

Nateks-Multilink 3

**ФИКСИРОВАННАЯ БЕСПРОВОДНАЯ ШИРОКОПОЛОСНАЯ СИСТЕМА СВЯЗИ
ТИПА «ТОЧКА-ТОЧКА» И «ТОЧКА-МНОГОТОЧКА»**

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Версия 2.0

© Научно-технический центр НАТЕКС, 2006

Права на данное описание принадлежат ЗАО «НТЦ НАТЕКС». Копирование любой части содержания запрещено без предварительного письменного согласования с ЗАО «НТЦ НАТЕКС».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОСОБЕННОСТИ	6
1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА	7
1.1. Соответствие IEEE 802.16.....	7
1.2. OFDM (256 FFT)	7
1.3. Динамическая адаптация	7
1.4. Временное дуплексирование (TDD).....	7
1.5. Адаптивное кодирование	7
1.6. Адаптивная модуляция.....	8
1.7. Автоматический запрос повтора (Automatic Repeat Request, ARQ).....	8
1.8. Коррекция кодами Рида-Соломона	8
1.9. Тактовая синхронизация	8
1.10. Возможности LAN.....	8
1.11. Возможности TDM.....	8
1.11.1. Пользовательские потоки.....	9
1.11.2. Синхронизация	10
1.11.3. Джиттер	10
1.11.4. Задержка передачи данных	10
1.12. Конфиденциальность и безопасность.....	10
1.13. Сетевые конфигурации	11
1.14. Каналы	12
1.15. Пользовательские потоки.....	12
1.16. Планирование восходящих потоков	13
1.17. Планирование нисходящих потоков	14
1.18. Масштабируемость сети	14
1.19. Управление.....	14
2. КОНСТРУКЦИЯ	15
2.1. Терминальный блок.....	15
2.2. Радиоблок.....	16
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ NATEKS-MULTILINK 3	18
4. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ.....	19
5. СТАНДАРТ IEEE 802.16	20
5.1. Восходящий поток.....	20

5.2. Нисходящий поток	20
5.3. Модуляция	21
5.4. Безопасность.....	21
6. ТЕХНОЛОГИЯ OFDM.....	22

ВВЕДЕНИЕ

Одна из первых в мире систем перспективного стандарта 802.16 Nateks-Multilink 3 позволяет операторам и сервис-провайдерам обеспечивать передачу как синхронного так и IP-трафика на сверхдальние расстояния с высоким качеством связи. Система работает в частотном диапазоне 3,4–3,8 ГГц. Это устройство операторского класса для сетей доступа и передачи данных, организованных по схеме «точка-точка» (PtP) и «точка–многоточка» (PMP), с пропускной способностью до 70 Мбит/с.

ОСОБЕННОСТИ

- Гибкая динамическая настройка качества обслуживания (QoS), задание приоритетов различным видам трафика и одновременная поддержка интерфейсов IP и TDM E1 позволяют параллельно передавать голос, мультимедийную информацию и цифровые данные по одному каналу связи.
- Оператор может за считанные часы предоставить услугу с пропускной способностью канала, сравнимой со скоростью кабельных систем. Соглашение об уровне обслуживания (SLA) строится по индивидуальному плану каждого заказчика, при этом QoS может изменяться динамически в соответствии с его потребностями.
- Высокая эффективность использования радиочастотного спектра увеличивает пропускную способность и снижает удельные затраты на запуск и эксплуатацию.
- Технология передачи OFDM обеспечивает устойчивую связь вне зоны прямой видимости приемопередатчиков.
- Система динамически адаптируется к условиям связи с помощью автоматического подбора типа модуляции (QPSK, 16 QAM, 64 QAM) и скорости кодирования.
- Корректирование сигналов с прямым исправлением ошибок гарантирует надежность 99,999%.

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

1.1. Соответствие IEEE 802.16

Nateks-Multilink 3 - беспроводной широкополосный коммутатор операторского класса, который соответствует стандарту 802.16a WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) и предназначен для организации каналов связи типа «точка-точка» и «точка-многоточка» как внутри, так и вне зоны прямой видимости приемопередающих антенн.

Стандарт не рассчитан на «ячеистую» (mesh) топологию сети, связь между абонентскими комплектами возможна только через базовую станцию.

1.2. OFDM (256 FFT)

Nateks-Multilink 3 использует для связи технологию OFDM, при которой данные кодируются по алгоритму быстрого преобразования Фурье (FFT) и передаются пакетами посредством множества частотных подканалов. OFDM обеспечивает высокую спектральную плотность и чрезвычайную устойчивость к помехам от многолучевой интерференции и частотным замиранием.

1.3. Динамическая адаптация

При передаче каждого пакета данных Nateks-Multilink 3 производит оценку состояния канала. Параметры соединения подстраиваются для каждого абонентского комплекса в отдельности. В результате поддерживается максимально возможная скорость для текущего состояния каждого соединения (интерференция, внешние помехи, наличие листвы на деревьях). В Nateks-Multilink 3 динамическая адаптация осуществляется на базе отношения CINR (Carrier/Interference + Noise Ratio).

1.4. Временное дуплексирование (TDD)

В устройстве используется разделение во времени приема и передачи по одному РЧ-каналу. Этот способ хорошо подходит для организации эффективных и предсказуемых соединений по типу PtP и PMP.

