

СТАРЫЕ И НОВЫЕ ИДЕИ В СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Ю.Урличич, д.т.н., первый заместитель
генерального директора Государственной корпорации "Роскосмос"

УДК 004.735, DOI: 10.22184/2070-8963.2021.95.3.14.21

В области космических телекоммуникационных технологий иногда проблематично отделить рекламные наслоения от реальности. Статья посвящена анализу развития традиционных и новых направлений спутниковой связи и попытке их объективного осмысления в среднесрочной перспективе.

Сегодня активно обсуждаются проекты геостационарных спутников типа HTS и многоспутниковых группировок на низких (LEO), средних (MEO) и высокоэллиптических (HEO) орбитах с целевой функцией предоставления услуг широкополосного доступа в Ku- и Ka-диапазонах. Разрабатываются и иные новые многоспутниковые системы, но с целевой функцией Интернета вещей (IoT), работающие в диапазонах радиочастот ниже 1 ГГц. Эти системы предполагают, в том числе, использование радиочастотного спектра ISM на бесконфликтной основе с системами SDR и LPWAN.

В 2020 году появились сведения и о проектах принципиально новых систем персональной спутниковой связи, космический сегмент которых основан на использовании многоспутниковых низкоорбитальных группировок. Принципиальная новизна этих систем в том, что заявлено применение протоколов каналообразования, идентичных протоколам сетей 2/3/4G. При этом планируется использование радиочастотного спектра совместно с сотовыми сетями. Реализация таких новых спутниковых систем может принципиально изменить картину мира телекоммуникаций.

СИСТЕМЫ ШПД НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВ HTS

Развитие систем фиксированной спутниковой службы шло в направлении приближения их услуг к конечному потребителю. В начале 2000-х появились системы, реализуемые на основе многолучевых

космических аппаратов (КА), которые получили название HTS. Их целевая задача – предоставление широкополосного доступа (ШПД) к интернету на рынке B2C. Несмотря на явный прогресс в части повышения пропускной способности спутников HTS (на два порядка и более) и снижение ценовых параметров трафика и оборудования (по сравнению с традиционными КА), достичь массовости абонентов не удалось. В первую очередь это связано с ограниченными эксплуатационными возможностями абонентского оборудования. Попытки принципиально расширить круг потребителей за счет предоставления услуг ШПД на подвижных средствах так же не увенчались успехом, поскольку не удалось довести стоимость сканирующих антенн абонентских терминалов до значений, приемлемых для массового рынка.

Однако проектируются новые геостационарные спутники HTS с повышенной емкостью. С 2022 года планируется развертывание группировки из трех спутников Viasat 3 Ka-диапазона для глобального охвата Земли за исключением полярных зон. Емкость каждого КА – 1 Тбит/с, число лучей почти 1000. Eutelsat планирует в 2022 году запуск спутника Konnect VHTS (Very High Throughput Satellite), формирующего 250 лучей Ka-диапазона, емкость которого составляет 500 Гбит/с. В том же году планируется и запуск спутника Jupiter 3 (обслуживание Северной и Южной Америк), емкость которого – 500 Гбит/с. Таким образом, объем

предлагаемого ресурса КА HTS к 2022 году увеличится более чем в три раза относительно 2015 года [1, 2].

Решение задачи "умного" распределения ресурса спутника связывают с созданием его полезной нагрузки, которая позволяет оперативно перераспределять емкость между лучами в зависимости от текущей ситуации с изменением объема трафика в рабочей зоне каждого луча. Но ее практическое решение сопряжено с увеличением массы и потребления полезной нагрузки. Новое качество невозможно получить без дополнительных затрат. Требуется в каждом конкретном случае объективно сопоставлять плюсы и минусы таких решений, которые, в конечном итоге, имеют коммерческие критерии оценки.

По-видимому, первыми такими спутниками VHTS, в которых в полной мере будет реализован принцип оперативного перераспределения емкости в лучах, будут КА серии Viasat 3. Первая попытка технического решения этой задачи на основе АФАР и коммутации пакетов была предпринята на спутнике SpaceWay 3, но это решение было признано руководством HNS коммерчески малоэффективным. Последующие КА серии Jupiter 1 и 2 создавались с обычной многолучевой антенной и прямой ретрансляцией сигналов.

