

БУДУЩЕЕ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА: СИСТЕМА BreezeMAX

Взрывное развитие сетей передачи данных, появление новых видов услуг (VoIP, Video-on-Demand и пр.) требуют существенного расширения пропускной способности каналов связи, предоставления абонентам широкополосного доступа к сетям. Для решения этой задачи последние несколько лет ученые и инженеры многих стран разрабатывают систему доступа для беспроводных сетей городского масштаба (WirelessMAN) нового поколения.

Работы ведутся в двух направлениях. В комитете IEEE 802.16 (в Европе – ETSI HiperMAN) занимаются созданием стандарта, описывающего требования к системе. В консорциуме World Interoperability for Microwave Access Forum (WiMAX Forum) – разработкой технических решений, обеспечивающих функциональную совместимость изделий разных производителей. Появление редакции IEEE 802.16-2004 и заявления фирм-производителей ИС (например, Intel) о разработке чипов, реализующих функции стандарта, сделало реальным появление WiMAX-систем уже в 2005 году.

Привлекательность стандарта для операторов связи – широкополосный доступ, большой набор предоставляемых абоненту видов услуг, существенное удешевление подключения абонента, совместимость оборудования от нескольких поставщиков.

Одно из первых изделий в этом ряду – это поддерживающая передовую платформу WiMAX система BreezeMAX, новейшая разработка компании Alvarion (Израиль). Используя современную OFDM-технологии и адаптивную модуляцию (до 64-QAM), система работает в условиях, близких к отсутствию прямой видимости (NLOS). Первая модель BreezeMAX 3500 использует диапазон 3400–3600 ГГц. Ширина канала может составлять 3,5 или 1,75 МГц (см. табл.). Высокая спектральная эффективность системы BreezeMAX позволяет операторам приступать к строительству сетей WiMAX уже сегодня.

СТРУКТУРА BreezeMAX

BreezeMAX как система беспроводного доступа состоит из трех компонентов: базовой станции (БС, BS), абонентского оборудования (Customer Premises Equipment – CPE) и системы управления (Management System).

В состав БС входят так называемые устройства доступа, состоящие из AU-ODU, размещаемых на опоре – башне или мачте, и AU-IDU, располагаемых в помещении оператора.

Шасси BST-SH, располагаемое в помещении (рис.1), содержит: сетевую карту

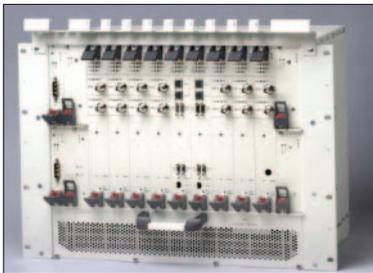


Рис. 1. Блок базовой станции

(NPU – Network Processing Unit card) (1+1), карту устройства доступа (AU-IDU – Access Unit card) (до 6+1), интерфейс источника питания (PIU – Power Interface Unit) (1+1), устройство вентиляции (AVU – Air Ventilation Unit) и источник питания (PSU – Power Supply Unit) (3+1). Эти компоненты могут дублироваться, находясь в горячем резерве.

Устройства доступа AU-ODU (рис.2) соединяются с картой устройства доступа AU-IDU коаксиальными кабелями, через которые на промежуточной частоте передаются сигналы синхронизации, управления, информационные каналы приема и передачи и напряжение питания. К AU-ODU подключается внешняя антенна.



Рис. 2. Устройство доступа AU



Рис. 3. Блок CPE-ODU

Абонентское оборудование состоит из двух блоков: верхнего (наружного) (CPE-ODU) (рис.3) и нижнего (внутреннего) (CPE-IDU) (рис.4), которые соединяются витой парой категории 5.

ЧТО ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ АБОНЕНТУ?

Услуга – это виртуальное соединение между абонентским приложением и ресурсами сети. Ее можно представить как поток пакетов (Service Pipe – сервисный туннель), отличающийся своими параметрами. В сети на основе BreezeMAX различают три вида сервисов – Layer 2 (Ethernet), PPPoE, VoIP. Параметры сервисного туннеля разбиты на категории (группы): QoS Profile – профиль (совокупность параметров) качества обслуживания, Priority Classification – классификация по приоритетам, Forwarding Rules – правила перенаправления пакетов, Service Profile – профиль услуги, Subscribers – абоненты (пользователи).



Рис. 4. Один из блоков CPE-IDU

BreezeMAX предоставляет следующие типы качества обслуживания (QoS):

- Continuous Grant (CG) – услуги с постоянной скоростью в реальном времени, т.е. периодически следующие пакеты фиксированной длины с гарантированной задержкой (планируется в будущем). В основном это голосовые соединения без подавления пауз;

