СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ ХХХІІІ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ РАЕН

«МОБИЛЬНЫЙ БИЗНЕС: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ»

Конференция организована региональным отделением Российской академии естественных наук «Экономика и качество систем связи» и ЗАО «НИРИТ». Место и год издания сборника: Москва, 2013.

Место проведения конференции: Республика Индонезия, Лангкави.

Начало конференции: 15 апреля 2013.

Окончание конференции: 17 апреля 2013.

Содержание

Оглавление докладов	c. 2				
СЕКЦИЯ І. ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНІ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ	ИРОВАНИЯ				
Анализ радиоинтерфейсов 4-го поколения. О.А. Шорин, Р.С. Аверьянов	c. 3-12				
Модель отказов в предоставлении соединений в мобильных системах связи, учитывающая различные факторы. О.А. Шорин, А.О.Шорин	c. 13-32				
Исследование характеристик функционирования алгоритма идентификации помех в диапазоне 900 мГц. С.В. Сухацкий	c. 33-41				
СЕКЦИЯ II. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ					
Измерение количества информации. А.С. Аджемов, Б.П. Хромой	c. 42-49				
Обеспечение единства измерений длительности соединений и объёма информации. А.С. Аджемов, Б.П. Хромой	c. 50-64				
СЕКЦИЯ III. РЕГУЛЯТОРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СО РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕРАДИОВ	, ,				
Тенденции и факторы развития перспективных радиотехнологий в регионах Российской Федерации. <i>Е.Е. Володина, Я.М. Гасс</i>	c. 65-72				
Обоснование критериев кластерного анализа и результаты его применения при распределении высвобождаемых полос радиочастотного спектра по регионам РФ. Е.Е. Володина, А.Ю. Плосский	c. 73-85				
Анализ реализации федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания до 2015 года». Е.Е. Володина, Д.В. Веерпалу	c. 86-90				

СЕКЦИЯ І. ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

АНАЛИЗ РАДИОИНТЕРФЕЙСОВ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ

О. А. Шорин,

Московский технический университет связи и информатики, профессор, д.т.н.,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: oshorin@gmail.com,

Р. С. Аверьянов,

Московский технический университет связи и информатики, аспирант,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: roman3178823@gmail.com

УДК 621.396

Аннотация. Проведен подробный сравнительный анализ радиоинтерфейсов 4-го поколения мобильной радиосвязи стандартов LTE и McWiLL. Приводятся основные технические особенности стандартов, их положительные и отрицательные стороны в формировании канального ресурса, а также, возможности стандартов в режиме хэндовера.

Ключевые слова: широкополосные системы связи, OFDM-модуляция, LTE, McWiLL, канальный ресурс, хэндовер.

ANALYSIS OF THE RADIO INTERFACE OF THE FOURTH GENERATION

Oleg Shorin,

Moscow technical university of communications and informatics, professor, doctor of technical sciences, 111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,

e-mail: oshorin@gmail.com,

Roman Averyanov,

Moscow technical university of communications and informatics,

graduate student,

111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,

e-mail: roman3178823@gmail.com

Annotation. Conducted a detailed comparative analysis of the radio interfaces of the 4th generation mobile radio standards LTE and McWiLL. Provided basic technical features of the standards, their positive and negative aspects in the formation of the channel resource, as well as, opportunities in standards mode handover.

Keywords: broadband communication systems, OFDM modulation, LTE, McWiLL, channel resource, handover.

Бурный рост в последние годы систем мобильного широкополосного доступа 4-го поколения привел к необходимости оценить и сравнить возможности различных стандартов по возможностям радиоинтерфейсов и характеристикам оказываемых услуг. Главным фактором в конкурентной борьбе различных стандартов является качество предоставляемых услуг и эффективность использования имеющихся ресурсов, в особенности частотного, что определяется целым рядом параметров, некоторые из которых рассмотрены далее.

Развитие стандартов в мире

В настоящее время в мире активно развиваются три направления технологий 4-го поколения: WiMAX, LTE и стандарт McWiLL. Так как мобильный WiMAX не получил достаточного развития в России, остановимся на двух наиболее перспективных и интересных стандартах LTE и McWiLL, сравнительная таблица которых приведена на рис. 1.

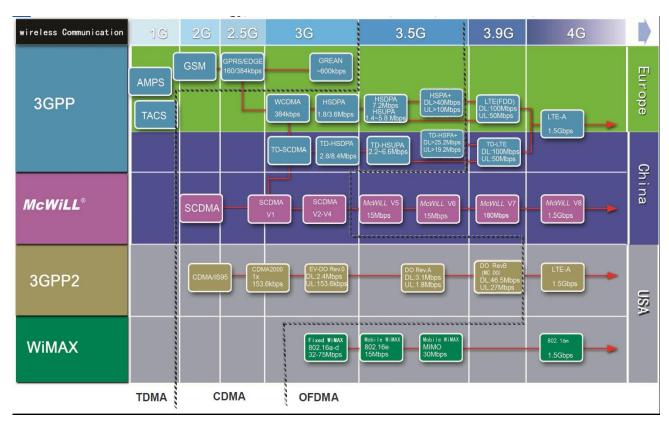


Рисунок 1.

Стандарт LTE получил наиболее масштабное развитие в мире. Крупнейшие операторы считают, что эта технология будет следующим витком развития сотовых широкополосных сетей. Этот стандарт поддержали все крупнейшие производители оборудования такие, как Huawei, Nokia, Siemens, Networks, ZTE. На данный момент в мире насчитывается 145 операторов, запустивших сети в 66 странах.

Стандарт McWiLL был разработан китайской компанией Синвей, как совокупность CDMA с OFDMA и получил большое распространение в Китае, Африке, США, Азии в основном как технология мобильного широкополосного доступа для корпоративных сетей связи.

Основные технические характеристики рассматриваемых стандартов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технология	McWiLL V5	McWiLL V7	HSPA	LTE
Модуляция	CS-OFDMA	CS-OFDMA	CDMA	OFDMA
Полоса	5МГц	20МГц	2Х5=10МГц	2Х20=40МГц
Разнос каналов	TDD(1 полоса)	TDD(1 полоса)	FDD(2 парные полосы)	FDD(2 парные полосы)
Динамическая модуляция	QPSK, 8PSK, QAM16, QAM64	QPSK, 8PSK, QAM16, QAM64	QPSK, 8PSK, QAM16	QPSK, 8PSK, QAM16, QAM64
Смарт антенны (SDMA)	да	да	нет	нет
Динамическое распределение каналов	да	да	нет	нет
MIMO	нет	да	нет	да
Асимметрия каналов	1:7, 2:6, 3:5, 4:4, 5:3, 6:2, 7:1	1:7, 2:6, 3:5, 4:4, 5:3, 6:2, 7:1	Невозможно	Невозможно
Максимальная пропускная способность	15Мбит/с	60Мбит/с	5,8Мбит/cup 14Мбит/cdow n	50Мбит/cup 100Мбит/cdo wn
Спектральная эффективнось	Збит/с/Гц	3,5бит/с/Гц	2бит/с/Гц	3бит/с/Гц

Сравнение канального ресурса LTE и McWiLL

Характеристики канального ресурса LTE

При использовании технологии OFDM передача данных осуществляется на множестве частотных поднесущих (subcarrier). При расстоянии между поднесущими $\Delta F = 15~\mathrm{k}\Gamma\mathrm{u}$ (опционально возможен еще вариант с 7,5 к $\Gamma\mathrm{u}$) длительность OFDM символа составляет $1/\Delta F = 66,7~\mathrm{k}$ мкс. В каждом слоте (0,5 мс) передают 6 или 7 OFDM символов в зависимости от длительности циклического префикса (Cyclic Prefix, CP). Длительность циклического префикса равна $TCP = 160\mathrm{x}TS = 5,2~\mathrm{k}$ мкс перед первым символом и $TCP = 144\mathrm{x}TS = 4,7~\mathrm{k}$ мкс

перед остальными символами. Также есть возможность использования расширенного циклического префикса длительностью TCP = 512xTS = 16,7 мкс. В этом случае в одном слоте передаются 6 OFDM символов.

Весь канальный ресурс разбивается на ресурсные блоки (РБ, Resource Block, RB). Один блок состоит из 12 расположенных рядом поднесущих, занимающих полосу 180 кГц, и одного временного слота (6 или 7 OFDM символов общей длительностью 0,5 мс). Каждый OFDM символ на каждой из поднесущих образует ресурсный элемент (РЭ, Resource Element, RE). При обычной конфигурации (со стандартной длительностью циклического префикса и, следовательно, с 7-ю OFDM символами в одном слоте) в нисходящем канале каждый ресурсный блок включает в себя 12x7 = 84 ресурсных элемента (рис. 2).

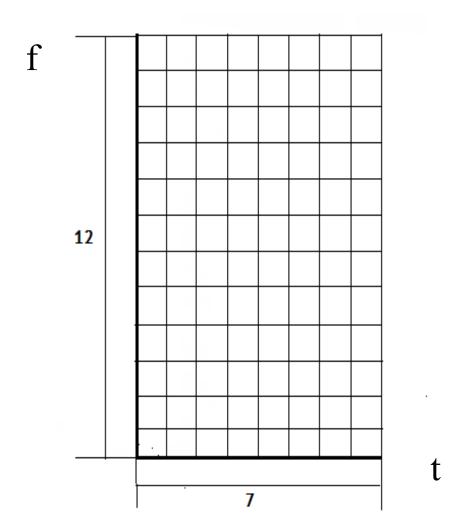


Рисунок 2.

При использовании полосы в 5 МГц можно передать 25 ресурсных блоков или 300 поднесущих. Один ресурсный блок полосой 180 КГц и 25 ресурсных блоков полосой 4,5 МГц (реальная полоса).

Характеристики канального ресурса McWiLL

При прочих равных условиях с LTE, технология McWiLL использует вариант расстояния между поднесущими равный $\Delta F = 7.812 \ \mathrm{kF}\,\mathrm{u}$ (также в каждом тайм слоте 1,1 мс), в котором передает 8 OFDM символов (или 10 при варианте суперслота). Длительность префикса равна 6 мкс и постфикса в роли защитного интервала 3,5 мкс (рис. 3).

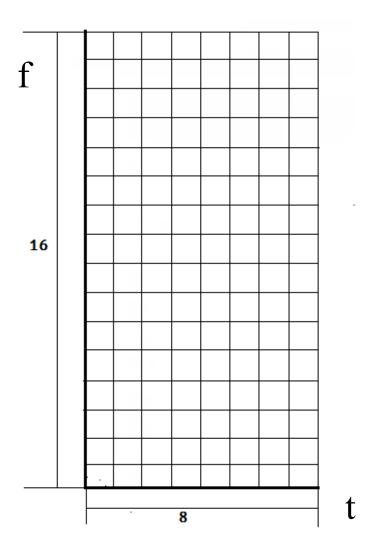


Рисунок 3.

Весь канальный ресурс в McWiLL разбивается на 16 поднесущих, занимающих полосу 125 КГц (в одном тайм слоте 8 OFDM символов общей длительностью 1,1мс). Ресурсный блок в NG-1 по аналогии с LTE включает в себя 16х8 =128 ресурсных элемента.

В 5 Мгц в McWiLL можно передать 40 ресурсных блоков или 640 поднесущих. Один ресурсный блок 125 КГц, 40 ресурсных блоков занимают полосу в 5 МГц.

Преимущества и недостатки различных сценариев использования технологий McWiLL и LTE при различной плотности населения, радиуса соты и предоставляемых услуг

Введем следующие обозначения:

- 1. Количество информации, передаваемое абонентом за сеанс: V [бит]
- 2. Скорость передачи информации по предоставляемому каналу связи: с [бит/час]
- 3. λ [сеансов/час] среднее количество сеансов связи за час.
- 4. Удельная нагрузка, создаваемая абонентом равна:

$$\rho = \lambda * \frac{v}{c} \tag{1}$$

 Γ де V/c – время необходимое для передачи информации в течение часа по каналу с пропускной способностью с.

5. Число каналов, которое выделяется с пропускной способностью с:

$$N_{\text{общ}} = \frac{c_{\text{общ}}}{c} \tag{2}$$

где $C_{\text{общ}}$ – общая пропускная способность системы.

6. Общее число каналов и суммарная нагрузка в системе связи соотносится как:

$$N_{\text{общ}} * \alpha = \rho_{\text{общ}}$$
 (3)

 $_{\rm ГДе} \, \alpha < 1 - {
m подбирается}, {
m чтобы обеспечить требуемую } {\it P}{
m отк}$

$$P_{\text{OTK}} = \frac{\frac{\rho^{N_{\text{O}} \text{GIII}}}{N!}}{\sum_{n=0}^{N_{\text{O}} \text{GIII}} \frac{\rho^{n}}{n!}}$$

$$\tag{4}$$

Количество обслуживаемых абонентов в этом случае определяется как:

$$m = \frac{\rho_{\text{общ}}}{\rho} \tag{5}$$

Рассчитав по приведенным выше формулам различные сценарии использования системы сотовой связи, представим результаты в виде графиков на рис. 4.

На графике представлены расчеты возможного покрытия БС при различной плотности населения и при различных нагрузках в системе связи McWiLL и LTE.

Например, если требуется передать 10 Мб данных, то при сельской застройке с плотностью не более 100 человек на квадратный километр достаточно иметь 1 БС с радиусом покрытия 10 км. Тогда каждый абонент сможет без труда пользоваться интернетом, смотреть новости, открывать веб-страницы, а также использовать голосовую связь.

С учетом своей специфики и использования высоких частот, технология LTE будет не эффективна, если сеть будет использоваться с параметрами выше красной линии. На данный момент технология LTE работает в диапазонах частот от 700 МГц, McWiLL работает в диапазонах от $300 \, \text{М}$ Гц, что позволяет использовать ее с параметрами сот, представленных на графике выше красной линии.

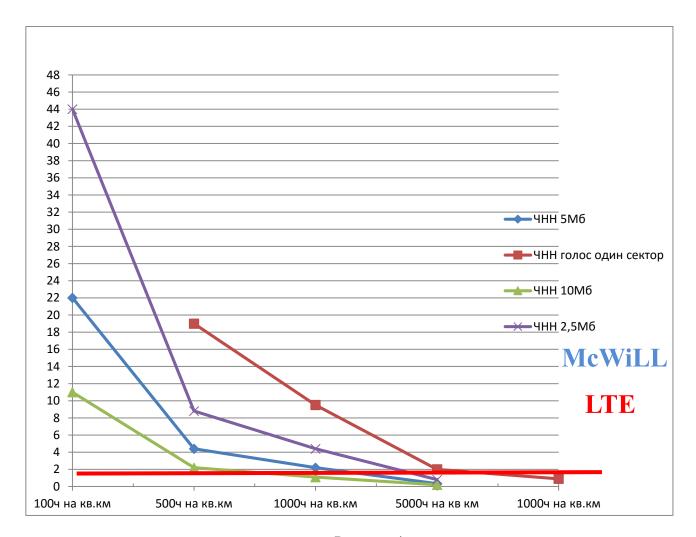


Рисунок 4.

Заметим, что если при тех же условиях абонентам нужна только голосовая связь, то радиус покрытия 1 БС в системе McWiLL может достигать 44 км.

Сравнение сценариев развертывания сетей стандартов LTE и McWiLL

Стандарт LTE имеет классическую структуру развертывания сети, которая не позволяет использовать одну частоту в каждой соте, поэтому весь частотный ресурс сети

приходится делить не менее чем на три, то есть строить сеть с коэффициентом повторения частоты N=3 чтобы избежать межсотовых помех (рис. 4).

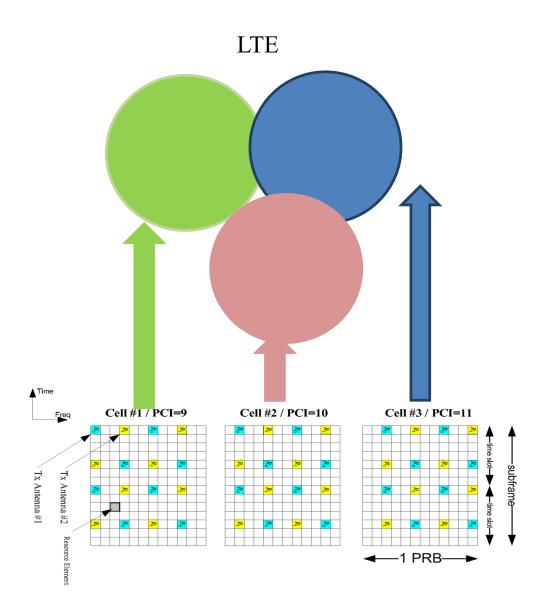
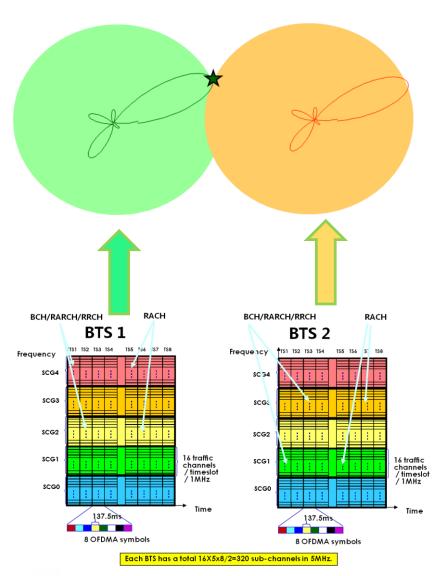


Рисунок 4.

Стандарт McWiLL, чтобы избежать межсотовых помех, и при этом эффективно использовать спектр с коэффициентом повторения частоты N=1, использует технологию СМАРТ антенн со сканирующим лучом (рис. 5).

McWiLL



SCG means sub-carrier group.

Рисунок 5.

Режим хэндовера в сетях LTE и McWiLL

В стандарте LTE поддерживается только жесткий хэндовер, что вызывает определенные проблемы в отношении абонентов. Как следствие этих проблем, управление мобильностью и непрерывная передача, являются сложными задачами. Учитывая то, что хэндовер создает прерывания во времени относительно пользователя, показатели с точки зрения успеха и задержки исполнения имеют большое значение. Для решения таких проблем в LTE используются дополнительные надстройки и также создание контрольных точек при передаче данных. Но при увеличении загрузки сот, при передаче данных разного типа (голос, данные, потоковое видео), при увеличении мобильности абонентов, задача беспрерывной передачи данных остаётся не решенной до конца.

Режим хендовера в McWiLL имеет интеллектуальный характер. За счет передачи и с использованием всех преимуществ OFDMA и CDMA существует жесткий хендовер для данных, где потери пакетов не так критичны за счет их дублирования, а также существует мягкий хэндовер для голоса, что позволяет без обрыва соединения перемещаться из соты в соту.

В результате проведенного анализа можно сделать выводы, что стандарт McWiLL имеет следующие преимущества:

- Прогрессивное сочетание методов прямого расширения спектра (CDMA) и ортогональных поднесущих (OFDMA) позволяет эффективно осуществлять частотно-территориальное планирование сети, при этом сохраняя высокую пропускную способность по трафику и высокую защищенность от замираний сигнала в результате его многолучевого распространения.
- Использование достаточно низких диапазонов частот позволяет строить сети с большими зонами обслуживания, что обеспечивает меньшее количество абонентов, находящихся в режиме хендовера, а также снижает затраты на строительство сети связи.
- Использование интеллектуальных сканирующих антенн позволяет обеспечить меньший уровень межсотовых помех и увеличивает абонентскую емкость сети.

Литература

- 1. Аверьянов Р. С., Шорин А. О. Особенности радиоинтерфейса стандарта McWiLL // Материалы XXIX конференции РАЕН «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2011, С. 14-29.
- 2. Шорин О. А., Аверьянов Р.С., Шорин А.О., Калугин В. Г. Определение технологических возможностей сети мобильного широкополосного доступа на базе технологии NG-1 //Материалы XXX конференции «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2011, С. 54-74.
- 3. Аверьянов Р. С., Шорин А. О., Акимов В. Н. Архитектура протокола радиоинтерфейса NG-1 // Материалы XXX конференции «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2011, С. 75-96.
- 4. Шорин А. О. Анализ потерь вызовов в сотовых системах мобильной связи // Материалы XXXII конференции «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2012, С. 19-26.
- 5. URL http://nxtt.org/technology/11/43/

МОДЕЛЬ ОТКАЗОВ В ПРЕДОСТАВЛЕНИИ СОЕДИНЕНИЙ В МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ С УЧЁТОМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

О. А. Шорин,

Московский технический университет связи и информатики, профессор, д.т.н.,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: oshorin@gmail.com,

А. О. Шорин,

Московский технический университет связи и информатики, аспирант,

> 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А, e-mail: as@nirit.org

УДК 621. 396

Аннотация. Разработана модель, описывающая работу соты в системе подвижной связи с учетом мобильности абонентов и возможности потерь каналов связи из-за попадания в зоны «радиотени» или зоны воздействия помех. Показано, что в предельных ситуациях (без потерь каналов или без мобильности абонентов) полученные аналитические выражения преобразуются в известные соотношения, которые можно найти в литературе для подобных ситуаций. Проведенное имитационное моделирование показало хорошее совпадение теоретической формулы расчета потерь и эксперимента, что позволяет сделать вывод о ее применимости в инженерных расчетах.

Ключевые слова: качество обслуживания, абонентский трафик, формула Эрланга, имитационное моделирование, дисциплина обслуживания, обрыв соединения, перегрузка соты, отказ в предоставлении канала, пуассоновский поток.

THE MODEL OF REFUSALS OF CONNECTIONS IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT VARIOUS FACTORS

Oleg Shorin,

Moscow technical university of communications and informatics, professor, doctor of technical sciences, 111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A, e-mail: oshorin@gmail.com

Alexander Shorin,

Moscow technical university of communications and informatics,

graduate student,

111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,

e-mail: as@nirit.org

Annotation. The developed model describing the work cell in the mobile communication system considering mobility of subscribers and the possibility of loss of communication channels because the contact area of radio shadow or zone of interference. It is shown that in the limiting situations (without loss of channels or no mobility subscribers) the analytical expressions are converted into a known ratio, which can be found in the literature for similar situations. The conducted simulation has shown good agreement between the theoretical formula of loss calculation and experiment that allows to make a conclusion about its applicability in engineering calculations.

Keywords: service quality, subscriber traffic, the Erlang formula, simulation, discipline, dropped connections, overload cells, denial channel, Poisson stream.

В сотовых системах связи одним из важнейших является вопрос поддержания в период функционирования системы заданных параметров качества обслуживания (QoS). Одним из таких параметров является вероятность отказа в предоставлении канала. В отличие от стационарных систем сотовые системы связи формируют отказ абоненту в предоставлении канала не только по причине занятости всех возможных каналов, но и по причине обрыва соединения, возникающего по двум причинам: выхода абонента из зоны обслуживания и попадания абонента в зону «радиотени» или замирания сигнала.

В [2] предложена модель, описывающая процесс поступления и обслуживания вызовов в зоне обслуживания базовой станции системы мобильной связи с учетом подвижности абонентов с использованием разноскоростных пуассоновских потоков с параметрами:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \qquad \rho^{\scriptscriptstyle M} = \frac{\lambda^{\scriptscriptstyle M}}{\mu^{\scriptscriptstyle M}},$$

где λ, μ — интенсивности поступления и обслуживания вызовов в соте/секторе, $\lambda^{\scriptscriptstyle M}, \mu^{\scriptscriptstyle M}$ — интенсивности входа/выхода подвижных абонентов в/из зоны обслуживания базовой станции.

В [5] предложено процесс обрыва соединений за счет замираний сигнала также описывать пуассоновским потоком с параметрами ω -удельная интенсивность потери соединения из-за попадания в зону «радиотени» (замираний сигнала), ν -удельная интенсивность восстановления соединения после выхода абонента из зоны «радиотени». Завершение соединения по причине попадания в «радиотень» может произойти только у активного абонента. Восстановление потерянных соединений производится в сети на основе истечения таймеров ожидания и выполнения последующих процедур освобождения занятого ресурса, для этого в рассмотренную в [2] модель дополнительно вводятся потери соединений по причине попадания абонентов в зоны «радиотени». Для модели мобильности Эрланга, которая с учетом пропавших каналов становится трехмерной, можно записать уравнение баланса фаз [5]:

$$\begin{split} & \left\{ P_{i,n_{a}+1,j} \mu(n_{a}+1) - P_{i,n_{a},j} \lambda(i-n_{a}) \right\} - \left\{ P_{i,n_{a},j} \mu n_{a} - P_{i,n_{a}-1,j} \lambda(i-n_{a}+1) \right\} + \\ & + \left\{ P_{i+1,n_{a},j} \mu^{M}(i+1) - P_{i,n_{a},j} \lambda^{M} \right\} - \left\{ P_{i,n_{a},j} \mu^{M}i - P_{i-1,n_{a},j} \lambda^{M} \right\} + \\ & + P_{i,n_{a}+1,j} \omega(n_{a}+1) - P_{i,n_{a},j} \omega n_{a} - \\ & - P_{i,n_{a}+1,j} \omega(n_{a}+1) + P_{i,n_{a},j} \omega n_{a} + \\ & - P_{i,n_{a},j} \omega n_{a} - P_{i,n_{a},j} j \nu + P_{i,n_{a}+1,j-1} \omega(n_{a}+1) + P_{i,n_{a},j+1}(j+1) \nu = \\ & = \left\{ P_{i,n_{a}+1,j} (\mu + \omega)(n_{a}+1) - P_{i,n_{a},j} \lambda(i-n_{a}) \right\} - \left\{ P_{i,n_{a},j} (\mu + \omega)n_{a} - P_{i,n_{a}-1,j} \lambda(i-n_{a}+1) \right\} + \\ & + \left\{ P_{i+1,n_{a},j} \mu^{M}(i+1) - P_{i,n_{a},j} \lambda^{M} \right\} - \left\{ P_{i,n_{a},j} \mu^{M}i - P_{i-1,n_{a},j} \lambda^{M} \right\} + \end{split}$$

$$+ \left\{ P_{i,n_a,j+1}(j+1)\nu - P_{i,n_a+1,j}\omega(n_a+1) \right\} - \left\{ P_{i,n_a,j}j\nu - P_{i,n_a+1,j-1}\omega(n_a+1) \right\} = 0$$
(1)

где n_a -число активных абонентов, или действующих соединений в соте, аj- текущее число пропавших соединений по причине попадания абонентов в зону «радиотени».