Сегодня нет ответа на главный вопрос – как продать столь большой объем емкости спутников HTS? Тем более, если учесть наращивание ресурсов ШПД на основе новых низкоорбитальных систем типа HTS-LEO, ориентированных на тот же рынок. Вразумительного ответа пока нет.

СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВ HTS-LEO

Поиск новых путей развития сопряжен с созданием систем на основе негеостационарных спутников. Первая попытка была связана с многочисленными проектами середины 90-х годов. Эти проекты были прекращены на стадии экспериментальных работ. Вторая попытка предпринята через 20 лет. Так, в 2014–2015 годах появилось множество проектов на основе низкоорбитальных спутников в Ku- и Ka-диапазонах. Среди них наиболее известны проекты OneWeb, Starlink, Telesat LEO, Kuiper (Amazon), недавно заявлено и о подобной европейской системе.

Однако решить задачу создания дешевых сканирующих антенн абонентских устройств не удастся [3–7]. Абонентские терминалы Starlink по цене 499 долл., по мнению подавляющего большинства аналитиков, требуют субсидии на каждый

терминал от 1500 до 6000 долл. Эти терминалы могут работать только в фиксированном положении (сканирование луча антенны ограничено в угловом секторе $\pm 20^\circ$) [8, 9]. Создание антенных решеток для работы терминала на подвижных средствах (требуется сканирование примерно $\pm 70^\circ$) остается недостижимым желанием при условии адекватных ценовых параметров.

Следует особо отметить, что часто упоминаемое достоинство низкоорбитальных систем HTS-LEO, которое связано с относительно низкой задержкой распространения сигнала, как правило, не раскрывается, поскольку низкая задержка ШПД нужна ограниченному контингенту, например сетевым игрокам или игрокам фондовых бирж.

Этапы развития спутниковых систем типа HTS-LEO от их зарождения до современного состояния представлены в [10]. Пока рассчитывать на коммерческий успех систем HTS-LEO нет оснований.

Коммерческая бесперспективность систем HTS-LEO следует из ряда публикаций [3–9], как итог это наглядно доказано в материалах Morgan Stanley на основе анализа финансовой модели Starlink [11] (окупаемость проекта по расчетам – в 2030 году, если в сети в 2022 году будет 1 млн абонентов, а в 2030-м – уже 96 млн, но при условии, что стоимость запусков PH Starship составляет 10 млн долл. при выводе сразу 400 КА).

СИСТЕМЫ МАГИСТРАЛЬНОЙ СВЯЗИ HTS-МЕО

Первая такая система O3b начала работать с 2014 года. Уже в 2016 году компания O3b Networks была поглощена своим основным акционером SES. Можно предположить, что это связано с низкой коммерческой эффективностью системы O3b и спасением ее от банкротства. Сведения о коммерческих успехах O3b в открытых годовых отчетах компании SES не приводятся.

Но SES приняла решение развивать это направление и уже близок к старту проект O3b mPower (в отличие от O3b, увеличено число лучей на спутнике до 5000, а емкость – до 10 Гбит/с). Эти системы ориентированы на организацию высокоскоростных магистральных (транспортных) каналов до 1 Гбит/с. Но проблемой также является отсутствие дешевых и эффективных антенных решеток для земных станций. Изначально планировалось применить сканирующие антенны компании Kymeta, которые созданы на основе нетрадиционного решения для классической антенной техники. Но в 2019 году выяснилось, что их параметры чрезвычайно низки (КИП без сканирования – примерно 0,15), а цены – высокие (десятки тысяч долларов).

В итоге применяются обычные антенны с механическим наведением (минимум две), стоимость которых несколько десятков тысяч долларов каждая.

В качестве ключевого достоинства отмечается низкая задержка распространения сигнала. В данном случае этот плюс может иметь значение, но все же задержка получается больше, чем в наземных магистральных каналах [12, 13], а значения джиттера – довольно высокие, что пагубно сказывается при цифровой обработке сигналов. Но, видимо, системы HTS-МЕО сегодня единственное решение быстрого создания высокоскоростных магистральных каналов для организации удаленных сайтов сотовых сетей (в подпрограмме "Сфера" это проект "Скиф").

СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА HTS-НЕО

Системы на основе КА на высокоэллиптических орбитах (НЕО) известны давно, первые такие спутники серии "Молния" запущены в СССР в 1960-х годах. Особый интерес к системам HTS-НЕО стал проявляться в начале 2000-х. В России это проекты "Полярная Звезда" [14], "Экспресс РВ" [15], "Росинфоком" [16]. Основное достоинство данных систем связано с тем, что можно создать группировку, например из четырех высокоэллиптических КА, которые будут менять друг друга в области апогея каждые шесть часов. При этом для наблюдателя на Земле в северных широтах угол места будет более 40° (в центре рабочей зоны выше 60°), а угловой сектор, в котором наблюдаются спутники [17], будет небольшой (в пределах 12°×2° с увеличением до 16°×4° за 10 лет эксплуатации КА). То есть получается эффект квазигеостационарности, который позволяет использовать у абонента антенны с малым углом сканирования для фиксированного применения в пределах угла видимости (например, 16°×4°), но для подвижного варианта нужно расширять угол сканирования луча минимум до +/-50°. Относительно небольшой сектор сканирования существенно упрощает решение задачи реализации антенной решетки. Соответственно, достигнимо снижение цены абонентского терминала [5, 7] и открывается возможность работы абонентов в движении в рабочей зоне, где угол места высокий.

Но возникают и технические проблемы. Одна из принципиальных связана с идеологией многопараметрического управления этой группировкой и коррекции положения каждого спутника для поддержания гарантированного углового сектора смены КА в заданных минимальных пределах при сроке их активного существования 10 лет и более. В конечном итоге это отражается и на коммерческой эффективности системы в целом. Усугубляется это и тем,

что в северных широтах мало высокодоходных абонентов (тем более в сегменте В2С) и прямая коммерческая составляющая проектов HTS-НЕО низкая.

Подобные проекты для северных широт заявлены не только в России. Это Virtual GEO Arctic (США), Satellite Broadband Mission (Норвегия) и др.

Системы HTS-НЕО не являются магистральным путем развития коммерческого рынка спутниковой связи, их следует рассматривать как инфраструктурные, генерирующие мультипликативный эффект за счет развития арктических регионов и Северного морского пути (например, инфраструктурный проект "Экспресс РВ" в подпрограмме "Сфера").

СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ СВЯЗИ ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ СЛУЖБЫ

По мере развития технологий системы подвижной спутниковой службы, реализуемых на основе геостационарных спутников, дополнились в начале 2000-х годов многоспутниковыми низкоорбитальными системами (Iridium, Globalstar). Целевая функция этих систем была заявлена как предоставление голосовой связи по типу "трубка в руке" и возможность подключения в наземных сотовых сетях. Их широкое применение не произошло по причине неадекватности цен трафика и оборудования в сочетании с неудовлетворительными эксплуатационными параметрами для конечных пользователей. Но, пережив этапы банкротства [10], эти системы работают и обновляются. По состоянию на 2020 год наиболее активно развивалась система Iridium Next. Последние несколько лет активно наращивается IoT-сегмент этой системы [18].

Целевые системы передачи данных, созданные в 90-х (Orbcomm, "Гонец"), так и не достигли желаемого коммерческого успеха. Основные проблемы связаны с неадекватно высокими ценовыми параметрами трафика, абонентских устройств и их неудовлетворительными эксплуатационными параметрами (нужна прямая видимость спутника, потребление терминала – десятки Вт).

НОВЫЕ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОГО IoT

Проекты систем спутникового IoT предусматривают создание многоспутниковых группировок на основе нано- или микрокосмических аппаратов. Все они находятся на начальной стадии реализации. В основном эти системы ориентированы на прямое взаимодействие с оконечными устройствами IoT.

Реализация системы на основе наноспутников имеет многочисленные ограничения. К основным следует отнести стоимость запуска КА на нужные орбиты, поддержание группировки в рабочем положении в течение нескольких лет, недостаточность

энерговооруженности и массы для размещения многолучевой полезной нагрузки с относительно высоким усилением. В результате недостижима работа при бесшовном обслуживании абонентов, особенно для мониторинга подвижных и беспилотных объектов [19].

