СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXXI МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ РАЕН

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

Конференция была организована региональным отделением Российской Академии Естественных Наук «Экономика и качество систем связи» и ЗАО «НИРИТ».
Место и год издания сборника: Москва 2012.
Место проведения конференции: Италия, г. Позитано.
Начало конференции 14 мая 2012.
Окончание конференции 16 мая 2012.

Оглавление

Оглавление докладов	с.2-3
СЕКЦИЯ 1. ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ NG-1	
Формирование сигнала на канальном уровне в стандарте NG-1. *В.Н. Акимов, А.О. Шорин, Р.С. Аверьянов*	с.4-15
СЕКЦИЯ 2. ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ	
Имитационное моделирование межсотовых перемещений и мониторинг локальных перегрузок в системах связи с подвижными объектами. *О.А. Шорин, В.М. Щучкин*	с.16-26
Особенности планирования эксперимента в инфокоммуникационных системах. *А.С. Аджемов, Б.П. Хромой*	с.27-39
Демаскирующие признаки лазерных систем и их защита от ТСР. *С. В. Дворянкин, Ю. К. Меньшаков, А. В. Петраков*	с.40-47
СЕКЦИЯ 3. РЕГУЛЯТОРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ	
Схемы мониторинга мероприятий по развитию цифрового наземного телерадиовещания в России. *Е.Е. Володина, Е.Е. Девяткин, Д.В. Веерпалу*	с.48-55
Анализ международного опыта лицензирования деятельности с использованием технологий 4-го поколения подвижной связи. *Е.Е. Володина, Д.В. Бабкин*	с.56-59

Методика расчета убытков, причинённых пользователям радиочастотного спектра приостановлением действия разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов в период проведения Олимпийских и Паралимпийских игр. *Е.Е. Володина, Е.Е. Девяткин*	с.60-64

СЕКЦИЯ 1. ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ NG-1

ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛА НА КАНАЛЬНОМ УРОВНЕ В СТАНДАРТЕ NG-1

В. Н. Акимов,
Московский технический университет связи и информатики,
доцент, к. т.н.,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8 А.
Р. С. Аверьянов,
Московский технический университет связи и информатики,
аспирант,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8 А,
e-mail: roman3178823@gmail.com
А. О. Шорин,
Московский технический университет связи и информатики,
аспирант,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8 А,
e-mail: as@nirit.org

УДК 621. 396

Аннотация: Рассмотрены вопросы формирования сигналов радиоинтерфейса стандарта широкополосного мобильного доступа четвертого поколения McWill. Подробно рассмотрены вопросы структуры сигналов канального уровня и их соответствия сигналам физического уровня. Рассматриваются структуры фреймов и тайм-слотов, как каналов передачи служебной информации, так и каналов трафика. Приводится описание использования поднесущих OFDMA для передачи информации различного назначения.

Ключевые слова: Фрейм, тайм-слот, сигнал OFDMA, поднесущие, протокол канального уровня, физические сигналы.

CHANNEL-LEVEL SIGNAL SHAPING IN NG-1 STANDARD

Vladimir Akimov,
Moscow technical university of communications and informatics,
associate professor, Ph.D,
111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,
Roman Averyanov,
Moscow technical university of communications and informatics,
graduate student,
111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,
e-mail: roman3178823@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 article deals with the shaping of radio-interface signals in the forth-generation McWill wideband mobile access systems. Issues of channel-level signal structures are considered in detail as well as their correspondence with physical-level signals. Structures are considered for frames and time slots of both the service-data channels and traffic channels. Description is provided of the OFDMA subcarrier use for transmitting information of various purposes.

Keywords: Frame, time slot, OFDMA signals, subcarriers, channel-level protocol, physical signals.

Развитие технологий мобильного широкополосного доступа в последнее время претерпевает стремительное развитие. Большое число технологий, таких как WiMAX, I-BURST, LTE позволяют абонентам получить широкополосный доступ к современным услугам (голос, данные, видео). Для большинства технологий широкополосного доступа для использования определены достаточно высокие диапазоны частот (от 700 МГц), что не позволяет их вполне эффективно использовать на больших территориях с малой плотностью населения. Исследованная ЗАО «НИРИТ» с партнерами (ЗАО «НРТБ» и др.) технология MacWill (стандарт NG-1) имеет реализацию, как в высоких диапазонах частот, так и в низких 300/400 МГц, что делает ее по существу наиболее конкурентоспособной на просторах России. В настоящей работе рассмотрен очень важный вопрос принципов формирования сигнала на канальном уровне.