Как показано в [5], при вполне адекватных допущениях о разделении переменных можно получить решение в виде:

$$P_{i,n_a,j} = P_{0,0,0} \left(\rho^{M} \right)^{i} \left(\frac{\lambda}{\mu^{*}} \right)^{n_a} \left(\frac{\lambda}{\mu^{*}} \right)^{j} \left(\frac{\omega}{\nu} \right)^{j} \frac{1}{n_a! (i - n_a)!} \frac{(i - n_a)^{j}}{j!}$$
(2)

где $\mu^* = \mu + \omega$.

 $P_{0.0.0}$ в (2) можно найти из условия нормировки:

$$P_{0,0,0} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\left(\rho^{M}\right)^{i}}{i!} \sum_{k=0}^{N} C_{i}^{k} \left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{k} \left(1 + \frac{\omega}{\nu}\right)^{k} = 1$$
(3)

Общее число занятых каналов складывается из n_a , занятых активными абонентами, и j, находящихся в числе отказавших:

$$k = n_a + j$$

Перегрузки будут возникать тогда, когда общее число занятых каналов k достигнет предельного уровня N. Поэтому нам необходимо найти распределение двух дискретных переменных i (число абонентов в соте) и $k = n_a + j$ — число занятых каналов.

В [5] показано, что решение может быть получено в виде:

$$P_{i,k} \approx \frac{\frac{\left(\rho^{M}\right)^{i}}{i!} C_{i}^{k} \left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{k} \left(1 + \frac{\omega}{\nu}\right)^{k}}{\sum_{l=0}^{\infty} \frac{\left(\rho^{M}\right)^{l}}{l!} \sum_{m=0}^{\min(l,N)} C_{l}^{m} \left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{m} \left(1 + \frac{\omega}{\nu}\right)^{m}}, i=0,1,..., k=0,1,..., \min(i, N).$$

$$(4)$$

Если провести формально замену

$$\frac{\lambda}{\mu^*} \left(1 + \frac{\omega}{\nu} \right) \longrightarrow \frac{\lambda}{\mu}$$
 (то есть, задать $\omega = 0$), $\mu^k \longrightarrow n_a$

то получим:

двумерного распределения числа мобильных абонентов i и числа активных соединений n_a .

Таким образом, полученные результаты являются обобщением известных случаев с возможностью потери соединения по причине попадания в зону замираний радиосигнала.

Не бесполезно также отметить, что преобразование

$$\frac{\lambda}{\mu^*} \left(1 + \frac{\omega}{v} \right) = \frac{\lambda}{\mu + \omega} \left(1 + \frac{\omega}{v} \right)$$
 с точностью до обозначения переменных, совпадает с

преобразованием нагрузки (2.6), приведенном в книге [3] на стр. 26-27. Но данное преобразование в указанной книге получено для одномерного закона Эрланга Б после введения в модель отказов.

На рис. 1 показан результат расчета двумерного распределения, $P_{i,k}$ по (4) для такого набора параметров: $\lambda^{\scriptscriptstyle M}=15$, $\mu^{\scriptscriptstyle M}=0.0083$, $\lambda=0.001$, $\mu=0.016667$, $\omega=0.0005$, $\nu=0.0333$ и N=120.

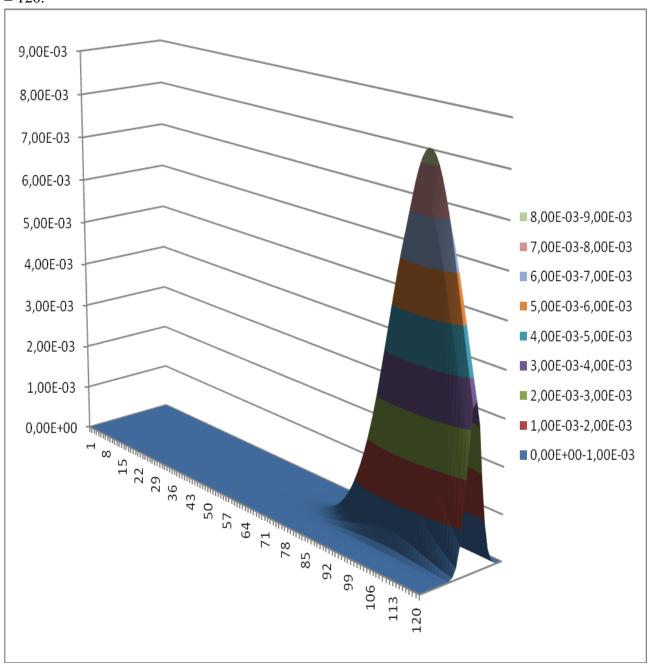
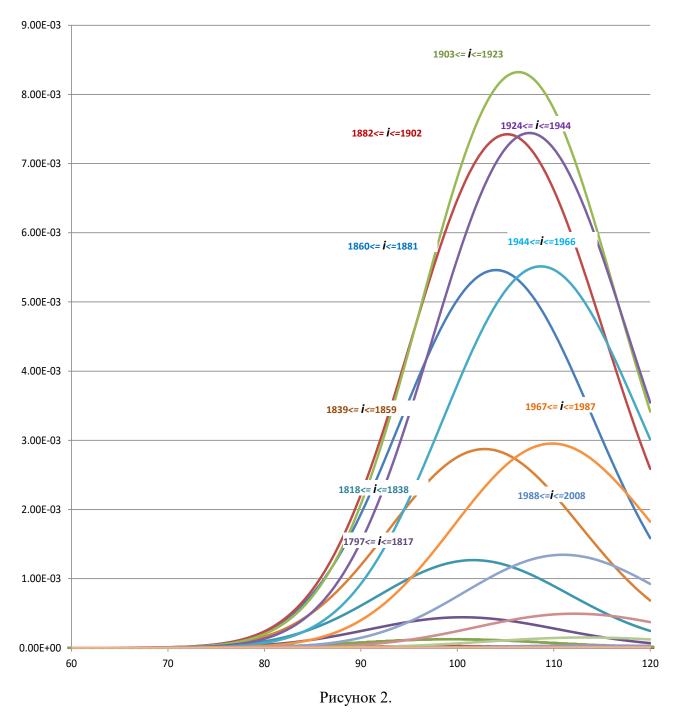


Рисунок 1.

Это соответствует среднему числу абонентов в соте $\rho^{_{M}} = \frac{\lambda^{_{M}}}{\mu^{_{M}}} \approx 1807$, среднему числу занятых каналов (в приближении Эрланга Б) $\frac{\rho^{_{M}}\lambda}{\mu} \approx 108.5$ и средней вероятности Drop Call $\frac{\omega}{\nu} \approx 1.5\%$.

На рис. 2 показаны сечения той же двумерной плотности для различных значений диапазонов числа абонентов в соте.



Любопытно заметить, что наиболее значимые показатели вероятности нагрузки наблюдаются при некотором превышении числа абонентов среднего значения (1807 в данном случае).

Представляется полезным найти также двумерную плотность вероятности $P_{i,j}$ для числа абонентов в соте i и числа потерянных каналов j. Для этого нужно просуммировать трехмерную плотность (2) по параметру n_a от 0 до (N-j). Однако в общем случае такой подход не позволяет получить компактное выражение. Результат имеет вид функции от многократных сумм, где в качестве аргументов появляются неполные бета функции. Однако, если принять ограничивающее условие на не превышение порога 5% вероятностью перегрузок (GoS), то с той же относительной точностью приближения (в пределах 5%) можно восстановить двумерную плотность $P_{i,j}$, но уже в компактной форме. Достигается это путем замены диапазона суммирования (2.7) по n_a с [0,1,...,(N-j)] на [0,1,...,i].

При этом находим

$$P_{i,j} \approx \sum_{n_a=0}^{i} P_{i,n_a,j} = P_{0,0,0} \left(\rho^{M} \right)^{i} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^*} \right)^{j} \left(\frac{\omega}{\nu} \right)^{j}}{j! i!} \sum_{n_a=0}^{i} \left(\frac{\lambda}{\mu^*} \right)^{n_a} C_i^{n_a} (i - n_a)^{j} .$$
 (5)

Теперь воспользуемся еще одним стандартным приближением, справедливым для больших и средних сот: $i >> n_a$. Тогда

$$\left(i - n_a\right)^j = i^j \left(1 - \frac{n_a}{i}\right)^j \approx i^j e^{-\frac{n_a j}{i}}.$$
 (6)

Подставим (6) в (5) и получаем:

Учтем, что во всех ситуациях, когда сеть работает правильно, в сотах должно выполняться условие $\mathbf{j} << \mathbf{i}$. Значит можно считать $e^{-\frac{\mathbf{j}}{i}} \approx 1$ и для искомой плотности получаем:

$$P_{i,j} \approx \sum_{n_a=0}^{i} P_{i,n_a,j} = P_{0,0,0} \left(\rho^{M} \right)^{i} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^*} \right)^{j} \left(\frac{\omega}{\nu} \right)^{j} i^{j}}{j! i!} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^*} \right)^{i}, \quad j = 0,1,2,..., \min(N,i)$$
(7)

Проведем нормировку (7).

Для этого сначала просуммируем (7) по j. Причем, опять воспользуемся приближением j<<mi>m (N,i) для статистически значимых значений. Поэтому суммировать можно от 0 до ∞ .

$$\sum_{j=0}^{\min(i,N)} P_{i,j} \approx \sum_{j=0}^{\infty} P_{i,j} = P_{0,0,0} \frac{\left(\rho^{M}\right)^{i}}{i!} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{i} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j} \left(\frac{\omega}{\nu}\right)^{j} i^{j}}{j!} = P_{0,0,0} \frac{\left(\rho^{M}\right)^{i}}{i!} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{i} e^{\frac{\lambda \cdot \omega}{\mu^{*} \cdot \nu^{i}}}.$$
 (8)

И просуммируем по і:

$$\sum_{i=0}^{\infty} P_{0,0,0} \frac{\left(\rho^{\mathcal{M}}\right)^{i}}{i!} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{i} e^{\frac{\lambda \omega}{\mu^{*}} \nu^{i}} = P_{0,0,0} \exp\left(\rho^{\mathcal{M}} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right) \exp\left(\frac{\lambda \omega}{\mu^{*}} \frac{\omega}{\nu}\right)\right). \tag{9}$$

Из условия нормировки (9) должно равняться 1. Следовательно,

$$P_{0,0,0} = \exp\left(-\rho^{M}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right) \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)\right). \tag{10}$$

Подставляя (10) в (7) получаем приближенное выражение для двумерной плотности $P_{i,j}$ в компактной форме:

$$P_{i,j} \approx \exp\left(-\rho^{M}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right) \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)\right) \cdot \frac{\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{i}}{i!} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\frac{\omega}{\nu}\right)^{j}i^{j}}{j!}$$

$$(11)$$

Если просуммировать (11) по i, то можно получить распределение для числа потерянных каналов j.

$$P_{j} = \sum_{i=0}^{\infty} P_{i,j} \approx \exp\left(-\rho^{M}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right) \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)\right) \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\frac{\omega}{\nu}\right)^{j}}{j!} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{i}i^{j}}{i!}.$$
 (12)

Чтобы выполнить суммирование, заметим, что для реальных ситуаций статистически значимыми будут только случаи с i>>j. А это означает, что можно воспользоваться приближением $\frac{i^j}{i!} \approx \frac{1}{(i-j)!}$, и в (12) производить суммирование в пределах от jдо ∞ . Тогда

$$P_{j} \approx \exp\left(-\rho^{M}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right) \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)\right) \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\frac{\omega}{\nu}\right)^{j}\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}}{j!} \sum_{i=j}^{\infty} \frac{\left(\rho^{M}\right)^{i-j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{i-j}}{(i-j)!} \approx \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\frac{\omega}{\nu}\right)^{j}\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}}{j!} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\frac{\omega}{\nu}\right)^{j}\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}}{j!} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}}{j!} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)^{j}}{j!} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\omega}{\mu^{*}} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\omega}{\mu^{*}} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\omega}{\mu} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\omega}{\mu} = \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\lambda}{\mu}\frac{\omega}{\nu}\right) \cdot \frac{\omega}{\mu}$$

$$\approx \exp\left(-\rho^{M}\left(1+\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)\left(\exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)-1\right)\right)\cdot\frac{\left(\rho^{M}\right)^{j}\left(1+\frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j}\left(\exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}}\frac{\omega}{\nu}\right)-1\right)^{j}}{j!},\tag{13}$$

где $j=0,\ 1,\ 2,\ \dots$ — число потерянных каналов из-за попадания абонентов зоны замираний радиосигнала.

При выводе (13) мы пользовались приближением i>>j, но в полученном соотношении (13) мы можем формально от него отказаться. Это позволит учесть то, что j не может превосходить N – максимальное число каналов, поддерживаемое сотой. В результате получим распределение Эрланга В:

$$P_{j} \approx \frac{\left(\rho^{\scriptscriptstyle M}\right)^{j} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{j} \left(\exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}} \frac{\omega}{\nu}\right) - 1\right)^{j}}{j!} / \sum_{m=0}^{N} \frac{\left(\rho^{\scriptscriptstyle M}\right)^{m} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^{*}}\right)^{m} \left(\exp\left(\frac{\lambda}{\mu^{*}} \frac{\omega}{\nu}\right) - 1\right)^{m}}{m!}, \tag{14}$$

которое, конечно, дает практически те же самые результаты, что и (13) в реальных ситуациях.

У распределения (14) интересная связь характеристики интенсивности с параметрами:

$$\rho^{\scriptscriptstyle M} = \frac{\lambda^{\scriptscriptstyle M}}{\mu^{\scriptscriptstyle M}}, \lambda, \mu^* = (\mu + \omega), \omega \text{ и } \nu.$$

$$\rho^* = \rho^{M} \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{\mu^*} \right) \left(\exp\left(\frac{\lambda}{\mu^*} \frac{\omega}{\nu} \right) - 1 \right), \tag{15}$$

которая задает среднее статистическое и дисперсию числа потерянных каналов. Например, если обратиться к тому же набору, параметров $\lambda^{M} = 15$, $\mu^{M} = 0,0083$, $\lambda = 0,001$, $\mu = 0,016667$, $\omega = 0,0005$, $\nu = 0,0333$, что был использован для рис. 2.1, то из (15) находим:

$$\rho^* \approx 1.672 << 120 (N = 120).$$

Если же интенсивность потока событий попадания в зону радиозамираний увеличить в 10 раз и в 2 раза увеличить временные затраты системы на восстановление потерянных каналов (то есть взять $\omega = 0.005$, $\nu = 0.016667$), то из (15) получим:

$$\rho^* \approx 26.36 \quad << 120 \quad (N = 120).$$

Все равно потерянные каналы будут составлять меньшую часть от ресурса соты. В [2, гл. 3] приведены расчетные параметры для макро, микро и пико сот:

1) Для макросотового покрытия ($R = 1000 \, \text{м}$)

 $\lambda^{M} \approx 33$ аб/с, $\mu^{M} \approx 0.02$ с⁻¹, $\rho^{M} \approx 1$ 650 аб. – для мобильности с V = 120 км/ч,

 $\lambda^{\text{M}} \approx 14 \text{ аб/c}, \ \mu^{\text{M}} \approx 0,0083 \text{ c}^{-1}, \ \rho^{\text{M}} \approx 1 \text{ 680 аб.} -$ для мобильности с V = 50 км/ч,

 $\lambda^{M} \approx 14$ аб/с, $\mu^{M} \approx 0.00083$ с⁻¹, $\rho^{M} \approx 16800$ аб. – для мобильности с V = 5 км/ч.

2) Для микросотового покрытия ($R = 300 \, \text{м}$)

 $\lambda^{M} \approx 20$ аб/с, $\mu^{M} \approx 0.067$ с⁻¹, $\rho^{M} \approx 300$ аб. – для мобильности с V = 120 км/ч,

 $\lambda^{\text{M}} \approx 8,4 \text{ аб/c}, \ \mu^{\text{M}} \approx 0,028 \text{ c}^{-1}, \ \rho^{\text{M}} \approx 300 \text{ аб.} -$ для мобильности с V = 50 км/ч,

 $\lambda^{M} \approx 4,2$ аб/с, $\mu^{M} \approx 0,0028$ с⁻¹, $\rho^{M} \approx 1500$ аб. – для мобильности с V = 5 км/ч.

3) Для пикосотового покрытия (R = 100 м)

$$\lambda^{\scriptscriptstyle M} \approx 13,3$$
 аб/с, $\mu^{\scriptscriptstyle M} \approx 0,2$ с⁻¹, $\rho^{\scriptscriptstyle M} \approx 67$ аб. – для мобильности с V = 120 км/ч,

$$\lambda^{\text{M}} \approx 5.6 \text{ аб/c}, \ \mu^{\text{M}} \approx 0.083 \text{ c}^{-1}, \ \rho^{\text{M}} \approx 67 \text{ аб.} -$$
 для мобильности с V = 50 км/ч,

$$\lambda^{\text{M}} \approx 1.4 \text{ аб/c}, \ \mu^{\text{M}} \approx 0.0083 \text{ c}^{-1}, \ \rho^{\text{M}} \approx 170 \text{ аб.} -$$
для мобильности с V = 5 км/ч.

Если воспользоваться (15), то для таких сот можно рассчитать ожидаемое число потерянных каналов. Соответствующие данные приведены в таблицах 2.1-2.3. Параметры λ и μ выбирались равными 10^{-3} и 10^{-2} , что наиболее характерно для современных условий работы.

В табл. 1 представлены ожидаемые потери каналов для макросот. Таблица 1

V = 120 km/ч							
ων	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007		
0.02	2.64	3.48	4.31	5.12	5.91		
0.03	1.76	2.32	2.87	3.41	3.94		
0.04	1.32	1.74	2.15	2.56	2.95		
0.05	1.05	1.39	1.72	2.05	2.36		
	V	′ = 50 км/ч					
ν	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007		
0.02	2.69	3.54	4.39	5.21	6.02		
0.03	1.79	2.36	2.92	3.47	4.01		
0.04	1.34	1.77	2.19	2.6	3.01		
0.05	1.07	1.42	1.75	2.08	2.41		
	V = 5 км/ч						
ν	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007		
0.02	26.86	35.45	43.86	52.11	60.19		
0.03	17.9	23.62	29.23	34.72	40.1		
0.04	13.43	17.72	21.92	26.03	30.07		
0.05	10.74	14.17	17.53	20.82	24.05		

В табл. 2 представлены ожидаемые потери каналов для микросот.

Таблица 2

V = 120 km/ч					
ων	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
0.02	0.48	0.63	0.78	0.93	1.07
0.03	0.32	0.42	0.52	0.62	0.72
0.04	0.24	0.32	0.39	0.46	0.54
0.05	0.19	0.25	0.31	0.37	0.43
	V	′ = 50 км/ч			
ων	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
0.02	0.48	0.63	0.78	0.93	1.07
0.03	0.32	0.42	0.52	0.62	0.72
0.04	0.24	0.32	0.39	0.46	0.54
0.05	0.19	0.25	0.31	0.37	0.43
	\	/ = 5 км/ч			
ων	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
0.02	2.4	3.17	3.92	4.65	5.37
0.03	1.6	2.11	2.61	3.1	3.58
0.04	1.2	1.58	1.96	2.32	2.68
0.05	0.96	1.27	1.57	1.86	2.15

В табл. 3 представлены ожидаемые потери каналов для пикосот.

На рис. 3 показан результат расчета двумерного распределения $P_{i,j}$ по (11) для набора параметров, аналогичного случаю, показанному на рис. 1: $\lambda^{\scriptscriptstyle M}=15\,{\rm aG/c},~\mu^{\scriptscriptstyle M}=0{,}0083\,{\rm c}^{-1},$ $\lambda=0{,}001\,{\rm c}^{-1},~\mu=0{,}016667\,{\rm c}^{-1},~\omega=0{,}0005\,{\rm c}^{-1},~\nu=0{,}0333\,{\rm c}^{-1}$ и N=120. Это соответствует макросотовому покрытию территории с мобильными абонентами, перемещающимися со средней скоростью 50 км/ч. Как можно видеть, потери каналов (Drop Call Rate) не превышают 6 – 7. Большее количество потерь может наблюдаться с очень малыми вероятностями.

На рис. 4 показаны сечения той же двумерной плотности $P_{i,j}$ для различных значений диапазонов числа абонентов в соте.

Таблица 3

V = 120 км/ч					
ων	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
0.02	0.11	0.14	0.17	0.21	0.24
0.03	0.07	0.09	0.12	0.14	0.16
0.04	0.05	0.07	0.09	0.1	0.12
0.05	0.04	0.06	0.07	0.08	0.1
	V	′ = 50 км/ч			
ν	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
0.02	0.11	0.14	0.17	0.21	0.24
0.03	0.07	0.09	0.12	0.14	0.16
0.04	0.05	0.07	0.09	0.1	0.12
0.05	0.04	0.06	0.07	0.08	0.1
	\	/ = 5 км/ч			
ν	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007
0.02	0.27	0.36	0.44	0.53	0.61
0.03	0.18	0.24	0.3	0.35	0.41
0.04	0.14	0.18	0.22	0.26	0.3
0.05	0.11	0.14	0.18	0.21	0.24

Чтобы сравнить характер поведения двумерных плотностей $P_{i,j}$ для макросот и микросот, на рис. 5 приведены расчетные характеристики сечений вероятности потери каналов для микросоты. Параметры были такими: $\lambda^{\scriptscriptstyle M}=8.4\,\mathrm{ab/c},~\mu^{\scriptscriptstyle M}=0.028\,\mathrm{c^{-1}},~\lambda=0.002\,\mathrm{c^{-1}},~\mu=0.016667\,\mathrm{c^{-1}},~\omega=0.0005\,\mathrm{c^{-1}},~\nu=0.0333\,\mathrm{c^{-1}}$ и N=40.

Рис. 6 показывает двумерную плотность $P_{i,j}$ для микросоты. Сопоставляя его с рис. 3, можно оценить различия в характере распределений потерянных каналов для макросот и микросот. Для микросоты ситуации с отсутствием потерянных каналов наиболее вероятны. А для макросоты — наиболее вероятно наблюдение нескольких потерянных каналов. То есть, для маленьких сот начинает сильнее проявляться эффект «мерцания».

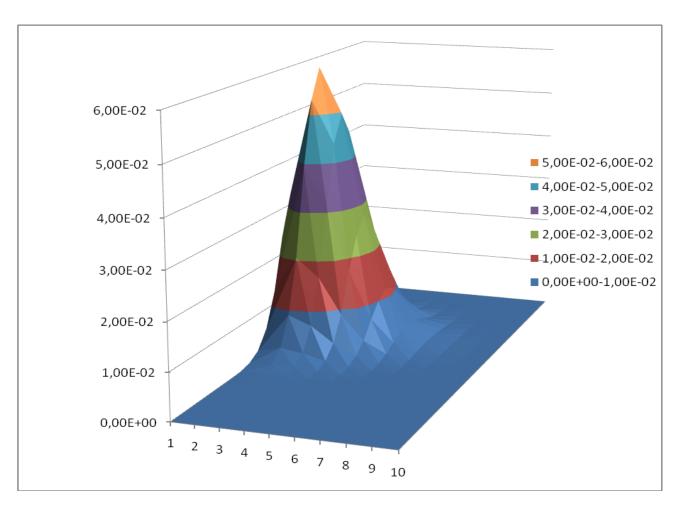


Рисунок 3.

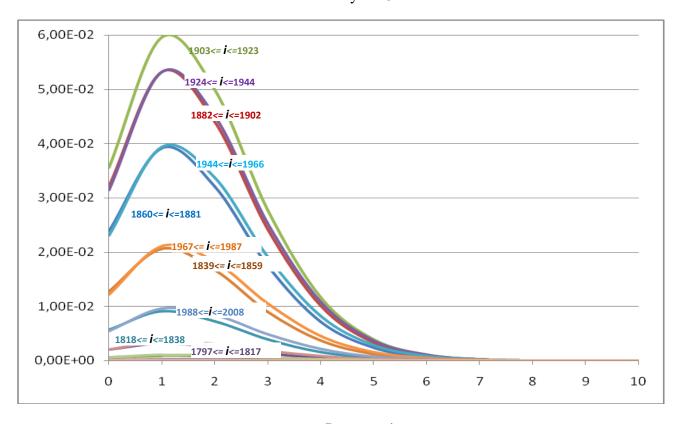


Рисунок 4.