Орбитальная группировка на основе наноспутников имеет право быть, если связь с оконечными устройствами IoT допустима с негарантированными и большими временными интервалами (в пределах десятков минут и часов). В таких системах используется режим накопления информации с запоминанием на КА и последующим ее сбросом при нахождении спутника в зоне видимости наземной станции сопряжения. Режим с "запоминанием" ограничивает возможные для реализации сервисы IoT. Повышается и себестоимость трафика. Например, недавно заявлено [20], что в системе Swarm абонентский модем стоит 119 долл., а ежемесячные платежи – 5 долл. за передачу двух пакетов (до 192 байт каждый) в сутки. Столь высокие ценовые параметры в сочетании с ограниченной функциональностью услуги неконкурентоспособны с аналогами в сотовых сетях.

В России разрабатывается система "Марафон IoT" (один из инфраструктурных проектов в подпрограмме "Сфера") с целевой функцией IoT, которая принципиально отличается от известных решений. В этой системе наряду с традиционным режимом работы IoT, не предполагающим организацию взаимодействия в реальном времени (в том числе предусматривается и режим запоминания), планируется предоставление услуг в режиме, приближенном к реальному времени. Например, для создания поля контроля и подачи команд на беспилотные системы. Одной из основополагающих целей при проектировании "Марафон IoT" является достижение ценовых параметров услуг, соизмеримых с аналогами в наземных сетях. Для этого предусмотрена адаптация технологии LPWAN LoRa [21, 22] к космической системе.

В табл.1 представлены краткие сведения о наиболее известных проектах спутникового IoT, ориентированных на прямой сбор информации с оконечных устройств (по состоянию на 2021 год) и создание нового сегмента рынка спутниковой связи.

Системы типа Kepler (Ku-диапазон), Fleet Space, Xingyun, Skylo (L-диапазон), ориентированные на создание каналов типа backhaul для трансляции совокупности информации оконечных устройств после их концентрации на шлюзе, в данном случае не рассматриваются, поскольку их ценовые параметры изначально более высокие. Проще и коммерчески эффективнее для backhaul использовать ресурс уже существующих систем.

Спутниковый IoT является формирующимся сегментом рынка спутниковой связи. По разным оценкам коммерческий потенциал этого сегмента – от 5 до 12 млрд долл. (из них услуги IoT – до 8 млрд).

НОВЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

Системы Iridium и Globalstar не достигли коммерческих успехов. По прошествии почти 30 лет возникла новая идея, которая заключается в том, что в спутниковой системе будут применяться протоколы и частоты, которые используются в сотовых сетях.

Попытка реализовать подобную идею с применением LTE для трансляции через геостационарный спутник в интересах организации ШПД не увенчалась успехом [23]. Выяснилось, что требуются глубокие переработки ПО у абонента для компенсации повышенной задержки сигнала, хотя потенциально задача имеет решение. И это один из аспектов ноу-хау в проектах компаний AST & Science и Lynk Global.

Lynk Global, Inc. (США)

Основная идея проекта предусматривает создание спутниковой системы на частотах и с использованием протокола сетей GSM-900 [24]. Орбитальная группировка предусматривает до 1000 космических аппаратов массой примерно 25 кг, расположенных на низких орбитах высотой 450–500 км (в соответствии с заявкой МСЭ наклонение 51,5°). Предположительно фидерная линия предусматривает S-диапазон, а абонентские линии в диапазоне GSM-900 будут формироваться бортовыми антеннами с усилением до 14 дБн в максимуме и шириной диаграммы направленности примерно 40 град. по уровню –6 дБ.

На первом этапе планируется развернуть орбитальную группировку из 24–36 КА. В период с 2018 по 2020 год проводились работы с тестовой полезной нагрузкой спутников, в том числе с использованием МКС.

Предварительный технический анализ показывает, что для непрерывного обслуживания потребуется микроспутник, который может обеспечить энергопитание полезной нагрузки не менее 100 Вт (едва ли такие показатели достижимы для КА массой 25 кг). И это для всего лишь 8–9 каналов GSM.

