

ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ SIKLU ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ Е-ДИАПАЗОНА

С.Портной, д.т.н., sergey.p@siklu.com
А.Иванов, siklu@cedicom.ru.

Несмотря на бурное развитие радиорелейных систем передачи данных миллиметрового Е-диапазона, на рынке представлено не так много компаний, реально поставляющих оборудование. Одна из них – израильская компания Siklu Communication, оборудование которой отличается компактностью и адаптивными алгоритмами управления пропускной способностью канала. Рассмотрим его подробнее.

Развитие информационных технологий во всем мире предъявляет все более и более высокие требования к пропускной способности для конечного пользователя. Для операторов это означает взрывной рост трафика и острую необходимость увеличения пропускной способности их опорных сетей. В первую очередь, это относится к операторам сетей широкополосного беспроводного доступа [1]. Причем далеко не всегда задачу увеличения пропускной способности опорной сети возможно решить прокладкой оптоволоконного кабеля. Немало проблем возникает и при необходимости организации высокоскоростных каналов связи на уровне сети абонентского доступа – например, для подключения выносной точки, удаленного объекта и т.п. Во всех этих случаях эффективным оказывается оборудование радиодоступа Е-диапазона (71–76 и 81–86 ГГц). Благодаря очень широкой рабочей полосе частот такое оборудование способно обеспечить скорости передачи порядка 1 Гбит/с и выше.

Очевидно, что в силу особенностей распространения радиосигналов в мм-диапазоне длин волн [2], оборудование радиорелейного доступа Е-диапазона должно использовать остронаправленные антенные системы. Учитывая это обстоятельство, а также важность применения таких систем, 15 июля 2010 года Государственный комитет по радиочастотам (ГКРЧ) принял решения

№10-07-04-01 и №10-07-04-02. Согласно этим решениям, для использования радиорелейных систем и оборудования беспроводного радиодоступа, функционирующих в диапазонах частот 71–76, 81–86 ГГц и 92–95 ГГц (Е-диапазон), не требуется получать разрешений на использование частот – при условии, если соответствующее оборудование соответствует определенным в решении техническим характеристикам (табл.1) и не создает вредных радиопомех другим радиоэлектронным системам.

Одно из основных требований, прописанных в технических характеристиках, – спектральная эффективность не хуже 1 Бит/с/Гц. Такую спектральную эффективность можно обеспечить, используя модуляции не ниже, чем QPSK (квадратурная фазовая манипуляция, 2 бита на модуляционный символ).

СИСТЕМА ETHERHAUL 1200 – ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Всем этим требованиям соответствует система EtherHaul 1200 (EH 1200) производства компании Siklu Communication (Сертификат соответствия Минкомсвязи РФ ОС-2-РД-0434) (рис.1). Она предназначена для беспроводной передачи данных в режиме "точка-точка", прежде всего – в Ethernet-сетях с пропускной способностью до 1 Гбит/с.

Таблица 1. Основные технические характеристики радиорелейных станций, использующих полосы радиочастот 71–76 и 81–86 ГГц. Приложение к решению ГКРЧ от 15 июля 2010 г. № 10-07-04-1

Полоса радиочастот	71–76, 81–86 ГГц
Тип РРС	Цифровая
Максимальная мощность передатчика РРС	0,15 Вт
Спектральная эффективность, не менее	1 бит/с/Гц
Чувствительность приемника РРС, не хуже,	-57 дБм
Относительная нестабильность частоты гетеродина приемника РРС, не хуже	$2 \cdot 10^{-4}$
Избирательность приемника по соседнему каналу, не хуже	45 дБм
Избирательность приемника по зеркальному каналу, не хуже	60 дБ
Ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях, не более	1°

Оборудование EtherHaul 1200 может применяться на участках последней мили в качестве беспроводных мостов (вставок) в ВОЛС – там, где невозможно (сложно) проложить кабель, для быстрого подключения новых объектов к транспортной сети (с возможным последующим подключением этих объектов к ВОЛС), для резервирования оптических и xDSL-линий, а также при подключении внешних точек доступа Wi-Fi, IP-видеокамер, базовых станций систем GSM/3G/WiMAX/LTE и т.д.

Оборудование работает в диапазоне частот 71–76 ГГц. Пропускная способность канала при ширине полосы 500 МГц – до 1028 Мбит/с, а при полосе 250 МГц – до 514 Мбит/с (табл.2). Это – скорость передачи в дуплексном канале. Дуплексное разделение – временное (TDD), причем соотношение между длительностью интервалов передачи (соответственно – между пропускной способностью) в прямом и обратном направлениях может составлять 50:50, 25:75 и 10:90. Система EH 1200 поддерживает три вида модуляции – QPSK, QAM-16 и QAM-64, тем самым полностью удовлетворяя требованиям ГКРЧ по спектральной эффективности.

