

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОСМИЧЕСКОЙ РЕТРАНСЛЯЦИИ ВНУТРИСИСТЕМНЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ В ЗАДАЧАХ ОРГАНИЗАЦИИ АБОНЕНТСКОГО РАДИОДОСТУПА

А. О. Шорин¹, А. Г. Девлишов², А. В. Туров², Д. Ю. Черников³

¹Московский технический университет связи и информатики, г. Москва, Российская Федерация

²ООО «КоммИнформ», г. Красноярск, Российская Федерация

³Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Российская Федерация

Рассмотрены принципы построения распределенной системы связи, в которой в качестве магистрального канала задействован космический канал связи, а в качестве системы абонентского доступа – широкополосный радиодоступ в диапазоне 300–450 МГц. Проведена оценка возможности построения и развертывания подобной системы связи для территорий, на которых использование альтернативных технологий оказывается труднореализуемым или невозможным. Предложена технология экспериментальной оценки качества предоставляемых услуг на основе измерений, выполняемых с помощью комплекта оборудования, состоящего из абонентского терминала системы радиодоступа, персонального компьютера и приемника системы спутниковой навигации. Получены и приводятся спектральные характеристики сигналов при оказании различных видов услуг. Сформулированы требования к параметрам космического радиомоста, с помощью которого к ядру системы подключаются удаленные базовые станции. Приведены и анализируются особенности режимов работы космического канала связи как магистрального сегмента в составе систем широкополосного радиодоступа. Оговорены возможные орбитальные параметры космических ретрансляторов для предоставления доступа абонентов к услугам голосовой связи и передачи данных. Предложены пути преодоления влияния дрейфа времени задержки пакетов данных в космическом канале связи за счет установки фрагментов ядра системы широкополосного радиодоступа в составе оборудования удаленной базовой станции.

Ключевые слова: системы космической связи, геостационарный спутник связи, скорость передачи данных, спектр сигнала, спектральная эффективность, отношение сигнал/шум, система абонентского радиодоступа.

Введение

Многообразие и сложность современных систем связи зачастую сводят задачу построения новой системы к поиску достаточно сложного компромисса между многочисленными и весьма разнообразными, а порой еще и противоречивыми требованиями. Как правило, в состав системы связи в том или ином виде входят магистральный канал связи, обеспечивающий доступ ее абонентов в телефонную сеть общего пользования (ТфОП) и глобальную сеть передачи данных – Интернет, и собственно система абонентского доступа.

Рассматривая в качестве системы абонентского доступа радиодоступ, а в качестве маги-

стрального канала – космический канал связи, оценим возможность построения и развертывания подобной системы связи для территорий, на которых использование альтернативных технологий оказывается труднореализуемым или невозможным (рис. 1).

Ориентируемся на использование геостационарного спутника связи [1], отмечая, что для передачи данных в качестве ретрансляторов возможно использование и низкоорбитальных космических аппаратов [2]. Отдавая должное технологиям пакетной передачи информации, будем ориентироваться на использование протокола TCP/IP в качестве базового для организации связи между ядром системы и удаленными базовыми станциями (БС) [3]. Космический сегмент при этом используется в «прозрачном» режиме, т.е. режиме моста (рис. 1). Исходя из ранее упомянутых огра-