Услугу предполагается предоставлять с использованием у абонентов типовых телефонов, работающих в сетях GSM. Отмечается, что на первом этапе услуга будет предоставляться периодически. В последующем планируется организация непрерывной услуги, а в перспективе переход к интеграции с сетями LTE.

Таблица 1. Проекты низкоорбитальных систем IoT, ориентированные на прямой доступ к оконечным устройствам

Компания (страна)	Орбитальная группировка	Частоты абонентских радиополос	Дополнительные сведения
CLS (Keneis) (Франция)	25 КА, 16U (25 кг); орбита: 500 км; наклонение 97,5°; САС до 4–5 лет	169,4–169,475 МГц; 401,3–401,690 МГц	Реализация в 2021–22 гг.; развитие системы Argos; стоимость системы 130 млн долл.; проект поддержан CNES
Astrocast (Швейцария, США)	80 КА (16 резервных); 3U (5 кг); орбита ССО 500–600 км; САС 3–5 лет	L-диапазон частот	Два демонстратора в 2018–19 гг.; в 2021 г. планируется запустить 20 КА, реализация к 2022 г.; стоимость КА в начале 0,5 млн долл., в серии 0,25 млн долл., система коррекции 55 тыс. долл.; проект 50 млн долл., поддержан ESA, Thurya и Airbus
Sky and Space Company (Великобритания, Австралия)	200 КА, 8U (12 кг); орбита: 5 плоскостей по 40 КА, 700 км; наклонение 0–13°; САС 5–7 лет	КА-Земля и Земля-КА: UHF и S; рассматривается L-диапазон; КА-КА: S-диапазон; планируется SDR	Реализация планируется в 2019–22 гг.; платформа GomSpace, 150 Вт; три демонстратора в 2017 г.; проект 120–160 млн долл.; запуски PH PSLV, 50 запусков; стоимость запуска КА 200–250 тыс. долл.; стоимость спутника менее 500 тыс. долл.; проект поддержан UK Space Agency
Helios Wire (Канада)	30 КА, 16U (21 кг); орбита: 600 км; 5 абонентских лучей	S-диапазон частот (полоса 30 МГц)	Запущено два демонстратора в 2018 г., реализация в 2021–23 гг.; проект 100 млн долл., 1 долл. за датчик в месяц; стоимость спутника 3 млн долл.; инвестиции в 2017 г. – 4 млн долл., в 2019 г. – 6 млн долл.; запуски PH "Союз"; приобретена компанией Echostar в 2019 г.
Blink Astro (США)	КА 3U (4 кг); орбита: 700 км	Н/д	Запущен КА-демонстратор. Данных о сроках реализации и финансировании нет
Hiber, Inc. (Нидерланды)	До 48 КА (8 кг); орбиты 600 км; САС 3 г.	Земля-КА 399,9–400,05 МГц; КА-Земля 400,15–401,0 МГц; фидерная линия; S-диапазон	Предыдущее название Magnitude Space; сроки реализации – 2022–23 гг.; инвестиции в 2017 г. – 5,5 млн, в 2019 г. – 7,5 млн евро; в 2018 г. запущено 2 КА; проект в 2017 г. поддержан Iridium; поддержан ESA (обещаны инвестиции 278 млн евро); в 2021 г. планируется запуск 2–3 экспериментальных КА
Myriota Pty, LTD (Австралия)	50 КА; масса КА 10 кг; орбита: 600 км	156–165 МГц; 399–403 МГц; 433–435 МГц	Экспериментальный спутник запущен на ракете SpaceX Falcon 9 в декабре 2018 г. на солнечно-синхронную орбиту (574 × 591 км; 97,76°); проект поддержан правительством Австралии; инвестиции к 2021 г. – 37 млн долл.; цена собственного абонентского модуля – 50 долл.; объем пакетов 20 Б; в 2022 г. планируется иметь 25 КА
Swarm Technologies, Inc. (США)	150 КА; орбита: 400–550 км; масса КА от 3,1 до 0,45 кг	КА-Земля 137–138 МГц; Земля-КА 148–149,95 МГц	С 2019 г. действует семь демонстрационных спутников SwarmEE, на начало 2021 г. действует 81 КА; общий объем привлеченных инвестиций – 36 млн долл.; используется протокол LoRaWAN; начало предоставления услуг в 2021 г.
Guodian Gaoke (Китай)	Tianqi 38 КА; орбиты ССО 700 км (предположительно); масса КА 50 кг	Н/д	В 2018–20 гг. запущено семь экспериментальных нано-спутников (8 кг, орбита 500 км) для отработки ПН; в 2020 г. запущено два экспериментальных спутника; предполагается создание сети Arosalypse Constellation, но сведения противоречивые
Lacuna Space Ltd. (Великобритания)	32 КА, 6U (10 кг); полярные орбиты: 500 км	Диапазон ISM 868/915 МГц; S-диапазон	В 2020 г. в тестовом режиме работают два спутника; планируется запустить четыре демонстрационных спутника; ПН с запоминанием, протокол LoRaWAN
Госкорпорация "Роскосмос" (Россия)	"Марафон IoT" 264 КА (примерно); орбита: 750 км; масса КА 50 кг; САС 4–5 лет	Диапазон ISM 868/915 МГц; S-диапазон; фидерная линия; S-диапазон	В 2023 г. демонстрационные спутники; ПН спутников с обработкой и регенерацией на борту, многолучевая антенна, протокол LoRaWAN; поддержка ГК "Роскосмос" (подпрограмма "Сфера")