Таблица 2. Параметры системы EH 1200

Рабочий диапазон частот, ГГц	71–76		
Радиоинтерфейс	TDD, OFDM		
Рабочая ширина канала, МГц	250 или 500		
Центральные несущие, ГГц	71,135 + n·0,5, n = 1...8 (канал 500 МГц) 71,125 + n·0,25, n=1...19 (канал 250 МГц)		
Назначение РЧ-канала	Через EMS/NMS/CLI		
Средняя мощность передатчика, дБм	5		
Динамический диапазон адаптации, дБ	21		
Диаметр антенны, см	26	31	65 (внешняя)
Усиление антенны, дБ	42	45	50
Ширина луча антенны по уровню 3 дБ, °	1	0,8	0,5
Стандарт оборудования	Класс 2, ETSI EN 302 217-4-2 V1.4.1 (2009-03)		

Система EtherHaul 1200 очень компактна, ее масса – всего 3 кг, а размеры с интегрированной 26-см антенной – 24,5x22,5x5 см. Поставляется и вариант с встроенной 31-см антенной (с усилением 45 дБ). Небольшие размеры и удобный крепеж позволяют монтировать систему за 15 мин. Небольшого размера удалось добиться благодаря тому, что передатчик выполнен на едином чипе. Как следствие, это позволило увеличить расчетное время наработки на отказ до 72 лет и снизить потребление электроэнергии полукомплекта линка до 25 Вт. Напряжение питания системы – 48 В постоянного тока. Оборудование снабжено специальным портом для подключения вольметра для тонкой подстройки – в специальном режиме на него выводится напряжение, эквивалентное уровню принимаемого сигнала (RSSI) (рис.2). Аппаратно поддерживаются алгоритмы шифрования AES-128 и AES-256.

EtherHaul 1200 обладает рядом технических преимуществ над другими системами радиорелейной связи, работающими в диапазоне 71–76 ГГц. Прежде всего, оборудование EtherHaul 1200 поддерживает протоколы адаптивной модуляции, работающие совместно с механизмами обеспечения качества услуг QoS. Они позволя-

Таблица 3. Уровни адаптации системы EH 1200 при ширине канала 250 МГц

Тип	Ширина канала, МГц	Модуляция	Число повторов модуляционных символов	Пропускная способность физического канала, Мбит/с, макс.–мин.	Мощность передатчика, дБм	Минимальный порог сигнала на входе приемника, дБм, при BER=10 ⁻⁶
0	250	QAM-64	1	514–477	6	-62
1	250	QAM-16	1	349–321	6	-67
2	250	QPSK	1	182–160	7	-72
3	125	QPSK	2	42–39	8	-76
4	62,5	QPSK	4	10–9	8	-79

ют гарантировать пропускную способность и задержки для трафика с высоким приоритетом. Проблема в том, что сигналы миллиметрового диапазона достаточно чувствительны к дождям и туманам [2]. Соответственно, перед производителями оборудования стоит непростая задача по повышению уровня доступности канала связи. Доступность канала можно повысить, увеличивая мощность передатчика и применяя антенны с более высоким коэффициентом усиления (диаметром 60–90 см). Это существенно увеличивает стоимость оборудования. Другой подход – использовать алгоритмы адаптивной модуляции и QoS, обеспечивая, в случае ухудшения условий передачи, трансляцию высокоприоритетного трафика – например, VoIP.

В оборудовании EtherHaul 1200 реализован второй способ, благодаря чему оборудование обладает динамическим диапазоном адаптации 21 дБ. Адаптивная модуляция имеет пять степеней подстройки, при этом меняется уровень модуляции, число повторов модуляционных символов, мощность передатчика (до 8 дБм) и рабочая ширина канала (табл.3, 4). Скорость помехоустойчивого FEC-кодирования остается постоянной (1/2). В совокупности все эти меры и дают динамический диапазон адаптации в 21 дБ.

Ключевая особенность адаптивной подстройки системы EH 1200 – уменьшение ширины канала. Для этого каналы 250 и 500 МГц разбиты на четыре подканала, и в самых сложных условиях распространения передача может вестись на одном подканале шириной 62,5 МГц и 125 МГц, соответственно. Уменьшая рабочую полосу, удается пропорционально снижать уровень шума на входе приемника, тем самым снижая допустимый уровень сигнала в приемнике (иными словами, увеличивая бюджет линка), что и отражено в табл.3 и 4.

