

К. т. н. С. А. КРАВЧУК, В. П. ПОТИЕНКО, к. т. н. В. М. ЧМИЛЬ

Украина, г. Киев, НТУУ "Киевский политехнический институт", ДП "Сонар",  
 Научно-производственное предприятие «Сатурн»  
 E-mail: sonar@gu.kiev.ua

Дата поступления в редакцию  
 18.04 2003 г.

Оппонент д. т. н. М. Е. ИЛЬЧЕНКО  
 (НТУУ "КПИ", г. Киев)

## КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ШИРОКОПОЛОСНОГО БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА

*Концепция представляется как совокупность беспроводных телекоммуникационных средств обеспечения информационных услуг, транспортных и корпоративных сетей и сетей доступа.*

Развитие современных телекоммуникаций, прежде всего, направлено на удовлетворение постоянно растущих потребностей пользователей, на расширение спектра предоставляемых им услуг в сторону высокоскоростного мультимедийного трафика. Однако быстрый рост объема такого трафика требует не менее быстрой адекватной реакции по обеспечению его передачи со стороны телекоммуникационных сетей, начиная от магистральных коммуникаций и заканчивая уровнем «последней мили». Как результат, наметилась четкая тенденция к переходу на абонентском уровне к использованию скоростей передачи не менее E1, а на зонавых уровнях – STM-1 и выше. Осуществить подобный переход в достаточно сжатые строки и с минимальными капитальными затратами можно только путем применения высокоскоростных беспроводных технологий, которые должны быть тесно связаны с магистральными ВОЛС (волоконно-оптические линии связи) и местными информационными ресурсами. Реализацией таких технологий, базирующихся на последних достижениях микроволновой техники, цифровой обработки сигналов, информационных и сетевых технологий, стало создание т. н. систем широкополосного беспроводного доступа (СШБД) [1].

Широкополосный беспроводный доступ (BWA — Broadband Wireless Access) подразумевает обеспечение соединений со скоростями передачи более 1,544 Мбит/с (T1) или 2,048 Мбит/с (E1). В зависимости от отношения к службам связи ШБД может быть фиксированным (FWA — Fixed Wireless Access), подвижным

(MWA — Mobile Wireless Access) или переносным (NWA — Nomadic Wireless Access).

Системы ШБД, которые поддерживают беспроводный обмен более чем одного из таких видов информации как графика, текст, звук, изображение, данные и видео, называют мультимедийными беспроводными системами (MWS — Multimedia Wireless System).

Основным назначением СШБД является предоставление пользователям наиболее полного т. н. широкополосного сервиса (службы). Последний можно выразить как определенный перечень услуг, которые должна предоставить своим пользователям СШБД при обеспечении заданного качества обслуживания (QoS). Такой перечень услуг приведен в **табл. 1**.

Наиболее известными СШБД являются локальные компьютерные радиосети (ЛКР), системы фиксированного широкополосного радиодоступа (СФШР) и широкополосные системы мобильной связи 3-го и 4-го поколения.

Следует отметить, что использование СШБД особенно привлекательно для стран, территория которых географически сосредоточена в определенной ком-

Таблица 1

Перечень услуг широкополосного доступа

Виды широкополосного сервиса		Скорость передачи, Кбит/с, в потоках:		Коэффициент ошибки, не более	Задержка, мс
		в прямом	в обратном		
Видеоконференции	Низкого качества	64	64	10 <sup>-8</sup> ...10 <sup>-10</sup>	100
	Среднего качества	2048	384		
	Высокого качества	8448	2048		
Видео и телевидение	По требованию	3200...4096	16...64	10 <sup>-8</sup> ...10 <sup>-10</sup>	100
	Вещание	8448	—		
	Репортажное	64	8192		
Голос	IP-трафик	64	16...64	10 <sup>-6</sup>	10
	Обычный телефон, ISDN	64	64		
	Стык с ТСОП*	2048	2048		
Интернет-данные	Низкого качества	32...512	8...64	10 <sup>-8</sup> ...10 <sup>-10</sup>	100
	Среднего качества	512...2048	64...512		
	Высокого качества	2048...8192	512...2048		
Транспортный уровень	Стык с сотовой связью	2048	2048	10 <sup>-10</sup>	10
	Стык с ЛВС	84448	8448		
	Стык с АТМ	25600	25600		
	DVB с мультиплексированием	34368	—		