Базовая станция отвечает за планирование восходящего и нисходящего трафика. Она передает данные на абонентские комплексы и рассылает запросы и подтверждения на передачу, основываясь на анализе агрегатного потока от всех абонентов. Абонент может сам выбрать временное соотношение восходящего и нисходящего трафика. В автоматическом режиме настройку временного профиля выполняет базовая станция, которая адаптируется к текущей ситуации.

1.5. Адаптивное кодирование

Для повышения помехозащищенности в каждый пакет данных передаваемых по радиоканалу вводится некоторое количество избыточной информации. Отношение количества полезных данных к общему размеру пакета называется скоростью кодирования. Nateks-Multilink 3 поддерживает скорости 1/2, 2/3 и 3/4. Скорость кодирования может меняться от пакета к пакету на основании текущего значения CINR.

1.6. Адаптивная модуляция

Под модуляцией понимается способ кодирования несущих частот передаваемыми данными, образующими символ OFDM. Nateks-Multilink 3 поддерживает QPSK, 16 QAM, и 64 QAM. Тип модуляции может меняться от пакета к пакету на основании текущего значения CINR.

1.7. Автоматический запрос повтора (Automatic Repeat Request, ARQ)

При отсутствии подтверждения приема ARQ автоматически повторяет передачу данных.

1.8. Коррекция кодами Рида-Соломона

Код Рида-Соломона – это очень эффективный и удобный в реализации код, позволяющий обнаруживать и исправлять ошибки в байтах. В Nateks-Multilink 3 для всего проходящего трафика применяется метод прямой коррекции ошибок (Forward Error Correction, FEC) на основе кодов Рида-Соломона.

1.9. Тактовая синхронизация

Внутренний тактовый генератор может синхронизироваться от внешних сигналов частотой 1 Гц. Порты синхронизации предусмотрены только в терминалах базовых станций.

1.10. Возможности LAN

Развертывание системы абонентских и базовых комплексов позволяет объединить территориально-разнесенные сегменты локальной сети Ethernet. Nateks-Multilink 3 поддерживает следующие возможности LAN:

- классификация L2/L3/L4;
- транспортировка пакетов в соответствии с классификацией.
- транспортировка данных на уровне L2:
 - режим прозрачного моста;
 - тегирование 802.1Q VLAN;
 - приоритезация потока 802.1p;
 - управление потоком 802.3x Ethernet;
 - групповые рассылки (только на уровне L2).

Базовая станция может служить агентом-ретранслятором (Relay Agent) DHCP для подсети абонентских комплексов, либо базовая и абонентские станции могут являться транзитом (pass-through) DHCP для CPE.

1.11. Возможности TDM

В Nateks-Multilink 3 в качестве опции предусмотрена возможность транспортировки по радиоканалу множества полных либо дробных потоков E1 с одновременной поддержкой высокоскоростного трафика Ethernet.

Кадры E1 поступают на интерфейсы RJ-48 передающей станции, инкапсулируются в пакеты Ethernet и направляются в радиоблок для передачи по радиоканалу. В терминальном блоке приемной станции осуществляется обратная процедура восстановления потоков E1 и сигналов синхронизации TDM из инкапсулированных данных.

Для поддержки дробных потоков Nx64 кбит/с в Nateks-Multilink 3 каналы 64 кбит/с объединяются в каналные группы (bundles). При этом сигнализация CAS передается системой прозрачно внутри трафика TDM без какой-либо обработки. Для обеспечения режима транзитной передачи CAS для дробных потоков E1 по крайней мере одна из каналных групп должна содержать 16-й тайм-слот сигнализации канала E1. Тайм-слоты TDM могут коммутироваться в различные порты удаленных терминалов Nateks-Multilink 3, осуществляя, таким образом, функцию кросс-коммутации в эфире (Рис. 1.1).

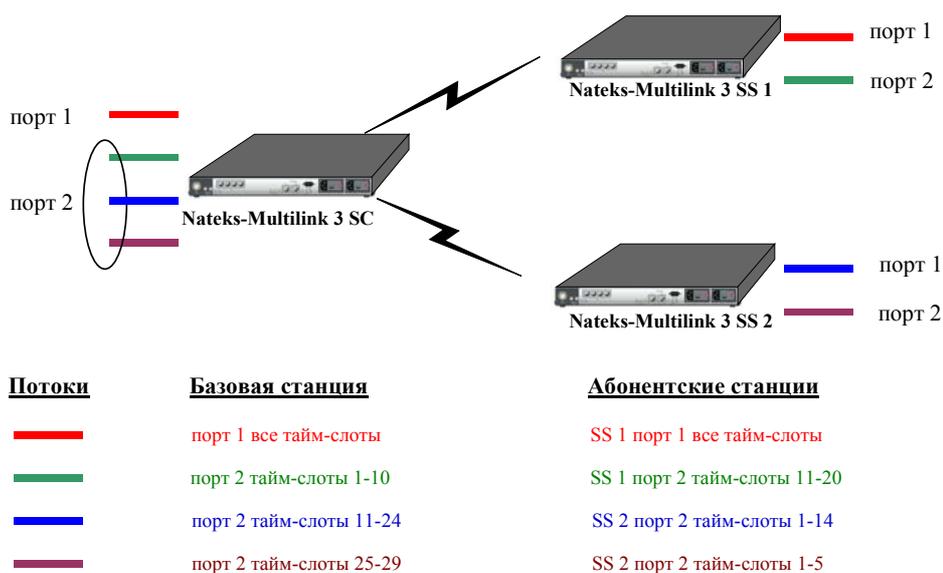


Рис. 1.1. Распределение трафика TDM по каналным группам

При конфигурировании интерфейсов TDM предоставляется возможность выбора форматов кадров E1: PCM-31, CRC4 и не кадрированный E1 (в последнем случае поток E1 передается как единое целое без внесения каких-либо изменений). В дальнейшем также предусмотрена поддержка формата PCM-30.