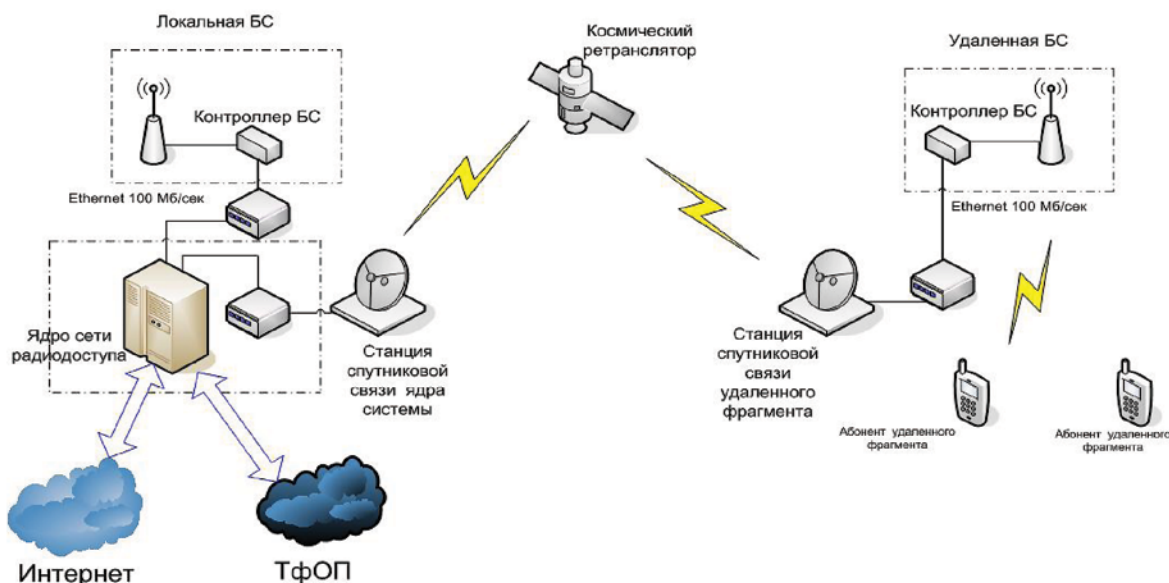


Рис. 1. Схема организации связи для абонентов системы радиодоступа на удаленной территории

нений, связанных с невозможностью развертывания в составе системы радиодоступа многочисленной сети БС, мы вынуждены обратиться к диапазону 300–450 МГц и технологии широкополосного радиодоступа McWill, который позволяет сформировать зону радиопокрытия для каждой из задействованных БС в десятки километров [4–5].

В этой связи в данной работе проанализированы возможности построения систем абонентского радиодоступа в диапазоне частот 300–450 МГц, сформулированы требования к параметрам космического радиомоста, с помощью которого к системе подключаются удаленные БС, а также нашел отражение опыт развертывания аналогичных систем на территории Красноярского края.

На рис. 2 приведены спектры связного сигнала, используемого в системе радиодоступа. Параметры используемых связных сигналов вы-

браны с расчетом сложившейся в регионе ситуации по занятости частотного ресурса, возможности использования частотного диапазона, ранее отведенного для радиотелефонной системы «Алтай-3М» [5] и полностью отражающего соответствующие решения ГКРЧ по частотным присвоениям для оператора связи ООО «КоммИнформ».

В работе экспериментально оценивались качественные характеристики приема сигналов системы радиодоступа в упомянутых диапазонах частот. При этом измерялись два основных параметра: интенсивность сигнала в точке приема и отношение сигнал/шум. Наблюдения проводились на временном интервале, равном 3 мин – статистически наиболее вероятной длительности телефонного разговора для ТфОП. Отсчеты брались с интервалом в 1 сек. Измерения производились как для стационарного, так и для мобильного абонента,

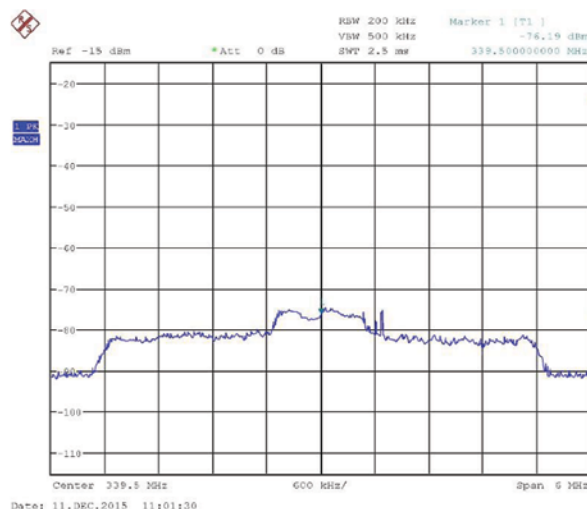
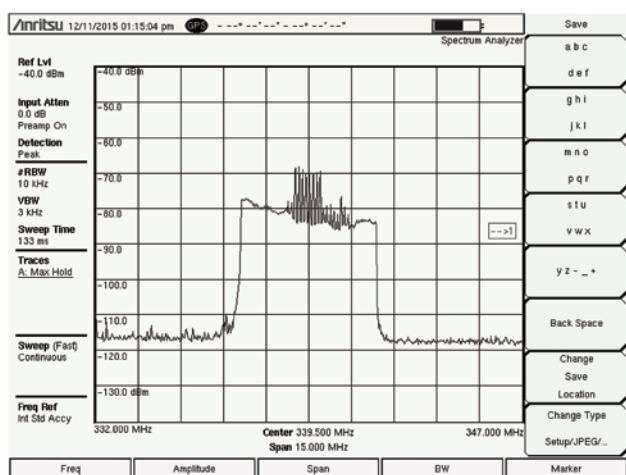