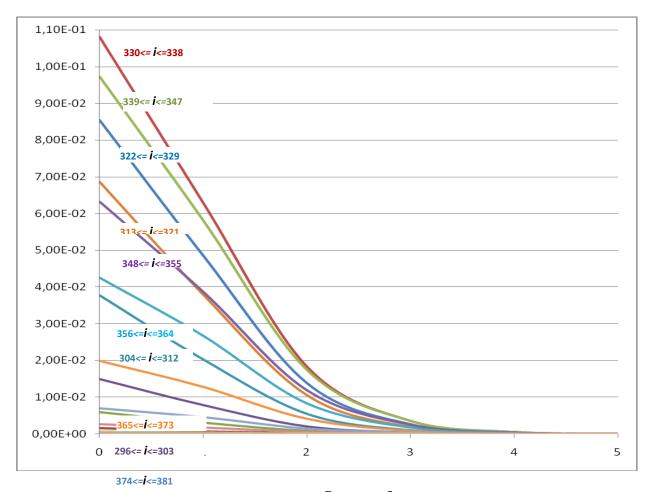


Рисунок 5.

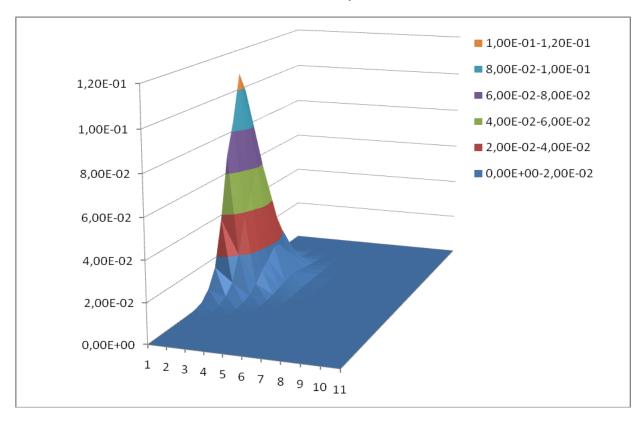


Рисунок 6.

Для проверки адекватности реальной ситуации полученных выводов, а также для более широкого исследования рассматриваемой ситуации была разработана имитационная модель (алгоритм и программа) динамического состояния радиоканалов в соте. Алгоритм и программа моделируют процессы появления/ухода из соты мобильных абонентов, периодического занятия ими канальных ресурсов, поддерживаемых сотой, а также возможного их попадания в области «радиотени», вследствие чего может происходить преждевременный разрыв с последующей потерей радиосоединений.

Следует отметить, что ряд указанных процессов имеют существенно различающиеся скорости протекания. В результате, установление устойчивых состояний происходит за интервалы времени, различающиеся на несколько порядков. Это заметно осложняет процесс моделирования, так как попытка выделить элементарный квант времени, ориентируясь на самый быстрый из процессов (поток входящих абонентов в зону ~ 10-30 единиц/с), приводит к огромным выборкам, необходимым для сбора представительных данных о статистических параметрах медленных процессов («дыхание» количества абонентов в соте, определяемое средним временем пребывания отдельного абонента в ней ~ (1-2) *10³ секунд для пешего потока в макросоте).

На рис. 7 показан процесс появления отдельного абонента в соте, возможные акты занятия/освобождения им канала связи, попадание в зону «радиотени» с потерей соединения и, наконец, выход из зоны (соты).

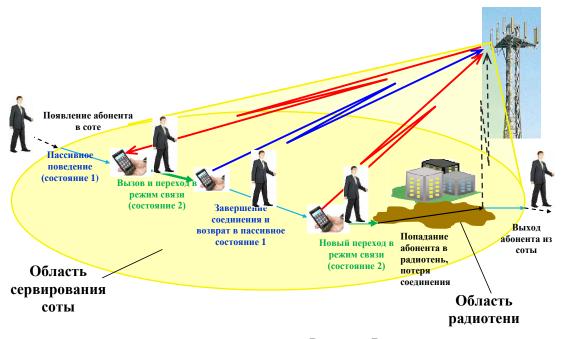


Рисунок 7.

Состояния отдельного абонента могут быть следующими:

- 1) абонент вне соты (состояние «0»);
- 2) абонент входит в зону сервирования соты (состояние «1»);
- 3) абонент устанавливает соединение в данной соте (состояние «2»);
- 4) абонент попадает в зону «радиотени» и теряет активное соединение, после чего канал еще какое-то время остается закрепленным за данным абонентом. Этот период будем называть состоянием «3»;

5) в период, пока потерянный в зоне «радиотени» канал еще не возвращен в число доступных для использования, абонент, связанный с ним, может выйти из соты. Состояние с момента выхода абонента до момента освобождения потерянного канала, будем называть состоянием 4. Фактически состояние 4 выделяется из состояния 3 по признаку того, что абонент, поддерживающий потерянное соединение уже вышел из соты.

На рис. 8 показан график возможных переходов между состояниями абонента. Только состояние 4 связано с абонентом не непосредственно, а опосредованно, так как фактически в нем сам абонент уже отсутствует в соте, а остается только неосвобожденный от его соединения канал.

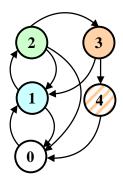


Рисунок 8.

Каждый из возможных переходов на конечном интервале времени происходит с некоторой вероятностью. Для моделирования подобных процессов используется довольно очевидная техника с названием «сети Петри». Она состоит в том, что в программе создается довольно объёмный массив, каждый элемент которого называют «фишкой сети Петри». Все фишки первоначально считают находящимися в состоянии «0». Каждому элементу массива приписывают ряд параметров:

- 1) само текущее состояние;
- 2) сопутствующие ему характеристики (например, момент перехода фишки в данное состояние, длительность пребывания в нем или момент выхода из него, из какого состояния осуществился вход, в какое состояние выполнится выход и т.д.).

В результате, чтобы провести имитацию поведения отдельных абонентов в соте, достаточно задать статистические модели для вероятностей переходов между состояниями, показанными на рис. 8, и смоделировать поведение фишек соответствующей сети Петри. При этом, сняв необходимые статистические характеристики поведения множества фишек, можно получить интересующие показатели для поведения абонентов в соте.

Базовым элементом программы является моделирование цепочек переходов отдельных фишек (абонентов). Для экономии объема задействованной в программе памяти, а также вычислительной производительности для необходимых преобразований в случаях возникновения перегрузок, в программе реализован принцип формирования цепочек переходов в скользящем окне ограниченного размера. Этот подход потребовал использовать более сложный алгоритм управления цепочками состояний с тремя основными операциями:

- усечения цепочки состояний слева, путем обрезания на каждом шаге моделирования прошлых переходов, которые уже обработаны и внесены в статистические данные;
- достройки цепочки справа (в направлении будущего), чтобы на текущем интервале моделирования она была полностью сформирована, и можно было собрать данные о нагрузке и числе абонентов;

• усечения цепочки справа (по отмененным будущим переходам) от точки наблюдения перегрузки, с последующей попыткой достройки ее от указанного момента перегрузки.

Следующим, более высоким уровнем работы программы является сбор и обработка статистических данных. Накопление и обработка статистических данных, относящихся к нагрузке и числу абонентов в зоне соты, осуществляется на каждом элементарном такте моделирования. Основная идея, положенная в основу такой обработки, состоит в формировании упорядоченного множества моментов, в которые происходит либо изменение состояния какого-нибудь соединения/абонента, либо вход/выход абонента в/из соты. Между такими моментами состояние системы с описательной точки зрения остается неизменным и поэтому время нахождения в этом состоянии накапливается в соответствующей ячейке счетчиков, отвечающей заданной нагрузке и заданному интервалу числа абонентов соты. Для экспериментальной проверки теоретических расчетов для двумерного распределения нагрузки и числа абонентов в макросоте формировалась гистограмма для совместного распределения нагрузки и числа абонентов в соте. Число абонентов фиксировалось в диапазонах, так как для достоверного формирования оценки плотности в условиях отдельных значений числа абонентов требуется выборка огромных объемов, что недоступно для современных персональных вычислительных средств.

Form1 λ_{-}^{M} 2= 0.0012 0.0005 (D = 0.00083 0.01667 $\mu =$ 0.0333 Em= 1807 Sm = 43120 N = Задайте число интервалов гистограммы колличества абонентов = 23 1654 1680 0 1552 1578 1603 1705 1629 1731 1756 1777 1794 1820 1837 1858 1884 1909 1935 1960 1986 2011 2037 2062 Введите имя файла рапорта (*.xlsx) s Тмодел = 16 02 00 Day,Hour,Min Расчет Stop

Параметры моделирования были следующими:

Рисунок 9.

Параметры на рис. 9 полностью соответствуют обозначениям теоретического материала. Дополнительные характеристики связаны с разработанным алгоритмом моделирования:

- 23 число интервалов, на которые разбиваем весь диапазон числа возможных абонентов в соте $(0; +\infty)$.
- Множество ячеек, содержащее $H_0 = 0$, H_1 , ..., H_{last} границы интервалов разбиения для числа абонентов в соте. Первая граница всегда = 0, а последний интервал всегда (H_{last} ; $+\infty$).
- dT элементарный интервал времени работы соты, используемый при моделировании изменений нагрузки и числа абонентов в соте.
- Т_{модел} время сбора статистики, используемое при моделировании работы соты. Измеряется в днях, часах и минутах работы соты (это не то время, которое работает программа моделирования, а то, которое моделируется для соты).

Результаты эксперимента по построению плотностей вероятностей распределения числа абонентов и нагрузки отображены на рис. 10–11 для параметра ω = 0,0005 который задает удельную интенсивность попадания в зону «радиотени» на отдельное активное соединение. На рис. 12 результаты расчета и моделирования вероятности перегрузки (потери вызова).

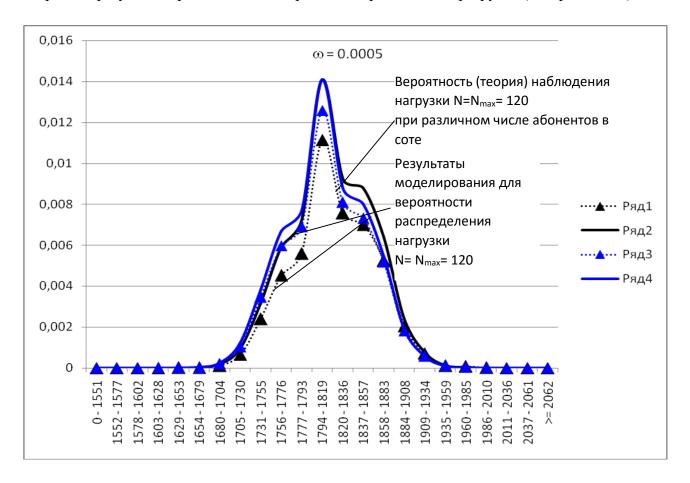


Рисунок 10.

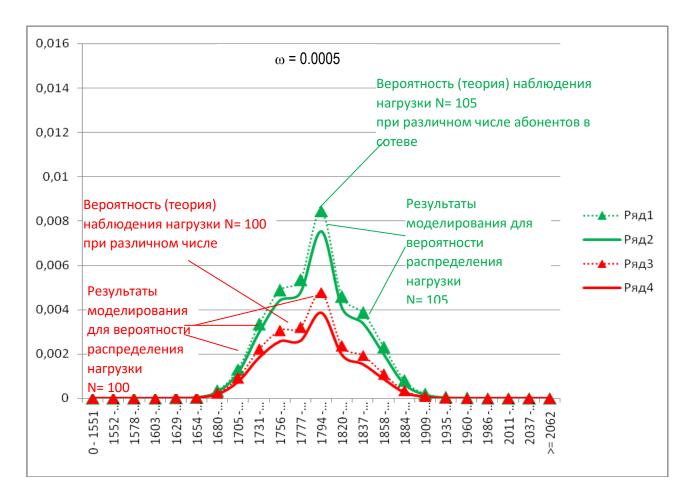


Рисунок 11.

На рис. 12. представлена зависимость вероятности перегрузки соты со 120 рабочими каналами от средне ожидаемой величины запрашиваемого трафика, для разного числа абонентов.

Ожидаемая средняя нагрузка по Эрлангу:

 $B=p^{M*}p$

.

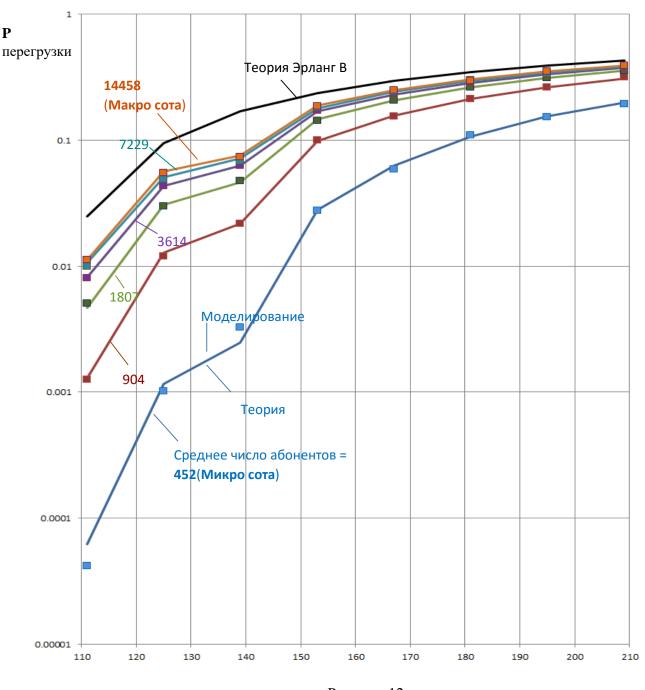


Рисунок 12.

Заключение

Разработана модель, описывающая работу соты в системе подвижной связи с учетом мобильности абонентов и возможности потерь каналов связи из-за попадания в зоны «радиотени» или зоны воздействия помех.

Показано, что в предельных ситуациях (без потерь каналов или без мобильности абонентов) полученные аналитические выражения преобразуются в известные соотношения, которые можно найти в литературе [1–3] для подобных ситуаций. Таким образом, полученные результаты можно трактовать, как развитие известных подходов на более общие случаи, охватывающие сразу как процессы перегрузки (GoS), так и потерь каналов (Drop Call Rate). В результате, единой формой анализа удалось объединить сразу два основных показателя КРІ (перегрузки и обрывы).

Разработанный метод моделирования равноскоростных Пуассоноских потоков, позволяет за реальное время провести имитационное моделирование и анализ качественных показателей таких систем массового обслуживания, как сотовые системы связи, в которых помимо занятости каналов, отказ в обслуживании может произойти из-за замираний сигнала и из-за выхода абонента из зоны обслуживания.

Проведенное имитационное моделирование показало хорошее совпадение теоретической формулы расчета потерь и эксперимента, что позволяет сделать вывод о ее применимости в инженерных расчетах.

Литература

- 1. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Изд-во Физматлит, 2002.-496 с.
- 2. Шорин О.А. Методы оптимального распределения частотно-временного ресурса в системах подвижной радиосвязи: Дис. докт. техн. наук: 05.12.13; [Место защиты: МТУСИ]. М., 2005. 351 с.
- 3. Суторихин Н.Б. Оценка надежности элементов коммутируемых телефонных сетей. М.: Связь, 1974. 232 с.
- 4. Кемени Дж., Снелл Дж. Конечные цепи Маркова. М.: Изд-во Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1970. 272 с.
- 5. Шорин О.А., Орехов А.А., Шорин А.О. Качество обслуживания вызовов в сотовых системах связи с учетом замираний // Вестник РАЕН, 2009. №2, 2009. С. 57 61.
- 6. Шорин О. А., Щучкин В. М. Имитационное моделирование межсотовых перемещений и мониторинг локальных перегрузок в системах связи с подвижными объектами // Материалы XXXI конференции «Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2012, С. 16-26.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОМЕХ В ДИАПАЗОНЕ 900 МГЦ

С. В. Сухацкий,

Московский технический университет связи и информатики, аспирант, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8A

УДК 654.16

Аннотация. В статье представлены результаты исследования алгоритма идентификации источников излучений, базирующиеся на одноканальном алгоритме пеленгования. Техника одноканального пеленгования с использованием антенных решеток с электронным переключением диаграмм направленности, является перспективной для средств автоматизированного радиомониторинга, рассчитанных на современные стандарты мобильной связи. Предложен алгоритм идентификации углового положения источника излучения, позволяющий повысить точность пеленгования и снизить количество аномальных пеленгов, а также сохранить работоспособность даже в случае наличия двух излучений близкой интенсивности. Представлены результаты машинного моделирования предложенного алгоритма пеленгования.

Ключевые слова: одноканальное пеленгование, радиомониторинг, антенные решетки.

RESEARCH OF FUNCTIONING CHARACTERISTICS OF INTERFERENCE IDENTIFICATION ALGORITHM IN BAND 900 MHZ

Sergey Sukhatskiy,

Moscow technical university of communications and informatics, graduate student, 111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A

Annotation. The article presents the results of a research of the algorithm of identification of radiation sources based on single channel direction finding. Single channel direction finding technique, which uses the antenna arrays with electronic switching patterns is a promising means for automated radio monitoring, designed for modern mobile communication standards. An algorithm for identifying the angular position of the radiation source, which allows to increase the accuracy of direction finding and reduce the number of abnormal bearing and maintain performance even in the case of the two radiations with nearest intensity is proposed. The results of computer simulation of the proposed algorithm direction finding are presented.

Keyword: single channel direction finding, radio monitoring, antenna arrays.

Анализ тенденций развития и современного состояния телекоммуникационных технологий свидетельствует об обострении проблемы обеспечения эксплуатационной готовности радиочастотного ресурса к безотказному и корректному обслуживанию пользователей. Особую значимость при этом имеет диапазон частот 900 МГц, где в совпадающих или смежных полосах частот функционируют средства различных систем. При

этом возникновение проблем электромагнитной совместимости может происходить одновременно на нескольких уровнях:

- внутрисистемная электромагнитная совместимость (ЭМС);
- межсистемная ЭМС;
- ЭМС в условиях функционирования нелицензированных РЭС.

При этом в силу особенностей эксплуатации сотовых систем связи, поддержка внутрисистемной ЭМС на необходимом уровне требует постоянного мониторинга загрузки частотного диапазона и принятия своевременных мер по идентификации помех и локализации их источников. Последними, в свою очередь, могут являться как РЭС из состава самой системы, так и сторонние РЭС, в том числе нелицензированные. Так, при построении нового фрагмента сетей сотовой связи неизбежны трудности, связанные с ограниченностью ресурса на конкретной территории, и требующие радиочастотного автоматизированных средств радиомониторинга (АРМ). Гораздо труднее дело обстоит в случае межсистемной ЭМС, где использование средств АРМ является необходимым как на периоде формирования норм ЧТР, так и на этапе непосредственного внедрения новой системы. Особого рассмотрения требуют случаи, когда в совпадающих или смежных полосах частот функционируют радиопередатчики РЭС с техническими неисправностями, либо нелицензированные РЭС. Отличительной особенностью этой категории является в общем случае потенциальное отсутствие исходных данных не только о характеристиках самого передающего средства и параметрах его излучения, но как таковое отсутствие информации о потенциальном источнике помех. Применительно к диапазонам частот, в которых развертываются сети подвижной радиосвязи, помехи могут создаваться передающими средствами нелицензированного оборудования ретрансляции сигналов или беспроводного видеонаблюдения и др.

Учитывая тенденции перехода на принцип технологической нейтральности, задача разработки алгоритмов идентификации реализуемых с использованием одноканальных и в т. ч. специализированных РПУ, является особенно актуальной.

Автором представлены результаты исследования функционирования алгоритма идентификации помех в диапазоне 900 МГц. Конструктивность алгоритма, предполагающая минимизацию аппаратных затрат, достигается за счет возможности использования радиоприемного устройства с единственным радиочастотным входом и электронным переключением диаграмм направленности (ДН) (сканирующего луча с фиксированным числом пространственных положений). Подобная техника, наиболее часто используемая применительно к ESPAR антеннам, является перспективным направлением для реализации простых и эффективных средств APM, рассчитанных на современные стандарты связи (в том числе с кодовым разделением каналов), особенно мобильного и передвижного базирования.

Применяемая традиционно оценка пеленга, с некоторыми вариациями, сводится к определению аргумента от экстремума функции корреляции между измеренным и прогнозируемым векторами мощностей. Детальный анализ функционирования алгоритма идентификации показывает, что точность определения направления угла прихода излучения без применения дополнительных мер, оказывается ограниченной. В данной статье предложен алгоритм пеленгования, отличающийся рядом усовершенствований, позволяющих повысить как точность пеленгования, так и достоверность идентификации помех путем снижения вероятности ошибочных пеленгов при низких ОСШ.

В предложенном алгоритме, для вычисления угла пеленга, в качестве исходных данных предполагается использовать вектор мощностей, измеряемых при приеме излучения направленными антенными элементами (АЭ) кольцевой антенной решетки (АР). При этом, реализация определенного перечня усовершенствований, как будет показано ниже, позволяет достичь точности пеленгования, которая предъявляется к современным средствам АРМ мобильного исполнения. Данный подход обеспечит сохранение функциональности алгоритма вне зависимости от типа разделения каналов, применяемого в системах связи, функционирующих в диапазоне 900 МГц, что особенно актуально в связи с широким внедрением в данном диапазоне сетей связи стандарта IMT-2000/UMTS.

Техника пеленгования с использованием одноканального радиоприемного устройства нашла широкое применение в различных областях радиосвязи. В частности, из современных разработок наиболее часто используют данные методы для определения направления прихода излучения на основе так называемых ESPAR (Electronically Steerable Parasitic Array Radiator) антенных систем.

При этом, как правило, вопрос синтеза самой антенной системы с переключаемыми диаграммами направленности, решается стандартными путями. Так, например, в [1,2] приведены методики формирования ESPAR антенных систем, в том числе синтез антенных решеток с неравномерно расположенными элементами.

Наиболее интересными в таких задачах являются вопросы повышения достоверности и точности определения пеленга на источник излучения, а также, возможность снижения вычислительных затрат при проведении расчетов.

Так, например, в [3] используется алгоритм, базирующийся на оперировании разностной кривой соседних ДН, как поправочным коэффициентом относительно азимута ориентации главного максимума ДН с максимальной принятой мощностью. Данный алгоритм, имеющий сравнительно малую вычислительную нагрузку, позволяет определять угловое направление на источник излучения с ограниченной точностью.

В иных случаях, когда вопрос экономии вычислительных затрат не стоит так остро, математическое описание вычисления угла пеленга сводится к поиску такого предполагаемого угла прихода излучения, при котором обеспечивается наибольшая корреляция между вектором измеренных мощностей и вектором мощностей, рассчитанных с учетом известных параметров АЭ. Конкретная реализация функции, экстремум которой находится для определения угла пеленга, имеет различные вариации. Так, например, в [1] используется следующая запись выражения для целевой функции (objective function) $\Gamma(\theta)$:

$$\Gamma(\theta) = \frac{\sum_{k=1}^{N_{RP}} G_k(\theta) \cdot P_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N_{RP}} \left[G_k(\theta) \right]^2 \cdot \sum_{k=1}^{N_{RP}} \left[P_k \right]^2}}$$
(1)

где $G_k(\theta)$ — это диаграммы направленности n-го AЭ, P_k — вектор измеренных мощностей. При этом вычисленное значение угла пеленга $\hat{\theta}_{\Pi}$, соответствует наибольшему значению функции $\Gamma(\theta)$.

В [4] аналогичная функция записана в иной форме:

$$of\left(\theta\right) = \frac{1}{1 + \sqrt{r_{err}\left(\theta\right)}}, \quad r_{err}\left(\theta\right) = \frac{1}{N_{RP}} \cdot \sum_{k=1}^{N_{RP}} \left[\frac{P_k - \hat{P}_k\left(\theta\right)}{P_k} \right]^2$$
 (2)

где N_{RP} – длина вектора мощностей (количество позиций ДН AP);

 P_k и \hat{P}_k – измеренные и рассчитанные значения соответственно;

$$\hat{P}_{k}\left(\theta_{1}\right) = \hat{s}_{1} \cdot G_{k}\left(\theta_{1}\right) \tag{3}$$

Достоинством такой формулировки является возможность ее применения в случае прихода двух некоррелированных излучений близкой интенсивности. Поиск максимума функции в этом случае производится сразу по 4-м параметрам, указанным в выражении для расчета значения мощности:

$$\hat{P}_{k}(\theta_{1},\theta_{2}) = \hat{s}_{1} \cdot G_{k}(\theta_{1}) + \hat{s}_{2} \cdot G_{k}(\theta_{2}) \tag{4}$$

Недостатком формулировки (2) является то, что при вычислении $r_{err}(\theta)$, используются слагаемые, соответствующие АЭ, отвернутым от истинного направления на источник излучения, а следовательно, принимаемыми задними лепестками ДН АЭ. Измеренные уровни мощности в данных слагаемых значительно искажены собственными шумами РПУ, и не содержат полезной информации, пригодной для вычисления угла пеленга. Дополнительно ситуация усугубляется нестабильностью боковых и задних лепестков ДН при различных углах места, что не позволит точно спрогнозировать уровень мощности и приведет к дополнительным ошибкам.

Влияние данных факторов можно снизить, если при вычислениях целевой функции не учитывать значений k-х компонент $r_{err}(\theta)$, ДН АЭ которых снизилась до более определенного уровня ΔP , фактическое значение которых может быть привязано либо к среднему уровню боковых/задних лепестков, либо к уровню собственных шумов РПУ относительно максимального уровня сигнала, принятого АЭ.