\* ТСОП – телефонная сеть общего пользования

пактной области. Это могут быть страны Европы, островные государства и т. п. К таким странам относятся и Украина, для которой многоспутниковая связь является чрезмерной, а наземная телекоммуникационная инфраструктура, в особенности для предоставления широкополосных услуг, еще недостаточно развита. В этой связи видится актуальной выработка своей национальной концепции построения сети беспроводного широкополосного доступа, учитывающей особенности развития отечественных телекоммуникационных технологий и особенностей экономического и географического положения Украины.

**Основные положения**

Концепция построения национальной сети ШБД как совокупности беспроводных телекоммуникационных средств предоставления информационных и других услуг, а также беспроводных транспортных и корпоративных сетей, сетей доступа базируется на следующих принципах:

- сосредоточение телекоммуникационных средств там, где существует наибольшая плотность пользователей;
- поддержание высокой информационной пропускной способности;
- применение современных микроволновых, сетевых и информационных технологий;
- обеспечение передачи всех видов информации (речь, текст, данные, изображение, видео и т. д.);

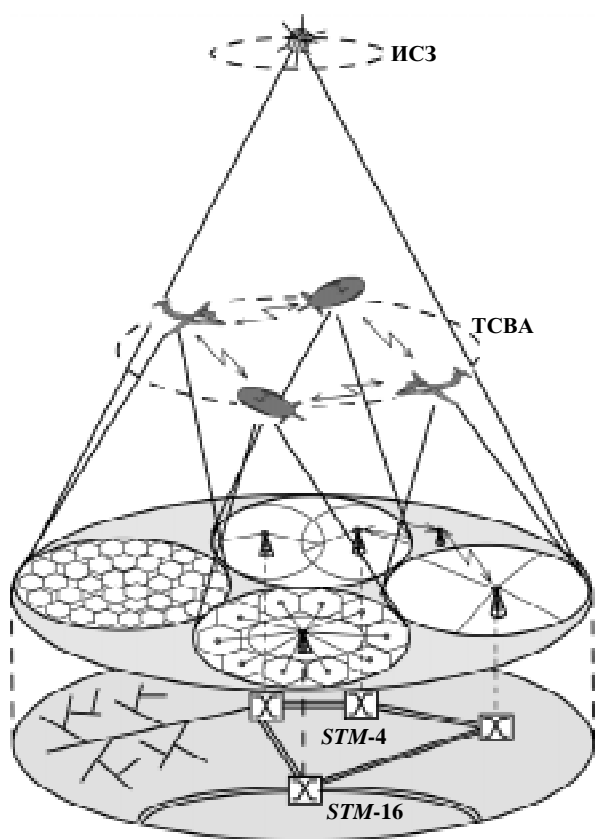


Рис. 1. Общая структура построения национальной сети ШБД (ИСЗ — искусственный спутник Земли)

- максимальное задействование отечественного научно-производственного потенциала;
- реализация мобильности — предоставление каждому пользователю возможности использовать требуемое ему соединение независимо от места подключения к сети;
- наполнение беспроводной сети информационными потоками, прежде всего, через соединения с ВОЛС-магистральями;
- прозрачность поддержания соединений для информационных потоков разных стандартов через специальные интерфейсы, определяемые протокольным уровнем СШБД, который не распространяется на внешние сети.

Общая структура построения национальной сети ШБД представлена на рис. 1. Рассматривая такую сеть по вертикальной иерархии (сверху вниз), можно выделить следующие четыре ее уровня:

1. Спутниковая связь с минимальной информационной плотностью.
2. Стратосферные телекоммуникационные системы со средней информационной плотностью.
3. Наземные беспроводные системы с максимальной информационной плотностью.
4. Доступ к наземным магистральным ВОЛС, распределительным местным кабельным сетям и информационным ресурсам.