1. Фрейм

1.1. Структура фрейма

Широкополосная система беспроводного доступа SCDMA поддерживает два вида структуры фрейма, фрейм 10 мс и 5 мс. Временные слоты трафика могут гибко распределяться между линиями UL/DL.

Например, тайм-слоты могут распределиться между линиями UL/DL, как 4:4, в этом случае фрейм имеет длительность 10 мс, ниже описываются особенности двух структур фрейма.

Фрейм 10 мс включает преамбулу (включая один префикс, два символа синхронизации, суффикс,), 8 тайм-слотов трафика (включая 4 тайм-слота трафика линии DL и 4 тайм-слота трафика линии UL), UL – ranging тайм-слот и два guard тайм-слота. Структура фрейма изображена на рис. 1.

Фрейм 5 мс включает преамбулу (подобно преамбуле структуры фрейма 10 мс), 4 тайм-слота трафика (включая 2 тайм-слота трафика линии DL и 2 тайм-слота трафика линии UL), UL включает ranging тайм-слот и два guard тайм-слота. Структура фрейма изображена на рис. 2.

Preamble 160 μs	Guard 16μs	DL traffic 4739μs	Transmission Guard 218μs	Ranging 128μs	DL traffic 4739μs	Receival Guard 40 μs

Рисунок 1.

Preamble 160 µs	Guard 16µs	DL traffic 2220µs	Transmission Guard 224µs	Ranging 128µs	DL traffic 2212µs	Receival Guard 40 µs

Рисунок 2.

1.2 Структура тайм-слота

Тайм-слот трафика фрейма 10 мс. Общий (generaltimeslot) тайм-слот линии DL имеет длительность 1116µs, включая мини слот системы адаптивного управления усилением (AGC) и 8 OFDMA символов; Общий (generaltimeslot) тайм-слот линии UL имеет длительность 1106µs, включая мини слот системы адаптивного управления мощностью (APC) и 8 символов OFDMA. Супер тайм-слот линии DL имеет длительность 1391µs, мини слот системы адаптивного управления мощностью (APC) и 10 символов OFDMA; Супер тайм-слот линии UL имеет длительность 1381µs, мини слот системы адаптивного управления мощностью (APC) и 10 символов OFDMA. Структуры тайм-слотов описаны на рис. 3 и рис. 4, где серый символ OFDMA указывает положение символов пилот-сигналов (слабый серый символ и серый символ отдельно обозначают положение символа пилот-сигнала на нестационарном подканале и положении символа пилот-сигнала на стационарном подканале).

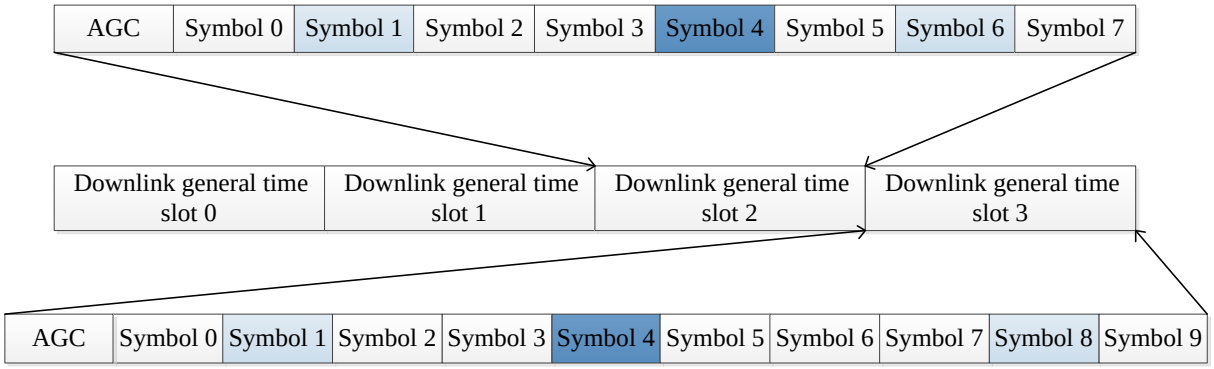

Рисунок 3.