С другой стороны, учитывая необходимость снижения вычислительных затрат, можно предложить формулировку целевой функции, при которой поиск ее максимума необходимо производить по меньшему количеству аргументов:

$$r_{err}(\theta) = \frac{1}{N_{RP}} \cdot \sum_{k=1}^{N_{RP}} \left[10 \log(P_k) - 10 \log\left(\hat{P}_k(\theta)\right) \right]^2$$
 (5)

Таким образом, предлагаемое выражение для $r_{err}(\theta)$ будет иметь вид:

$$r_{err}(\theta) = \frac{1}{N_{\Delta P}} \cdot \sum_{k} \left\{ 10 \log \left(P_{k} \right) - 10 \log \left[\hat{P}_{k}(\theta) \right] \right\}^{2} \Big|_{10 \log \left[\hat{P}_{k}(\theta) \right] > \max \left\{ 10 \log \left[\hat{P}_{k}(\theta) \right] \right\} - \Delta P} - \left[\frac{1}{N_{\Delta P}} \cdot \sum_{k} \left\{ 10 \log \left(P_{k} \right) - 10 \log \left[\hat{P}_{k}(\theta) \right] \right\} \Big|_{10 \log \left[\hat{P}_{k}(\theta) \right] > \max \left\{ 10 \log \left[\hat{P}_{k}(\theta) \right] \right\} - \Delta P} \right]^{2}$$

$$(6)$$

где ΔP – диапазон использования ДН АЭ, дБ;

 $N_{\Lambda P}$ — количество АЭ для которых выполняется условие:

$$10\log\left[\hat{P}_{k}\left(\theta\right)\right] > \max\left\{10\log\left[\hat{P}_{k}\left(\theta\right)\right]\right\} - \Delta P \tag{7}$$

При этом поиск максимума $of(\theta)$ по параметру \hat{s}_1 производить не требуется, как для случая одного излучения:

$$\hat{P}_{k}\left(\theta_{1}\right) = \hat{s}_{1} \cdot G_{k}\left(\theta_{1}\right) \tag{8}$$

так и для случая двух некоррелированных излучений:

$$\hat{P}_{k}\left(\theta_{1},\theta_{2}\right) = \hat{s}_{1} \cdot \left(G_{k}\left(\theta_{1}\right) + \frac{\hat{s}_{2}}{\hat{s}_{1}} \cdot G_{k}\left(\theta_{2}\right)\right) \tag{9}$$

Дополнительным усовершенствованием, позволяющим снизить влияние шумовых искажений на точность вычисления пеленга, является уточнение уровней мощности принимаемого сигнала с использованием корректирующих коэффициентов, вычисляемых по известному уровню собственных шумов. Данное усовершенствование особенно эффективно при низком отношении сигнал/шум, когда для АЭ отвернутых от истинного направления на источник излучения, спектральная плотность мощности шума соизмерима со спектральной плотностью мощности идентифицируемого излучения.

Для проведения оценки эффективности предложенных усовершенствований было проведено компьютерное моделирование функционирования алгоритма пеленгования с использованием табулированного описания ДН реальных АЭ 6-ти элементной АР. Результаты моделирования для отношения сигнал/шум (ОСШ) равного 15 дБ, а именно вычисление $of(\theta)$, нормированное по оси ординат рис. 1 и 2 для традиционного алгоритма и предложенного соответственно.

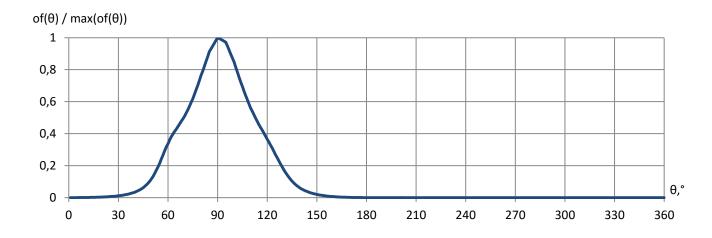


Рисунок 1.

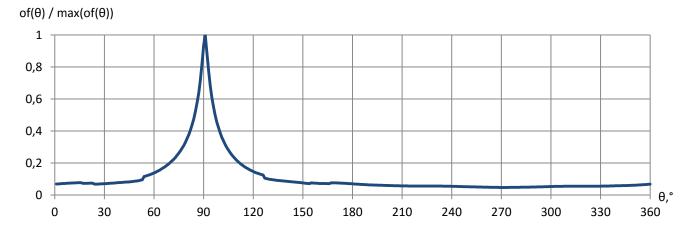
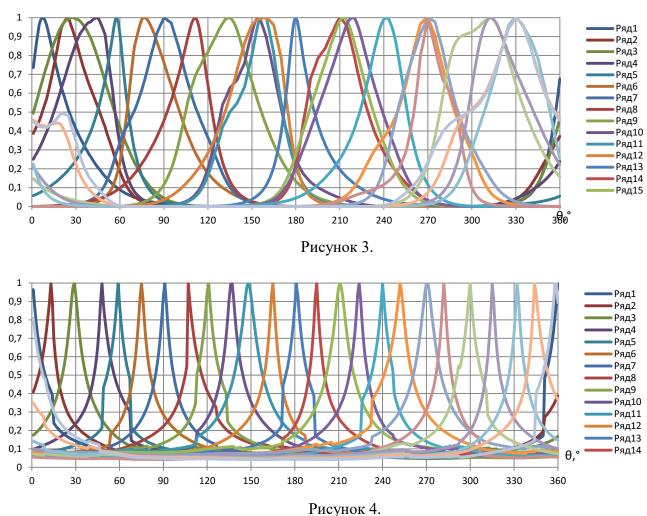


Рисунок 2.

На рис. З представлены сразу несколько зависимостей целевой функции для традиционного алгоритма, рассчитанные последовательно для значений истинного угла

пеленга 0, 15°... 360°. Аналогичные зависимости для предложенного алгоритма представлены на рис. 4.



Результаты моделирования обобщены в табл. 1, где представлены результаты функционирования алгоритмов вычисления направления на источник излучения для отношений сигнал/шум равных 20, 15 и 10 дБ соответственно. Здесь представлены математическое ожидание $M[\Delta\theta]$ и СКО $\sigma[\Delta\theta]$ определения угла, а также вероятность ошибочного пеленгования $P\{|\Delta\theta| > 10^\circ\}$ (ошибка более 10°).

Таблица 1

ОСШ, дБ	M[$\Delta\theta$], °		$\sigma[\Delta heta],^{\circ}$		$P\{\mid \Delta\theta\mid > 10^{\circ}\}$	
	трад.	предл.	трад.	предл.	трад.	предл.
20	0.14	-0.08	4.04	0.91	0.0	0.0
15	-0.6	-0.09	5.19	2.32	0.08	0.0
10	-0.55	0.28	5.78	3.29	0.17	0.01

Рассмотрим задачу определения пеленга в случае присутствия двух сигналов, имеющих схожую интенсивность.

Данная задача соответствует наличию в совпадающих/перекрывающихся полосах частот одновременно полезного и мешающего сигналов. Переход к решению данной задачи предполагает определение как направления прихода излучения от источников этих сигналов, так и их относительной интенсивности. Таким образом, два излучения, приходящие под разными углами, с большой вероятностью могут быть «разделены» и их пеленги вычислены.

На рис. 5 представлена функция $of(\theta)$, вычисленная в зависимости от двух переменных (углы прихода двух излучений) при фиксированной относительной интенсивности.

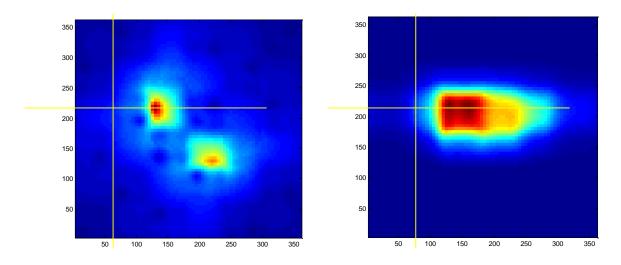
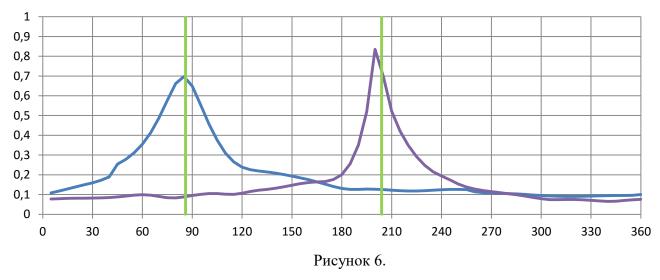
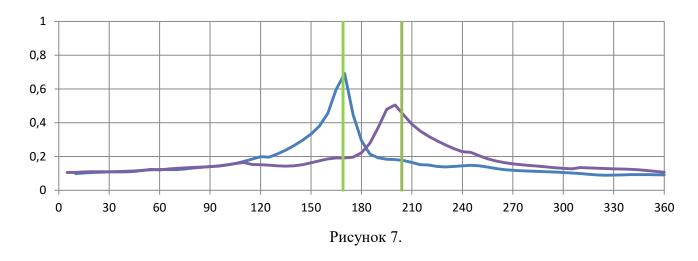


Рисунок 5.

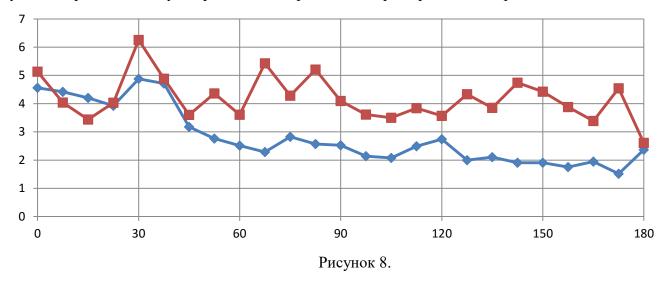
На рис. 6 представлены нормированные сечения двумерной функции $of(\theta)$, вычисленной предложенным алгоритмом пеленгования при двух соизмеримых по интенсивности излучений (зеленые маркеры – истинные значения углов прихода излучения) с угловым разносом 118° .



На рис. 7 представлены аналогичные сечения $of(\theta)$ для углового разноса 35°.



Приведенные выше результаты были пересчитаны в зависимости СКО пеленгования от углового разноса между направлениями прихода, которая приведена на рис. 8.



Несмотря на ломаный характер, вызванный конечным количеством точек, используемых для накопления статистики и усреднения, наглядно видна тенденция снижения СКО определения угловых координат при увеличении углового разноса для предложенного алгоритма и его версии с линейной размерностью вектора мощностей.

Для случая двух некоррелированных сигналов близкой интенсивности, результаты моделирования показывают, что предложенный алгоритм обеспечивает прирост точности определения угловых координат источников излучения, зависящий от углового разноса между ними. При этом наибольший прирост точности соответствует разносу ≥45°, где величина выигрыша по точности для ОСШ 15 дБ составляет 1,2 ... 2 раза. Усредненная величина по всему диапазону угловых разносов составляет ~ 1,6 раза.

Заключение

Представленный в статье алгоритм идентификации обеспечивает повышение достоверности и точности определения угловых координат при его реализации с использованием типовых одноканальных радиоприемных устройств, входящих в состав автоматизированных радиоизмерительных комплексов.

Конструктивность предложенного алгоритма, достигаемая путем выбора исходных данных в виде только вектора мощностей, измеряемых при приёме излучения направленными АЭ кольцевой АР, позволяет обеспечить идентификацию и определение угловых координат источников излучений стандартов связи с любым из видов разделения каналов, применяемых в диапазоне 900 МГп.

Повышение точности характеристик функционирования алгоритма идентификации подтверждено в ходе проведенного компьютерного моделирования. Так, для ОСШ более 15 дБ, предложенный алгоритм обеспечивает снижение СКО ошибки более чем в 1,7 ... 4,5 раза по сравнению с традиционными подходами для ОСШ 10...20 дБ.

В случае меньших ОСШ обеспечивается значительно более низкая вероятность ошибочных пеленгов (ошибка более 10°). Так, для ОСШ равного 10 дБ вероятность ошибочного пеленга падает с 0,17 до 0,01.

При наличии двух сигналов с близкой интенсивностью предложенный алгоритм обеспечивает снижение СКО ошибки в 1,6 раза для ОСШ равного 15 дБ, что обеспечивает возможность идентификации помехи в присутствии в пересекающейся/примыкающей полосе частот дополнительного излучения.

Литература

- 1. Chen Sun, Jun Cheng, Takashi Ohira. Handbook on advancements in smart antenna technologies for wireless networks. Information Science Reference, 2009. 584 p.
- 2. Sathish Chandran. Advances in direction-of-arrival estimation. Artech House radar library, 2005. 498 p.
- 3. Y. Ozaki, J. Ozawa, E. Taillefer. A simple DoA estimator using adjacent pattern power ratio with switched beam antenna. Progress in Electromagnetics Research C, Vol. 22, p. 55-71, 2011.
- 4. Pantelis K. Varlamos, Christos N. Capsalis. Direction-of-Arrival Estimation (DOA) Using Switched Parasitic Planar Arrays and the Method of Genetic Algorithms. Wireless Personal Communications, Vol. 28, N $_{2}$ 1, p. 59-75, 2004.
- 5. ITU-R SM. 1598. EN-Methods of radio direction finding and location on time division multiple access and code division multiple access signals.
- 6. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства. М: Горячая линия—Телеком, 2006. 492 с.

СЕКЦИЯ II. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

ИЗМЕРЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ

А. С. Аджемов,

Московский технический университет связи и информатики, профессор, д. т. н.,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: mtuci@mtuci.ru.

Б. П. Хромой,

Московский технический университет связи и информатики, профессор, д. т. н.,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: P_khromoy@rambler.ru

УДК 621.395.2

Аннотация. Раскрыта проблема формирования эталона, определяющего единицу информации для обеспечения единства измерений в мобильных системах связи. Представлены формулы, связывающие вес каждого символа, выраженного в битах и мощностью алфавита. Дана характеристика приборов и программного обеспечения, предназначенных для определения количества принятой информации или измерения длительности сеанса доступа к услуге.

Ключевые слова: оценка, эталон, единица, информация, алфавит, длительность соединения, Амулет-М, UMTS, ПИ АМУЛЕТ, Вектор-ИКИ, Вектор-ДАТА.

A MEASUREMENT OF THE AMOUNT OF INFORMATION

Artem Adjemov,

Moscow technical university of communications and informatics, professor, doctor of technical sciences,

111024, Moscow, Aviamotornaya St., 8A,

e-mail: mtuci@mtuci.ru,

Boris Khromoy,

Moscow technical university of communications and informatics,

professor, doctor of technical sciences,

111024, Moscow, Aviamotornaya St., 8A,

e-mail: P_khromoy@rambler.ru

Annotation. Reveals the problem of formation of the standard that defines the unit of information for ensuring the uniformity of measurements in mobile communication systems. Presents formulas linking the weight of each symbol is expressed in bits and the power of the alphabet. The characteristic of devices and software intended to determine the number of received data or measure of the session duration of access to the service.

Keywords: assessment, standard, unit, information, the alphabet, the duration of the connection, Amulet-M, UMTS, PI AMULET, Vector-IKI, Vector-DATA

В современном обществе радио, телевидение, Интернет являются средствами передачи информации. Обычный пользователь, не являющийся специалистом, работающим в этих областях, под информацией понимает получаемые им сведения. Опираясь лишь на такое понимание информации, невозможно точно оценить ее количество. В этом случае, оценка связана с интересами и знаниями конкретного человека, и не связана однозначно с длиной текстового сообщения.

Развитие мобильной связи, ЭВМ и Интернета потребовало ввести количественную меру информации, не зависящую от субъективного человеческого восприятия. Решение этой задачи возможно, если рассматривать информацию как произвольную последовательность символов, причем каждый новый символ увеличивает количество информации.

Для измерения количества информации, содержащейся в данной последовательности символов, как и любой величины, необходим эталон, определяющий её единицу.

Для «построения» эталона надо выбрать алфавит, на основе которого формируется сообщение. В применяемых системах связи и ЭВМ обычно используется двухсимвольный алфавит, состоящий из цифр 0 и 1. Эталонным считается слово, состоящее из одного символа такого алфавита. Количество информации, содержащейся в этом слове, принимают за единицу, называемую битом.

Имея эталон количества информации, можно оценивать количество информации, содержащейся в слове, которое записано в том же двухсимвольном алфавите. Количество информации, заключенной в таком слове, полагают равным количеству символов.

В ЭВМ каждый вводимый в машину символ (буква, цифра, знак операции и т.п.) кодируется словом длиной 8 бит. В двухсимвольном алфавите, например, буква "b" кодируется словом 01100010. Для удобства введены более крупные, чем бит, единицы количества информации. Восемь бит информации называют байтом. Байт — единица количества информации в Международной системе СИ. Значит, при вводе в ЭВМ одного символа, машине передается 1 байт информации. Количество информации в 1024 байта называется килобайтом и обозначается буквой К. Один мегабайт — это 1024 К.

Интересен вопрос, почему для ЭВМ каждый вводимый в машину символ (буква, цифра, знак операции и т.п.) кодируется словом длиной 8 бит. Для этого рассмотрим русский алфавит. Как известно алфавит — это набор букв, знаков, цифр. Количество символов в алфавите называется его мощностью. Мощность алфавита из русских букв и дополнительных символов: 33 буквы + 10 цифр + 11 знаков препинания + скобки + пробел = 54.

Двоичный алфавит состоит из 2-х символов 0 и 1. Информационный вес символа двоичного алфавита называется 1 бит. Следовательно, 1 бит — это 0 или 1. Если алфавит состоит из четырех символов, информационный вес каждого символа — 2 бита, поскольку для передачи четырех символов от 1 до 4 необходимо иметь комбинации: 00, 01, 10, 11.

С помощью трех бит можно передать 8 символов: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111. Отсюда следует, что в алфавите мощностью 8 символов информационный вес каждого символа – 3 бита.

Можно сделать вывод, что в алфавите мощностью 16 символов информационный вес каждого символа будет 4 бита, поскольку $2 = 2^1$, $4 = 2^2$, $8 = 2^3$, $16 = 2^4$.

Таким образом, можно сделать вывод, что информационный вес каждого символа, выраженный в битах (b), и мощность алфавита (N) связаны между собой формулой:

$$N = 2^b$$
.

Алфавит, из которого составляется «компьютерный текст», содержит 256 символов, то есть $N=2^i$, откуда $256=2^8$. Следовательно, один символ компьютерного алфавита «весит» 8 бит.

Единица количества информации была включена в систему единиц в соответствии с ГОСТ 8.417-2002. Термин «количество информации» в данном ГОСТе рассматривается применительно к устройствам цифровой обработки и передачи информации. Главной причиной введения единиц «бит» и «байт» явилась потребность определения объёма запоминающих устройств, количества памяти, используемой компьютерной программой.

В данном ГОСТе отмечается некорректность применения приставок СИ «кило», «мега» и т.п. применительно к принятой единице количества информации «байт». Как известно, в СИ используется десятичная система счисления и приставка «кило» означает $1000 = 10^3$, а в определении байта на основе используемой двоичной системы счисления — $1024 = 2^{10}$. В результате 1 Кбайт = 1024 байт, а 1 Мбайт = 1024 Кбайт, 1 Гбайт = 1024 Мбайт.

Поскольку «байт» вошел в систему СИ, Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии была поставлена задача разработки государственного первичного эталона единиц измерения объёмов передаваемой цифровой информации по каналам интернет и телефонии. Решение этой задачи было поручено Федеральному государственному унитарному предприятию «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ»).

Отсутствие государственного эталона и поверочной схемы для измерения объёмов информации не позволяет обеспечить единство измерений объёмов информации. Между надзорными органами Ростехрегулирования РФ, Минкомсвязи РФ, Управления контроля и надзора в сфере связи Россвязьохранкультуры РФ и операторами связи часто возникают конфликты, вплоть до судебных разбирательств, именно по причине отсутствия системы метрологического обеспечения измерения объёмов передаваемой цифровой информации.

Государственный первичный эталон предназначен для хранения и воспроизведения единиц объёмов (количества) цифровой информации и передачи размера единиц рабочим эталонам методами непосредственного сличения и прямых измерений, а также рабочим средствам измерения дистанционно по каналам связи стандартов UMTS, GPRS, Ethernet, LTE, WiMAX, EDGE, HSPA, ADSL, IMT-MC-450.

Государственный эталон обеспечивает: воспроизведение стандартных объёмов информации, измерение объёмов информации, прием и передачу информации по различным аналоговым и цифровым каналам связи с использованием различных протоколов, стандартов и интерфейсов. Диапазон значений воспроизводимых/измеряемых величин: от 1 байта до 1 Терабайта.

Эталонные объёмы информации представляют собой специальные тестовые объекты, содержащие известное точное количество информации. Число этих тестовых объектов и воспроизводимый ими эталонный объём количества информации приведены в табл. 1.

Эти тестовые объекты представлены файлами, содержащими повторяющуюся последовательность из 256 байтов со значениями от 0x00 до 0xFF. Такая её структура была выбрана из-за легкости её создания и воспроизведения, а также с целью унификации построения тестовых объектов. Файлы создавались с помощью специальной программы на языке СИ и помещены на хранение в файл-сервер.

Таблица 1

Объём	Название файла
20 Мбайт (20 971 520 байт)	20MB
50 Мбайт (52 428 800 байт)	50MB
100 Мбайт (104 857 600 байт)	100MB
200 Мбайт (209 715 200 байт)	200MB
500 Мбайт (524 288 000 байт)	500MB
1 Гбайт (1073 741 824 байт)	1GB
2 Гбайт (2 147 483 648 байт)	2GB
5 Гбайт (5 368 709 120 байт)	5GB
10 Гбайт (10 737 418 240 байт)	10GB
20 Гбайт (21 474 836 480 байт)	20GB
50 Гбайт (53 687 091 200 байт)	50GB
100 Гбайт (107 374 182 400 байт)	100GB
200 Гбайт (214 748 364 800 байт)	200GB
500 Гбайт (536 870 912 000 байт)	500GB
1 Тбайт (1 099 511 627 776 байт)	1TB

Абсолютная погрешность воспроизведения/измерения объёма 1 байт. Файл-сервер эталонных объёмов цифровой информации состоит из многоцелевого сетевого накопителя QNAPTS-239 ProII и двух жестких магнитных дисков SegateBarracuda 7200/12 – 2 Тбайт. Для обмена информацией и хранения данных, к серверу могут подключиться пользователи любых операционных систем Windows, Mac OS, Linux и Unix. Система предоставляет широкие профессиональные возможности по созданию и управлению ресурсами и пользователями.

Для проверки целостности файлов при хранении и передачи, для каждого из них в соответствии с ГОСТ Р34.11-94 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования» производится вычисление хеш-суммы.

Хеширование заключается в преобразовании входного массива данных произвольной длины в выходную битовую строку фиксированной длины. Такие преобразования называются хэш-функциями или функциями свертки, а их результаты называются хешем, хеш-суммой или дайджестом сообщения. Вычисление хеш-сумм производилось с помощью программ Rhash 1.2.7, ориентированной на реализацию ГОСТ Р34.11-94.

Необходимость обеспечения эталоном передачи и приема информации по различным аналоговым и цифровым каналам связи, привела к включению в состав эталона вспомогательных устройств, в том числе: IP-формирователя соединений «Амулет-М» с модулем UMTS и преобразователя информации «ПИ АМУЛЕТ».

«Амулет-М» был разработан для проведения испытаний с целью утверждения типа средств измерений и поверки оборудования, обеспечивающего учет объёма передаваемой/принимаемой информации и длительности сеанса связи при предоставлении услуг пакетной передачи информации и доступа в интернет.

Прибор представляет собой многоканальное программно-аппаратное устройство, реализованное на процессорах цифровой обработки сигналов, программируемых логических матрицах и микросхемах высокой степени интеграции. Он обеспечивает одновременное

формирование нескольких IP-соединений с известным количеством переданной информации или заданной длительностью сеанса.

Прибор также позволяет определять количество принятой информации или измерять длительность предоставленного сеанса доступа к услуге. Методология использования прибора состоит в следующем.

Проводятся несколько этапов испытаний, в каждом из которых устанавливается необходимое число IP-соединений. Этапы испытаний различаются между собой либо в зависимости от поверяемого параметра, либо объёмом передаваемых файлов, либо длительностью сеанса. По завершении процесса генерации соединений осуществляется сбор данных от системы учета и сопоставление их с данными, зафиксированными прибором, с целью определения погрешности учета контролируемой информации.

В процессе генерации соединений прибор формирует весь стек IP-протоколов. Пользовательская информация передается по протоколу FTP или TFTP. На следующем уровне формируются TCP или UDP соответственно, затем IP и далее протоколы канального уровня, соответствующие способу физического подключения.

Прибор обеспечивает фиксацию и расшифровку всех передаваемых пакетов, а также анализ, контроль и индикацию всех принимаемых пакетов. Прибор предусматривает возможность визуализации всех пакетов каждого соединения.

Прибор работает под управлением специально разработанного пакета программного обеспечения «АМУЛЕТ», функционирующего в среде WINDOWS XP.