Сокращения в таблице: ПН – полезная нагрузка, PH – ракета-носитель, САС – срок активного существования КА, ESA – Европейское космическое агентство.

В качестве экономического аргумента компания Lупk отмечает, что в спутниковой системе достижим показатель CAPEX (приведенный к обслуживанию 1 кв. км) в 4–6 раз ниже, а OPEX – в 6–10 раз ниже, чем в сотовых сетях LTE.

AST & Science, LLC (США)

Проект SpaceMobile предполагает создание орбитальной группировки из 243 (по другим данным 336 в 2030 году) низкоорбитальных (высота 720 км, 16 орбитальных плоскостей) спутников массой примерно 1000 кг. Каждый КА имеет антенну диаметром примерно 33 м, которая формирует сотни тысяч лучей. Полезную нагрузку спутника планируется разработать по договору с NEC Platforms. Известны только отрывочные сведения, которые не раскрывают технические аспекты системы. Заявлено, что запуски КА начнутся с 2022 года. Первые 20 спутников обойдутся в 259 млн долл., а в перспективе (при серийном производстве) планируется достичь цены КА массой 1000 кг вместе с запуском 15 млн долл.

Экспериментальный спутник BlueWalker 1 (наноспутник 6U) запущен в апреле 2019 года. Сведений о сроках запуска BlueWalker 2 нет, предполагается, что демонстрационный спутник BlueWalker 3, массой 1500 кг с антенной 10 м, будет запущен в 2021 году.

Пока нет достоверных сведений о том, в каких диапазонах и на каких частотах будет работать SpaceMobile. Известно, что компания AST имеет заявку в МСЭ-R на частоты V-диапазона для фидерной линии, поданную от Папуа – Новая Гвинея. Абонентские радиолнии предположительно планируются в диапазонах 617–960 и 1710–2200 МГц, и будет обеспечена бесшовная интеграция с сетями 4G/5G. Величины ARPU по регионам будут дифференцированными: для Европы и США примерно 7 долл., для остального мира – не выше 2,2 долл. при тенденции к 1 долл. в месяц. Заявлен срок окупаемости четыре года при достижении 620 млн абонентов к 2030 году.

