

λ – длина волны;

R – требуемая дальность;

G_1, G_2 – коэффициенты усиления приемной и передающей антенн, соответственно (указываются поставщиками оборудования в числе прочих технических характеристик антенн);

α – коэффициент затухания сигнала в атмосфере.

Для частотного диапазона 2,4 ГГц $\alpha=0,3$ Дб/км (для других частот определяется из номограммы **рис. 1** – $\alpha=\gamma_{\text{H}_2\text{O}}+\gamma_{\text{O}_2}$). На частотах выше 5 ГГц необходимо учитывать затухание радиоволны в гидрометеорах (дождь, снег, град). При этом учитываются погодные условия, характерные для данной местности, и параметры технического задания, определяющие необходимую устойчивость связи. График затухания радиоволны в зависимости от частоты и плотности

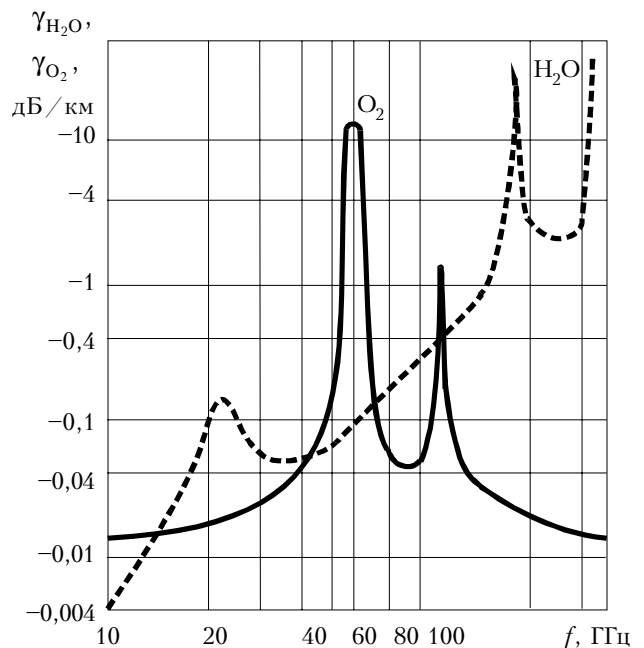


Рис. 1. Затухание радиосигнала в атмосфере

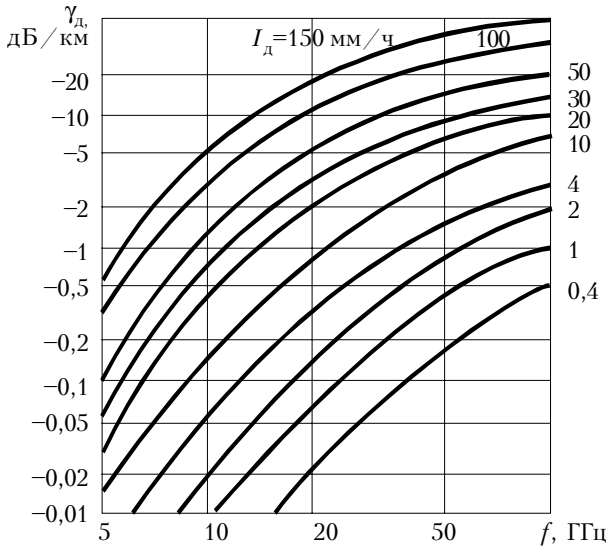


Рис. 2. Затухание сигнала в гидрометеорах сти (I_d) дождя приведен на рис. 2. В этом случае $\alpha = \gamma_{H_2O} + \gamma_{O_2} + \gamma_d(I_d)$.

При отсутствии в спецификации на радиомодем чувствительности приемника минимальная мощность сигнала на входе может быть вычислена по формуле

$$P_{\text{пор}} = kT\Delta F(E/N), \quad (2)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ — постоянная Больцмана;

T — шумовая температура выбирается из рабочего диапазона температур в задании;

ΔF — полоса частот;

(E/N) — соотношение «сигнал — шум» (~10–15 для радиоаппаратуры данного класса).