1.11.1. Пользовательские потоки

В Nateks-Multilink 3 передача всего трафика регулируется посредством пользовательских потоков, каждый из которых характеризуется классификатором и набором параметров QoS. Для трафика TDM классификатором является заданный MAC-адрес порта E1 абонентской станции.

1.11.2. Синхронизация

При работе модулей TDM возможны следующие режимы синхронизации:

- От принимаемого сигнала на данном порте E1, при этом все остальные порты E1 синхронизируются от этого же сигнала (прием и передача).
- Адаптивный, при котором тактовая частота адаптируется под текущее состояние заполнения буфера данного порта E1.
- Внутренний, при котором трафик TDM синхронизируется от внутренней тактовой частоты Nateks-Multilink 3 (не рекомендуется для данного применения).

1.11.3. Джиттер

Одновременная передача по радиоканалу обоих видов трафика - TDM и пакетов Ethernet - приводит к колебаниям во времени задержки передачи данных. Для компенсации этого эффекта и корректного временного восстановления потоков TDM в Nateks-Multilink 3 применяется буферизация принимаемых данных в так называемом буфере джиттера.

1.11.4. Задержка передачи данных

Наименьшая задержка передачи данных в Nateks-Multilink 3 достигается при транспорте только трафика TDM. При использовании портов Ethernet для передачи данных и управления требуется больший объем буфера для компенсации возможных колебаний скорости передачи.

1.12. Конфиденциальность и безопасность

Для обеспечения конфиденциальности и безопасности связи в пределах всей беспроводной сети в стандарте IEEE 802.16 вводится специальный подуровень секретности. В подуровне применяется шифрование соединений между базовой и абонентскими станциями, а в целях дополнительной защиты от перехвата шифруется весь проходящий трафик.

Базовые станции передают данные о ключах (DES/3DES) на абонентские комплексы с помощью протокола обмена ключами безопасности (Privacy Key Management, PKM). Этот протокол используется для предоставления условного доступа к сети и только после синхронизации данных о ключах с абонентской стороной. Авторизация абонентских комплексов осуществляется на базе сертификата X.509.

В системе предусмотрена защита паролем (до 16 различных символов) доступа к интерфейсу GUI управления, конфигурирования, обновления паролей и программного обеспечения.

Дополнительные средства защиты Nateks-Multilink 3 также запрещают неопознанной удаленной станции передавать данные через порт Ethernet другой удаленной станции Nateks-Multilink 3. Таким образом, предотвращается утечка данных с подключенного к Nateks-Multilink 3 сегмента сети.

1.13. Сетевые конфигурации

«Точка-точка»

Устанавливается двунаправленная связь между базовой станцией и единственным пользовательским комплексом. С обеих сторон используются направленные антенны с узкой диаграммой (Рис. 1.2).

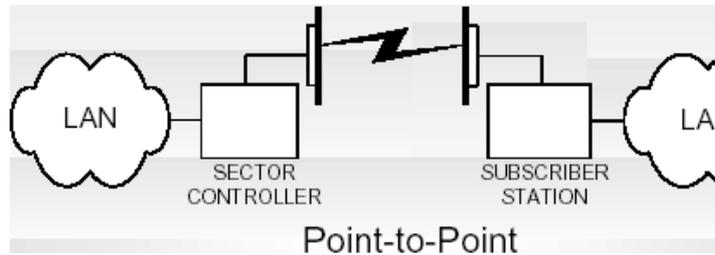


Рис. 1.2. Сетевая конфигурация «точка-точка»

«Точка-многоточка»

Одна базовая станция обслуживает до 250 абонентских комплексов (Рис. 1.3).

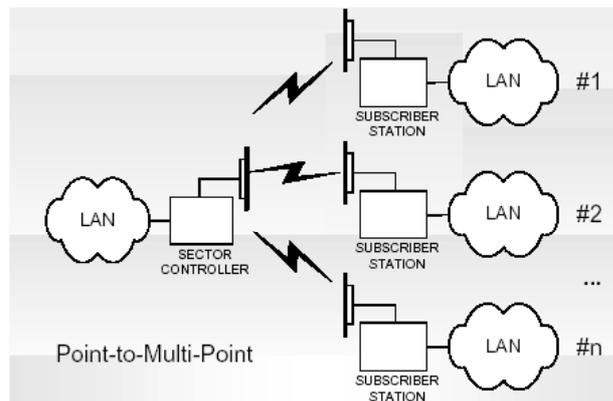


Рис. 1.3. Сетевая конфигурация «точка-многоточка»

Связь вне зоны прямой видимости

Ситуация, когда на пути прямой видимости антенн базовой и абонентских станций расположены естественные препятствия либо сооружения. В этом случае связь может осуществляться посредством ориентирования антенн на один из отраженных лучей (Рис. 1.4).