«Амулет-М» имеет 8 информационно-измерительных каналов (ИИК), подключение которых к испытываемому оборудованию осуществляется с помощью двухпроводных абонентских линий. Погрешность измерения количества информации, передаваемой и принимаемой в IP-соединении, в интервале от 100 байт до 300 Кбайт составляет ± 30 байт, в интервале от 300 Кбайт до 10 Мбайт ± 100 байт.

Погрешность формирования и измерения длительности IP-соединений в интервале от 1 до 3600 с \pm 0.25 с.

Модуль UMTS (Universal Mobile Telecommunications System — Универсальная Мобильная Телекоммуникационная Система) применен с учетом использования стандарта UMTS. На территории России услуги сотовой связи в стандарте UMTS оказывают ОАО «Мобильные Теле Системы» (МТС), ОАО «Вымпелком» (торговая марка «Билайн») и ОАО «МегаФон». UMTS и GSM задействуют различные механизмы на уровне воздушного интерфейса, и потому не являются совместимыми. Однако, последние разработки среди продаваемых на территории Европы, США, Северной Африки и большей части Азии мобильных терминалов и карт доступа UMTS, позволяют работать в сетях обоих стандартов. Если абонент UMTS выходит из зоны действия UMTS, его терминал автоматически переключается на приём и посылку сигналов в формате GSM (даже если сети обслуживаются разными операторами связи).

В состав эталона входит оборудование фирмы «Cisco»: управляемый коммутатор Ethernet CiscoWS-C2960-8TC-L, маршрутизатор «Cisco 891».

Новое семейство коммутаторов второго уровня Cisco Catalyst 2960 с фиксированной конфигурацией, позволяет подключать рабочие станции к сетям Fast Ethernet и Gigabit Ethernet на скорости среды передачи, удовлетворяя растущие потребности в пропускной способности на периферии сети.

Маршрутизатор «Cisco 891-PCI-K9» объединяет в себе функции NAT (от англ. Network Address Translation — «преобразование сетевых IP-адресов транзитных пакетов») для доступа к ресурсам сети, механизмы обеспечения безопасности LAN (локальной вычислительной сети), аппаратную поддержку симметричного алгоритма шифрования DES (Data Encryption Standard) и симметричный алгоритм блочного шифрования AES (Advanced Encryption Standard). Маршрутизатор обеспечивает возможность установления до 50 IP-соединений.

При использовании данной технологии возможно ставить в соответствие локальные не маршрутизируемые IP-адреса глобальным IP-адресам. В результате, любой злоумышленник, находящийся с другой стороны NAT не узнает структуру и количество оконечных узлов сети, что значительно усложнит задачу взлома. Алгоритмы шифрования преобразуют исходящую кодовую последовательность с помощью определенного ключа шифрования. Расшифровать данные может только тот, кто владеет изначальным ключом или обратным ключом. Отсутствие ключа у взломщика затягивает процесс расшифровывания данных на значительный временной отрезок, чаще всего достаточный для отказа от затеи взлома.

В состав эталона так же включен измеритель количества информации «Вектор-ИКИ». Измеритель количества информации «Вектор-ИКИ», так же как IP-формирователь соединений «Амулет-М» являются эталонами-переносчиками, служащими для передачи значений объёмов (количества) цифровой информации рабочим средствам измерений. Управление работой эталонов-переносчиков, осуществляется по штатным программам, выполняемым на сопряженных с ними компьютерах.

«Вектор-ИКИ» содержит модем с поддержкой сетей LTE, модем с поддержкой сетей GSM 900/1800 и UMTS 2100/900 (режимы передачи данных GPRS/EDGE/HSPA), модем с поддержкой сетей WiMAX, абонентское устройство цифровой линии связи ADSL и др.

ИКИ «Вектор-ДАТА» обеспечивает измерение времени начала и конца передачи информации по IP-протоколу при поверке систем измерения объёмов информации, измерение объёмов переданной и полученной информации в направлениях «вверх» и «вниз», измерение объёмов повреждённых пакетов. Кроме того, ИКИ «Вектор-ДАТА» осуществляет формирование пакетов различной длины для передачи объёма информации ИКИ «Вектор-ДАТА» по IP-протоколу, передачу тестируемого объёма информации по IP-протоколу на эталонный сервер, измерение тестируемого объёма информации, полученного от эталонного сервера по IP-протоколу, привязку к географическим координатам месторасположения «Вектор-ДАТА» и его место стыка со взаимоувязанной сетью связи. ИКИ «Вектор-ДАТА» обеспечивает следующие опции измерений: Wi-Fi, WiMAX, GPRS/EDGE/UMTS, Ethernet 10/100/1000, ADSL.

Структурная схема государственного первичного эталона единиц измерения объёмов передаваемой цифровой информации по каналам интернет и телефонии представлена на рис. 1.

Методика передачи единиц объёмов (количества) цифровой информации от файлсервера к эталону переносчику «Амулет-М» для каналов связи Ethernet, GPRS, UMTS состоит в следующем:

- 1. Воспроизводится выбранный объём (количество) цифровой информации путем считывания соответствующего файла из файл-сервера по протоколу FTP.
 - 2. Сохранение его на ПК с установленным программным обеспечением «Амулет».
 - 3. В ПО Амулет в меню Настройки выбирается пункт Создание нового набора.
 - 4. Далее выбирается пункт Данные из файла и указывается путь к файлу выбранного

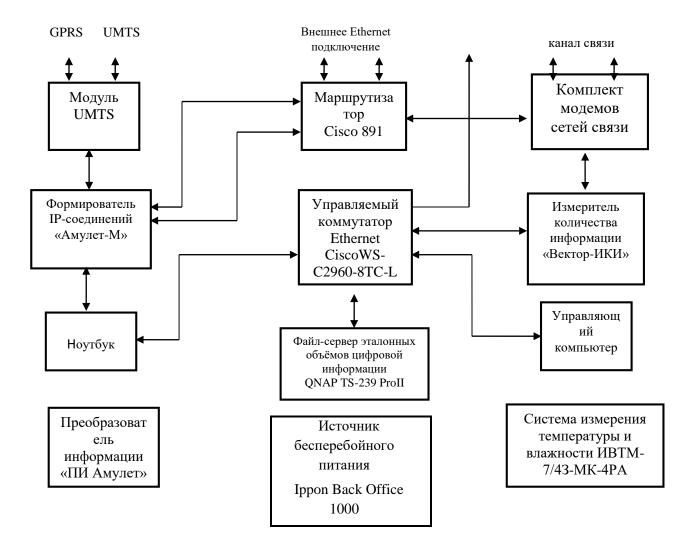
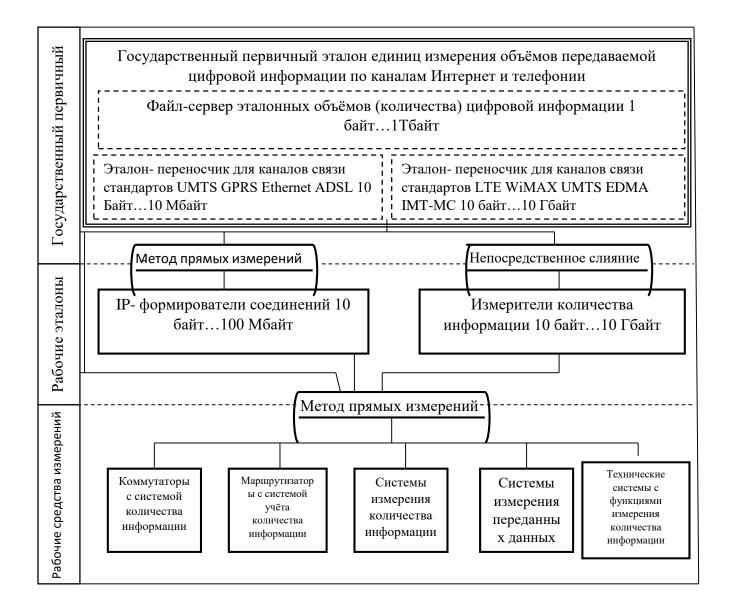


Рисунок 1.

На основе проведенных исследований разработчиками эталона ФГУП «ВНИИФТРИ» была предложена следующая Государственная поверочная схема (рис. 2).

Периодическая аттестация первичного эталона проводится путем проведения периодических исследований его метрологических характеристик. Проводятся следующие операции:

- 1. Определение погрешности воспроизведения единиц объёмов (количества) цифровой информации.
- 2. Определение погрешности передачи единиц объёмов (количества) цифровой информации эталону-переносчику «Амулет-М».
- 3. Определение погрешности передачи единиц объёмов (количества) цифровой информации эталону-переносчику «Вектор-ИКИ».
- 4. Определение погрешности синхронизации системного времени эталона-переносчика «Вектор-ИКИ».



Литература

- 1. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. М: Изд-во Эко-Трэнз, 2001.-299 с.
- 2. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. М.: Изд-во Эко-Трендз, 2010. 284 с.
- 3. Афанасьев В.В. Защита информации в сетях сотовой подвижной связи. М.: Изд-во Радио и связь, 2007. 360 с.
- 4. Крейг Хан. TCP/IP. М.: Изд-во Символ-Плюс, 2004. 816 с.
- 5. Росляков А. В., Самсонов М. Ю., Шибаева И. В. IP-телефония М.: Изд-во Эко-Трендз, 2003. 242 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ И ОБЪЁМА ИНФОРМАЦИИ

А. С. Аджемов,

Московский технический университет связи и информатики, профессор, д. т. н.,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: mtuci@mtuci.ru,

Б. П. Хромой,

Московский технический университет связи и информатики,

профессор, д. т. н.,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,

e-mail: P_khromoy@rambler.ru

УДК 621.395.2

Аннотация. Поднимается проблема отсутствия средств измерения и метрологических требований к точности измерений при учете объёмов оказанных услуг электросвязи. Определена вытекающая их этого проблема переплаты абонентами за услуги связи. Освещена действующая нормативная база в области обеспечения единства измерений. Раскрыты задачи и результаты решения проблемы измерения объёма услуг связи на основе применения различных видов оборудования.

Ключевые слова: единство измерений, оказание услуг связи, стоимость услуги, государственный контроль, нормативные правовые акты, приборы.

ENSURING THE UNIFORMITY OF MEASUREMENTS OF THE DURATION OF CONNECTIONS AND AMOUNT OF INFORMATION

Artem Adjemov,

Moscow technical university of communications and informatics, professor, doctor of technical sciences,

111024, Moscow, Aviamotornaya St., 8A,

e-mail: mtuci@mtuci.ru,

Boris Khromoy,

Moscow technical university of communications and informatics,

professor, doctor of technical sciences,

111024, Moscow, Aviamotornaya St., 8A,

e-mail: P_khromoy@rambler.ru

Annotation. Raised the problem of lack of measurement devices and metrological requirements to the measurement accuracy taking into account the volume of provided telecommunication services. Identified stemming from this problem of overpayment by subscribers for communication services. Lit the current regulatory framework in the field of ensuring the uniformity of measurements. It covers objectives and results of solving the problem of measuring the volume of communication services through the use of various types of equipment. Tasks and results of solving the problem of measuring the volume of communication services through the use of various types of equipment are opened.

Keywords: unity of measurements, the provision of communication services, cost of services, state control, regulations, instruments.

26 июня 2008 года был принят новый Федеральный закон РФ №102-Ф3 «Об обеспечении единства измерений». Этот закон существенно отличается от ранее действовавшего закона с аналогичным названием.

Основное отличие заключается в существенном ограничении сферы государственного регулирования одной из важных областей законодательной метрологии — обеспечении единства измерений. Это ограничение в разной степени коснулось различных ведомств, областей науки и техники. Что касается Министерства связи и массовых телекоммуникаций, то в новом законе, сфера государственного регулирования, относящаяся к нему, определена весьма кратко и четко в следующей статье.

Статья 1. р. 3: Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, проводимые при оказании услуг почтовой связи и учете объёмов оказанных услуг электросвязи операторами связи.

Таким образом, сфера государственного регулирования по отношению к новому закону в области связи сведена к двум операциям: измерению массы и размера почтовых отправлений и учету объёма указанных услуг операторами связи. Что касается измерений массы и размера почтовых отправлений, то здесь все очевидно, поскольку для этого используются обычные весы и линейка.

При учете «объёмов оказанных услуг электросвязи операторами связи» не все так очевидно. На протяжении многих лет определение объёма оказанных услуг сводилось к определению времени соединения. С развитием телекоммуникационных технологий такой подход оказался неэффективным. Соединение обеспечивает контакт потребителей, но по времени невозможно определить объём предоставленных услуг, поскольку разные операторы могут обеспечивать разную скорость передачи информации. Когда услуги сводились к передаче телефонных сообщений, объём переданной информации однозначно определялся временем соединения. В настоящее время, с развитием цифровых систем связи и Интернета, потребитель получил возможность передавать и получать самые разнообразные виды информации, и в зависимости от скорости передачи информации изменяется требуемое время соединений.

Таким образом, в настоящее время, стоит задача измерения объёма переданной информации. Казалось бы, что здесь нет никаких проблем, поскольку вполне реально подсчитать количество бит информации, переданное за время соединения. Однако проблема имеет не только технический, но и юридический аспект.

Как следует из приведенной выше Статьи 1. р. 3. Закона РФ «Об обеспечении единства измерений», учет объёма оказанных услуг электросвязи относится к категории измерений, и, следовательно, должен осуществляться с помощью средств измерений, то есть измерительных приборов. В этом случае, применяемые средства измерений подлежат Государственным испытаниям, сертификации, поверке, то есть государственному регулированию. В действительности все осуществляется иначе, поскольку измерительных приборов данного назначения нет и не предвидится в будущем. Все необходимые процедуры по измерению времени соединений и объёма переданной информации осуществляются с помощью средств, встроенных в аппаратуру связи и являющихся её составной частью и, следовательно, не являются средствами измерений. Кроме того, эти средства различны в аппаратуре конкретных производителей. Таким образом, нет никаких юридических оснований применять к ним Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» и подвергать государственному регулированию.

С другой стороны, оператор на основе этих измерений определяет стоимость предоставленной услуги. При этом, нет никакой гарантии правильности этой оценки стоимости услуги и нет механизмов контроля.

В начале 2000-х годов, операторы мобильной связи в целях привлечения абонентов вводили в своих тарифных планах посекундную тарификацию (то есть измеряли длительность соединений в секундах и не взимали лишней платы за неиспользованное время), устанавливали бесплатную продолжительность соединения, доходившую иногда до 10 с, чем предвосхитили нынешние тарифные планы с оплатой соединения за счет вызывающей стороны. За «бесплатные» 3–10 с вызывающий мог, например, определить ошибку набора номера и прервать связь.

Все это имело место до 2005 г., когда Правительство РФ Постановлением № 310 установило в правилах оказания услуг местной, внутризоновой, междугородной, международной телефонной связи (фиксированная связь) и Постановлением №328 в правилах оказания услуг подвижной связи требования, как считать длительность соединений и как их тарифицировать.

Согласно этим документам:

- продолжительность соединения в сетях фиксированной и подвижной связи, используемая для определения размера платы, должна отсчитываться с первой секунды ответа вызываемого абонента или оборудования, сигнал ответа которого приравнивается к ответу абонента, до момента отбоя вызывающего или вызываемого абонента, или такого оборудования;
- при этом, в объёме оказанных услуг не должно учитываться соединение продолжительностью менее 3 с в сетях подвижной, и менее 6 с в сетях фиксированной связи;
- единица тарификации устанавливается оператором связи, но не может быть более 1 мин:
- учет продолжительности соединения ведется в соответствии с принятой оператором связи единицей тарификации;
- тарифы за услуги подвижной связи, в том числе для оплаты неполной единицы тарификации, устанавливаются оператором связи самостоятельно, если иной порядок не предусмотрен законодательством РФ (следует отметить, что иной порядок законодательством РФ установлен только для сетей фиксированной связи);
- операторы подвижной связи установили единицу тарификации длительности соединений равной 1 мин и приравняли тариф, используемый для оплаты неполной единицы тарификации, к тарифу за полную единицу, то есть если длительность соединения составляет от 3 до 59 с, то потребитель услуг связи оплачивает их как за 1 мин.

Следующая проблема, приводящая к необоснованной переплате за услуги связи потребителями, связана с тем, что на законодательном уровне не установлены правила округления значений продолжительности соединения, составляющие менее или более единицы измерения продолжительности соединения. Безусловно, операторы делают это не в пользу потребителей.

Оценить разницу в методе округления и цену первой секунды можно на основе следующего примера. Предположим, что в сети подвижной связи состоялось соединение

продолжительностью 2,5 с (неправильно набрался номер). При округлении всегда в меньшую сторону коммутатор, или устройство предбиллинговой обработки, который преобразует продолжительность соединения, зафиксированную коммутатором в секундах, в число единиц тарификации, в выходном CDF-файле обнуляет дробную часть значения продолжительности соединения, то есть «действует» в пользу абонента. Однако, такие округления за сутки для оператора «упущенная выгода». При округлении всегда в большую сторону начиная с какогонибудь порогового значения, например, 0,01 с, продолжительность соединения 2,5 с превращается в 3 с, и абонент заплатит за полную единицу тарификации, то есть за минуту.

При арифметическом методе округления кому-то из потребителей везет больше, и его звонок попадает в соединения, не учитываемые в объёме оказанной услуги связи, а кто-то платит за полную тарифную единицу. Таким образом, если при округлении в большую сторону оператор начинает учет объёмов оказанной услуги с соединений равных 3 с, то формально он нарушает требования правил оказания услуг связи, так как тарифицируются соединения, реальная продолжительность которых больше 2, но меньше 3 с.

Учитывая, что в течении суток у операторов набирается достаточно много таких соединений (по некоторым данным, до 2-4 % от общего числа), то появляется экономическая заинтересованность в нарушении правил учета и тарификации объёма услуг, пока не будут внесены поправки в действующие нормативные правовые акты, и органы государственного контроля и надзорные организуют действенный контроль за выполнением правил оказания услуг связи.

Основные проблемы с организацией действенного государственного контроля (надзора) связаны с тем, что у органов государственного надзора, которые обязаны проводить проверки соблюдений требований по учету продолжительности соединений в объёме указанных услуг связи (Роспотребнадзор, Россвязьнадзор) нет:

- соответствующего методического обеспечения проверки соблюдений требований по учету продолжительности соединений в объёме оказанных услуг связи;
- специальных технических средств, позволяющих измерить продолжительность соединения.

В настоящее время, защита прав потребителей по правильности учета и оплаты услуг связи сводится лишь к проверке надзорным органом наличия у оператора связи свидетельства о поверке систем измерения длительности соединений (СИДС) коммутационного оборудования. На этом основании делается заключение о правильности расчетов с потребителями услуг связи. Следует так же отметить, что до настоящего времени не установлены метрологические требования к точности измерений при учете объёма оказанных услуг. Погрешность измерений в 1 % приводит к такому же отклонению при учете оказанных услуг.

Выход из сложившейся ситуации должен быть найден Министерством связи и массовых коммуникаций РФ, поскольку на него возложена функция подготовки подзаконных актов по вновь принятому закону. Была создана рабочая группа для решения данной задачи. В состав рабочей группы вошли представители ОАО МТС, Россвязи, Роскомнадзора, ОАО ВНИИТР, ОАО «Центр Телеком», ФГУП ЛОНИИС, ФГУП «НИИР», ФГУП «Почта России», Ассоциация документальной электросвязи, Ассоциация кабельного телевидения, Инфокоммуникационного Союза, МТУСИ.

Основная проблема, выявленная рабочей группой, заключается в том, что в соответствие с принятыми определениями СИДС не является средством измерений, поскольку является составной частью телекоммуникационного оборудования и его программного обеспечения. Общий подход к решению задачи сформировался на основе другой статьи принятого Закона РФ «Об обеспечении единства измерений». Это $\underline{Cmambs 10}$. Технические системы и устройства с измерительными функциями.

Данная статья подразумевает наличие и применение на практике систем и устройств, наделенных среди прочих функций еще и измерительными функциями. Обязательные требования к техническим системам и устройствам с измерительными функциями, а также формы оценки их соответствия установленным требованиям, устанавливаются законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

На основе этой статьи, выход из создавшегося положения может быть найден путём отнесения оборудования связи, учитывающего объём оказанных услуг электросвязи операторами связи, к категории технических средств и устройств с измерительными функциями. Эта операция должна быть обоснована юридически. Для этого, необходимо внести соответствующие изменения в Федеральный закон от 7 июня 2003 г. №126-ФЗ «О связи». Кроме того, необходимо разработать технический регламент, содержащий:

- перечень технических средств и устройств с измерительными функциями, их описание, требования к ним, в том числе обязательные метрологические требования, и правила их идентификации;
- правила и формы оценки соответствия, предельные сроки оценки соответствия в отношении каждого объекта технического регулирования.

Подготовка проекта регламента была поручена Роскомнадзору и ФГУП ЦНИИС.

Полномочия к самостоятельному принятию нормативных правовых актов, устанавливающих требования к оказанию услуг связи, в том числе и универсальных, определены постановлением правительства РФ от 2 июня 2008 г. №418 «О Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации». В соответствии с этим документом и может быть выполнена разработка необходимого технического регламента.

Следует отметить, что в Федеральном законе «О связи» от 7 июня 2003 г. №126-ФЗ действующем в настоящее время, имеется положение, касающееся учета объёма оказанных услуг связи в сетях связи общего пользования. Так, в Статье 41, определен перечень подлежащих обязательной сертификации средств связи, утверждаемый Правительством РФ. Этот перечень включает в себя оборудование, используемое для учета объёма оказанных услуг связи в сетях связи общего пользования. Однако под сертификацией понимается процедура, относящаяся к средствам связи, а не к средствам измерений. Для того чтобы можно было не только производить сертификацию, но и, например, поверку, необходимо отнести оборудование, касающееся учета объёма оказанных услуг связи в сетях связи общего пользования к категории технических систем и устройств с измерительными функциями и внести это определение в Федеральный закон «О связи».

Решение данной задачи осуществлялось несколькими этапами.

Приказом Минкомсвязи России от 25 декабря 2009 г. №184 установлен перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в части компетенции Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Документ зарегистрирован в Минюсте России 1 февраля 2010 г. под №16179. В

нем определены измерения, выполняемые при оказании услуг электросвязи в части учета объёма оказанных услуг:

- измерение разности (расхождения) шкал времени в сетях операторов связи относительно шкалы координированного времени Российской Федерации UTC (SU) (московского времени);
- измерение продолжительности соединения;
- измерение объёма переданной (принятой) информации (данных).

Были определены услуги связи и информационные услуги, при оказании которых требуется применение шкалы координированного времени UTC (SU) (московского времени):

- 1. Оказание услуг связи:
 - учет объёма оказанных услуг связи в сетях передачи данных с использованием технологий коммутации пакетов информации (Soft-Switch, NGN);
 - учет объёма оказанных услуг связи в сетях с использованием технологий радиодоступа открытых систем стандарта 802.16 (WiMAX);
 - учет объёма оказанных услуг связи в сетях с использованием технологий стандарта GSM нового поколения, стандартов UMTS/HSPA и LTE (технологическая привязка базовых станции к шкале времени).
- 2. Оказание услуг по пропуску трафика.
- 3. Оказание государственных информационных услуг, включая услугу электронной цифровой подписи.
- 4. Внедрение системы «Экстренный вызов 112».
- 5. Оказание услуг цифрового телевещания (обеспечение работоспособности механизма защиты контента (Digital Rights Management, DRM).

Принятые изменения, зафиксированные Приказом Минкомсвязи РФ от 25 декабря 2009 г. №184 были внесены в Федеральный закон от 7 ноября 2011 г. №303-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи принятием Федерального закона «Об обеспечении единства измерений». В новом Федеральном законе №303-ФЗ предусмотрены следующие изменения:

1. Дано новое определение средств связи.

«Средства связи — технические и программные средства, используемые для формирования, приема, обработки, хранения, передачи, доставки сообщений электросвязи или почтовых отправлений, а также иные технические и программные средства, используемые при оказании услуг связи или обеспечении функционирования сетей связи, включая технические системы и устройства с измерительными функциями» (пункт 28 статьи 2).

2. Определен принцип расчета за услуги связи.

«Основанием для осуществления расчетов за услуги связи являются показания средств измерений, средств связи с измерительными функциями учитывающих объём оказанных услуг связи операторами связи, а также условия заключенного с пользователем услугами связи договора об оказании услуг связи» (пункт 2 статьи 54).

Приведенные изменения, зафиксированные в Федеральном законе №303-ФЗ, однако, не решили все вопросы применения средств связи с измерительными функциями. В описании типа на СИ СИДС утвержденном в 2012 г. Росстандартом отмечено, что «СИДС является виртуальной (функциональной) системой измерений длительности телефонных соединений

оборудования с измерительными функциями, входящей в состав оконечно-транзитного узла связи. СИДС не имеет выделенных блоков, плат или самостоятельных программ, а использует возможности и функции аппаратуры и программного обеспечения названного оборудования. Конструктивно оборудование выполнено по модульному принципу: плата-кассета-кассетный модуль-статив, размещаемые в шкафу, двери которого блокируются от несанкционированного доступа замком с электронной защитой и специальным ключом».

При таком конструктивном решении возникают проблемы с проведением операции поверки. По существующему положению поверенное средство измерения должно быть опломбировано на всё время межповерочного интервала. Поскольку СИДС не имеет выделенных блоков, получается, что опломбированию подлежат узлы, выполняющие ряд функций, не относящихся к категории измерений, и которые должны быть доступны оператору для ремонта в процессе эксплуатации оборудования. При нарушении пломбы СИДС переходит в категорию не поверенного СИ и платная процедура поверки должна быть проведена заново.