**Уровень спутниковой связи**

Верхний уровень вертикальной иерархии составляет плоскость спутниковой связи, обеспечивающая невысокую, но равномерную по всей зоне действия, плотность информационного наполнения. Нужно отметить, что спутниковые системы не могут конкурировать с наземными сотовыми сетями по предоставлению услуг в пределах густонаселенных районов. Они также уступают и оптоволоконным системам по предоставлению услуг межконтинентальной связи, занимая скромное положение резервных систем связи.

За годы, прошедшие с момента провозглашения независимости Украины, отношение к развитию спутниковой связи неоднократно изменялось. Отрицательным фактором при планировании развития национальной спутниковой связи стало заимствование подходов в этой области у таких стран как Россия и США. Эти подходы большей частью не могут быть приемлемыми для Украины, территория которой не имеет такой протяженности и таких больших труднодоступных малонаселенных областей, как в этих странах, где спутниковая связь может быть единственной альтернативой. Результатом такого подхода явилась разработка в 1997 г. проекта ЕССПИ (Единой спутниковой системы передачи информации) [2], которая из-за своей глобальности и отвлеченности от реалий развития национальных телекоммуникаций до настоящего времени не получила ни поддержки, ни заинтересованности коммерческих или государственных структур.

В последнее время в публикациях [3] поднимается вопрос о создании отечественного телекоммуникационного спутника Украины. Основным аргументом (при этом без надлежащей технико-экономической оценки) служит выдвигаемое предположение о возможном снижении стоимости услуг связи для

отечественных операторов. При этом не учитываются расходы на обслуживание и управление спутником, начальные капиталовложения на его производство и запуск. Но главное, не учитываются принципиальные различия корпоративных интересов, а также разные технические и финансовые возможности отечественных операторов спутниковой связи. Да и следует ли создавать сейчас свою орбитальную спутниковую группировку, когда территорию Украины покрывает целый ряд спутников международных консорциумов Интелсат, Интерспутник и др.

В настоящее время спрос на услуги спутниковой связи не является таким высоким, чтобы создавать свои спутниковые ретрансляторы, тем более в свете недавних провалов проектов низкоорбитальных спутниковых систем. Поэтому в ближайшее время наиболее рентабельным направлением поддержания спутниковой связи на Украине представляется аренда ресурсов спутников международных консорциумов.

Главной же задачей национальной спутниковой связи является обеспечение отечественного телерадиовещания и различных услуг узкополосной связи, а также взаимодействие с глобальными и зарубежными национальными телекоммуникационными сетями.

### Уровень систем на базе высокоподнятых аэроплатформ

Основным недостатком спутниковых систем является значительная нерациональность их использования применительно к предоставлению услуг связи (чрезмерность в малонаселенных областях и дефицит в урбанизированных центрах). Собственно, стремлением решить эту проблему стали разработки низкоорбитальных спутниковых систем. Однако и они не стали панацеей в решении данной проблемы. Сколько спутников ни будет запущено, все равно их нельзя заставить концентрироваться именно над большими городами, где живет большинство пользователей.

Кардинальным решением в обеспечении информационных услуг урбанизированных районов является разработка нового вида систем широкополосного беспроводного доступа, названных телекоммуникационными системами на базе высокоподнятых аэроплатформ — ТСВА (High Altitude Platform Station — HAPS) [4]. Основная идея ТСВА состоит в реализации широкополосной связи с помощью ретранслирующей станции, расположенной на специальной аэроплатформе в стратосфере на высоте 14—28 км.