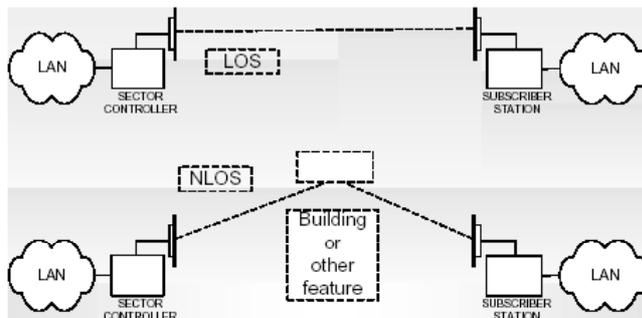


Рис. 1.4. Связь вне зоны прямой видимости

1.14. Каналы

Терминальный блок Nateks-Multilink 3 является частотно-независимой платформой, рабочие частотные каналы формируются в выносном модуле - радиоблоке. Используемые диапазоны соответствуют Рекомендации 14-03 СЕРТ.

В Nateks-Multilink 3 весь частотный диапазон разбивается на каналы. Выборочное использование каналов и учет действующих соглашений и лицензий позволяет максимально охватить территорию и избежать конфликтов на краях зон. Полоса частот канала составляет 3,5; 7 и 14 МГц, центральные частоты устанавливаются с шагом в 250 кГц.

В таблице приведены значения пропускной способности радиоканала («эфирной» сети) и сети Ethernet Nateks-Multilink 3 при различных параметрах передачи.

Полоса частот канала (модуляция-кодирование)	Максимальная скорость	
	Эфир	Сеть (Ethernet)
7 МГц (16 QAM-3/4)	23 Мбит/с	12 Мбит/с
7 МГц (64 QAM-3/4)	35 Мбит/с	18 Мбит/с
14 МГц (16 QAM-3/4)	46 Мбит/с	24 Мбит/с
14 МГц (64 QAM-3/4)	70 Мбит/с	36 Мбит/с

Nateks-Multilink 3 работает с двумя типами антенн:

- направленная, от 8° до 20° (узкая диаграмма);
- секторная, от 60° до 90° (широкая диаграмма).

Обычно секторные антенны используются в базовых станциях, а направленные – в абонентских. Направленные антенны обеспечивают большее усиление и дальность, а секторные позволяют организовать сотовую конфигурацию для связи с абонентскими станциями. Например, при 90° секторной конфигурации РМР четыре базовые станции обслуживают до 1000 (4x250) активных абонентских комплексов.

1.15. Пользовательские потоки

Пользовательский поток (Service Flow, SF) является ключевым понятием в стандарте 802.16, благодаря которому через любое соединение можно прописать множество каналов с высоким приоритетом. Это означает, что различным пользователям гарантированно предоставляется часть пропускной способности общего беспроводного участка сети для передачи трафика приложений реального времени, таких как VoIP, видео и TDM.

Каждый пользовательский поток содержит уникальную метку (tag), которая указывает на его принадлежность к устройству в сети и разделяет весь трафик на потоки с высокой скоростью и приоритетом и менее критичные к временным издержкам.

Каждому потоку приписывается категория уровня обслуживания и отдельные настройки QoS для восходящей и нисходящей передачи. В число настроек входят:

- приоритет потока;
- минимальная зарезервированная скорость данных (Committed Information Rate, CIR);
- поддерживаемая пиковая скорость данных (Peak Information Rate, PIR);
- максимальная задержка.

Договор об уровне обслуживания (SLA) с гарантией QoS обеспечивает:

- 5 различных комбинаций параметров уровня обслуживания CIR и PIR (Best effort, Bronze, Silver, Gold and Platinum);
- поддержку различных SLA, определяемых как класс обслуживания (CoS). Каждый CoS определяется как набор параметров QoS. Практически отсутствуют ограничения на шаг разбиения параметров SLA;
- шаг установки уровней CIR и PIR равный 128 кбит/с.

1.16. Планирование восходящих потоков

Базовая станция поддерживает установленные параметры качества обслуживания QoS для каждого потока посредством планирования восходящего и нисходящего трафика. Таким образом, обеспечивается прогнозируемая передача данных на неконкурентной основе. Анализируя в совокупности запросы от всех абонентских станций, такой метод управления потоками гарантирует соблюдение условий договора об уровне обслуживания (Service Level Agreement, SLA) в обоих направлениях. Централизованное планирование предотвращает конфликты, сокращает служебные потоки и повышает предсказуемость трафика.

В Nateks-Multilink 3 используются четыре типа служб планирования восходящих потоков:

Доступ без запроса (Unsolicited Grant Service, UGS)

Применяется для приложений реального времени, требующих передачи непрерывных последовательностей пакетов данных фиксированного размера. Примерами являются VoIP без подавления пауз и E1.

Опрос в реальном времени (Real Time Polling Service, rt-PS)

Предназначен для приложений, в которых требуется передавать непрерывные последовательности пакетов переменного размера, например, MPEG видео либо VoIP с подавлением пауз.

Опрос не в реальном времени (Non-Real-Time Polling Service, nrt-PS)

Предназначен для приложений, также требующих передачи непрерывных последовательностей пакетов переменного размера, но не обязательно в реальном времени. Это относится, например, к скоростной службе FTP.

Передача с максимальными усилиями (Best Effort Service)

Используется там, где нет оговоренных временных ограничений, как, например, при использовании Интернетом или электронной почтой.

1.17. Планирование нисходящих потоков

Управление нисходящими потоками от базовой станции к абонентским комплексам несколько проще. Базовая станция распределяет нисходящий трафик по активным потокам исходя из CIR, приоритета трафика, и максимальной задержки. Максимально поддерживаемая скорость трафика ограничивается при помощи алгоритма «ведра токенов» (token bucket).