Рис. 2. Спектры связного сигнала различных БС, используемого для организации связи с абонентом

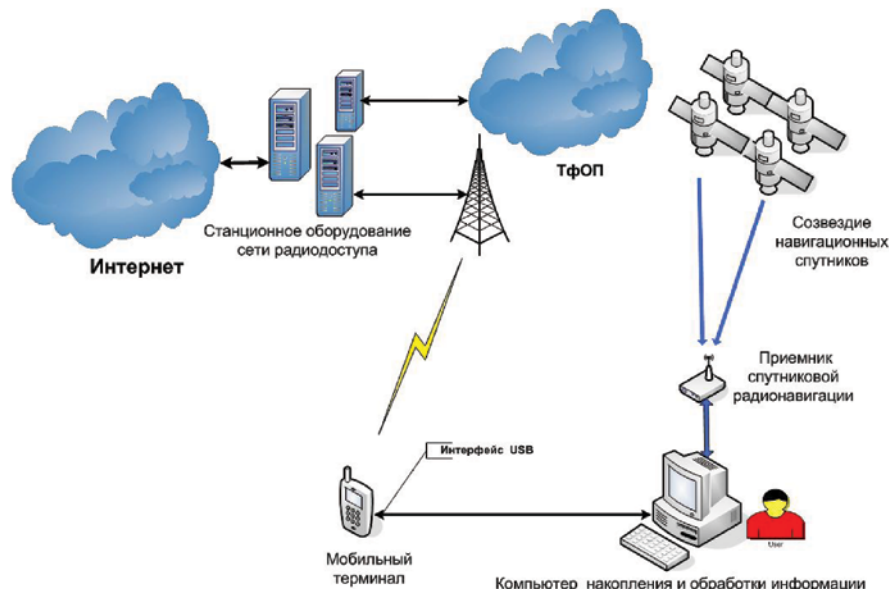


Рис. 3. Схема проведения измерений

перемещавшегося по территории г. Красноярска. На рис. 3 приведена схема, иллюстрирующая технологию проведения измерений.

Измерительный комплекс состоял из абонентского терминала, который по USB интерфейсу был подключен к персональному компьютеру (ПК). На ПК было установлено программное обеспечение, позволяющее регистрировать номер БС, через которую осуществлялась связь на момент времени измерений, величину интенсивности сигнала в dBm, величину отношения сигнал/шум и запоминать измеренные значения в текстовом файле. Для мобильного абонента к ПК в составе измерительного комплекса по USB интерфейсу дополнительно подключался навигационный приемник GPS/ГЛОНАСС, позволявший фиксировать местоположение объекта на момент проведения измерений (рис. 3).

При проведении измерений параметров сигналов для стационарного абонента измерительный комплекс находился на расстоянии около 5 км от БС. Прямая видимость БС в точке расположения стационарного абонента отсутствовала. Измерения проводились в ситуации фактического отсутствия нагрузки на БС со стороны других абонентов.