Общая структурная схема одной соты ТСВА приведена на **рис. 2**. В состав ТСВА могут входить:

— станция на базе высокоподнятой аэро-

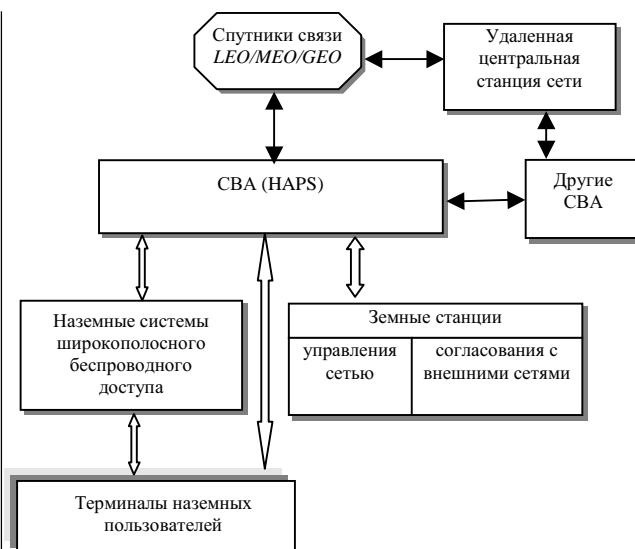


Рис. 2. Структурная схема одной соты ТСВА

платформы (СВА), которая представляет собой ретранслятор, расположенный на аэроплатформе в стратосфере;

- наземная станция согласования с внешними сетями (шлюзовая станция);
- наземная станция управления сетью;
- терминалы воздушных пользователей;
- терминалы наземных пользователей.

Структура ТСВА имеет открытый характер, который позволяет интегрировать в пределах системы разнообразнейшие виды телекоммуникаций — от проводных до беспроводных. Проводные системы, главным образом оптические, подключаются через шлюзовую станцию для выхода во внешние сети, а беспроводные — компьютерные радиосети, системы широкополосного радиодоступа — формируют микросоты абонентского доступа в зоне действия ТСВА.

Сравнение ТСВА с другими телекоммуникационными системами широкополосного доступа показано в **табл. 2**. Из таблицы видно, что ТСВА становится очень серьезным конкурентом спутниковой связи, хотя предусматривает тесное сотрудничество со спутниковыми сетями и старается занять промежуточное место между наземными и спутниковыми широкопо-

Таблица 2

Сравнение систем спутниковой, наземной связи с ТСВА

Характеристики системы	Название системы				
	LMDS	ТСВА		Teledesic (LEO)	Astro Link (GEO)
		Sky Station	HALO		
Платформа	Вышка	Дирижабль	Самолет	Спутник	Спутник
Высота, км	0,025...0,2	21	20	700	36 000
Диаметр зоны обслуживания, км	6...10	50...250	50...250	5 000	20 000
Диапазон частот, ГГц	27,5...29,5	47,9...48,2 ↑ 47,2...47,5 ↓	27,5...28,35	18,8...19,3 ↑ 28,6...29,1 ↓	12,219 ↓
Задержка прохождения сигнала, мс	0,003...0,06	0,1...0,35	0,1...0,35	5...50	200...400
Плотность трафика в зоне действия, Мбит/км <sup>2</sup>	3	2	2	0,002...0,02	0,0005... 0,02
Стоимость, млрд. дол. США	0,01	2,5	0,8	9	4

лосными системами. Кроме этого, развертывание СВА позволит более эффективно строить радиолинии "Земля—спутник". СВА может взять на себя роль активного ретранслятора между спутником и земной станцией (ЗС), что существенно снизит требования к энергетике радиолинии "Земля—спутник" и повысит ее надежность.

На данное время для ТСВА используются три вида аэроплатформ — стратостат, пилотируемый и беспилотный самолеты.

В данном случае стратостат — это герметизированный дирижабль сигарообразной формы большого объема (около 105 тыс. м<sup>3</sup>) с жесткой оболочкой. Срок службы такого дирижабля составляет 3—10 лет. Он несет на себе топливные баки, солнечные батареи и гарантирует полезную нагрузку в 500—1000 кг. С помощью специальных двигателей стратостат может удерживаться в стабильном положении, противодействуя влиянию ветра и попаданию микрометеоритов.

