

Попова Татьяна Сергеевна, Черников Дмитрий Юрьевич,  
Радыгин Руслан Евгеньевич

## **ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ ПАКЕТНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ**

*В работе рассматривается переход беспроводных сетей на IP-протокол и влияние этого процесса на развитие сетей нового поколения (NGN). Оценивается производительность пакетных беспроводных сетей различного масштаба и назначения с использованием программы Iperf3 для измерения пропускной способности. В частности, исследуются спутниковые каналы связи с использованием геостационарных спутников и радиоканалы Wi-Fi. Анализируются спектральные характеристики сигналов и зависимость информационной скорости передачи данных от времени. Рассматриваются тенденции повышения эффективности систем связи, включая использование многочастотных сверхширокополосных (СШП) систем.*

Popova T.S., Radygin R.E., Chernikov D.Y.

## **PERFORMANCE EVALUATION OF DIFFERENT WIRELESS PACKET COMMUNICATION NETWORKS**

*The paper discusses the transition of wireless networks to IP protocol and the impact of this process on the development of next generation networks (NGN). The performance of packet wireless networks of different scales and purposes is evaluated using the Iperf3 program to measure throughput. In particular, satellite links using geostationary satellites and Wi-Fi radio links are investigated. The spectral*

*characteristics of signals and the time dependence of the information rate of data transmission are analyzed. Trends in improving the efficiency of communication systems, including the use of multi-frequency ultra-wideband (UWB) systems, are discussed.*

Принятие принципов пакетной коммутации и массовый переход беспроводных сетей связи на IP-протокол [1-2] ознаменовали наступление эпохи сетей нового поколения NGN (Next Generation Network), которые являются более эффективным инструментом доставки мультисервисной информации до потребителя.

В этой связи в данной работе получены оценки производительности пакетных беспроводных сетей различного назначения и масштаба, в режимах, характерных для практически интересных ситуаций.

Для измерений использовалась Iperf3[3] - кроссплатформенная консольная клиент-серверная программа — генератор TCP и UDP трафика для тестирования пропускной способности сети. С ее помощью довольно просто измерить максимальную пропускную способность сети между сервером и клиентом и провести нагрузочное тестирование канала связи [5-7].

Для выполнения тестирования программа должна быть запущена на двух устройствах (это могут быть как компьютеры, так и смартфоны, планшеты). Одно из них будет выполнять роль сервера, а другое - роль клиента. Между ними и будет происходить передача данных для измерения пропускной способности соединения.

В случае спутникового канала клиент и измерительный сервер размещались на различных сторонах космического канала связи, организованного через геостационарный спутник [8-9]. Исследуемый ресурс представлял собой дуплексный симметричный канал связи с частотным разделением и возможностью одновременного изменения используемой полосы частот в каждом из направлений.

Спектр сигналов, используемых для организации связи в спутниковом канале представлен на рис. 1.



Рис. 1. Спектр сигналов в спутниковом канале

Для оценки производительности пакетной мультисервисной сети служебной радиосвязи клиентское оборудование располагалось в зоне радиопокрытия базовой станции, для которой производились измерения [10]. Измерительный сервер соединялся с сетью с помощью проводных коммуникаций, которые обеспечивали значительно более высокую скорость передачи данных [11].

Спектр сигналов, используемых для организации связи в канале служебной радиосвязи представлен на рис. 2.

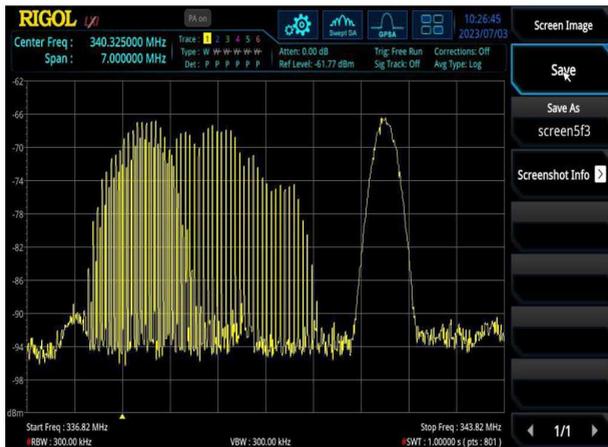


Рис. 2. Спектры сигналов в канале служебной радиосвязи

Спектральные параметры сигналов, используемых для передачи информации в беспроводной сети, можно надежно контролировать по характеру кривых, которые формирует анализатор спектра (рис. 1). Так

спектральные характеристики сигналов в радиоканале *Wi-Fi*, сформированные в ходе проведения измерений, имеют вид, представленный на рис.3 [4].



а б  
 Рис. 3. Спектральные характеристики сигналов в радиоканале сети *Wi-Fi*.  
 а) спектр сигнала с полосой в 40 МГц б) спектр сигнала с полосой в 80 МГц

Зависимость информационной скорости передачи данных от времени в спутниковом канале представлена на рис. 4.