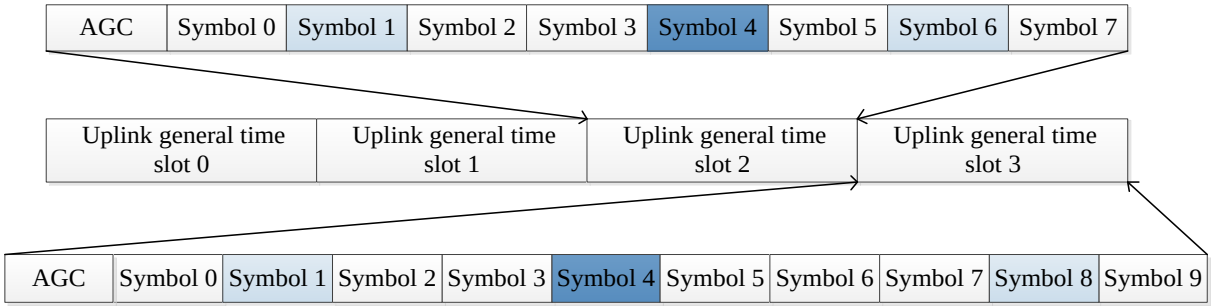

Рисунок 4.

Структура тайм-слотов трафика фрейма 5 мс имеет вид общего (generaltimeslot) тайм-слота. Общий (generaltimeslot) тайм-слот линии DL имеет длительность 1110μs, включая мини слот системы адаптивного управления усилением (AGC) и 8 символов OFDMA. Общий (generaltimeslot) тайм-слот линии UL имеет длительность 1106μs, включая мини слот системы адаптивного управления мощностью (APC) и 8 символов OFDMA. Структуры тайм-слотов описаны на рис. 5 и рис. 6.

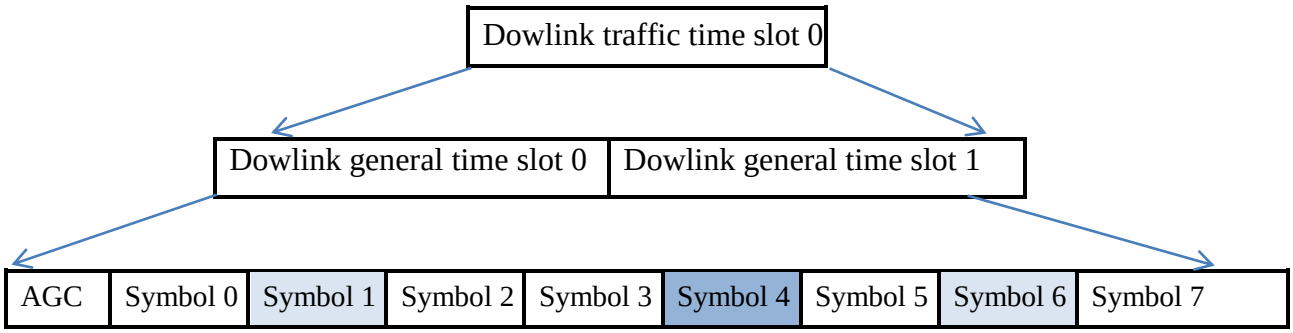

Рисунок 5.

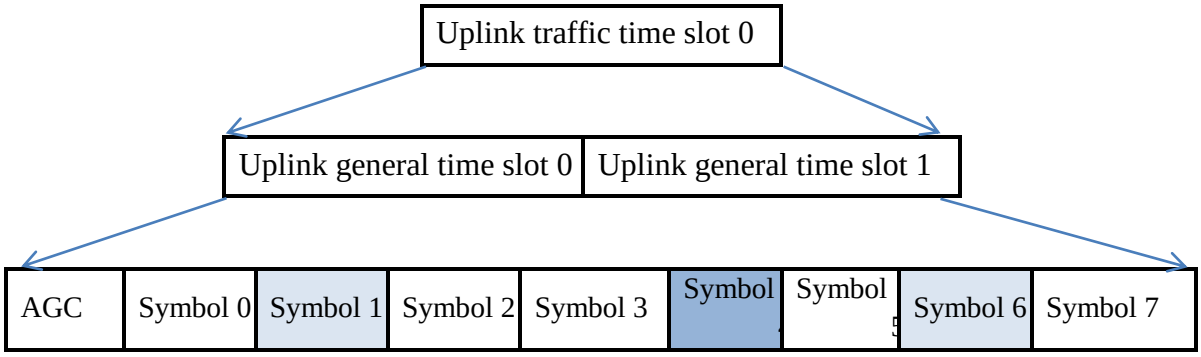

Рисунок 6.