Для использования в ТСВА предлагают стратостаты StratSat английской компании Advanced Technology Group, Stratospheric Platform System национальной аэрокосмической лаборатории Японии, Sky Station американской компании Sky Station International. Длина аппаратов составляет от 150 до 250 м, а ширина — 40—70 м.

Примером пилотируемого самолета может послужить Proteus, который может нести полезную нагрузку в 1 т и способен находиться в воздухе на высоте 18—20 км на протяжении 14 часов.

Беспилотный самолет Helios, разработанный для NASA, предоставляет компания AeroVironment Inc. Общая масса такого самолета не превышает 600 кг. Источником электроэнергии для него служат размещенные на верхней поверхности крыльев солнечные батареи общей мощностью 35 кВт. В августе 2001 г. Helios осуществил четырехсуточный беспосадочный перелет и достиг высоты полета 29,5 км.

Все аэроплатформы поддерживают высоту не менее 14 км, оставляя далеко внизу под собой воздушные коммерческие пути соединений и зону неустойчивых погодных условий. Нужно отметить, что на аэроплатформах, в отличие от спутников, оборудование можно постоянно заменять. Это делает системы на базе аэроплатформ гибкими, позволяет проводить обслуживание бортового оборудования и его модернизацию.

С 2000 г. Рекомендации МСЭ-Р F.1500 и F.1501 относят ТСВА к фиксированной наземной службе национальных и/или региональных сетей и определяют для них диапазоны частот 47,2...47,5 ГГц и 47,9...48,2 ГГц. Рекомендации также определяют условия взаимодействия ТСВА с другими наземными фиксированными службами и выделяют три зоны обслуживания: центральную (*urban*) с наивысшей плотностью абонентов, пригородную или среднюю (*suburban*), периферийную или сельскую (*rural*).

В рамках обслуживаемой территории ТСВА обеспечивает прямой обмен разнородным трафиком (голос, данные, видео) между пользователями, а для связи с внешними источниками информации и пользователями используют наземные сети общего пользования и спутниковые каналы связи. Кроме этого, зона действия ТСВА имеет сотовую структуру, что позволяет строить на своей основе многосотовую сеть с обеспечением межсотового трафика исключительно через стратосферную сетку из ряда СВА. В такой сетке мультимедийный пакетный трафик пе-

редается по восходящим линиям земными станциями, которые могут быть стационарными или подвижными. Принятые на каждой СВА пакеты демодулируются и декодируются, т. е. осуществляется обработка сигналов в полосе модулирующих частот для последующей передачи. Чтобы определить, в какой из ближайших узлов сети передать пакет, из него выделяется адрес получателя и затем выполняется алгоритм маршрутизации. Пакет может быть в дальнейшем передан по нисходящей линии (если пункт назначения обслуживается данной СВА), но обычно он передается по нескольким стратосферным межстанционным каналам с обработкой и промежуточным хранением на борту СВА, а затем передается по нисходящей линии на ЗС, которая является пунктом назначения.

В зависимости от матрицы трафика в каждый момент времени одни СВА могут передавать пакеты только по стратосферным сегментам, а другие — только по линиям связи с ЗС. Но более распространенным будет обслуживание обоих потоков сообщений, причем отношение объемов передаваемой информации определяется матрицей трафика и условиями, в которых находится СВА.

При работе в сети предполагается использование конечными пунктами протокола транспортного уровня, что обеспечивает надежную связь через сеть. Доступ к сети и сквозная передача обеспечиваются ЗС с помощью протоколов сетевого уровня. Это позволяет предоставлять требуемые услуги и осуществлять сквозное управление потоками. Протоколы маршрутизации и управления при перегрузках выполняются совместно земными станциями и СВА. Предполагается, что в этих протоколах предусмотрено полностью рассредоточенное управление, поэтому для обеспечения высокой жизнеспособности не нужны особые ЗС или СВА, выход из строя которых привел бы к резкому ухудшению работы системы. Протоколы канального уровня обеспечивают многостанционный доступ, квитирование, наведение антенн и обработку сигналов на каждой СВА и на каждой ЗС.