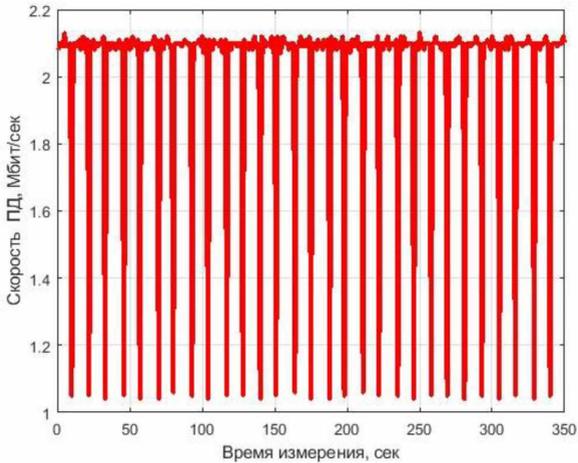
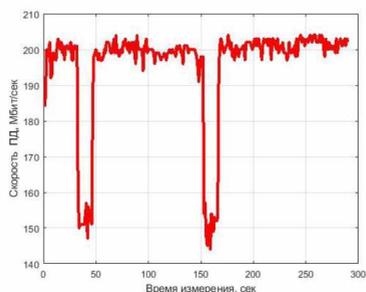
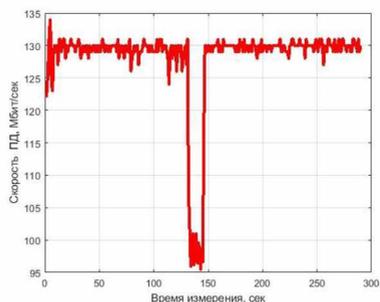


Рис. 4. Информационная скорость передачи данных в спутниковом канале

Информационная скорость передачи данных в радиоканале сети *Wi-Fi* представлена на рис. 5.



а

б

*Рис. 5. Информационная скорость передачи данных в радиоканале сети Wi-Fi.*

*а) с полосой в 40 МГц б) с полосой в 80 МГц*

В условиях перезагрузки радиочастотного спектра (РЧС) создаются новые системы связи, призванные решить данную проблему, внедряются решения, повышающие эффективность использования РЧС выделенного как для старых, так и для новых систем. Создание новых спектрально эффективных систем производится параллельно с государственным реформированием системы управления использованием радиочастотного спектра, преследующим те же цели. На сегодняшний день тенденцией повышения эффективности систем связи является комбинирование технологий радиодоступа. Одним из решений являются многочастотные сверхширокополосные (СШП) системы связи. Применение СШП систем делает возможным совместное использование выделенной полосы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Альшаев И.А., Лаверухин В.А.* О проектировании и оптимизации сетей *Wi-Fi*// Информационные технологии и телекоммуникации, 2016, Том 4, № 1 с.87-95
2. *Забродин А.Н., Войцеховский В.Н., Черников Д.Ю.* Особенности измерения параметров мультисервисной сети связи на основе технологии *Wi-Fi*. В сборнике: Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики. Материалы 19-ой Международной молодежной научно-практической конференции. 2018. С. 287-292
3. *Зеленков Н.С., Черников Д.Ю.* Indoor-навигация с использованием сетей *Wi-Fi*. В сборнике: Современные проблемы радиоэлектроники. Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 125-й годовщине Дня радио. Сибирский федеральный университет. 2020. С. 301-305.
4. *Рева И.Л., Богданов А.А., Малахова Е.А.* Применение точек доступа *Wi-Fi* для регистрации движения объектов / Научный вестник НГТУ том 68, № 3, 2017 г.
5. [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.signal\\_monitoring\\_wifimonitoring](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.signal_monitoring_wifimonitoring)
6. <https://russia-huawei.ru/huawei-ar611w/>
7. <https://iperf.fr/iperf-download.php>
8. *Шорин А.О., Девлшиов А.Г., Туров А.В., Черников Д.Ю.* Использование технологии космической ретрансляции внутрисистемных каналов связи в задачах организации абонентского радиодоступа. - Научный журнал «Исследования наукограда», №3-4(18), 2016, стр. 39-44. - ISSN 2225-
9. *Девлшиов А.Г., Туров А.В., Черников Д.Ю.* О возможности использования технологии радиодоступа для организации «последней мили» космических систем связи. - Сб. труд. III Всероссийской научно-технической конференции «Системы связи и радионавигации». Красноярск, 2016 г. с.50-54.
10. *Черников Д.Ю., Войцеховский В.Н.* Эмпирическая оценка статистических характеристик задержки в сети широкополосного радиодоступа MCWILL. - СПб НТО РЭС: труды ежегодной НТК. 2019. № 1 (74). С. 97-100.
11. *Синиборов И.Ю., Туров А.В., Черников Д.Ю.* Практика измерений скорости передачи данных для мультисервисных систем служебной радиосвязи. В книге: Системы связи и радионавигации. V Всероссийская научно-техническая конференция. 2018. С. 71-74.

**Попова Татьяна Сергеевна**, студент, 2 курс, бакалавриат. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Институт инженерной физики и радиоэлектроники, Россия, город Красноярск, улица Киренского 28, 660074, телефон: 8 (391) 291-29-67, email: [dir\\_efir@sfu-kras.ru](mailto:dir_efir@sfu-kras.ru).

**Черников Дмитрий Юрьевич**, кандидат технических наук, заведующий базовой кафедрой Инфокоммуникаций. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Институт инженерной физики и радиоэлектроники, Россия, город Красноярск, улица Киренского 28, 660074, телефон: 8 (391) 291-29-67, email: [dir\\_efir@sfu-kras.ru](mailto:dir_efir@sfu-kras.ru).

**Радьгин Руслан Евгеньевич**, студент, 2 курс, бакалавриат. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», Институт инженерной физики и радиоэлектроники, Россия, город Красноярск, улица Киренского 28, 660074, телефон: 8 (391) 291-29-67, email: [dir\\_efir@sfu-kras.ru](mailto:dir_efir@sfu-kras.ru).