1.18. Масштабируемость сети

Сеть Nateks-Multilink 3 масштабируется следующим образом:

- до 6 базовых станций на точку присутствия;
- до 16 различных потоков на абонентскую станцию (в обоих направлениях, восходящий/нисходящий);
- до 4000 потоков на базовую станцию;
- до 250 активных абонентских комплексов на базовую станцию.

Nateks-Multilink 3 позволяет динамически создавать, изменять и уничтожать потоки, а также обновлять параметры каждого потока.

1.19. Управление

В Nateks-Multilink 3 предусмотрены следующие возможности для локального и сетевого управления системой:

- локальное подключение терминала через последовательный порт RS232;
- протокол Telnet через порт Ethernet (LAN либо управления);
- HTTP при помощи Web-браузера и встроенного Web-сервера;
- SNMP и система сетевого управления и мониторинга FlexGain View.

Порт RS232 служит для начального конфигурирования системы и задания IP-адресов.

Сетевое управление может осуществляться «внеполосно» через порт управления Ethernet (при этом через порт LAN Ethernet передаются только данные), либо через порт LAN Ethernet в общем потоке с данными (при этом порт управления Ethernet программно отключается).

2. КОНСТРУКЦИЯ

Устройство состоит из двух модулей:

- терминального блока, выполненного в 19” конструктиве высотой 1U;
- радиочастотного блока во внешнем исполнении.

Терминальный и радиочастотный блоки соединены коаксиальным кабелем, по которому осуществляется передача сигнала и электропитание радиоблока.

2.1. Терминальный блок

На рис. 2.1 представлен внешний вид терминального блока, на переднюю панель которого вынесены все информационные и служебные интерфейсы, а также светодиодная индикация и разъемы питания.

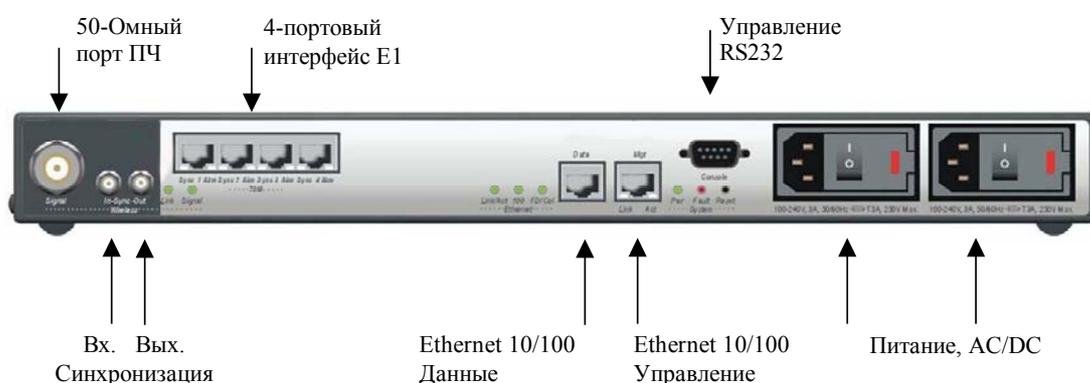


Рис. 2.1. Терминальный блок Nateks-Multilink 3

Терминальный блок может питаться от одного или двух источников постоянного (DC) либо переменного (AC) напряжения, либо от комбинации одного DC и одного AC источников.

Антенная секция включает порт ПЧ, два порта синхронизации и два светодиодных индикатора.

Порт ПЧ представляет собой разъем N-типа и служит для связи с радиоблоком при помощи коаксиального кабеля. Через порт ПЧ осуществляются:

- обмен информационным потоком на ПЧ с радиоблоком;
- получение данных о статусе радиоблока;
- передача в радиоблок управляющей информации;
- питание радиоблока.

Возможность внешней синхронизации предусмотрена только для терминальных блоков базовых станций (два коаксиальных разъема для входа и выхода синхросигналов).

Секция Ethernet включает два порта (RJ-45) – порт данных и порт управления - и три светодиодных индикатора состояния. Порт данных поддерживает скорости 10 Мбит/с либо 100 Мбит/с и может работать в дуплексном либо полудуплексном режимах. Порт управления служит для «внеполосного» управления и диагностики и включается либо отключается при конфигурировании системы.

Последовательный порт RS232 (DTE) позволяет подключить компьютер управления с помощью скрещенного (null modem) кабеля. Управление осуществляется в режиме эмуляции терминала VT100 или VT52.

Nateks-Multilink 3 поддерживает 4 либо 8 портов E1 (RJ-48с).

2.2. Радиоблок

Радиоблок состоит из приемопередатчика и антенны. Приемопередатчик выполнен в герметичном корпусе из алюминиевого сплава. В базовых и абонентских станциях используются разные типы приемопередатчиков.

На рис. 2.2 изображены приемопередатчик и антенна, смонтированные на вертикальной штанге. Из модуля приемопередатчика выходят два коаксиальных разъема – ПЧ и РЧ. Посредством порта ПЧ осуществляется обмен данными с терминальным блоком и подается питание, через порт РЧ приемопередатчик соединяется с антенной.