1.3. Пропорции распределения тайм-слотов трафика в каналах DL/UL при TDD

Широкополосная система беспроводного доступа SCDMA использует дуплекс с временным разделением (TDD) и имеет возможность гибко приспосабливать структуру фрейма и менять соотношение тайм-слотов трафика в линиях DL/UL в соответствии с требованием на полосы пропускания в линиях DL/UL.

Супер тайм-слот должен быть последним тайм-слотом в 10 мссуб-фрейме. Когда соотношение в тайм-слотах в линиях DL/UL 1:7, D1 является супер тайм-слотом. Структура фрейма детально описана на рис. 7 и рис. 8, где D обозначает тайм слот/супер тайм-слот в линии DL, U означает тайм слот/супер тайм-слот в линии UL slot/super, G обозначает защитный тайм-слот.

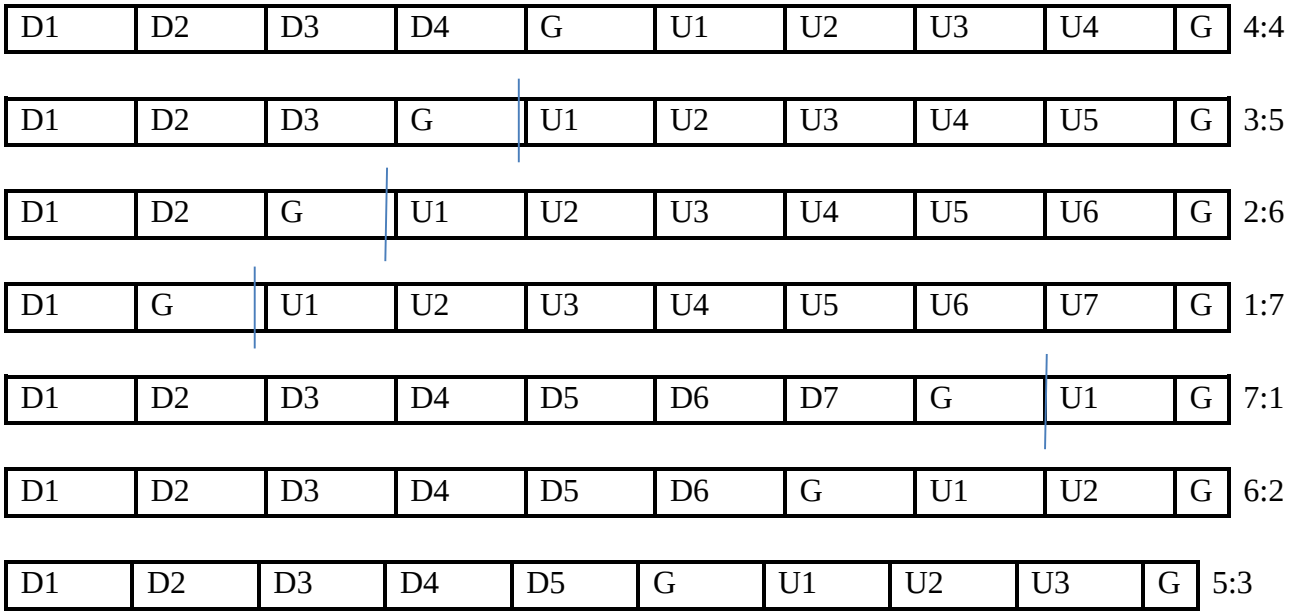

Рисунок 7.

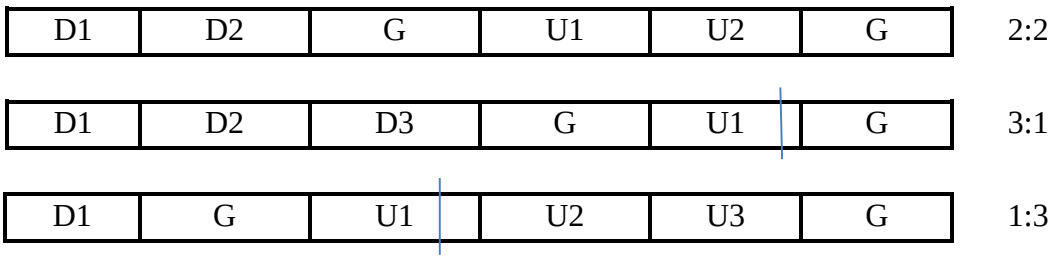

Рисунок 8.