Технология, лежащая в основе системы широкополосного радиодоступа McWill, предполагает поддержку семи типов физических каналов [5]. Наибольшую нагрузку на космический сегмент формируют каналы F и G [5]. При этом физический канал F является каналом передачи трафика для восходящей линии (UTCH). Абонентский терминал передает по каналу F пакеты трафика, включая данные, голосовую информацию, управляющую сигнализацию и информацию о своих рабочих параметрах на выбранную БС по восходя-

щей линии. Физический канал G является каналом передачи трафика для нисходящей линии (DTCH). Уже БС в свою очередь передает по каналу G пакеты трафика, включая данные, голосовую информацию, управляющую сигнализацию и информацию о своих рабочих параметрах.

Для оценки нагрузки наземного сегмента на космический состояние радиointерфейса системы радиодоступа контролировалось с помощью спектроанализатора, настроенного на центральную частоту используемого сигнала. Оценка проводилась для различных типов услуг (голосовая связь, передача данных), которые могут быть оказаны для абонентов удаленной БС.

На рис. 4 и 5 приведены полученные в ходе экспериментов характерные виды спектров используемого сигнала при передаче голосовой информации и передаче данных соответственно. Спектры получены для центральной частоты спектра 339,5 МГц.

Для сравнения на рис. 6 приведен спектр используемого сигнала, характерный для вещательного режима, в котором БС передает информацию о конфигурации/загрузке базовой станции, пейджинговую информацию для терминалов и другие вещательные пакеты.

Поведение модуля интенсивности сигнала для центральной частоты спектра 339,5 МГц и длительности временного интервала, соответствующего среднестатистической продолжительности сеанса голосовой системы подвижной связи [7], приведено на рис. 7.

В развернутом фрагменте системы радиодоступа используются многочастотный сигнал и квадратурная фазовая манипуляция.

Наглядным вариантом оценки качества работы системы связи в целом может служить состо-

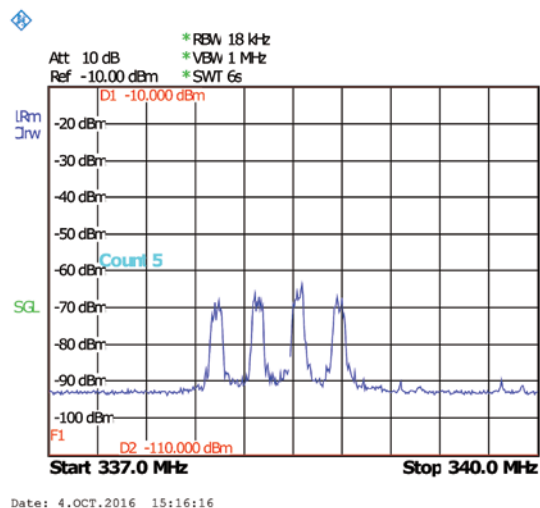


Рис. 4. Спектр сигнала при голосовой связи

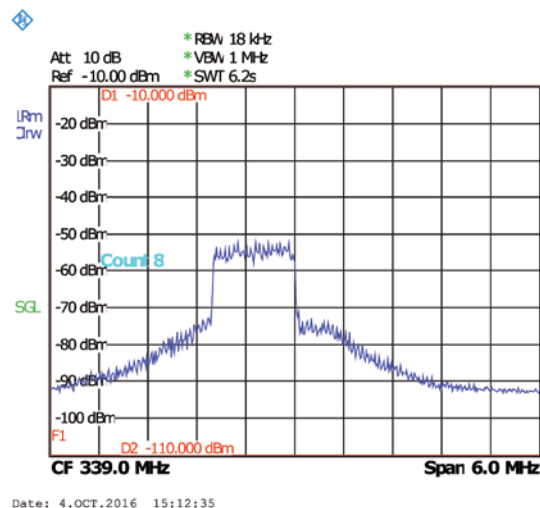


Рис. 5. Спектр сигнала при передаче данных

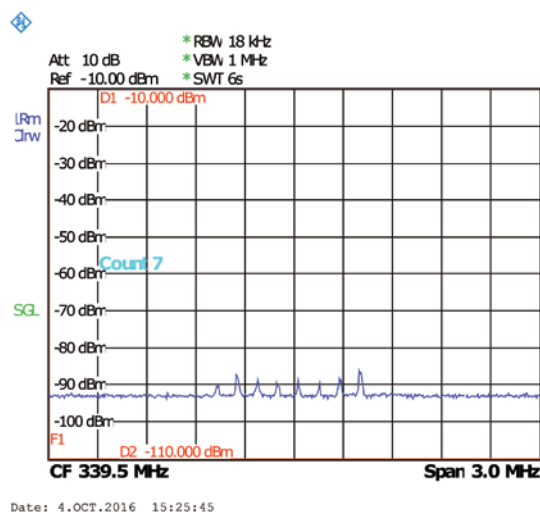


Рис. 6. Вещательный режим работы БС



Рис. 7. Изменение интенсивности сигнала системы радиодоступа для стационарного абонента