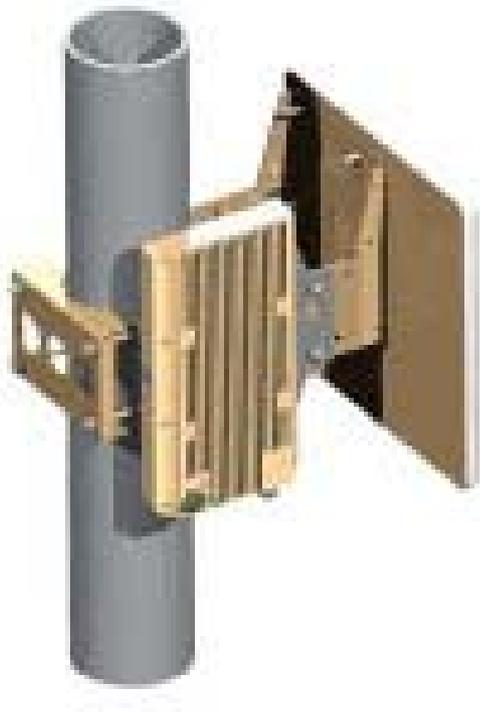


Рис. 2.2. Радиоблок Nateks-Multilink 3

На рис. 2.3 показан интегрированный модуль антенны и приемопередатчика абонентской станции, на котором расположены 50-Омный разъем ПЧ, контрольный контакт RSSI для юстировки антенны и окно выравнивания давления.

Размер излучающей поверхности антенны абонентской станции составляет 1' (30,48 см), ширина диаграммы 20° и усиление 18 dBi. Антенна базовой станции имеет ширину диаграммы 60° (17 dBi) либо 90° (14 dBi).

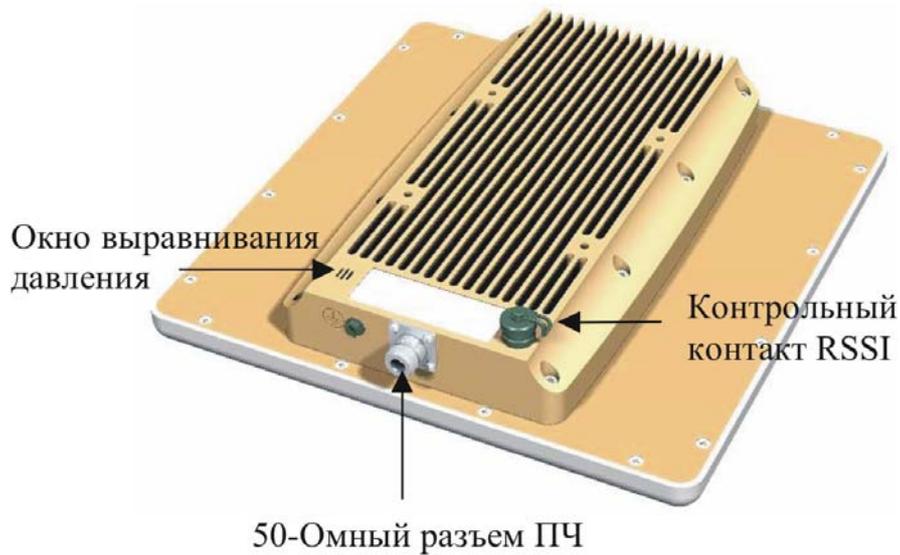


Рис. 2.3. Интегрированный радиоблок Nateks-Multilink 3

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ NATEKS-MULTILINK 3

<i>Возможности системы</i>	<i>Работа вне прямой видимости приемопередающих устройств, схемы применения RTP и RMP</i>
Радиочастотный диапазон	3,400 ... 3,800 ГГц
Шаг настройки синтезатора частоты	250 кГц
Ширина полосы радиоканала	3,5 МГц, 7 МГц и 14 МГц
Динамический диапазон радиотракта	> 50 дБ
Спектральная эффективность	5 бит/с / Гц (радио), 2,7 бит/с / Гц (сеть)
Пропускная способность радиоканала	до 70 Мбит/с (зависит от ширины полосы радиоканала)
Максимальная мощность передатчика	Базовая станция +23 дБм, абонентский комплекс +15 дБм
Чувствительность приемника	-88 дБм (1E-09 BER) для канала 7 МГц, QPSK 1/2
Кабель ПЧ	Максимальная длина до 300 м, частотное мультиплексирование на ПЧ, дистанционное питание, регулирование (Tx/Rx, АРУ, АРМ)
Сеть	802.3x Ethernet, 802.1Q VLAN, система приоритетов 802.1p, DHCP-транзит
Модуляция	Динамическая адаптивная модуляция (двунаправленная) с автоматическим выбором QPSK, 16 QAM, 64 QAM и скорости кодирования
Шифрование	DES (данные) и 3DES (передача ключа)
Скорость кодирования	1/2, 3/4 и 2/3
Стандарты	«Точка–многоточка» (PMP) в соответствии с 802.16a Packet Convergence Sub-layer Mode 802.16a Доступ TDMA Коррекция ошибок с автоматическим запросом повтора (ARQ)
Дальность (зависит от местности)	Более 6,5 км вне прямой видимости Более 70 км при прямой видимости
Дуплексный режим	Динамический TDD (Time Division Duplex), HD-FDD
Технология передачи	Ортогональное частотное мультиплексирование 256 FFT OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
Интерфейсы	10/100 Ethernet (RJ-45), 4 или 8 E1 (RJ-48с)
Конфигурирование системы	Web, CLI, Telnet, SNMP
Система управления	FlexGain View
Питание	AC/DC, основной и резервный блоки питания
Антенны	Абонентский комплекс: 18 dBi 15 ⁰ и 24 dBi 8 ⁰ Базовая станция: 14 dBi 90 ⁰ и 17 dBi 60 ⁰
Физическая конфигурация	Двухблочная архитектура: терминальный блок (IDU) и выносной приемопередатчик (ODU) с антенной
Климатические условия	IDU 0...+55 ⁰ С, ODU –40...+65 ⁰ С, ветровая нагрузка на антенны до 220 км/ч

4. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Nateks-Multilink 3 является надежной и более экономичной альтернативой стандартным радиорелейным системам PDH, и незаменим в случае топологии беспроводной сети связи типа «точка–многоточка».