2. Подканал

Примечание: подканал - основная единица для физического планирования ресурса в широкополосной системе радио доступа SCDMA

2.1. Структура подканала

На двумерной 8×8 сетке частота-время, как иллюстрировано на рис. 9, представлен каждый нормальный (normal) тайм-слот и каждый подканал. На рис. 10 на двумерной 8×10 сетке частота-время представлен каждый супер (super) тайм-слот и каждый подканал.

Две группы по 1 МГц с обоих концов полосы 5 МГц имеет 16 пустых поднесущих, поэтому в каждой остается 112 доступных поднесущих, один тайм-слот содержит 14 подканалов в этих двух полосах; три остающиеся группы поднесущих множеств по 1 МГц, каждая содержит 128 доступных поднесущих, и один тайм-слот содержит 16 подканалов в этой полосе частот 1 МГц.

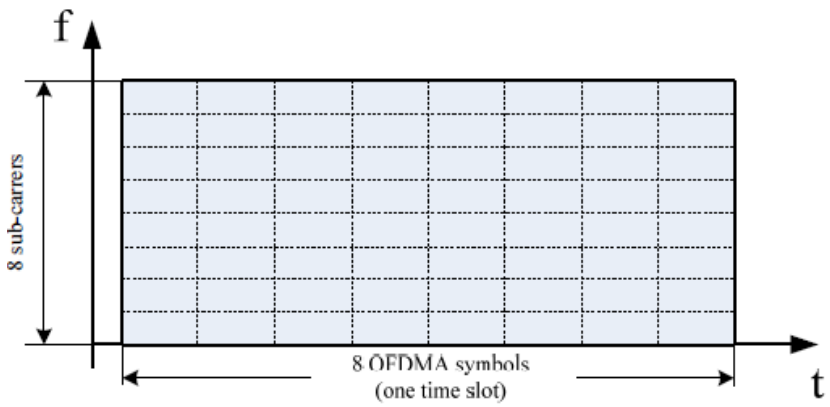

Рисунок 9.

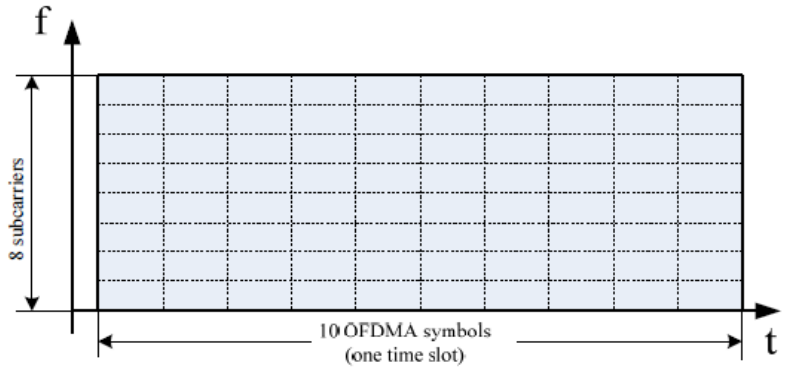

Рисунок 10.

2.2. Отображение подканалов на физические поднесущие

Отображение подканалов в линиях DownLink/UpLink представлены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1.

Номер группы поднесущих	**Номер подканала**	**Номер несущей**	**Примеч.**
0	0 – 4	16+14x m + n, m = 0,1,…,7	
	5	16+14x m + n, m = 0,1,…,7	m* = 3
	6 - 13	16+14x m + n, m = 0,1,…,7	
1	14 - 28	128 + 16 x m + n – 14, m = 0,1,…,7	
	29	128 + 16 x m + n – 14, m = 0,1,…,7	m*= 3
2	30 – 44	256 + 16 x m + n – 30, m = 0,1,…,7	
	45	256 + 16 x m + n – 30, m = 0,1,…,7	m* = 3
3	46 – 60	384 + 16 x m + n – 46, m = 0,1,…,7	
	61	384 + 16 x m + n – 46, m = 0,1,…,7	m* = 3
4	62 – 68	512 + 14 x m + n – 62, m = 0,1,…,7	
	69	512 + 14 x m + n – 62, m = 0,1,…,7	m* = 4
	70 – 75	512 + 14 x m + n – 62, m = 0,1,…,7	

* зарезервировано для несущей (DC)

Таблица 2.