Следует отметить, что в НТУУ «КПИ» разрабатывается отечественный проект ТСВА под названием "Небесная сота" [5], направленный на построение телекоммуникационной сети широкополосного беспроводного доступа на базе современных технологий IP/ATM при интеграции с плезеохронной и синхронной иерархиями. Основными информационными потоками вниз являются STM0 и STM1, а вверх (от абонентов) — потоки от 32 Кбит/с до 32 Мбит/с. Для фиксированной службы рабочий диапазон системы составляет 48 ГГц, для мобильной и вещательной служб — зависит от используемых стандартов.

#### Уровень наземных систем широкополосного доступа

Наземный уровень вертикальной иерархии составляет плоскость наземных систем широкополосного радиодоступа (СШР), к которым относятся хорошо известные радиосистемы LMDS (Local Multipoint Distribution Service), МИТРИС (микроволновая интегрированная телерадиоинформационная система), CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services),

МТРС (микроволновая телекоммуникационная распределительная система) и др.

Структура СШР, в основном, строится по звездобразной топологии: одна беспроводная точка доступа (базовая станция — БС) и ряд абонентских терминалов (АТ), которым предоставляется внутренний обмен информацией и выход во внешние сети посредством все той же точки доступа [6].

Большой интерес вызывают СШР т. н. «двухуровневой конфигурации» (TLN – two-layer network). TLN состоит из первого уровня, формируемого радиолиниями между БС и локальными ретрансляторами (ЛР), и второго уровня «последней мили», предназначенного для обеспечения связи ЛР с оконечными АТ. При этом на первом уровне формируется макросота в диапазоне миллиметровых волн, а на втором — ряд микросот диапазонов 2,4 или 5,8 ГГц.

В качестве обратного канала в микросотах TLN перспективно использование технологий CDMA (Code Division Multiple Access — множественный доступ с кодовым разделением каналов) и DECT (Digital European Cordless Telecommunications — Европейский стандарт на цифровую беспроводную связь) [7, 8].

Основной связующей инфраструктурой для зонных и локальных сетей остаются малогабаритные радиорелейные системы, обеспечивающие передачу всех видов информации и работающие в режиме «точка—точка» [9—11].

#### Уровень доступа к ВОЛС

Большие возможности открывает новая технология, реализующая системы широкополосного доступа на основе гибридного соединения «оптоволоконно—радиоканал» (ГСОР) [12], основные положения которой определены в Рекомендациях МСЭ-Р F.1332. В англоязычной литературе такую технологию называют пассивной оптической сетью с антенной головной станцией MAPON (Master Antenna Passive Optical Network) или гибридным оптоволоконным радио HFR (Hybrid Fiber Radio).

Какие же основные достоинства определяют ГСОР? Это, прежде всего, предоставление системам широкополосной микроволновой радиосвязи простого и эффективного интерфейса с ВОЛС, а также использование ряда преимуществ, присущих оптоволоконным технологиям, таких, например, как высокая помехозащищенность, обеспечение больших развязок между радио- и оптическими каналами, сверхширокополосность, высокая стабильность частоты, которую может обеспечить квантовый генератор, устойчивость к воздействию внешних электромагнитных полей и пр.

Сама идея ГСОР достаточно проста. Если оптическая несущая промодулирована информационным сигналом диапазона 20...60 ГГц, то выделить последний доста-

точно легко фотодетектором с последующей передачей выделенного сигнала через миллиметровый радиотракт. Возможно и обратное преобразование: радиосигнал → преобразователь «миллиметровый — оптический диапазоны» → ВОЛС. Последняя схема очень перспективна в случае установки на жилом доме приемной радиостанции цифрового телевидения и последующего его распределения по квартирам при помощи пассивной оптической сети.

В настоящее время проходят испытания и экспериментальную отработку ряд проектов ГСОР, предназначенных для осуществления распределения цифрового телевидения и реализации многоуровневых систем широкополосного радиодоступа.