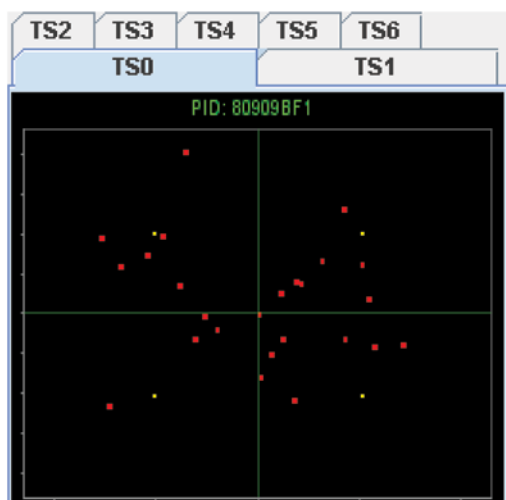


Рис. 8. Вид «сигнального созвездия» при отсутствии полезного сигнала

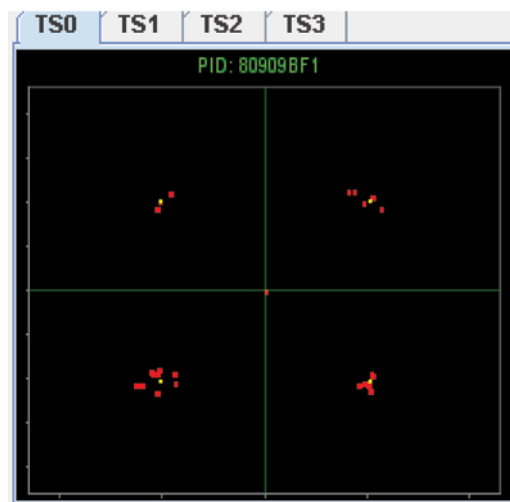


Рис. 9. Вид «сигнального созвездия» для отношения сигнал/шум ≈ 20 дБ

яние так называемого «сигнального созвездия» на стороне абонента. Программное обеспечение, использованное для проведения измерений, позволило получить вид «сигнального созвездия» для четырехпозиционной манипуляции. Полученные изображения для случаев фактического отсутствия полезного сигнала и наличия полезного сигнала значительной интенсивности (отношение сигнал/шум ≈ 20 дБ) приведены на рис. 8 и 9 соответственно. Проведенные эксперименты показали, что фактической границей работоспособности системы для стационарного абонента является отношение сигнал/шум ≈ 10 дБ.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования систем космической связи в качестве прозрачного радиомоста для организации выноса БС системы радиодоступа

на значительные расстояния, когда использование альтернативных технологий затруднительно или невозможно. Вместе с этим прямое включение БС системы радиодоступа в космический канал связи, построенный через геостационарный спутник связи, сталкивается с проблемой преодоления значительной задержки пакетов и недопустимого дрейфа ее значений. Так, проведенные эксперименты показали, что для обеспечения реальной работоспособности вынесенной БС упомянутые величины должны находиться в следующих пределах: задержка во внутрисистемном канале связи $< 60-0$ мс (Real-time); доля потерянных пакетов $< 7-8$ %; нестабильность задержки $< 30-45$ мс. Одним из возможных вариантов преодоления выявленного препятствия для использования в составе системы связи узлов с элементами космического базирования может быть размещение фрагментов ядра системы в составе оборудования удаленной территории.