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ BreezeMAX 3500

Частотный диапазон, МГц	Базовая станция	Band a: UL: 3399,5–3452; DL: 3499,5–3553,5 Band b: UL: 3450–3500; DL: 3550–3600
	Абонентское оборудование (CPE)	UL: 3499,5–3600; DL: 3399,5–3500
Метод радиодоступа		TDMA FDD
Модуляция		OFDM 256 FFT с адаптивной модуляцией поднесущих: BPSK, QRSK, QAM 16, QAM 64
Ширина канала, МГц		3,5 / 1,75 (выбирается программно)
Общая ширина канала базовой станции, МГц		14
Схема дуплексной передачи		Полнодуплексный
Разрешение центральной частоты, кГц		125
Антенна (CPE)		17 дБи, вертикальная и горизонтальная поляризация, соответствует ETSI EN 302 085 V1.1.2 TS3
Максимальная выходная мощность (в порту антенны), дБм		AU: 28 ± 1 SU: 20 ± 1
Чувствительность, дБм		-82/85 при самой высокой модуляции (QAM 64) -100/103 для самой низкой модуляции (BPSK)

Электрические характеристики

	Абонентский блок	Базовая станция
Напряжение питания, В	~100–240 (50–60 Гц)	36–72 (постоянный ток)
Максимальная потребляемая мощность	CPE ODU: 30 Вт CPE IDU данные: 40 Вт CPE IDU данные + голос: 50 Вт	BST PS: 200 каждый, до 4 PS AU IDU 2 канала: 38 Вт AU ODU: 38 Вт NPU: 70 Вт, PIU: 35 Вт, AVU: 24 Вт

Климатические условия

	Внутренний модуль	Внешний модуль
Диапазон рабочих температур, °C	0–40	-40–55
Относительная влажность, %	5–95, без конденсата	5–95, без конденсата, защищен от непогоды

- Real Time Variable Rate (RT-VR) – услуги с переменной скоростью в реальном времени, такие как MPEG video или VoIP. Гарантируется определенная задержка и заданная максимальная пропускная способность;
 - Non Real Time Variable Rate (NRT-VR) – услуги с переменной скоростью не в реальном времени. Гарантируется выделение потока с пропускной способностью в заданных пределах (минимум – максимум), но не время задержки;
 - Best Effort (BE) – услуги без гарантии полосы и времени задержки при наличии свободной полосы.
- Правила перенаправления пакетов (Forwarding Rules) могут быть

следующими: Multicast – групповая (многоадресная) передача; Unicast – одноадресная передача; Unknown Address Forwarding – передача по неизвестному адресу.

Таким образом, в зависимости от задаваемых параметров оператором связи могут быть предложены услуги с различными уровнями обслуживания (SLA) и соответствующим качеством (QoS). Абоненту назначается одна или несколько услуг, для которых устанавливается свой профиль услуги.

На основе постоянного анализа запросов на передачу и профилей услуги определяется приоритезация (очередность передачи) пакетов данных в направлениях к абонентской и базовой станции.

Абонентское оборудование производится в различных модификациях:

- Абонентское устройство с функциями моста данных между беспроводными и проводными системами передачи информации. Поддерживает до 512 MAC-адресов. Подключается к внутренней сети через стандартный интерфейс IEEE 802.3 Ethernet 10/100-BaseT (RJ 45).
- Абонентское устройство с функциями голосового шлюза. Обеспечивает интегрированные сервисы голоса и данных. Выпускается как с одним портом данных 10/100 Base-T и одним голосовым портом обычной телефонии (RJ-11), так и с четырьмя портами данных 10/100 Base-T и двумя голосовыми портами обыч-

Пропускная способность канала

Модуляция поднесущих	Скорость кодирования	3,5 МГц		1,75 МГц	
		Скорость потока, Мбит/с	Чувствительность приемника при PER = 10 ⁻² , дБм	Скорость потока, Мбит/с	Чувствительность приемника при PER = 10 ⁻² , дБм
BPSK	1/2	1,41	-99	0,71	-100
BPSK	3/4	2,12	-97	1,06	-98
QPSK	1/2	2,82	-96	1,41	-97
QPSK	3/4	4,23	-93	2,12	-94
QAM 16	1/2	5,64	-90	2,82	-91
QAM 16	3/4	8,47	-87	4,24	-88
QAM 64	2/3	11,29	-82	5,65	-83
QAM 64	3/4	12,71	-81	6,35	-82

ной телефонии (RJ-11). Поддерживает приоритезацию трафика по 802.1p и IP DiffServ, протоколы H.323 и SIP, голосовые кодеки G.711 и G.729 a/b, многое другое.

- Абонентское устройство с функциями сетевого шлюза – это интегрированный широкополосный роутер с всесторонним IP-разделением и функциями безопасности. Интерфейс локальной сети – четырехпортовый коммутатор 10/100 Base-T, может оснащаться беспроводной точкой доступа 802.11b/g. В последнем случае диапазон покрытия составит 35–100 м.

РАДИОИНТЕРФЕЙС BreezeMAX

Одна из особенностей стандарта IEEE 802.16 – применение новой технологии OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – мультиплексирование с разделением на основе ортогональных несущих. Три ключевых момента определили этот выбор:

- более высокая, по сравнению с другими технологиями, спектральная плотность передачи информации. В условиях современной загрузки радиочастотного спектра это имеет немаловажное значение;
- возможность работы в условиях многолучевого распространения радиоволн (в том числе при отсутствии прямой видимости). Это позволяет упростить установку абонентских устройств (снизить высоту подвеса антенн) или расширить зону покрытия;
- появление цифровых сигнальных процессоров высокой производительности с приемлемыми ценовыми характеристиками.