При большой длине отвеса кабеля, подводимого к антенне, необходимо учесть потери затухания в нем:

$$M = 10 \lg(Ld), \quad (3)$$

где L — длина кабеля;

d — погонное затухание в кабеле.

Приведем значения погонного затухания (в Дб/м) для некоторых типов кабелей (на частоте 2,4 ГГц): Belden 9913 — 0,24; РК50-7-32 — 0,26; РК50-7-58 — 0,22.

Пример выбора модулей оборудования радиосегмента.

Пусть топология рассчитываемой сети представляет собой две локальные вычислительные сети, соединенные радиосегментом длиной двенадцать километров. При этом для обеспечения прямой видимости антенное оборудование должно быть установлено на крышу здания (длина кабельного подвода 25 м). Пропускная способность радиосегмента не менее 2 Мбит/с.

Так как данная топология сети не предъявляет особых требований к радиомодемам, основными характеристиками, участвующими в выборе оборудования, являются цена и скорость передачи в канале.

Поэтому из представленного в таблице оборудования оптимальным является выбор двух радиокарт WaveLAN, устанавливаемых в файловые серверы обеих сетей для обеспечения фильтрации пакетов сетевого протокола.

Оценим необходимую мощность усилителя.

Данные для расчета: несущая частота 2,4 ГГц; коэффициент усиления антенны $G=20$ Дб (хороший волновой канал); соотношение сигнал/шум $E/N=15$; потери в кабеле $d=0,25$ Дб/м.

$$P_{\text{прд}} = \frac{(4\pi)^2 kT \Delta F (E/N) R^2}{G^2 \lambda^2} \times$$

$$\times 10^{0,1\alpha R} \cdot 10^{0,1Ld} = 0,484 \text{ Вт}.$$

Для повышения устойчивости связи рекомендуется иметь запас по мощности порядка 1,2. В итоге мощность на выходе усилителя должна составлять примерно 600 мВт.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. «Lan Magazine/Журнал сетевых решений» № 8 (декабрь 1997). «Бескрайний мир беспроводной связи».
2. «ComputerWorld Россия» № 45, стр. 35 (2 декабря 1997). «Сеть без проводов».
3. «Финансовые Известия» № 75, стр.1 (7 октября 1997). «Беспроводные коммуникации могут решить проблему компьютерных сетей»; № 7–8, стр. 80, 86 (сентябрь 1997). «Беспроводные сети России. Проблемы, достижения, перспективы». «Internet без телефона».
4. «Мир Интернет», № 8 (август 1997). «Беспроводные сети».
5. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. / Под ред. Г. А. Ерохина. — М. : Радио и связь, 1996.
6. Материалы выставки «СвязьЭкспо-97».
7. «ComputerWorld Россия» № 46, стр. 22 (9 декабря 1997). «IEEE 802.11 представляет стандарт беспроводных сетей».
8. «ComputerWorld Петербург» № 4, стр. 12 (8 ноября 1997). «Вяжем сети без проводов».
9. «COMPUNITY» № 11, стр. 57 (сентябрь 1997). «Internet — без проводов и телефонов».
10. «PC WEEK/RE» № 35, стр. 36 (9–15 сентября 1997). «Руководство покупателя беспроводных радиомостов. Сравнительный анализ различных производителей».
11. «PC WEEK/RE» № 26, стр. 14, 37 (8–14 июля 1997). «Беспроводные коммуникации: что дальше?». «Как озвучить беспроводные технологии передачи данных».
12. «READ.ME» № 3, 1997, стр. 20–21. Ю. Громов, «Беспроводные сети: история, применение».
13. «Компьютерра», № 10, стр. 31 (10 марта 1997). «Каналы, которые есть».
14. «Сети и системы связи» № 2, стр. 52 (февраль 1997). «Беспроводные сетевые технологии».
15. «PC WEEK/RE» № 44, стр. 31, 34 (5 ноября 1996). «Продукты для беспроводных ЛВС». «Построение многоточечных радиосетей для доступа к компьютерным сетям общего пользования».