Nateks-Multilink 3 может использоваться для:

- доступа в Интернет;
- организации прозрачного моста (Transparent LAN Service, TLS);
- транспорта голосовых данных по IP (VoIP);
- транспорта потоков TDM.

Основные области применения:

- Коммерческие беспроводные сети - решение проблемы «последней мили», доступ в Интернет.
- Операторы мобильной связи – транспорт голосового трафика, связь между базовыми станциями.
- Корпоративные сети - объединение локальных сетей филиалов учреждений в единую виртуальную сеть.

Развитые возможности классификации, резервирования (SLA, QoS) и управления пользовательскими потоками данных позволяют передавать средствами IP мультимедийную информацию – речь, видео и цифровые данные.

Система связи на базе Nateks-Multilink 3 может быть развернута на крупных и средних предприятиях, использована в образовательных учреждениях, для нужд территориальных органов управления, для организации систем охраны и удаленного видеонаблюдения.

Специальная область применения – организация сверхдлинных пролетов (до 120 км) в том числе и над открытой водной поверхностью, в случае отсутствия прямой видимости, частичного перекрытия первой зоны Френеля, а так же в случае сложной радиочастотной помеховой обстановки в зоне проектируемой РРЛ.

Широкая полоса частот, динамичная настройка качества обслуживания, IP и TDM интерфейсы делают Nateks-Multilink 3 отличным выбором для альтернативных операторов и операторов сотовой связи.

5. СТАНДАРТ IEEE 802.16

Стандарт 802.16, другое название которого WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), содержит спецификацию интерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа типа «точка-многоточка», работающих в диапазонах частот 2-11 ГГц и 10-66 ГГц. Стандарт предназначен для распределенных беспроводных сетей (Wireless Access) масштаба города и ориентирован на предоставление абонентам всех современных видов сервиса, большинство которых в настоящее время доступны через кабельные соединения – SDH, Ethernet.

Стандарт регламентирует два уровня - уровень доступа к среде (Media Access Control, MAC) и физический уровень (PHY) - применительно к базовым станциям и абонентским комплексам.

Основные технические данные стандарта 802.16 и его расширения 802.16a

	802.16	802.16a
Утвержден	Декабрь 2001	Январь 2003
Диапазон	10 – 60 ГГц	2 – 11 ГГц
Условия работы	Только прямая видимость	Возможность работы на отраженном сигнале для абонентов ближней зоны
Скорость	32,0 – 134,4 Мбит/с	1,0 – 75,0 Мбит/с
Модуляция	QPSK, 16 QAM, 64 QAM Одна поднесущая	QPSK, 16 QAM, 64 QAM (256 QAM) Одна поднесущая OFDM 256 поднесущих OFDMA 2048 поднесущих
Дуплексирование	TDD/FDD	TDD/FDD
Ширина полосы частот	20, 25 и 28 МГц	От 1,25 до 20 МГц
Радиус соты	Типичный: 2 – 5 км	Типичный: 4 – 6 км

5.1. Восходящий поток

Передача трафика в восходящем направлении (от абонентских устройств к базовой станции) основывается на комбинации двух методов многостанционного доступа: DAMA (доступ по запросу) и TDMA (доступ с временным разделением каналов). Структура пакетов физического уровня поддерживает переменную длину пакета MAC-уровня. Передатчик осуществляет рандомизацию, помехоустойчивое кодирование и модуляцию по алгоритмам QPSK, 16 QAM и 64 QAM (два последних метода модуляции предусмотрены в качестве опции).

5.2. Нисходящий поток

Нисходящая передача ведется в режиме временного дуплекса (TDD) в едином потоке для всех абонентских устройств одного сектора. Передатчик осуществляет рандомизацию, помехоустойчивое кодирование и модуляцию в соответствии с алгоритмами QPSK, 16 QAM и 64 QAM (последний вариант предусмотрен для базовых станций в качестве опции).

5.3. Модуляция

Исходная версия стандарта охватывает диапазон частот 10 – 66 ГГц. Особенности распространения радиоволн этого диапазона ограничивают возможности работы систем условиями прямой видимости. В типичной городской среде это позволяет подключить примерно половину абонентов, находящихся в пределах рабочей дальности от базовой станции. Для остальных 50% прямой видимости, как правило, нет. В этой связи институт IEEE разработал дополнение к стандарту 802.16, которое относится к частотам 2 – 11 ГГц и, помимо одночастотной передачи (Single Carrier, SC), предусматривает режимы ортогонального частотного мультиплексирования (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) и множественного доступа на основе такого мультиплексирования (OFD Multiple Access, OFDMA).

В режиме OFDM допускается одновременная передача на 256 поднесущих. За счет увеличения (примерно в такое же число раз) длительности элементарного символа можно одновременно принимать прямой и отраженные от препятствий сигналы, либо вообще работать только на отраженных сигналах вне пределов прямой видимости базовой станции.