Многолучевое распространение вызывает эффект межсимвольной интерференции – наложение в антенне приемника сигналов, идущих разными путями и с разными задержками, что влечет ошибки приема. Основной путь борьбы с данным явлением – уменьшение скорости передачи символов (каждый кодирует от двух

до шести бит) в радиоканале, что приводит к снижению общей скорости передачи информации на одной частоте. С целью ее увеличения для трансляции одного символа используют множество поднесущих частот. Интервал между частотами в OFDM определяется скоростью передачи символов (ортогональность поднесущих). При передаче символа создается его представление в частотной области, и с помощью обратного Фурье-преобразования формируется передаваемый сигнал во временной области. При приеме происходит обратный процесс.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Для управления системой предназначена программа AlvariSTAR, разработанная в соответствии со стандартами TMN. Она поддерживает функции:

- Fault Management – управление неисправностями (наблюдение за состоянием системы, неисправностями и сбоями; сортировка, фильтрация, выдача тревожных сообщений, ведение журнала учета неисправностей и сбоев);
- Configuration Management – управление конфигурацией (создание объектов, конфигурирование устройств, управление службами телефонии и передачи данных, инструменты управления трафиком и загрузкой программного обеспечения);
- Performance Management – наблюдение за работой системы (мониторинг радиоканалов и каналов передачи данных, сбор и обработка данных о качестве обслуживания и о загрузке ресурсов для увеличения пропускной способности или минимизации ресурсов);

Security Management – управление безопасностью (обеспечение безопасности системы AlvariSTAR и абонентов от несанкционированного доступа).

Памяти академика В.А.Котельникова

11 февраля 2005 года на 97-м году жизни умер Владимир Александрович Котельников – выдающийся отечественный ученый и инженер, один из основоположников современной теории связи. Как нет специалистов, не знакомых с законом Ома, так и не найти инженера, который не знал бы о теореме Котельникова (теорема отсчетов, также ее называют теоремой Найквиста-Уиттакера-Котельникова-Шеннона). Приоритет научных работ В.А.Котельникова признан во всем мире, свидетельство чему – присуждение ему высших международных наград в области связи: премии фонда Эдуарда Рейна 1999 г. за первое строгое доказательство теоремы отсчетов и Золотой медали А.Белла (2000 г.). Теорема Котельникова впервые была сформулирована в докладе "О пропускной способности "эфира" и проволоки в электросвязи" в 1933 году. В 1947 г. В.А.Котельников защищает докторскую диссертацию с классической работой о теории потенциальной помехоустойчивости.

Однако Владимир Александрович известен не только своими теоретическими трудами. Он был выдающимся практическим специалистом в области создания сложных радиотехнических систем. В конце 30-х годов он руководил и непосредственно участвовал в создании аппаратуры многоканальной однополосной радиосвязи на линии Москва–Хабаровск, что было в то время крупнейшим достижением в мировой радиотехнике. В 1941–1945 гг. В.А. Котельников плодотворно работал над созданием специальной аппаратуры связи, в том числе – систем скрытной радиосвязи со шифрованием. За разработки в этой области он дважды (в 1943 и в 1946 гг.) был удостоен Сталинской (ныне Государственной) премии первой степени. В 1946 г., став деканом радиотехнического факультета МЭИ, сформировал уникальную команду специалистов-преподавателей, создал ОКБ – прообраз современных учебно-науч-

ных центров. В 1948 году В.А.Котельников организовал и возглавил Особое конструкторское бюро МЭИ, ставшее одним из ведущих отечественных центров разработки радиотехнических систем для космических аппаратов и баллистических ракет. В 1953 году В.А.Котельников был избран академиком АН СССР (с 1970 по 1988 годы был вице-президентом АН) и назначен заместителем директора (академика А.И.Берга) только что созданного Института радиотехники и электроники (ИРЭ) АН СССР. Через год В.А.Котельников становится директором ИРЭ АН, где наряду с научно-организационной деятельностью принимает непосредственное участие в работах по созданию планетного радиолокатора и радиолокационному исследованию планет. По существу, под его руководством было создано новое направление в исследованиях космоса – планетная радиолокация. В результате стало возможным измерять расстояния до объектов в пределах Солнечной системы с точностью до 10^{-8} (1964 год). Эти работы под руководством В.А.Котельникова активно продолжались и далее. Благодаря им с помощью аппаратов "Венера-15" и "Венера-16" была впервые получена радиолокационная карта "северного" полушария Венеры на площади 115 млн. кв. км. с пространственным разрешением порядка 1 км.

Родившись 6 сентября 1908 года в Казани, Владимир Александрович прошел большой и плодотворный путь. Он внес неоценимый вклад не только в теорию связи, практическую радиотехнику, но и в дело подготовки специалистов.

В 2000 году при вручении медали А.Белла Президент IEEE Б.Айзенштайн сказал о Владимире Александровиче: "Перед нами гигант радиоинженерной мысли, который внес самый существенный вклад в развитие радиосвязи".