В настоящее время нашли применение ряд приборов, позволяющих осуществить все необходимые процедуры по сертификации и поверке средств, позволяющих определить объём оказанных услуг.

Прибор «ВЕКТОР-СИДС»

Основными функциями прибора являются генерация вызовов калиброванной длительности и измерения длительностей телефонных соединений, контроля точности привязки системного времени оборудования связи к шкале координированного времени UTC (SU) Государственного эталона времени и частоты РФ в сетях подвижной связи стандартов GSM 900/1800, UMTS 2100, IMT-MC-450. Прибор так же предназначен для испытаний и поверки систем измерения длительности соединений центров коммутации, IN-платформ и других устройств с функциями коммутации, управления вызовами, автоматизированных систем расчетов, автоматических телефонных станций, автоматических междугородных телефонных станций, программно-аппаратных комплексов с функциями междугородных, местных, зоновых и международных узлов связи, тарификаторов таксофонных аппаратов.

Контроль точности измерения длительности телефонных соединений коммутационным оборудованием и автоматизированными системами расчетов (АСР) с функцией измерения длительности соединений, а также, точности привязки их системного времени к шкале координированного времени UTC (SU) Государственного эталона времени и частоты РФ, а так же, контроль правильности тарификации телефонных соединений при оказании услуг подвижной и фиксированной связи осуществляются прибором «ВЕКТОР-СИДС» без физического контакта с контролируемым оборудованием связи.

Области применения: испытания оборудования связи с целью подтверждения соответствия и сертификации в системе Связь, контроль параметров оборудования связи при эксплуатации. Испытания оборудования связи с целью утверждения типа средств измерений и внесения в Государственный реестр средств измерений и их поверка. Государственный надзор за соблюдением операторами электросвязи правильности тарификации при оказании услуг связи.

Матрицы вызовов и режим работы Матрицы вызовов адаптированы под требования НТД, регламентирующих испытания технических средств с целью утверждения типа средств измерений и проведения их поверки (калибровки). Полностью автоматический режим работы создает удобства в работе специалистов и позволяет получить объективные результаты измерений, так как исключает возможность вмешательства человека в процесс измерений.

«ВЕКТОР-СИДС» имеет до 4-х входящих линий и позволяет проводить дистанционную бесконтактную поверку (эксплуатационный контроль) до 4-х тарификаторов радио- и проводных таксофонных аппаратов одновременно. «ВЕКТОР-СИДС» позволяет проводить поверку тарификаторов таксофонов.

В отличие от других приборов для поверки (эксплуатационного контроля) тарификаторов таксофонов достаточно иметь карту предоплаты и знать абонентский номер «ВЕКТОР-СИДС». Осуществление операций поверки может быть выполнено любым неквалифицированным и не имеющим специальной подготовки лицом. «ВЕКТОР-СИДС» определяет и фиксирует в протоколе испытаний абонентский номер контролируемого таксофона, что препятствует различным махинациям и подтасовкам при проведении поверки (эксплуатационного контроля). В протоколе испытаний также фиксируются географические координаты месторасположения комплекса, дата и время измерений.

Основные характеристики «ВЕКТОР-СИДС»: длительность формирования телефонного соединения: от 2 до 1780 с, погрешность формирования длительности телефонного соединения: \pm 0,1 с, погрешность измерения длительности телефонного соединения: \pm 0,5 с.

В составе «ВЕКТОР-СИДС»: ноутбук с операционной системой Windows XP, Windows 7 или Windows Vista 1, 2 или 4; мобильные станции (стандарт связи по выбору заказчика) приемника СРНС ГЛОНАСС/GPS; модули МНП- М3/МНП-М7 («ВЕКТОР-СС»); программное обеспечение «ВЕКТОР-СИДС».

Формирователи телефонных соединений «ПРИЗМА»

Формирователи телефонных соединений «ПРИЗМА» предназначены для контроля систем измерения длительности соединений СИДС, используемых в телесистемах.

Формирователи телефонных соединений «ПРИЗМА» (рис. 1) являются *средством* измерения, используемым при проведении испытаний СИДС, проводимых с целью утверждения типа средств измерений и периодических поверочных испытаний.



Рисунок 1.

Формирователи телефонных соединений «ПРИЗМА» соответствуют следующим параметрам:

Метрологические характеристики:

- Предел допускаемой погрешности при формировании длительности телефонных соединений в диапазоне от 1 до 3600 с, не более ± 0,25 с.
- Предел допускаемой погрешности при формировании длительности телефонных соединений в диапазоне от 3601 с до 10800 с, не более \pm 0,5 с.

Основные технические характеристики:

- Диапазон формирования длительности телефонных соединений от 1 до 10800 с.
- Количество измерительных каналов до 16.
- Способ набора номера импульсный/частотный.
- Задаваемые параметры набора номера.
- Связь с компьютером через USB-интерфейс или через СОМ-порт.
- Старт в заданное время.
- Автоматический процесс испытаний.
- Хранение и печать полученных результатов.
- Запись и визуализация циклограмм соединений.
- Статистическая обработка результатов испытаний.
- Определение доверительных интервалов вероятности превышения СИДС заданной погрешности измерений длительности.
- Определение погрешности измерений СИДС.
- Определение среднеквадратического отклонения погрешности измерений.

Формирователи телефонных соединений «ПРИЗМА» выпускаются в двух модификациях:

- «ПРИЗМА» (4a2.770.061) на 8 измерительных каналов.
- «ПРИЗМА-16» (4a2.770.064) на 16 измерительных каналов.

Для расширения возможностей приборов «ПРИЗМА» приведенных выше типов выпускается блок маршрутизации вызовов БМВ — «ПРИЗМА». Использование БМВ — «ПРИЗМА» позволяет проводить периодическую поверку систем измерения длительности соединений на удаленных и труднодоступных объектах без доставки туда прибора «ПРИЗМА».

БМВ устанавливается на поверяемой станции и подключается к ней по абонентским телефонным линиям. Общее количество подключаемых линий - восемь (по числу измерительных каналов прибора «ПРИЗМА»). В состав БМВ — «ПРИЗМА» входят: процессорный узел обработки данных и линейные комплекты для подключения абонентских линий. БМВ — «ПРИЗМА» является автономным устройством, не требующим управляющего компьютера. Также не требуется никаких действий обслуживающего персонала после подключения устройства и включения питания. Все свои функции БМВ — «ПРИЗМА» реализует по командам, поступающим от прибора «ПРИЗМА».

Общий алгоритм испытаний удаленных объектов с использованием БМВ – «ПРИЗМА» состоит в следующем. Автоабоненты прибора «ПРИЗМА» устанавливают через сеть связи общего пользования телефонные соединения с соответствующими линейными комплектами БМВ – «ПРИЗМА» и в разговорном режиме, посредством DTMF кодов, передают БМВ – «ПРИЗМА» информацию о номерах автоответчиков прибора «ПРИЗМА», способе набора номера, ожидаемой длительности контрольного соединения и т. д. После получения необходимой информации, линейные комплекты БМВ – «ПРИЗМА» устанавливают через сеть связи общего пользования телефонные соединения к автоответчикам прибора «ПРИЗМА».

Таким образом, для поверяемой станции реализуются исходящие соединения, которые учитываются станционной системой измерения длительности соединений. Задатчиком длительности контрольных соединений является прибор «ПРИЗМА». По истечении заданной длительности контрольного соединения прибор «ПРИЗМА» посылает в разговорном состоянии БМВ — «ПРИЗМА» кодовый сигнал о завершении соединения, получив который, БМВ — «ПРИЗМА» размыкает шлейф соответствующей телефонной линии. Реализация подобного алгоритма позволяет нивелировать, иногда значительные задержки в сигнализации, которые могут иметь место при использовании спутниковых и радиорелейных систем связи.

Данные о контрольных соединениях, зафиксированные поверяемой системой измерения длительности соединений, передаются к прибору «ПРИЗМА» любым доступным способом, например, по электронной почте.

При описанном способе испытаний все измерения осуществляются прибором «ПРИЗМА», поэтому периодическая поверка блока маршрутизации вызовов БМВ – «ПРИЗМА» не требуется.

Формирователь IP-соединений «АМУЛЕТ»

Формирователь IP-соединений «АМУЛЕТ» предназначен для поверки и проведения испытаний с целью утверждения типа и периодических поверочных испытаний оборудования, обеспечивающего учет объёма передаваемой/принимаемой информации и длительности сеанса связи при предоставлении услуг пакетной передачи информации и доступа в Интернет.

Поскольку на основании данных о длительности сеанса или объёма переданной информации производятся расчеты с абонентами, то достоверность функционирования оборудования, обеспечивающего учет этих данных, в соответствие с Федеральным Законом "О единстве средств измерений", подлежит государственному метрологическому контролю и надзору.

Формирователь IP-соединений «АМУЛЕТ» (рис. 2) представляет собой многоканальное программно-аппаратное устройство, обеспечивающее одновременное формирование нескольких IP-соединений с известным количеством переданной информации или заданной длительностью сеанса. Прибор «АМУЛЕТ» также позволяет определять количество принятой информации или измерять длительность предоставленного сеанса доступа к услуге.



Рисунок 2.

Формирователь IP-соединений «АМУЛЕТ» имеет следующие параметры: Метрологические характеристики:

- Диапазон формирования и измерения длительности IP-соединений от 1 до 3600 c, с погрешностью \pm 0,25 c.
- Диапазон формирования и измерения количества информации, передаваемой/принимаемой в IP-соединении от 100 байтов до 10 Мб, с точностью:
 - в диапазоне от 100 байт до 300 Кбайт \pm 30 байт;
 - в диапазоне от 300 Кб до 10 Мб \pm 100 байт.

Основные технические характеристики:

- Связь с компьютером через USB-интерфейс.
- Количество измерительных каналов -8.
- Реализуемые протоколы: FTP и TFTP.
- Формирование одновременно по всем каналам всего стека протоколов.
- Фиксация, анализ, расшифровка и индикация всех передаваемых и принимаемых пакетов.
- Возможность визуализации всех пакетов каждого соединения.
- Статистическая обработка результатов испытаний.
- Определение величины погрешности измерений поверяемого оборудования.
- Автоматический процесс испытаний.
- Формирование протокола испытаний.

Прибор «АМУЛЕТ» и его модификация «АМУЛЕТ-М», в зависимости от модификации обеспечивают доступ к поверяемому оборудованию, либо по двухпроводным абонентским линиям, либо по Ethernet-стыку, либо через внешние GPRS/ EDGE или CDMA модемы.

Дальнейшим развитием прибора «АМУЛЕТ-М», является «АМУЛЕТ-2» — одна из последних разработок ЛО ЦНИИС, которая в последующем должна заменить выпускаемый в настоящее время прибор «АМУЛЕТ-М».

Прибор «АМУЛЕТ-2» обладает рядом преимуществ. Прибор имеет в своем составе встроенную микромашину с ОС LINUX и тем самым, по Ethernet-стыку, обеспечивается связь с любым управляющим компьютером, независимо от используемой операционной системы. Такое построение, также, обеспечивает возможность удаленного управления прибором по локальной сети или через интернет.

Прибор построен по модульному принципу, то есть имеет базовый блок, обеспечивающий связь с управляющим компьютером, реализующий выполнение технологических программ и измерений, а также набор дополнительных транспортных модулей: (модуль GSM/GPRS и модуль UMTS, обеспечивающих доступ к поверяемому оборудованию непосредственно через «эфир»). Таким образом, прибор «АМУЛЕТ-2» может быть использован при поверке оборудования современных телекоммуникационных систем, построенных в соответствие с концепцией IMS.

Прибор «АМУЛЕТ-2» обладает расширенным до 100 Мбайт диапазоном формирования/измерения количества передаваемой информации. Он представляет собой многоканальное программно-аппаратное устройство, обеспечивающее одновременное

формирование нескольких IP-соединений с эталонным количеством переданной информации или длительностью сеанса.

Прибор «АМУЛЕТ-2» также позволяет измерять количество принятой информации и длительность предоставленного сеанса доступа к услуге.

Количество измерительных каналов -8;

Диапазон формирования и измерения количества передаваемой/принимаемой информации от 10 байтов до 100 Мб, с погрешностью ± 1 байт.

Диапазон формирования и измерения длительности IP-соединений от 1 до 3600 c, с погрешностью $\pm 0,25$ c.

Формирователь IP-соединений «АМУЛЕТ-2» обеспечивает доступ к поверяемому оборудованию по стыку Fast Ethernet или через «эфир» по технологии GSM/GPRS или UMTS.

Прибор «АМУЛЕТ-2» обеспечивает:

- Удаленное управление прибором через локальную или глобальную сеть.
- Формирование одновременно по всем каналам всего стека протоколов.
- Фиксацию, анализ, расшифровку и индикацию всех передаваемых и принимаемых пакетов.
- Возможность визуализации всех пакетов каждого соединения.
- Определение величины погрешности измерений поверяемого оборудования.
- Определение верхней и нижней границ вероятности того, что погрешность не превышает заданной.
- Формирование протокола испытаний.

Прибор «Комета»

Прибор «Комета» предназначен для контроля тарификаторов, используемых в таксофонах и автоматических переговорных пунктах (АПП). Так как данные тарификаторов непосредственно определяют размер платы, взимаемой с абонента за предоставленные услуги, то достоверность их функционирования, в соответствие с Федеральным Законом «О единстве средств измерений», подлежит государственному метрологическому контролю и надзору.

Прибор «Комета» является *средством измерения* СИ, используемым при испытаниях таксофонов и АПП, проводимых с целью утверждения типа средств измерений и периодических поверочных испытаний.

Прибор «Комета» представляет собой программно-аппаратный комплекс и обеспечивает измерение фактической длительности разговора, состоявшегося с поверяемого таксофона и сравнение ее с длительностью оплаченного периода, с целью определения погрешности (рис. 3).



Рисунок 3.

Прибор «Комета» соответствуют следующим параметрам:

Метрологические характеристики:

- Диапазон измерения длительности телефонных соединений от 10 до 600 с.
- Предел допускаемой погрешности измерения длительности $\pm 0,15\%$.
- Основные технические характеристики:
- Количество измерительных каналов от 1 до 8.
- Идентификация поверяемого таксофона по АОН-информации или по номеру, переданному в разговорном состоянии, посредством DTMF-кодов.
- Связь с компьютером по USB-шине или через СОМ-порт.
- Хранение и печать полученных результатов.
- Запись и визуализация циклограмм соединений.
- Возможность аудио индикации соединений.

Способ поверки:

Компьютер с подключенным измерительным модулем, устанавливается в центре поверки, к измерительному модулю подключаются телефонные линии, номера которых известны. Изготавливаются таксофонные карты ёмкостью в фиксированное количество тарифных единиц. Поверяющий берет такую карту и генератор контрольного сигнала ГКС (входит в комплект поставки прибора «Комета») и направляется к поверяемому таксофону. Далее он укрепляет ГКС на микрофоне телефонной трубки, вставляет таксофонную карту и набирает номер телефонной линии, подключенной к прибору «Комета». После того, как поверяющий услышит в телефонной трубке уведомительный сигнал от прибора, он нажимает на таксофоне кнопку «Ответ». С этого момента происходит чтение тарифных единиц с таксофонной карты и сигнал с ГКС передается в линию и принимается прибором «Комета». Известно время, которое таксофон должен предоставить для разговора за одну тарифную единицу. Прибор «Комета» измеряет время, в течение которого он принимал сигнал от ГКС с таксофона, сопоставляет его с ожидаемым и определяет погрешность.

Зная соответствие между предоставляемым временем и количеством тарифных единиц на карте при междугородней или зоновой связи, можно поверять таксофоны и для этих видов связи.

Прибор «Комета» функционирует в автоматическом режиме, последовательно принимая и фиксируя входящие вызовы. Вся информация о результатах поверки таксофонов сохранятся и, при необходимости, может быть выведена на экран монитора или распечатана на принтере. Информация о номере поверяемого таксофона определяется путем запроса АОН, или набирается поверяющим на тастатуре таксофона в DTMF-коде.

Прибор «Корунд»

Прибор «Корунд» предназначен для измерений параметров средств и сетей мобильной связи. Производителем является ООО «РэндД», г. Москва. Применяется для измерений и контроля параметров средств и сетей мобильной связи GSM 900/1800 в зоне покрытия мобильных сетей при наладке и в процессе эксплуатации систем мобильной связи и информации. Область применения — радиосвязь, сети и системы мобильной связи и

информации. Диапазон измерения уровня принимаемых сигналов от минус 110 до минус 48 дБм. Погрешность ±6 дБм.

С помощью прибора «Корунд» осуществляется поверка тарификаторов радиотаксофонов сотовой подвижной связи стандарта GSM 900/1800. Для осуществления поверки применяется методика поверки МИ 2995-2006. Данная методика позволяет осуществить дистанционную поверку, при которой поверитель и поверяемый радиотаксофон находятся в разных локальных зонах и/или имеют разное географическое положение. Схема организации определения погрешности длительности телефонного соединения с помощью системы «Корунд» представлена на рис. 4.

В соответствии с данной схемой автоответчик соединен с центром коммутации подвижной связи MSC (Mobil Services Center). Данные с MSC по выделенному номеру преобразуются в формат CDR (Corel DRAW). Далее формат CDR преобразуется в формат XLS (Microsoft Excel) и поступает в систему «Корунд».

Кроме того, с центра коммутации MSC по каналу связи сигнал поступает на MSC и INплатформу, и базовую приемопередающую станцию BTS (Base Transceiver Station) локальной зоны 1. Антенна излучает сигнал, который принимается на мобильный телефон системы «Корунд». В этой системе производится сравнение собственных протоколов системы «Корунд» с данными MSC локальной зоны 1 и вычисляется погрешность измерения. На основе сравнения составляется протокол поверки.

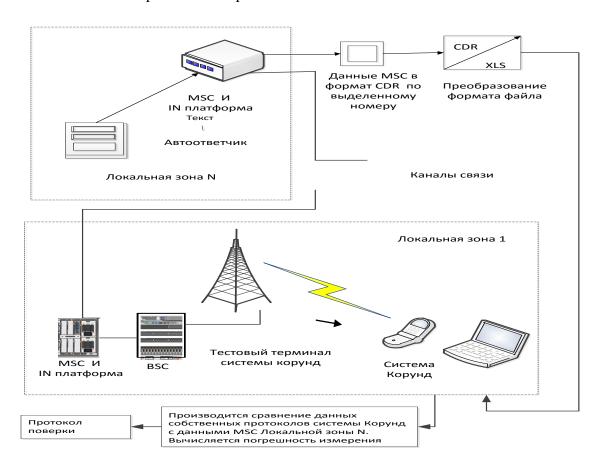


Рисунок 4.

Литература

- 1. Федеральный закон РФ №102-Ф3 «Об обеспечении единства измерений» (от 26 июня 2008 г.).
- 2. Федеральный закон №126-Ф3 «О связи» (от 7 июня 2003 г.).
- 3. Приказ Минкомсвязи России №184 (от 25 декабря 2009 г.) Зарегистрирован в Минюсте России 01 февраля 2010 г. под №16179.
- 4. Федеральный закон №303-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи принятием Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» (от 7 ноября 2011 г.).
- 5. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ (от 22 декабря 2002 г).

СЕКЦИЯ III. РЕГУЛЯТОРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ

ТЕНДЕНЦИИ И ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е. Е. Володина,

Московский технический университет связи и информатики, профессор кафедры «Экономика связи», к. э. н, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8A, e-mail: evolodina@list.ru,

Я. М. Гасс, ФГУП НИИР.

заместитель начальника лаборатории, 105064, Москва ул. Казакова 16, e-mail: yakov.m.gass@gmail.com

УДК 654.01

Аннотация. На сегодняшний день существует ряд перспективных радиотехнологий, имеющих принципиально важное значение для развития социально-экономической сферы страны, которые могут быть успешно внедрены на территории Российской Федерации. Это в первую очередь радиотехнологии стандартов DVB (T, T2, H), LTE, WiMAX и др. Авторами настоящей статьи проведен анализ состояния и дан прогноз рынка услуг и оборудования стандарта WiMAX/Mobile, WiMAX и LTE, а также представлен анализ внедрения перспективных радиотехнологий на российском рынке. Внедрение указанных технологий позволит существенно увеличить доходы отрасли связи и ускорить процесс интеграции Российской Федерации в международное информационное пространство.

Ключевые слова: радиочастотный ресурс, DVB, WiMAX, абонент, мобильная связь.

FACTORS AND PROGRESS TREND OF PERSPECTIVE RADIOTECHNOLOGIES IN THE RUSSIAN REGIONS

Elena Volodina,

Moscow technical university of communications and informatics, professor of "Communication Economics", Ph.D., 111024, Moscow, Aviamotornaya St., 8A, e-mail: evolodina@list.ru,

Yakov Gass, FSUE NIIR, deputy head of the laboratory, 105064, Moscow, Kazakova St., 16, yakov.m.gass@gmail.com

Annotation. There are whole numbers of perspective radio technologies which are extremely important for the development of socioeconomic system of the Russian Federation. All these radio technologies can be well adopted in the country. First of all there are DVB (T, T2, H), LTE, WiMAX.

Market condition analysis and forecast for services and equipment for standards WiMAX/Mobile WiMAX and LTE was introduced by authors. Also an adoption analysis of perspective radio technologies on the Russian's market was introduced. The implementation of perspective radio technologies gives an opportunity for the communication branch to increase of income substantially and speed up the integration process of the Russian Federation in the international information zone.

Keywords: radio frequency resourse, DVB, WiMAX, subscriber, mobile communication.

Анализ состояния и прогноз рынка услуг и оборудования стандарта WiMAX/Mobile WiMAX

По данным специалистов [1] в 149 странах мира сейчас насчитывается 593 сети WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), включая тестируемые и коммерческие сети. В эти сети входят не только сети мобильного и фиксированного WiMAX в диапазонах 2300-2400 МГц, 2500-2690 МГц, 3300-3800 МГц, но и фиксированные сети pre-WiMAX в 5 ГГц. Размер каждой сети варьируется от нескольких единиц до сотен базовых станций.

В общей сложности в мире стандарт WiMAX используют 260 операторов. Несмотря на то, что наибольшими перспективами обладает мобильный WiMAX, в данный момент, в мире более распространена фиксированная версия стандарта. Ниже на рис. 1–2 представлено географическое распределение сетей на основе технологии WiMAX, где синим цветом обозначены сети мобильного WiMAX, красным – фиксированного WiMAX.

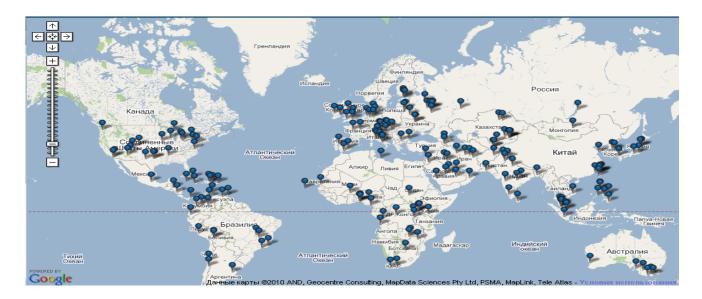


Рисунок 1.



Рисунок 2.

Численная оценка количества сетей, показанных на рис. 1–2, представлена в табл. 1 с делением данных сетей по отдельным регионам, а в табл. 2 с делением по используемому диапазону частот.

Таблица 1

Регион	Число сетей	Число стран
Африка	117	43
Центральная и Южная Америка	117	33
США и Канада	113	23
Азия и Океания	86	21
Восточная Европа	78	17
Западная Европа	53	2
Средняя Азия	29	10

Таблица 2

Диапазон	Всего сетей
2,3 ГГц	54
2,5 ГГц	115
3,3 ГГц	9
3,5 ГГц	311
5,х ГГц	21

При оказании услуг, операторы эксплуатируют так называемые «высокие» диапазоны частот. Такие операторы как Yota, Inukshuk, KoreaTelecom, PacketOneNetworks, UQCommunication используют диапазон 2,3 ГГц или 2,5 ГГц, а Telmex, Axtel и WateenTelecom используют диапазон 3,5 ГГц. Оператор ClearWire использует как диапазон 2,5 ГГц (в США),

так и 3,5 ГГц (в Европе). В России операторы WiMAX представлены компаниями ComstarWiMAX (2,5 ГГц), Yota (2,5 ГГц), Синтерра (2,5 ГГц), Союз-Телеком (2,5 ГГц), Freshtel (3,5 ГГц) и Wi-te (3,5 ГГц). Мобильный WiMAX развивают только ComstarWiMAX и Yota.

В настоящее время существенно изменился рынок производителей. Такие компании как CiscoSystems и Alcatel-Lucent прекратили выпуск WiMAX оборудования, но сети, построенные на их оборудовании, продолжают работать.

К преимуществам технологии WiMAX можно отнести постоянно снижающуюся стоимость абонентского оборудования. Стоимость USB-модемов уже преодолела планку в 50 долл. и продолжает снижаться. Однако, одной из причин такой низкой стоимости оборудования является однодиапазонность мобильных устройств. Появляющиеся многодиапазонные устройства имеют большую стоимость.

Обзор аналитических данных [2] говорит о том, что к концу 2013 г. абонентская база сетей WiMAX превысит планку в 60 млн человек, а к концу 2014 г. составит 90 млн. Детальное представление данного прогноза показано на рис. 3.