На рис. 3 представлена общая структурная схема миллиметровой системы широкополосного радиодоступа на основе ГСОР. Радиосистема состоит из центральной станции (ЦС) и ряда БС, формирующих свои отдельные соты. На ЦС установлены оптические передатчики и приемники с реализацией мультиплексирования по длине волны. На каждую БС от ЦС через ВОЛС поступают опорный сигнал миллиметрового диапазона  $\lambda_0$  и  $i$ -е несущие информационных промежуточных частот (ПЧ)  $\lambda_i$ . Такое построение позволяет подводить к каждой БС цифровой поток со скоростью 155 Мбит/с.

На БС информационный сигнал  $\lambda_i$  выделяется в фотоприемнике, после чего усиливается, преобразуется и передается в эфир пространства соты. Опорный же сигнал  $\lambda_0$  может служить внешним сигналом синхронизации для гетеродина или использоваться непосредственно путем усиления до требуемого уровня мощности, тем самым заменяя гетеродин.

#### Выводы

Представленная концепция построения национальной сети широкополосного беспроводного доступа позволяет осуществить оптимальное территориальное распределение информационного трафика. Строительство такой сети не требует значительных капитальных затрат и, соответственно, позволяет ускорить окупаемость вложенных в нее средств, что очень важно для государства с развивающейся экономикой. Возможность быстрого развертывания сети позволяет решить проблему предоставления полного набора мультимедийных услуг и обеспечить ими государственных, корпоративных и индивидуальных потребителей.

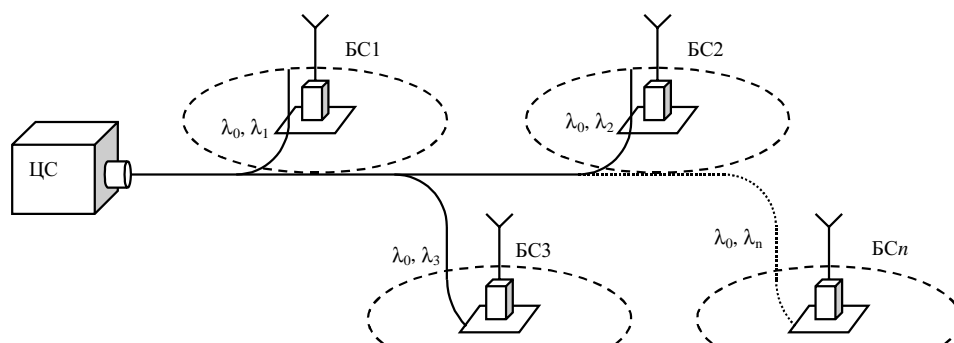


Рис. 3. Общая структура построения системы широкополосного радиодоступа на основе ГСОР

Реализовать представленную концепцию вполне по силам отечественным научно-исследовательским и проектным институтам, производственным предприятиям.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Кравчук С. А., Ильченко М. Е. Системы широкополосного беспроводного доступа. Термины и определения // Мат-лы 12-й Междунар. конф. КрыМиКо'2002 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 9—13 сентября 2002 г., Севастополь, Крым, Украина.— С. 52—55.
2. Негода А., Комаров В., Сундучков К. Концептуальные положения создания единой спутниковой системы передачи информации на Украине // Там же.— Мат-лы 7-й конф. КрыМиКо'97.— 15—18 сентября 1997 г.— Т. 1.— С. 3—8.
3. Бобров И. Н., Липатов А. А., Федорова Т. М. Проблемы создания национального телекоммуникационного спутника Украины // Там же.— Мат-лы 12-й конф. КрыМиКо'2002.— 9—13 сентября 2002 г.— С. 229—230.
4. Ильченко М. Е., Кравчук С. А. Перспективы развития телекоммуникаций // Там же.— Мат-лы 11-й конф. КрыМиКо'2001.— 10—14 сентября 2001 г.— С. 237—240.
5. Кравчук С. О., Ильченко М. Ю., Антоненко Р. А. Телекоммуникаційні системи на базі високіпіднятих аероплатформ // Зв'язок.— 2003.— № 3.— С. 48—53.
6. Кравчук С. А., Потененко В. П., Петухов И. М. Реализация технологии передачи Internet-информации путем создания зоно-

вой цифровой микроволновой сети // Мат-лы 8-й Междунар. конф. КрыМиКо'98 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 14—17 сентября 1998 г., Севастополь, Крым, Украина. Т. 2.— С. 808—811.