5.4. Безопасность

В стандарте IEEE 802.16 особое внимание уделено обеспечению безопасности. Каждый абонентский комплект подписан цифровым сертификатом X.509, который «защит» производителем оборудования и не может быть изменен даже после окончания срока действия сертификата – 10 лет. На основании цифровой подписи происходит аутентификация абонентского комплекта на базовой станции, при этом происходит обмен зашифрованными ключами и установление безопасных (зашифрованных) соединений. Множество ключей для шифрования и сам алгоритм – 3-DES – обеспечивают сложность расшифровки даже при перехвате. Механизм шифрования трафика работает одновременно с двумя ключами для каждого виртуального соединения, что обеспечивает синхронизацию в среде с возможными потерями пакетов, а перекрывающиеся времена жизни ключей – надежность соединения.

6. ТЕХНОЛОГИЯ OFDM

В системах беспроводного широкополосного доступа основным разрушающим фактором для цифрового канала являются помехи от многолучевого приема. Этот вид помех весьма характерен для эфирного приема в городах с разноэтажной застройкой из-за многократных отражений радиосигнала от зданий и других сооружений.

Радикальным решением этой проблемы является применение технологии ортогонального частотного мультиплексирования OFDM, которая специально разработана для борьбы с помехами при многолучевом приеме. Разновидность технологии – метод COFDM (сочетание канального кодирования, аббревиатура С, и OFDM) – хорошо известен и широко используется в цифровых системах радиовещания (DAB) в Европе, Канаде, Японии и др.

При OFDM последовательный цифровой поток преобразуется в большое число параллельных потоков (субпотоков), каждый из которых передается на отдельной несущей (рис. 6.1).

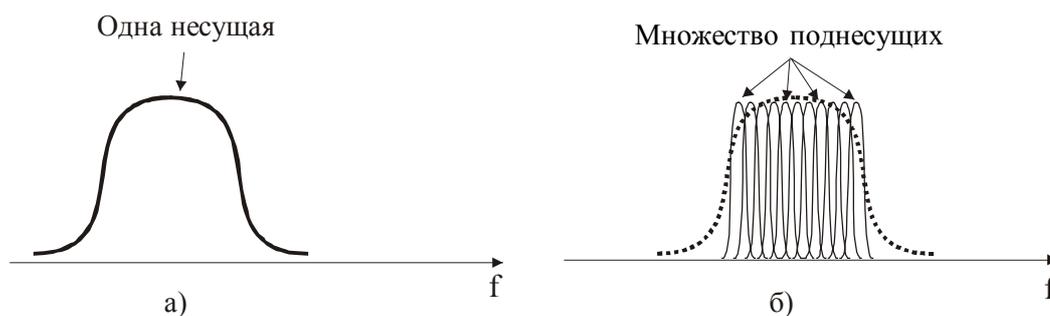


Рис. 6.1. Спектр сигнала OFDM

Частотный разнос Df между соседними несущими $f_1, f_2 \dots f_n$ в групповом радиоспектре OFDM выбирается из условия возможности выделения в демодуляторе индивидуальных несущих. При этом возможно применение двух методов частотного разделения (демультиплексирования) несущих: во-первых, с помощью полосовых фильтров и, во-вторых, с помощью ортогональных преобразований сигналов.

В первом случае частотный разнос между модулированными несущими выбирается таким, чтобы их соседние боковые полосы взаимно не перекрывались. Это условие будет выполнено, если величину частотного разноса выбрать равной $Df > 2/T_u$, где T_u — рабочий интервал информационного символа. Однако при этом эффективность использования радиоспектра будет невысокой.

Напротив, стандарт OFDM характеризуется сильным перекрытием спектров соседних поднесущих, что позволяет уменьшить в два раза значение частотного разноса и во столько же раз повысить плотность передачи цифровой информации (бит/с / Гц). Благодаря ортогональному методу демодуляции поднесущих группового спектра происходит компенсация помех от соседних частот, несмотря на то, что их боковые полосы взаимно перекрываются.

Для выполнения условий ортогональности необходимо, чтобы частотный разнос между несущими был постоянен и точно равен значению $Df = 1/T_u$, то есть на интервале T_u должно укладываться целое число периодов разностной частоты $f_2 - f_1$. Выполнение этого соотношения достигается введением в модем OFDM двух видов сигналов синхронизации: сигналов для синхронизации несущих частот группового спектра и сигналов для синхронизации тактовых частот функциональных блоков демодулятора.

Группа несущих частот, которая в данный момент времени переносит биты параллельных цифровых потоков, называется "символом OFDM". Благодаря тому, что используется большое число параллельных потоков, длительность символа в параллельных потоках получается существенно больше, чем в последовательном потоке данных. Это позволяет в декодере задержать оценку значений принятых символов на время, в течение которого изменения параметров радиоканала из-за действия эхо-сигналов прекратятся, и канал станет стабильным.

Таким образом, при OFDM временной интервал символа субпотока T_s делится на две части — защитный интервал D , в течение которого оценка значения символа в декодере не производится, и рабочий интервал символа T_u , за время которого принимается решение о значении принятого символа. Для правильной работы системы эхоподавления необходимо, чтобы защитные интервалы находились не в начале, а в конце символов субпотоков, то есть в защитном интервале продолжается модуляция несущей предшествующим символом.

Технически метод OFDM реализуется путем выполнения инверсного дискретного преобразования Фурье (Fast Fourier Transform, FFT) в модуляторе передатчика и прямого дискретного преобразования Фурье — в демодуляторе приемника приемопередающего устройства.