Но есть и проблемы. Операторы T-Mobile и Verizon высказали опасения, что SpaceMobile создаст неприемлемые помехи для их сетей. NASA рассматривает этот проект с позиции рисков столкновения спутников с иными КА и фатального увеличения нагрузки по их предотвращению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Традиционные системы фиксированной спутниковой службы в последние годы застыли в своем коммерческом развитии. Доходы снижаются (у первой пятерки операторов в 2013–2019 гг. на 24–29%),

ПРОФИ ТТ Профессиональное Телевизионное и Оптическое Оборудование

PROF NEXT



PRO FLEX



PRO BOX



Адаптер камерный оптический



Оборудование для передачи по оптике цифровых и аналоговых сигналов

- 12G/3G/HD/SD SDI, ASI, SECAM, PAL
- Ethernet, RS232, RS422, RS485
- Аудио аналоговые и цифровые AES/EBU
- Аудио через IP Dante, AES67
- Различные комбинации передаваемых сигналов

- Одноволоконная и многоволоконная передача сигналов
- Оптическое CWDM и электрическое TDM уплотнение
- Приемники с синхронизатором
- Оптические резерваторы
- Контроль параметров сигналов

- Автономные малогабаритные блоки системы «**ProBox**»
- Блоки для модульных систем «**PROFNEXT**» и «**PROFLEX**»
- **Адаптеры камерные оптические**

info@profitt.ru
Сделано в России
www.profitt.ru

а спутниковый ресурс дешевеет. Надежды на активное потребление услуг спутникового ШПД с использованием геостационарных спутников HTS пока не оправдываются.

Новые идеи развития ШПД сопряжены с реализацией многоспутниковых негеостационарных систем типа HTS-LEO/MEO/NEO, но нет оснований прогнозировать их коммерческую состоятельность. Ключевой проблемой всех систем спутникового ШПД является отсутствие на рынке приемлемых по цене и эксплуатационным параметрам антенных решеток абонентских терминалов, тем более для подвижных средств. Определенные надежды на решение этой задачи возлагаются на системы типа HTS-NEO.

Постепенно усугубляется проблема электромагнитной совместимости негеостационарных систем ШПД между собой и с системами HTS, и пока нет ее адекватного решения. Это может стать препятствием для российских проектов на основе негеостационарных спутников.

Анализ развития действующих систем подвижной спутниковой службы показывает, что число пользователей персональной телефонии практически не расширяется. Заметный рост наблюдается только в сегменте Интернета вещей, но ценовые параметры услуги IoT и абонентского оборудования в сочетании с неудовлетворительными эксплуатационными параметрами неконкурентоспособны с аналогами в сетях сотовых и LPWAN.

Это обстоятельство способствует формированию нового направления, которое предполагает создание многоспутниковых низкоорбитальных систем с целевой функцией IoT. Ряд таких систем рассчитан на бесшовное взаимодействие с сотовыми сетями и сетями LPWAN.

Подобная идеология принята и в новых многоспутниковых проектах, ориентированных на предоставление персональной телефонной связи (заявляется и ШПД) с использованием терминалов сотовых сетей. Это направление зародилось недавно. Пока нет полного представления о технических (и не только) проблемах таких проектов и способах их решения. Но очевидна перспективность идеи, поскольку в результате решается традиционная ключевая проблема всех без исключения спутниковых систем связи – создание массового абонентского сегмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Анпилогов В.Р.** О спутниках HTS и системах на их основе // Технологии и средства связи. 2013. № 6-2. С. 50-51.
2. **Rusch R.J.** Roadmap for Ka-band Development // 30th ICSSC and 18th Ka and Broadband Communications, Navigation and Earth Observation Conference. 2012, September 24-27.
3. **Анпилогов В., Урличич Ю.** Тенденции развития спутниковых технологий и критерии оценки их технико-экономических эффективности // Технологии и средства связи. 2016. № 2. С. 46-53.
4. **Урличич Ю.М.** Высокоинформативные системы связи и вещания HTS и LEO/MEO-HTS: бумажные проекты или прорывные направления космической индустрии // Технологии и средства связи. 2016. № 6-2. С. 44-49.
5. **Анпилогов В., Шишлов А., Эйдус А.** Анализ систем LEO-HTS и реализуемость фазированных антенных решеток для абонентских терминалов // Технологии и средства связи. 2015. № 6-2. С. 14-26.
6. **Анпилогов В.** Обзор докладов и обсуждений на круглом столе V Международной конференции "ИНЖИНИРИНГ&ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ – EN&T 2018" // Технологии и средства связи. 2018. № S1. С. 32-38.
7. **Анпилогов В., Денисенко В., Зимин И., Кривошеев Ю., Чекушкин Ю., Шишлов А.** Проблемы создания антенн с электрическим сканированием луча для абонентских терминалов спутниковых систем связи в Ku- и Ka-диапазонах // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2019. № 3. С. 16-26.
8. **Анпилогов В., Пехтерев С., Шишлов А.** Антенная решетка и абонентский терминал Starlink // Спутниковая связь и вещание – 2021. Сборник статей. С. 69-76.
9. **Анпилогов В.** Проектные технические параметры многоспутниковой низкоорбитальной системы широкополосного доступа Kuiper // Спутниковая связь и вещание – 2021. Сборник статей. С. 77-80.
10. **Урличич Ю.** Банкротство технологий многоспутниковых низкоорбитальных систем широкополосного доступа или банкротство компаний? // Спутниковая связь и вещание – 2021. Сборник статей. С. 30-38.
11. **Jonas A. et al.** SpaceX: Raising Valuation Scenarios Following Key Developments. Morgan Stanley, October 22, 2020 // beta.documentcloud.org/documents/20418001-spacex
12. **Иванов А., Дрогайцева О.** Задержка передачи данных в современных сетях магистрального уровня // Технологии и средства связи. 2014. № 1. С. 48-50.