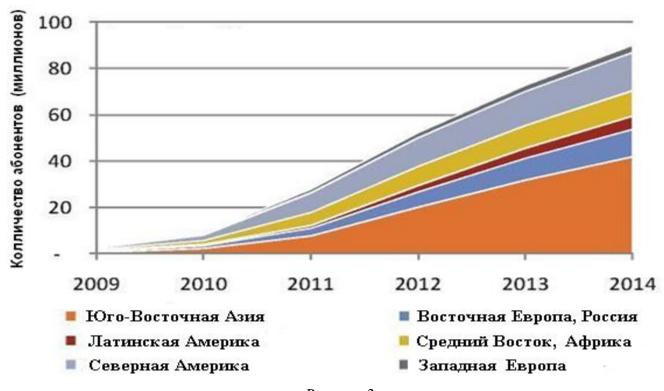


Рисунок 3.

Стоит отметить, что данный анализ является оптимистическим. В настоящее время технология Mobile WiMAX начинает испытывать жесткую конкуренцию со стороны технологии LTE, разработанной в процессе эволюции сетей сотовой подвижной связи. Уже в 2011 г. численность абонентской базы сетей LTE превышала число абонентов сетей WiMAX.

Операторы сотовой связи, скорее всего, предпочтут работать с теми же производителями оборудования, что и ранее, и это спровоцирует переход мобильных операторов на технологию LTE. У операторов беспроводного широкополосного доступа, использующих на данный момент стандарт WiMAX, есть два варианта — продолжить развивать уже существую сеть WiMAX, или переходить на технологию LTE.

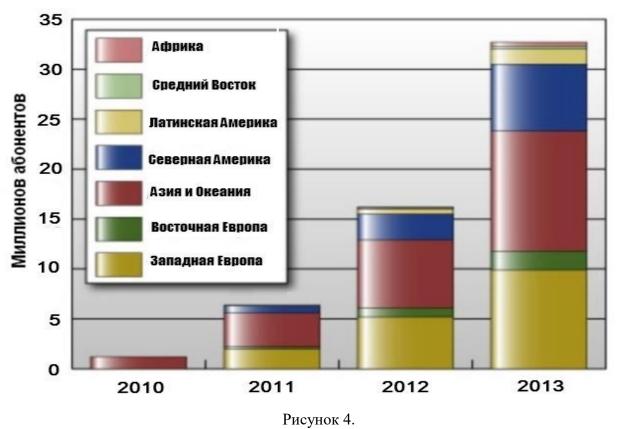
Анализ состояния и прогноз рынка услуг и оборудования стандарта LTE

Основным направлением эволюции сетей сотовой связи 3G в настоящий момент является технология LTE (Long-Term Evolution). Она способна во много раз увеличить скорость передачи данных в мобильных сетях. При применении LTE, теоретическая пиковая скорость передачи данных увеличивается до 326,4 Мбит/с от базовой станции к абоненту, и до 172,8 Мбит/с обратно от абонента.

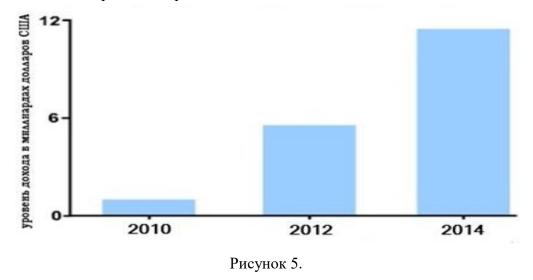
Развитие сетей LTE возможно на уже развитых сетях как операторов GSM, так и операторов CDMA, что заметно снижает стоимость развертывания сети (в отличие от WiMAX сетей). Таким образом, развитие LTE является более выгодным для операторов мобильной связи, чем продолжение развития сетей 3G.

В мире на данный момент [3] планируют строить LTE сети 80 операторов в 33 странах мира. Еще около 30 операторов рассматривают возможности запуска сетей LTE в 18 странах мира. По прогнозам [4] 82% в долгосрочной перспективе планируют переходить от UMTS к LTE, из них 53% планируют развертывать сети HSPA до перехода на LTE [4].

По данным аналитиков [5] к концу 2013 г. общее количество абонентов в сетях LTE превысит 30 млн абонентов (рис. 4). По альтернативному прогнозу [4] в 2013 г. число абонентов превысит 72 млн, если операторы будут выполнять свои планы по развитию сетей, а в 2014 г. совокупное число абонентов в Европе, на Ближнем Востоке и в Африке должно превысить 153 млн. Ожидается [6], что к 2015 г. число абонентов превысит 300 млн. Северная Америка, Западная Европа и Дальний Восток, включая Китай, совместно будут занимать долю рынка в 90%.



Резкий рост количества запущенных сетей можно ожидать [4] к концу 2013 г., когда рынок оборудования достигнет объёма 5 млрд долл. и удвоится в 2014 г., достигнув планки в 11,4 млрд долл., что отражено на рис. 5.



Но уже сейчас крупнейшие производители оборудования представляют свои решения для построения сетей данного стандарта. Такие компании как Ericsson, Huawei, Nokia Siemens Networks, NEC, Samsung, ZTE, Alcatel-Lucent разработали и готовы поставлять оборудование базовых станций для различных диапазонов. Особенностью современных базовых станций является возможность программного обновления. То есть уже сейчас можно устанавливать базовые станции для сетей GSM, UMTS или WiMAX, которые потом будут программнообновлены для развертывания сетей LTE.

Рынок абонентских терминалов отстает от рынка базового оборудования, что в некоторой степени тормозит развитие сетей LTE. В первую очередь, это связано со сложностью разработки многодиапазонных и многостандартных устройств, а также с малым количеством действующих сетей LTE. Следствием этого является невозможность снизить стоимость устройств за счет объёма поставок.

Анализ внедрения перспективных радиотехнологий на российском рынке

На протяжении последнего десятилетия в России стабильно наблюдается дефицит радиочастотного ресурса, который связан, прежде всего, с появлением большого количества радиосредств различного назначения. Особенно остро этот дефицит заметен в стандартных полосах частот, которые используют для своей работы РЭС сотовой связи (3G, 4G, IMT-advanced), беспроводного ШПД и др.

Отчасти, проблему дефицита РЧС должно было решить введением платы за использование РЧС. Методика расчета платы за использование РЧС составлена таким образом, чтобы стимулировать владельцев частотных присвоений к более рациональному использованию спектра (внедрению новых радиотехнологий, проведению конверсии и т.п.).

Однако есть и иной путь, ведущий к повышению эффективности использования РЧС – это повышение эффективности внедрения радиотехнологий. При этом обязательно должны приниматься в расчет технические, социально-экономические, географические и другие особенности того региона, для которого производится анализ. В данном случае, одной из

важнейших задач, является выбор оптимального алгоритма внедрения той или иной радиотехнологии.

Рассмотрим основные сдерживающие факторы на пути повышения эффективности внедрения радиотехнологий:

- 1) Недостаток соответствующего сетевого оборудования во многих регионах $P\Phi$. Данный факт является основным препятствием на пути оперативного внедрения перспективных радиотехнологий в коммерческое использование.
 - 2) Нерешенный вопрос с использованием радиочастот.

Для оказания услуг связи в новых сетях операторам потребуются новые частоты. Основная часть радиочастот, пригодных для этого, находится в распоряжении государства и частично используется для военных нужд. Поэтому, первоочередной задачей, без решения которой запуск перспективных технологий представляется невозможным, является конверсия радиочастот, то есть их перевод из государственного пользования в гражданское с последующим получением операторами связи лицензий на их использование.

Кроме того, полосы частот, наиболее удобные (как в техническом, так и в экономическом смысле) для применения, уже распределены между игроками рынка и работа в них новых телекоммуникационных и иных систем может привести к возникновению вредоносных и/или мешающих помех, что негативно отразится на качестве приема сигнала и, следовательно, оказываемых услуг. Данная ситуация объясняется не только значительным ростом числа действующих в эфире радиоэлектронных средств (РЭС), но и тем, что государственная политика в области радиочастотного ресурса недостаточно стимулирует повышение эффективности его использования.

3) Окупаемость инвестиций.

Коммерческим компаниям необходима уверенность в том, что проект окажется успешным. Для определения финансовых перспектив проекта необходимо определить сумму первоначальных капиталовложений, а также, четко просчитать экономический эффект от запуска сетей, что на текущий момент сделать весьма непросто. Многие компании, работающие на рынке, опасаются того, что передача данных в сетях LTE или WiMAX, которая помимо прочего будет использоваться и в целях Интернет-телефонии, резко сократит голосовой трафик (следовательно, и доходы от него). Операторам связи придется также вступить в конкурентную борьбу с ныне существующими сервисами Интернет-телефонии, (например, Skype). Причем, если в системе ценообразования последних издержки, связанные с расходами на строительство сетей, не фигурируют вовсе, то сотовым операторам эти издержки уже придется учитывать.

Таким образом, проблема внедрения радиотехнологий в регионах РФ характеризуется комплексностью решения технико-экономических и организационно-методических задач. Эффективность внедрения тех или иных радиотехнологий зависит от воздействия разнообразных факторов и их сочетаний, действие которых не одинаково в различных регионах страны, вследствие различий в уровне их технической оснащенности средствами связи и социально-экономического развития. К таким факторам могут относиться: уровень проникновения сотовой связи, уровень проникновения ШПД, ARPU (средний доход от одного абонента), равномерность распределения населения внутри субъекта РФ, площадь субъекта РФ, уровень внутреннего регионального продукта (ВРП) и др.

Литература

- 1. WiMAX forum URL http://www.WiMAXforum.org/
- 2. Senza fili Consulting URL http://www.senzafiliconsulting.com
- 3. Global Semiconductor Alliance URL http://www.gsaglobal.org
- 4. Infonetics Research URL http://www.infonetics.com/
- 5. ABI Research URL http://www.abiresearch.com/
- 6. Juniper Research URL http://www.juniperresearch.com/

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВЫСВОБОЖДАЕМЫХ ПОЛОС РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА ПО РЕГИОНАМ РФ

Е. Е. Володина,

Московский технический университет связи и информатики, профессор кафедры «Экономика связи», к. э. н., 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8A, e-mail: evolodina@list.ru,

А. Ю. Плосский,

Московский технический университет связи и информатики, аспирант,

111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8A, e-mail: aplossky@gmail.com

УДК 654.01

Аннотация. В 2015 г. в Российской Федерации запланировано завершение перехода от наземного аналогового эфирного телевизионного вещания к цифровому. Одним из ключевых результатов этого процесса будет высвобождение частотного ресурса и появление Цифрового Дивиденда. Цифровой Дивиденд – это частотный ресурс в диапазонах 174–260 МГц и 470–862 МГц, доступный свыше требуемого для вещания аналоговых телевизионных программ в цифровом формате, который появится после завершения процесса перехода аналогового вещания к цифровому. В зарубежной практике существует несколько вариантов распределения Цифрового Дивиденда между цифровым телевидением и подвижной связью. Проведён анализ особенностей развития региональных рынков услуг связи и выявлена целесообразность использования регионального подхода к распределению высвобождаемых полос радиочастотного спектра при внедрении цифрового телевидения. Отобраны наиболее важные критерии развития региональных рынков услуг связи и на их основе проведён кластерный анализ для группировки регионов (субъектов) РФ в крупные группы (кластеры) для принятия решения о выборе варианта распределения для каждой группы. Сформирована кластерная модель, учитывающая социально-экономические критерии и ограниченность частотного ресурса.

Ключевые слова: радиочастотный спектр, Цифровой Дивиденд, цифровое телевидение, подвижная связь, управление спектром, частотный ресурс.

JUSTIFICATION THE CRITERIA FOR CLUSTER ANALYSIS AND THE RESULTS OBTAINED FROM ITS USE IN THE ALLOCATION OF RADIO SPECTRUM BANDS RELEASED BY REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

Elena Volodina,

Moscow technical university of communications and informatics, professor of "Communication Economics", Ph.D, 111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A, e-mail: evolodina@list.ru,

Arseniy Plossky,

Moscow technical university of communications and informatics, graduate student, 111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A, e-mail: aplossky@gmail.com

Annotation. Digital Switchover will be completed in Russian Federation in 2015. One of the key outcome of that process will be Digital Dividend appearing. Digital Dividend is a frequency resource in the bands of 174-230 MHz and 470-862 MHz which will be available over the necessary resource amount for substitute analogue TV programmes by the digital ones after ending of Digital Switchover. There are a few options of Digital Dividend allocation between digital television and mobile communications. Features of development of regional telecommunication markets have been analysed and reasonability of regional approach to spectrum resource allocation at adoption of digital television has been identified. Most major criteria of development of regional telecommunication markets have been selected and on a base of them cluster analysis for grouping regions for making decision on choosing option of allocation for each cluster has been performed. Clustering model which takes into account socio-economic criteria and frequency resource limitation has been formed.

Keywords: radiofrequency spectrum, digital dividend, digital television, mobile communications, spectrum management, frequency resource.

Введение

В Российской Федерации переход к цифровому вещанию должен завершиться к 2015 году [1]. Это позволит поднять уровень телевизионных услуг на качественно иной уровень, и в том числе, интегрировать телевидение, наряду с другими службами в глобальное информационное пространство, например, на основе использования сети Интернет. Одним из ключевых результатов этого процесса будет высвобождение частотного ресурса и появление Цифрового Дивиденда. Цифровой Дивиденд – это частотный ресурс в диапазонах 174-260 МГц и 470-862 МГц, доступный свыше требуемого для вещания аналоговых телевизионных программ в цифровом формате, который появится после завершения процесса перехода аналогового вещания к цифровому.

Высвобождение радиочастотного спектра (РЧС) станет возможным вследствие того, что системы аналогового телевидения менее эффективно используют рабочую полосу частот (8 МГц), чем системы цифрового телевидения. На данный момент в одном мультиплексе наземного эфирного цифрового телевизионного вещания (НЭЦТВ) стандарта DVB-Т, который занимает один частотный телеканал 8 МГц, можно разместить порядка 8-9 телевизионных программ в цифровом формате.

Несмотря на то, что высвобождается существенный объём РЧР, для удовлетворения потребностей всех участников рынка услуг связи, его не хватит. В своих предыдущих работах [2,3,4], авторы касались международного опыта распределения, высвобождаемого от аналогового телевидения РЧР и национальных особенностей, влияющих на распределение РЧР. В данной статье, авторы, на основе разработанных принципов рационального распределения РЧР [5], проанализируют возможные подходы к реализации Цифрового Дивиденда в Российской Федерации.

Применение метода кластерного анализа для реализации регионального подхода к распределению Цифрового Дивиденда

Существует несколько подходов к решению задачи распределения, высвобождаемого от аналогового телевидения РЧР:

- Приоритет телевидения. Аналоговое телевидение заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР используется для развития телевидения (увеличение количества телепрограмм, разработка и внедрение новых технологий телевидения (телевидение высокой чёткости, 3D-телевидение и т.д.)).
- Приоритет подвижной связи. Аналоговое телевидение заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР используется для подвижной связи стандарта LTE.
- Вытеснение наземного телевидения. Аналоговое телевидение не заменяется на цифровое, а переводится в кабельный или спутниковый формат. Высвобождаемый РЧР в полном объёме используется для подвижной связи стандарта LTE.
- Долевое распределение. Аналоговое телевидение заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР делится между НЭЦТВ и LTE на территории государств в разных пропорциях.
- Региональный подход. Аналоговое телевидение заменяется на цифровое, а высвобождаемый РЧР распределяется для НЭЦТВ и для LTE в разных регионах государств индивидуально.

Первые четыре подхода являются общенациональными, то есть используются при принятии решения о распределении РЧР для целой страны. Неоднородность развития региональных рынков услуг связи, различная доступность высвобождаемого РЧР и другие факторы, приведённые авторами в [2,3,4] делают нецелесообразным использование любого общенационального подхода. Государственная программа «Информационное общество» [6] одной из своих задач, ставит устранение цифрового неравенства, то есть устранение существенной разницы в обеспеченности услугами связи в разных регионах. То есть, наиболее важным эффектом от реализации Цифрового Дивиденда, должно быть преодоление Таким образом, в качестве базового подхода к регионального цифрового неравенства. решению задачи эффективного распределения РЧР для Российской Федерации следует использовать региональный подход, который дополнительно включает в себя комбинацию элементов общенациональных подходов. Как уже было сказано, суть регионального подхода состоит в распределении высвобождаемого РЧР индивидуально для отдельных частей страны, однако, принимать решение отдельно для каждого из 83 субъектов РФ – задача крайне трудоёмкая. Для упрощения этой задачи можно использовать метод кластерного анализа для группировки регионов РФ в крупные группы – кластеры. Кластеризация позволит анализировать и принимать решения о распределении РЧР для целой группы регионов.

Для того, чтобы применить метод кластерного анализа, необходимо определить критерии кластеризации. Согласно анализу, проведённому авторами в [2–4], наиболее важными критериями для определения эффективности распределения РЧР является потребность в услугах ТВ, и потребность в услугах LTE. Для определения значений этих критериев авторы использовали открытые данные о текущем проценте населения, охватываемого как минимум сетью подвижной связи 3G, полученные из открытых источников операторов «Большой тройки», а также, суммарное проникновение всех видов цифрового телевидения (спутникового, кабельного и интернет-телевидения (IPTV)). На основании этих

данных, а также данных Федеральной службы государственной статистики [7] о величине объёма услуг связи, оказанных населению в регионах, сформирована трёхкритериальная система, на базе которой проводится кластеризация.

Большое достоинство кластерного анализа состоит в том, что он позволяет производить разбиение объектов не по одному параметру, а по целому набору признаков. Кроме того, кластерный анализ в отличие от большинства математико-статистических методов не накладывает никаких ограничений на вид рассматриваемых объектов, и позволяет рассматривать множество исходных данных практически произвольной природы. Учитывая разнородность факторов (объём услуг считается в абсолютных величинах (денежные единицы)), а потребность рынка услуг связи в НЭЦТВ и LTE — в относительных (процент населения и территории, не охваченных услугами соответствующих перспективных радиотехнологий), возможность работы с неоднородными критериями определяет целесообразность выбора метода кластерного анализа для группировки регионов.

Основными методами кластерного анализа являются метод древовидной кластеризации и метод k-средних. Авторами проводится кластеризация двумя этими методами и для дальнейших исследований выбирается тот метод, который даст наиболее наглядные результаты. Для проведения статистического анализа в рамках данной работы используется специальное программное обеспечение Statistica [8].

Для значений выбранных критериев построена диаграмма рассеяния (рис. 1). Как видно из трёхмерной диаграммы, разброс значений показателей у всех наблюдений (регионов) очень большой и визуально представить себе будущие кластеры представляется сложно выполнимой задачей. Построение двумерных диаграмм рассеяния также не даст визуального результата, так как связь между значениями проникновения услуг связи поколения не менее 3G и услуг платного телевидения невысока. По полученным входным данным автором проводится анализ с использованием метода древовидной кластеризации. Для выполнения процедуры по этому методу, необходимо определить меру расстояния и правило объединения кластеров. В качестве меры расстояния целесообразно выбрать Манхэттенское расстояние (расстояние городских кварталов) [9], так как присутствуют большие выбросы значений критериев, что видно на диаграмме рассеяния. В качестве правила объединения кластеров будет применяться метод Варда [9], так как большое количество выбросов значений критериев (см. 1) позволяет сделать вывод о том, что размеры кластеров будут изначально небольшими. Результаты использования метода древовидной кластеризации представлены на рис. 2.

Как уже было сказано выше, данный метод кластеризации последовательно объединяет наблюдения в один большой кластер. Допустим, что требуется выделить 4 кластера. В таком случае необходимо проанализировать расстояния объединения кластеров, начиная с самой правой. Таким образом, продолжая изучение расстояний на рис. 2, можно выделить следующие 4 кластера:

- Первый кластер (от Алтайского края до Самарской области).
- Второй кластер (от Москвы до Санкт-Петербурга).
- Третий кластер (от Амурской области до Республики Тыва).
- Четвёртый кластер (от Белгородской области до Ямало-Ненецкого АО).

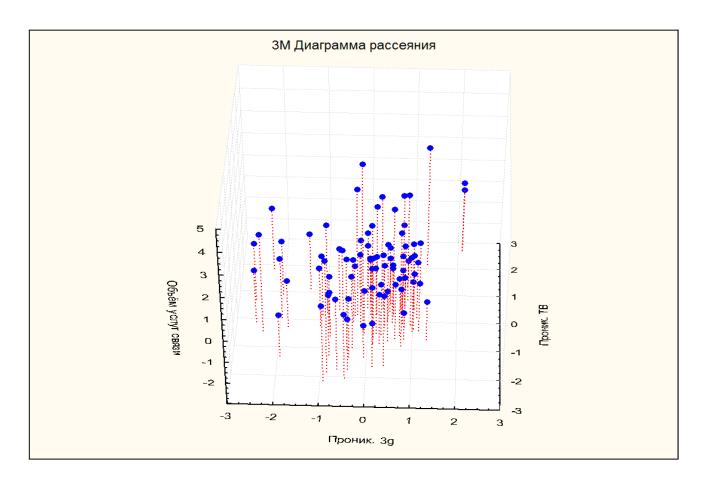


Рисунок 1.

Кластеризация древовидным методом имеет существенный недостаток для группировки регионов $P\Phi$ - нет возможности проследить связь между критериями при кластеризации. Такую возможность даёт метод k-средних. Кроме того, алгоритм метода k-средних позволяет задать изначально количество кластеров, что позволяет выдвинуть гипотезу о связи между критериями на основании анализа значений отобранных критериев и исследования международного опыта по вопросам распределения высвобождаемых полос $P\PsiC$.

Помимо общих подходов к распределению РЧР, приведённых выше, в международной практике существуют три возможных варианта решения задачи распределения, высвобождаемого РЧР. Согласно первому варианту, весь высвобожденный ресурс в рассматриваемых диапазонах распределяется для ТВ. Согласно второму – диапазон 790 – 862 МГц распределяется для LTE, а остаточный РЧР в полосах 174-230 и 470-694 МГц – для ТВ. Согласно третьему варианту, РЧР диапазона 694-962 МГц выделяется для LTE, остальной ресурс – для ТВ (при таком варианте высвобождаемого ресурса хватит только для LTE). Исходя из того, что каждый кластер должен существенно отличаться друг от друга, целесообразно определить количество кластеров равных количеству возможных решений.

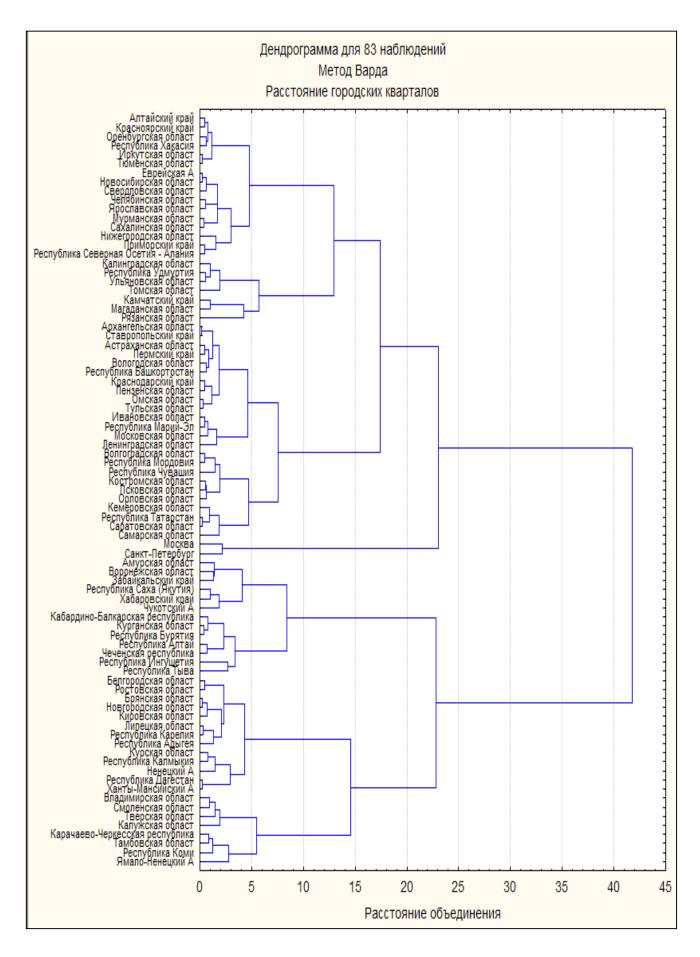


Рисунок 2.

Таким образом, можно выделить три кластера:

- Кластер ТВ. Для регионов кластера характерна существенно более высокая потребность в услугах НЭЦТВ, нежели в услугах LTE. Распределение РЧР для регионов этого кластера НЭЦТВ.
- Кластер LTE. Для регионов кластера характерна высокая потребность в услугах LTE, нежели в услугах НЭЦТВ. Распределение РЧР для регионов этого кластера LTE.
- Кластер высокого развития. Регионы кластера не имеют выраженной разницы в потребности в услугах НЭЦТВ и LTE. Распределение в большей степени зависит от дополнительных факторов, например, величина и доступность частотного ресурса, существующая инфраструктура, плотность населения.