При переходе на более помехозащищенные уровни снижается пропускная способность канала. Оборудование поддерживает скорость высокоприоритетного трафика, снижая или вообще блокируя переда-

чу трафика с более низким приоритетом. После улучшения условий распространения оборудование возвращается в нормальный режим работы и скорости полностью восстанавливаются.

Адаптивный алгоритм позволяет получить максимальные пропускные способности на приемлемых расстояниях. Так, со стандартной антенны диаметром 26 см с коэффициентом усиления 42 дБ оборудование стабильно работает на расстоянии 2,5 км с доступностью линии связи 99,995%, а с 65-см антенной с коэффициентом усиления 50 дБ это расстояние может достигать 4,5 км с доступностью линии 99,995 (в регионах дождевой зоны E).

ИНТЕРФЕЙСЫ ETHERNET

Система EH 1200 допускает подключение по двум Ethernet-каналам (Ethernet-1 и Ethernet-2). Каждый из них снабжен двумя физическими портами – для подключения по медной линии Ethernet 100/1000Base-T (RJ45) и для оптического Ethernet 1000Base-X (SFP) (см. рис.2). К любому каналу можно подключиться посредством либо оптической, либо медной линии. Оптический порт допускает подключение к интерфейсу 1000Base-LX (длина волны 1310 нм) 1000Base-SX (850 нм).

Кроме того, в интерфейсе Ethernet-1 100/1000Base-T реализована поддержка питания по линии PoE по стандарту IEEE 802.3at-2009. Таким образом, при длине витой пары не более 100 м электропитание и подключение оборудования EH 1200 к транспортной сети может осуществляться по одному и тому же кабелю, при этом будет поддерживаться передача данных со скоростью 1 Гбит/с.

Поддержка двух независимых Ethernet-каналов, а также коммутирующего маршрутизатора уровня L2 позволяет реализовать любую сетевую архитектуру: "точка-точка", "цепочка", mesh, "дерево", "кольцо".

Оборудованием EtherHaul можно управлять через любой порт Ethernet различными способами: по протоколу SSH через CLI, через WEB EMS по протоколам

Таблица 4. Уровни адаптации системы EH 1200 при ширине канала 500 МГц

Тип	Ширина канала, МГц	Модуляция	Число повторов модуляционных символов	Пропускная способность физического канала, Мбит/с, макс.–мин.	Мощность передатчика, дБм	Минимальный порог сигнала на входе приемника, дБм, при BER=10 ⁻⁶
0	500	QAM-64	1	1028–955	5	-59
1	500	QAM-16	1	699–642	5	-64
2	500	QPSK	1	365–320	6	-69
3	250	QPSK	2	85–79	7	-73
4	125	QPSK	4	20–19	8	-77



Рис.1. Система EtherHaul 1200

HTTP/HTTPS, посредством протокола SNMP через систему управления SikluView NMS. Реализована возможность интеграции в существующую у оператора систему управления и мониторинга с использованием протоколов SNMP v1/v2/v3. Для обеспечения безопасности реализована настройка политик доступа по каждому из интерфейсов. Все действия на оборудовании протоколируются.

* * *

Таким образом, оборудование EtherHaul 1200 позволяет решать широкий круг задач, связанных с постро-

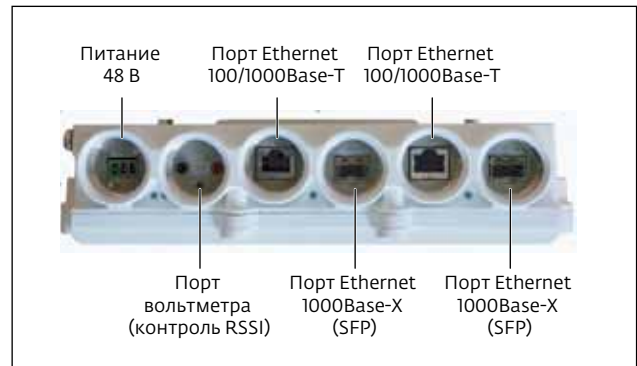


Рис.2. Внешние интерфейсы EH 1200

ением сетей широкополосного беспроводного доступа. А отсутствие необходимости получения разрешения на использование частот 71–76 ГГц позволяет оператору связи выполнить строительство высокоскоростной сети передачи данных в минимальные сроки и, что немало важно, – с высокой экономической эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА.

1. **С.Портной, А.Шустерман.** Перспективные архитектуры опорных сетей для систем мобильной связи 4G. – Первая миля, 2011, №1, с.32–37.
2. **В.Вишневский, С.Фролов, И.Шахнович.** Радиорелейные линии связи в миллиметровом диапазоне: новые горизонты скоростей. – Первая миля, 2011, №2, с.40–47.