13. **Типугина В.** Поддержка трафика сетей 3G/LTE спутниковой системой JUPITER // Технологии и средства связи. 2015. № 6-2. С. 50-51.
14. **Колюбакин В.** Спутники семейства "Ямал" // Теле-Спутник. 1997. № 2(16).
15. **Локшин Б.А.** Экспресс РВ - перспективная система связи со спутниками на высокоэллиптических орбитах // Технологии и средства связи, специальный выпуск "Спутниковая связь и вещание - 2019". С. 62-71.
16. **Камнев Е., Гриценко А., Анпилогов В.** Системы широкополосного доступа на основе высокоэллиптических спутников: российские проекты // Технологии и средства связи, специальный выпуск "Спутниковая связь и вещание - 2019". С. 72-75.
17. **Анпилогов В., Гриценко А., Чекушкин Ю., Зимин И.** Результаты анализа совместной работы систем OneWeb и "Экспресс-РВ" в Ku-диапазоне // Технологии и средства связи, специальный выпуск "Спутниковая связь и вещание - 2019". С. 48-54.
18. **Эйдус А.** Анализ действующих негеостационарных спутниковых систем на рынке M2M/ IoT и оценка коммерческой перспективности планируемых многоспутниковых систем // Технологии и средства связи. 2017. № 6-2. С. 20-27.
19. **Yaacoub Jean-Paul et al.** Security analysis of drones systems: Attacks, limitations and recommendations [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2542660519302112?via%3Dihub>
20. **Jewett R.** Swarm CEO Sara Spangelo Sets Disruptive Pricing on New Satellite IoT Service [Электронный ресурс]. URL: <https://www.satellitetoday.com/iiot/2021/02/10/swarm-ceo-sara-spangelo-sets-disruptive-pricing-on-new-satellite-iiot-service/>
21. **Анпилогов В.Р., Нгуен Д.А.** Анализ совместности спутниковых сетей IoT с устройствами SDR и LPWAN в диапазонах частот 868/915 МГц // Электросвязь. 2020. № 1. С. 37-43.
22. **Анпилогов В., Нгуен Д.А.** Технологии LPWAN и возможность их адаптации сетей IoT // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2020. № 6(91). С. 44-53.
23. **Анпилогов В., Эйдус А.** Применение технологии LTE для развития VSAT-сетей // Технологии и средства связи. 2016. № 4. С. 60-66.
24. **Speidel T. et al.** Results from Rapid Testing of Space-based Mobile Network Technology // 34th Annual Small Satellite Conference, 2020.

Автоматизация. Безопасность. Связь.

📍 Арена
«Ерофей»

20-22 МАЯ



ХАБАРОВСКАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ЯРМАРКА

- Системы автоматизации, связи и безопасности
- IT технологии

ХАБАРОВСК 2021

(4212) 567-650 • khabexpo.ru