На рис. З представлен результат применения метода. Как видно из графика средних, регионы Кластера высокого развития имеют самые высокие показатели проникновения платного ТВ и подвижной связи поколения 3G, а также отличаются самым высоким объёмом услуг связи, оказанных населению. Регионы Кластера ТВ характеризуются высоким проникновением подвижной связи поколения 3G, но низким проникновением платного ТВ. Регионы же Кластера LTE — высоким проникновением платного ТВ, но низким проникновением подвижной связи поколения 3G. При этом отметим, что объём услуг, оказанных населению в регионах Кластеров ТВ и LTE близок по значению. Это даёт основание полагать, что гипотеза о количестве и свойствах кластеров в целом была верна с поправкой на выявленную связь между проникновением услуг связи и объёмом услуг связи.

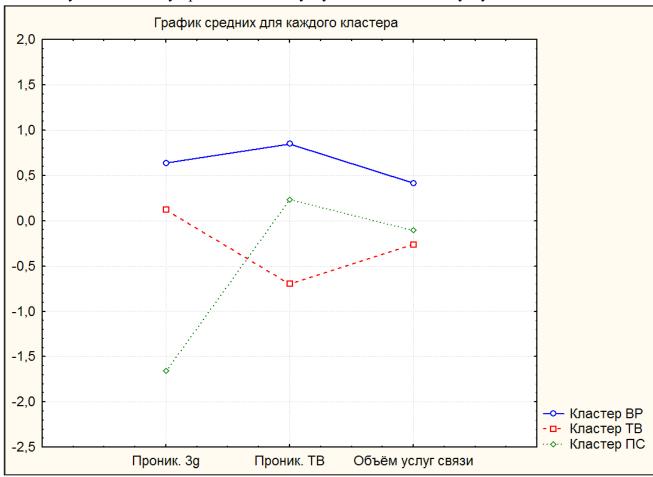


Рисунок 3.

На рис. 4 представлена схема предварительной кластеризации регионов. Предварительная кластеризация проведена с учётом только социально-экономических критериев и принципов распределения РЧР, однако, учитывая неоднородность в обеспеченности регионов РФ доступным частотным ресурсом [2,3], для формирования окончательной кластерной модели развития региональных рынков услуг связи в Российской Федерации необходимо учесть и этот технический фактор.

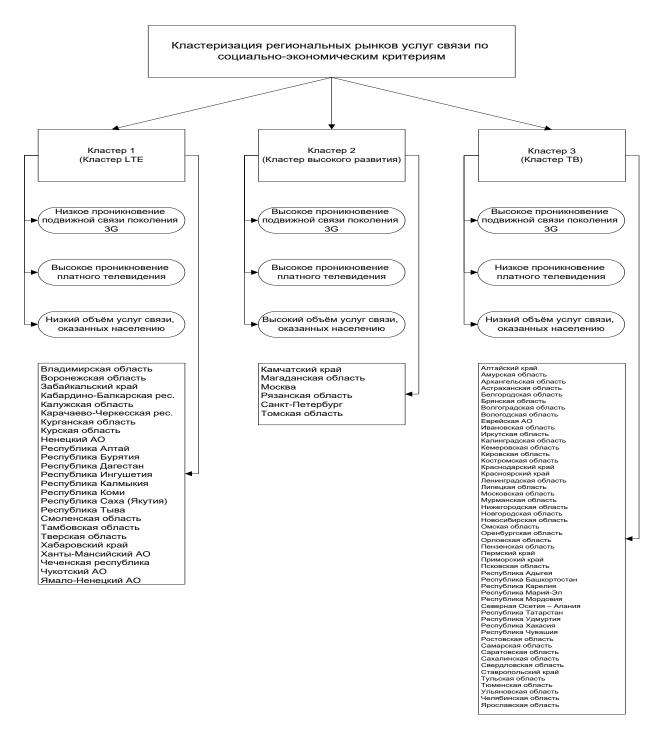


Рисунок 4.

В табл. 1 представлены результаты технической возможности распределения регионов Кластера высокого развития для подвижной связи поколения LTE. Из табл. 1 можно сделать следующие выводы:

- необходимость проведения конверсии РЧС как обязательного условия для распределения РЧС, высвобождаемого от систем аналогового телевидения. При отсутствии конверсионных работ РЧР вместо Цифрового Дивиденда будет «Цифровой Дефицит», то есть частотного ресурса может не хватать даже на реализацию ФЦП [1].
- наличие частотного ресурса для развития подвижной связи практически во всех регионах Кластера высокого развития при условии проведения конверсии.
- возможность распределения доступного частотного ресурса между LTE и НЭЦТВ с учётом высокого развития рынков услуг связи. А именно в регионах Кластера высокого развития, возможность распределить полосы частот 174-230 МГц для НЭЦТВ и 694-962 МГц для подвижной связи стандарта LTE.

Таблица 1

Регион	Доступ ность РЧР в диапазо не 174- 230 МГц	Доступн ость РЧР в диапазо не 470- 694 МГц	Доступн ость РЧР в диапазон е 694- 862 МГц при условии проведе ния конверси и РЧС	Доступн ость РЧР в диапазон е 694-862 МГц при условии не проведе ния конверси и РЧС	Итоговая принадлеж ность кластеру при условии проведения конверсии РЧС	Итоговая принадлеж ность кластеру при условии не проведения конверсии РЧС
Камчатски й край	Нет*	Нет**	да	да	Кластер высокого развития	Кластер высокого развития
Магаданска я область	Нет*	Нет**	да	нет	Кластер высокого развития	Кластер ТВ
Москва	Нет*	Нет**	да	нет	Кластер высокого развития	Кластер ТВ
Рязанская область	Нет*	Нет**	да	нет	Кластер высокого развития	Кластер ТВ
Санкт- Петербург	Нет*	Нет**	да	нет	Кластер высокого развития	Кластер ТВ
Томская область	Нет*	Нет**	нет	нет	Кластер высокого развития	Кластер ТВ

^{*} Согласно техническому принципу рационального распределения РЧР

^{**} В настоящее время не поддерживается стандартом LTE

Для Кластера LTE проблема частотной доступности существует в несколько другой плоскости. Так, для подвижной связи при условии проведения конверсионных работ выделяется полностью полоса 470–862 МГц, однако работа стандарта LTE на данный момент может осуществляться только в частотах 694–862 МГц. В отличие от LTE, для цифрового телевидения ограничения по работе стандарта DVB-T для рассматриваемых диапазонов отсутствуют, однако существует проблема необходимости обеспечения ЭМС, что сокращает возможную к использованию полосу частот. Таким образом, для каждого региона характерно своё число частотных каналов, в которых можно разместить НЭЦТВ (в среднем для регионов предварительно сформированного Кластера ТВ (рис. 4), количество высвобождаемых частотных каналов равно 8).

При распределении РЧР важно помнить, что от трёх до пяти частотных каналов предназначены для замещения аналоговых телевизионных программ [1]. Исходя из технических регламентов, авторами рассматривается вариант с использованием пяти частотных каналов. Таким образом, за вычетом замещающих аналоговые телепрограммы трёх обязательных мультиплексов, в регионах Кластера ТВ остаётся 3 частотных канала, в которых могут разместиться 3 мультиплекса, включающих в себя до 30 цифровых телепрограмм стандартного качества или до 9 программ высокого качества. Кроме того, часть РЧР может быть использована для перспективных телевизионных технологий, например, трёхмерное или голографическое телевидение. В регионах Кластера высокого развития таких каналов в среднем будет 7, то есть 2 частотных канала для перспективного использования НЭЦТВ.

Кластер LTE испытывает наибольшую потребность в РЧР для систем подвижной связи стандарта LTE. Как уже сказано, на данный момент стандарт LTE не может работать ниже 694 МГц, однако технически нет никаких препятствий для работы LTE во всём IV и V ТВ-диапазоне (470-862 МГц). Для регионов Кластера LTE делается допущение о возможности развития стандарта для работы в более низких частотных диапазонах. Таким образом, в регионах этого кластера в рассматриваемых диапазонах будут работать только замещающие аналоговое телевидение цифровые программы, а остальная полоса частот будет распределена для подвижной связи стандарта LTE. На рис. 5 представлена конечная кластерная модель распределения.

Как было сказано выше, задача применения метода кластерного анализа состоит в группировке регионов по выбранным критериям. Однако для дальнейшей работы необходимо выбрать опытные регионы, для которых и будет определяться эффективность распределения РЧР. В табл. 2 приведены данные о регионах-центрах кластеров.

После проведения кластеризации, необходимо определить коэффициенты приведения для регионов-центров к остальным регионам кластера. В данном случае использовать расстояния до пространственного центра кластера неправильно, так как их значения берутся по модулю, таким образом оценить будет ли коэффициент приведения больше или меньше не представляется возможным. Для расчёта коэффициентов приведения необходимо воспользоваться данными по значениям критериев рационального распределения РЧР. Для Кластера высокого развития основным показателем является объём услуг, оказанных населению, для Кластера ТВ – совокупность потребности в услугах НЭЦТВ и объёма услуг, оказанных населению, а для Кластера LTE – совокупность потребности в услугах LTE и объёма услуг, оказанных населению.

Таблица 2

Кластер	Регион-центр	Расстоя ние от центра кластер а	Проникнове ние платного телевидения к 2015 году, %	Проникно вение подвижно й связи поколения 3G к 2015 году, %	Объём услуг связи, оказанный населению (прогноз на 2015 год), руб./чел.
LTE	Республика Дагестан	0,1777	35	46	5945,60
Высокого развития	Камчатский край	0,642	50	82	13324,07
ТВ	Пермский край	0,0927	47	70	5493,75

Таким образом, формула для расчёта коэффициента приведения і-го региона для Кластеров LTE или ТВ будет выглядеть следующим образом (на примере кластера ТВ):

$$k_{i ext{-oro}}$$
 региона кластера ТВ $= \left(\frac{D_{i ext{-oro}}}{D_{ ext{peruoha} ext{-qentpa}}} \left(\frac{V_{ ext{ycлyr}}}{V_{ ext{ycлyr}}}\right) \left(\frac{V_{ ext{ycлyr}}}{V_{ ext{ycлyr}}}\right) \left(\frac{V_{ ext{ycnyr}}}{V_{ ext{ycnyr}}}\right)$ (1)

 Γ де D — потребность рынка в услугах связи (в данном случае, в услугах НЭЦТВ), относ. ед.;

 $V_{\text{услуг}}$ – объём услуг связи, оказанных населению, руб. /чел.

Для регионов Кластера высокого развития коэффициент приведения считается следующим образом:

$$k_{i ext{-oro}}$$
 региона кластера ВР = 0,3 * $\left(\frac{V_{\text{услуг }i ext{-ro}}$ региона кластера ТВ $V_{\text{услуг региона-центра кластера ТВ}}\right)$ (2)

где 0,3 — поправочный коэффициент, отражающий среднюю совокупную потребность в LTE и НЭЦТВ.

Кластеризация регионов по социально-экономическим критериям с учётом технических ограничений приведена на рис. 5.

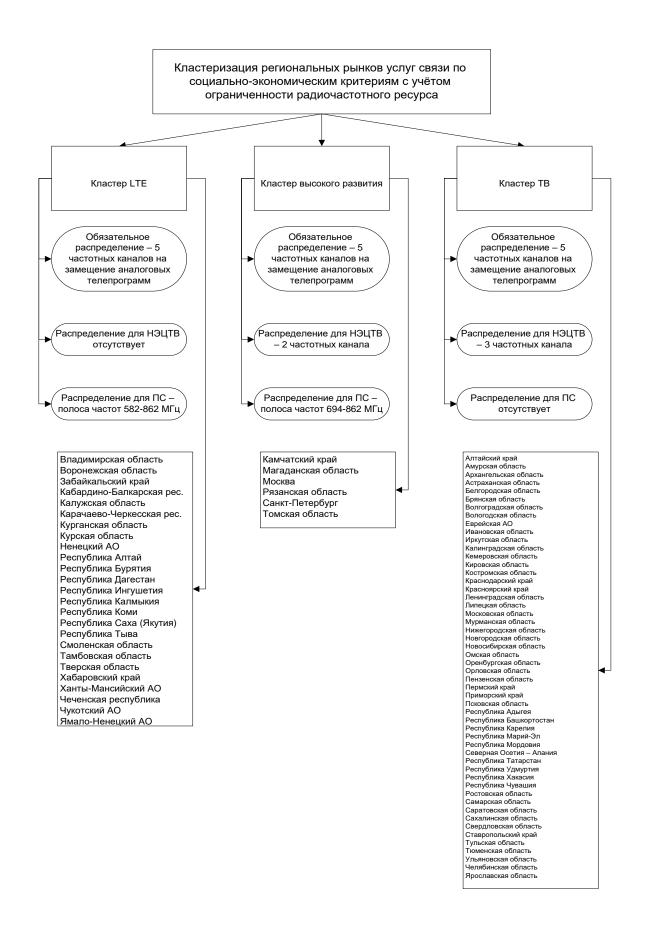


Рисунок 5.

Заключение

Проведённая авторами кластеризация регионов по социально-экономическим критериям и техническим ограничениям обеспечивает решение задачи распределения высвобождаемого радиочастотного ресурса при внедрении цифрового телевидения (Цифрового Дивиденда) в России. Наряду с используемым региональным подходом, в разработанной кластерной модели частично использованы и элементы общенациональных подходов (приоритет телевидения, приоритет подвижной связи, долевое распределение). Предложенная кластеризация позволяет максимально решить проблему цифрового неравенства, то есть максимизировать социальный эффект, отражающий удовлетворение потребностей потребителей услуг связи. На базе разработанной кластерной модели и коэффициентов приведения могут проводиться детальные экономические расчёты, которые позволят оценить общий эффект от реализации Цифрового Дивиденда.

Литература

- 1. Федеральная целевая программа "Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009 2015 гг.". URL http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2012/297/
- 2. Володина Е.Е., Плосский А.Ю. Технико-экономические аспекты реализации цифрового дивиденда в Российской Федерации. Труды 9-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии. Спб, Россия, 2011.
- 3. Plossky, A., Volodina E. Features of the digital dividend implementation in conditions of great population density discontinuity and limitation of the frequency resource. Труды 10-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости. Йорк, Великобритания, 2011.
- 4. Plossky, A., Volodina E. Influence of Economic Factors on Clustering of Regions for the Digital Dividend Implementation in a Number of Specific Conditions. Труды 11-го международного симпозиума по электромагнитной совместимости. Рим, Италия, 2012.
- 5. Плосский А.Ю. Разработка принципов рационального распределения высвобождаемых полос радиочастотного спектра при внедрении цифрового телевидения в Российской Федерации. Материалы XXXII конференции РАЕН «Мобильный бизнес: «Перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». 2012, С. 56 61.
- 5. Федеральная служба государственной статистики. URL http://www.gks.ru
- 6. StatSoft, Inc. Оффициальный сайт разработчика ПО «Statistica» URL http://www.statsoft.com
- 7. StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике.

URLhttp://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ ДО 2015 ГОДА»

Е. Е. Володина,

Московский технический университет связи и информатики, профессор кафедры «Экономика связи», к. э. н, 111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8A, e-mail: evolodina@list.ru, Д. В. Веерпалу, ФГУП НИИР, инженер РТК анализа электромагнитной совместимости, 105064, Москва, ул. Казакова, д. 16, e-mail: katikoma@yandex.ru

УДК 654.01

Аннотация. Раскрыта история развития цифрового телевидения, которая условно разбита на несколько этапов, характеризующихся научно-исследовательскими и опытноконструкторскими работами, экспериментальными устройствами и системами, а также соответствующими стандартами. Дан обзор состояния внедрения цифрового телевидения в европейских странах, Японии и США. Выделены четыре группы стран по уровню перехода на цифровую платформу и срокам внедрения цифрового телевидения. Представлены итоги исследования рынка в 35 странах Европы и Северной Африки по количеству домохозяйств, подключенных к наземным системам телевизионного вещания. Дана характеристика развития инфраструктуры цифрового телерадиовещания в России, где переход телевизионного вещания от аналогового к цифровому (в европейском стандарте DVB-T) был объявлен государственным приоритетом и положен в основу федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания до 2015 года». Отмечено, что, выбрав европейский стандарт цифрового вещания, российские регуляторы вынуждены следовать европейским срокам и принципам перехода от аналогового к цифровому вещанию. В статье раскрыты организационные, технические и финансовые вопросы Реализации Программы, отражены значительные изменения, проведен анализ выполнения мероприятий по созданию объектов сети цифрового вещания 1-го мультиплекса. Отмечена важная роль управления и мониторинга Программы.

Ключевые слова: телерадиовещание, цифровое телевидение, развитие, переход, стандарты, строительство, управление, внедрение, федеральная целевая программа.

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE FEDERAL TARGET PROGRAM «BROADCASTING DEVELOPMENT UP TO 2015»

Elena Volodina.

Moscow technical university of communications and informatics, professor of "Communication Economics", Ph.D, 111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A, e-mail: evolodina@list.ru, Denis Veerpalu,

the engineering specialist RTC of EMC Analysis, 105064, Moscow, Kazakova St., 16, e-mail: katikoma@yandex.ru

Annotation. Revealed the history of the digital television development which is conditionally divided into several stages characterized by research and development works, experimental devices and systems as well as relevant standards. Reviewed the status of the digital television implementation in the European countries, Japan and the USA. Singled out four groups of countries by the level of transition to a digital platform and timing for the introduction of digital television. Presented the results of market research in 35 countries in Europe and North Africa for the number of households connected to the terrestrial television broadcasting systems. The characteristic of the infrastructure development of digital broadcasting in Russia, where the transition of broadcasting television broadcasting from analog to digital (in the European DVB-T standard) has been declared a national priority and formed the basis of the Federal Target Program "Development of broadcasting until the year 2015". Noted that selecting a European standard of digital broadcasting Russian regulators are forced to follow the European terms and principles of transition from analogue to digital broadcasting. The article deals with organizational, technical and financial implementation of the program, reflected a significant changes, analyzes the implementation of measures to establish a digital broadcasting network 1st multiplex objects. The important role of control and monitoring of the program marked.

Keywords: broadcasting, digital television, development, conversion, standards, project, control, implementation, Federal Target Program.

В Российской Федерации переход эфирного телевизионного вещания от аналогового к цифровому (в европейском стандарте DVB-T) был объявлен государственным приоритетом и положен в основу федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания до 2015 года» - ФЦП [9]. Выбрав европейский стандарт цифрового вещания, российские регуляторы вынуждены следовать европейским срокам и принципам перехода от аналогового к цифровому вещанию.

Финансирование федеральной целевой программы Программа) (далее предусматривает использование бюджетных И внебюджетных Объём финансирования Программы определен исходя из необходимости реализации различных категорий мероприятий и их параметров (стоимость проекта, условия для привлечения средств внебюджетных источников, срок реализации и др.). Объём финансирования составляет 123 566 млн руб., в том числе за счет средств федерального бюджета – 76 366 млн руб. (в ценах соответствующих лет). При этом важнейшим принципом реализации Программы является максимальное привлечение финансовых средств внебюджетных источников для выполнения тех мероприятий, которые могут иметь коммерческую направленность.

При определении оптимального варианта развития телевизионного вещания было проведено сравнение возможностей и стоимости развития и эффективности кабельного, спутникового, непосредственного и эфирного вещания при условии охвата вещанием всего населения. В результате подтверждено, что эфирное вещание является самым простым, быстрым и наименее затратным способом охвата населения страны. Кроме того, этот вариант позволяет организовать региональное и местное вещание с учетом всех потребностей вещателей, обеспечить высокие надежность и скорость развертывания сетей.

В крупных населенных пунктах с высокой концентрацией населения и ресурсов, эфирное наземное телевизионное вещание ограниченного количества социально значимых каналов дополняется платным кабельным телевидением, расширяющим перечень доступных каналов и предоставляющим дополнительные мультимедийные услуги.

В малых населенных пунктах, не охваченных наземным эфирным телерадиовещанием, экономически целесообразна непосредственная спутниковая телерадиотрансляция.

Реализацию Программы [10] планируется осуществить в течение 2009 - 2015 годов в два этапа. Реализация 1 этапа Программы (2009 год) была нацелена на обеспечение условий для перехода на цифровой формат распространения программ, в частности разработка, экспертиза и утверждение системных проектов для первой очереди строительства цифровых сетей в субъектах Российской Федерации. Целью 2 этапа Программы (2010 - 2015 годы) является реализация запланированных мероприятий по развитию телерадиовещания, повсеместный переход на цифровое вещание, создание условий для последовательного отключения аналогового вещания в стране и завершение создания единого информационного пространства в Российской Федерации. Основной целью Программы является развитие пространства Российской Федерации, обеспечение информационного населения гарантированным предоставлением многоканальным вешанием обязательных телерадиоканалов заданного качества и повышение эффективности функционирования телерадиовещания.

Цифровые сети в каждом субъекте Российской Федерации строятся путем дооснащения существующих объектов вещательной сети. Основой для проектирования цифровых сетей (координаты и мощность вещания) выступают сети государственного оператора связи, обеспечивающие на сегодняшний день максимальный охват населения наземным эфирным вещанием. Количество объектов государственной сети, подлежащих дооснащению, определяется системными проектами и составляет примерно 6500 единиц.

В связи с тем, что единовременный переход на цифровое наземное телевизионное вещание по всей территории России представляется невозможным, его предлагается проводить последовательно по регионам, начиная с отдельных радиопередающих станций. Отключение в регионе аналогового вещания телеканалов предлагается осуществлять при достижении пороговых значений показателей развития сети цифрового вещания данных телеканалов — охвата, эквивалентного зоне аналогового вещания, и высокой обеспеченности домохозяйств цифровым приемным оборудованием (более 90 процентов) [11]. Разработка проектов и строительство сетей в регионах проводятся в соответствии с частотнотерриториальным и территориально-временным планом развертывания сетей цифрового вещания, при этом приоритетным является освоение приграничных районов Российской Федерации, планы переходного периода в которых требуют незамедлительной координации с сопредельными государствами (рис. 1).

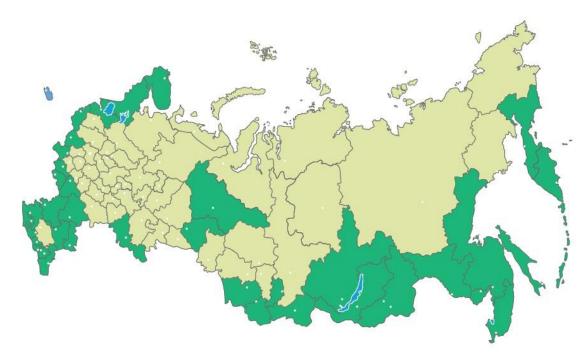


Рисунок 1.

С момента начала осуществления мероприятий по реализации федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы», произошли значительные изменения, которые отражены в постановлении Правительства Российской Федерации от 21 июня 2012 г. №617 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы», которым предусматривается снижение уровня ряда основных показателей.

Согласно сведениям о строительстве РТПС по состоянию на 01 октября 2012 г. введено в эксплуатацию 266 станций НЦТВ, а до конца года планируется завершить строительство 801 станций НЦТВ.

Анализ выполнения мероприятий по созданию объектов сети цифрового вещания 1-го мультиплекса показал, что по состоянию на 01 октября 2012 г. находятся в стадии эксплуатации объектов — 1423 РТПС, в стадии строительства — 1617 РТПС, проектирования — 1452 РТПС. Учитывая повторяемость динамики ввода в эксплуатацию РТПС в 2011 и 2012 годах можно предположить возможность завершения строительства РТПС в полном объёме (801 станция НЦТВ), учитывая, что по итогам 3-го квартала введено в эксплуатацию 266 РТПС, то есть требуется ввести в эксплуатацию до конца 2012 года еще 535 РТПС из 1617 строящихся.

При этом следует отметить, что в настоящее время ведется строительство 1082 РТПС, которые будут вводиться в эксплуатацию в 2013 году. Это является хорошими предпосылками для достижения контрольных показателей 2013 года.

В тоже время прогноз достижения целевого индикатора «Количество субъектов Российской Федерации, охваченных цифровым телевещанием (с охватом не менее 95% населения субъекта), ед.» [11] на конец 2015 года показывает, что в семи субъектах Российской Федерации охват населения цифровых телевизионным вещанием не достигает 95%:

• Амурская область	93,72%,
• Кемеровская область	94,27%,
• Красноярский край	92,74%,
• Республика Калмыкия	93,98%,
• Республика Саха (Якутия)	93,93%
• Ставропольский край	92,35%
• Чукотский автономный округ	94,96%

В связи с этим ФГУП «РТРС» в настоящее время проводит дополнительную оптимизацию сетей ЦТВ в указанных субъектах России, направленную на обеспечение охвата населения цифровым ТВ вещанием не менее 95 %.

Следует отметить, что действующий механизм управления и мониторинга реализации мероприятий в соответствии с программой развития телерадиовещания не позволяет своевременно принять необходимые решения по корректировке достижения запланированных целевых индикаторов и показателей или принять соответствующие меры по их достижению.

Поскольку проекты строительства сетей цифрового телевидения по своей стоимости, капиталоемкости, длительности и прочим признакам, в соответствии с классификацией типов проектов относятся к мегапроектам, то вопросам эффективного управления и, в частности мониторинга их реализации, должно уделяться особое внимание. Методология и инструментарий реализации функций управления и мониторинга такими проектами должны быть основаны на теории проектного менеджмента и научно обоснованы.

Литература

- 1. Федеральная целевая программа «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2015 годы», утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2009 г. №1349-р. Текст опубликован в "Собрании законодательства РФ", 16.08.2010, №33, ст. 4465.
- 2. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2012 г. №617 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2015 годы».