7. Yoon Y. K., Ulema M. A wireless local loop system based on wideband CDMA technology // IEEE Communications Magazine.— 1999.— Vol. 37, N 10.— P. 128—135.

8. Celidonio M., Zenobio D. D., Bordoni F. U. A wideband two-layer radio access network using DECT technology in the uplink // Ibid.— P. 76—81.

9. Нарытник Т., Сайко В., Потененко В., Войтенко А. Радиорелейная связь сегодня // Сети и телекоммуникации.— 2001.— № 4.— С. 38—45.

10. Кравчук С. А., Потененко В. П., Чмилъ В. М. и др. Радиорелейные системы НПП «Сатурн» // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 1999.— № 4.— С. 26—30.

11. Потененко В. П., Чмилъ В. М. Радиорелейные системы серий «Сатурн-Т» и «Сатурн-Е»: результаты разработки и сравнительный анализ / Сб. докл. 5-й междунар. науч.-техн. конф. «Достижения в телекоммуникациях за 10 лет независимости Украины» (ТЕЛЕКОМ-2001). Часть 1.— 21—22 августа 2001 г., Одесса, Украина.— С. 108—112.

12. Кравчук С. А., Липатов А. А. Современные телекоммуникационные технологии диапазона миллиметровых волн // Мат-лы 12-й Междунар. конф. КрыМиКо'2002 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 9—13 сентября 2002 г., Севастополь, Крым, Украина.— С. 41—42.

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

13-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»  
8—12 сентября 2003 г., Севастополь, Украина

**КрыМиКо 2003** CriMiCo

September 8—12, 2003 Sevastopol, Ukraine  
13th International Crimean Conference «Microwave & Telecommunication Technology»

Организационный комитет 13-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2003)» извещает о том, что конференция состоится 8—12 сентября 2003 года в г. Севастополе в Черноморском филиале Московского государственного университета, Севастопольском национальном техническом университете и Морском гидрофизическом институте НАН Украины.

Рабочие языки конференции — русский и английский

На конференции планируется работа следующих секций:

1. Твердотельные приборы и устройства СВЧ (в том числе интегрированные устройства для средств связи и локации, а также для сопряжения с оптоволоконными и цифровыми устройствами).
2. Электровакуумные и микровакuumные приборы СВЧ.
3. Системы СВЧ-связи, вещания и спутниковой навигации (в том числе методики оценки эффективности сетей связи).
4. Антенны и антенные элементы (в том числе оптические технологии в антенной технике).
5. Пассивные компоненты, материалы, технология изготовления СВЧ-приборов и нанотехнология.



6. СВЧ-электроника сверхбольших мощностей и эффекты.
  7. СВЧ-измерения.
  8. СВЧ-техника в промышленности и на транспорте.
  9. Микроволновое дистанционное зондирование и радиоастрономия.
  - Н. История СВЧ-техники и телекоммуникаций (доклады о юбилеях университетов, НИИ, КБ, журналов, исторических событий, выдающихся ученых).
- В рамках конференции планируется проведение семинаров:  
W1 — Мультисерийные сети широкополосного доступа.  
W2 — Применение СВЧ-техники в медицине и экологии.

Один из дней конференции (10 сентября) запланирован как экскурсионный. В этот день можно выбрать один из трех экскурсионных маршрутов.

Для получения более детальной информации:  
тел.: +380-692-424287 с 12<sup>00</sup> до 16<sup>00</sup> по киевско-минскому времени (с 13<sup>00</sup> до 17<sup>00</sup> по московскому времени)  
e-mail: weber@execs.com <http://ieee.orbita.ru/aps/crim03r.htm>