Список литературы

1. Банкет В. А., Дорофеев В. М. Цифровые методы в спутниковой связи. М. : Радио и связь, 1988.
2. Баканов Д. В., Черников Д. Ю. Практика использования систем спутниковой связи «Гонец» в зонах негарантированного радиопокрытия GSM Красноярского края : тез. VI IT-Форум-2014, с участием стран БРИКС, г. Ханты-Мансийск, 2014.
3. Дансмор Б., Скандьер Т. Справочник по телекоммуникационным технологиям : пер. с англ. М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. 640 с.
4. Фролов А. А. Анализ современных стандартов McWill, TD-SCDMA, WCDMA, IEEE 802.15.3A для применения в ШПС-системах // «Т-Comm». Телекоммуникация и транспорт. 2012. № 9.
5. Аверьянов Р. С., Косинов М. И., Шорин А. О., Шорин О. А. Анализ возможностей технологии mcwill // Вестник связи. М. : Изд-во ИРИАС, 2014. № 6.
6. Карташевский В. Г., Семенов С. Н., Фирстова Т. В. Сети подвижной связи. М. : Эко-Трендз, 2001. 299 с.
7. Пышкин И. М., Дежурный И. И., Талызин В. Н., Чвилев Г. Д. Системы подвижной радиосвязи. М. : Радио и связь, 1986. 328 с.

USE OF TECHNOLOGY OF SPACE RELAYING OF INTRASYSTEM COMMUNICATION LINKS IN TASKS OF THE ORGANIZATION OF A SUBSCRIBER RADIO ACCESS

A. O. Shorin¹, A. G. Devlishov², A. V. Tourov², D. Yu. Chernikov³

¹Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russian Federation

²LLC «Comminform», Krasnoyarsk, Russian Federation

³Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

The principles of creation of distributed system of communication in which as the trunk channel the space communication link is involved, and as system of subscriber access – a broadband radio access in the range 300-450 MHz are considered. Assessment of a possibility of creation and deployment of a similar communication system for the territories in which use of alternative technologies is poor-selling or impossible is carried out. The technology of the experimental assessment of quality of the provided services on the basis of the measurements executed by means of a set of the equipment consisting of the exchange service station of system of a radio access, the personal computer and the receiver of system of satellite navigation is offered. Spectral characteristics of signals when rendering different types of services are received and are given. Requirements to parameters of the space radio bridge by means of

which remote BS are connected to a kernel of system are formulated. Features of operation modes of space communication link as trunk segment as a part of systems of a broadband radio access are brought and are analyzed. Possible orbiting parameters of space retranslators for provision of access for subscribers to services of a voice communication and data transfer are stipulated. Ways of overcoming influence of drift of delay period of data packets in space communication link due to installation of fragments of a kernel of system of a broadband radio access as a part of the equipment of the remote base station are offered.

Key words: systems of space communication, geosynchronous communication satellite, data transmission rate, signal range, spectral efficiency, relation signal/noise, system of a subscriber radio access.

References

1. Banket V. A., Dorofeyev V. M. Digital methods in satellite communication. M. : Radio and communication, 1988.
2. Bakanov D. V., Chernikov D. Yu. Practice of use of Messenger satellite communication systems in zones of an unwarranted radio covering of GSM of Krasnoyarsk Krai. Tez. VI IT-Forum-2014, with participation of the countries of BRICS, Khanty-Mansiysk, 2014.
3. Dansmor B., Skandyer T. Reference book on telecommunication technologies.: The lane with English. M. : Williams publishing house, 2004. 640 p.
4. Frolov A. A. The Analysis of the modern standards McWill, TD-SCDMA, WCDMA, IEEE 802.15.3A for application in ShPS-systems // «T-Comm». Telecommunication and transport. 2012. N 9.
5. Averyanov R. S., Kosinov M. I., Shorin A. O., Shorin O. A. Analiz of mcwill technology opportunities // Messenger of communication. M. : IRIAS publishing house, 2014. N 6.
6. Kartashevsky V. G., Semenov S. N., Firstova T. V. of Network of mobile communication. M. : What Trendz, 2001. 299 p.
7. Pyshkin I. M., Dezhurny I. I., Talyzin V. N., Chvilev G. D. of System of a mobile radio communication. M. : Radio and communication, 1986. 328 p.