Номер группы поднесущих	**Номер подканала**	**Номер несущей**	**Примеч .**
0	0,2,4,6,8,10,12	16+ 28 x m + 4 x ⌊n/2⌋ , m = 0,1,2,3	
		16+ 28 x m + 4 x ⌊n/2⌋ +2, m = 0,1,2,3	
	1,3,5,7,11,13	16+ 28 x m + 4 x ⌊n/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		16+ 28 x m + 4 x ⌊n/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	
	9	16+ 28 x m + 4 x ⌊n/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		16+ 28 x m + 4 x ⌊n/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	m=1*
1	14,16,18,20, 22,24,26,28	128+32 x m + 4 x ⌊(n-14)/2⌋ , m = 0,1,2,3	
		128+32 x m + 4 x ⌊(n-14)/2⌋ +2, m = 0,1,2,3	
	15,17,19,21, 23,25,27	128+32 x m + 4 x ⌊(n-14)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		128+32 x m + 4 x ⌊(n-14)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	
	29	128+32 x m + 4 x ⌊(n-14)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		128+32 x m + 4 x ⌊(n-14)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	m=1*
2	30,32,34,36, 38,40,42,44	256+32 x m + 4 x ⌊(n-30)/2⌋ , m = 0,1,2,3	
		256+32 x m + 4 x ⌊(n-30)/2⌋ +2, m = 0,1,2,3	
	31,33,35,37, 39,41,43	256+32 x m + 4 x ⌊(n-30)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		256+32 x m + 4 x ⌊(n-30)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	
	45	256+32 x m + 4 x ⌊(n-30)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		256+32 x m + 4 x ⌊(n-30)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	m=1*
3	46,48,50,52, 54,56,58,60	384 +32 x m + 4 x ⌊(n-46)/2⌋ , m = 0,1,2,3	
		384 +32 x m + 4 x ⌊(n-46)/2⌋ +2, m = 0,1,2,3	
	47,49,51,53, 55,57,59	384 +32 x m + 4 x ⌊(n-46)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		384 +32 x m + 4 x ⌊(n-46)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	
	61	384 +32 x m + 4 x ⌊(n-46)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		384 +32 x m + 4 x ⌊(n-46)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	m=1*
4	62,64,66,68, 70,72,74	512 + 28 x m + 4 x ⌊(n-62)/2⌋ , m = 0,1,2,3	
		512 + 28 x m + 4 x ⌊(n-62)/2⌋ +2, m = 0,1,2,3	
	63,67,69,71, 73,75	512 + 28 x m + 4 x ⌊(n-62)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		512 + 28 x m + 4 x ⌊(n-62)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	
	65	512 + 28 x m + 4 x ⌊(n-62)/2⌋ +1, m = 0,1,2,3	
		512 + 28 x m + 4 x ⌊(n-62)/2⌋ +3, m = 0,1,2,3	m=2*

⌊•⌋ - значение числа округляется ВНИЗ к ближайшему целому числу

2.3. Местоположение окна наблюдения подканала

В символах № 0,2,3 сигнала OFDMA в каждом подканале есть в общей сложности три поднесущие, называемые «окно наблюдения подканала» (Sub-channelObservationWindow - SOW), которые используются для оценки интерференции.

Местоположение SOW определено номером последовательности BTS и номером подканала, как показано выражением:

$SOW\ map\ (n,m)=(SOW\ map_base[m] + n)\ mod\ N_{subcarrier\ per\ subchannel},\ n=0,1,\ldots,\Lambda,\ldots,\ N_{subchannel}-1$

$SOW\ (k,n,m)=SOW\ map((n+k)\ mod\ N_{subcarrier\ per\ subchannel},\ n=0,1,\ldots,\ \Lambda,\ldots,\ N_{subchannel}-1$

$SOW_inter\ (k,2*n,m)=\ SOW\ (k,n,m)$

$SOW_inter\ (k,\ 2*n+1,m)=\ SOW\ (k,n+\ N_{subchannel}/2,m),\quad n=0,1,\ldots,\ \Lambda,\ldots,\ N_{subchannel}/2-1$

Если поднесущая SOW и поднесущая центральной частоты (DC) совпадают (накладываются), местоположение поднесущей SOW должно быть исправлено следующим образом:

$SOW_inter\ (k,n,m)=(SOW\ _inter\ (k,n,m)+1)mod\ N_{subcarrier\ per\ subchannel},\ n=0,1,\ldots,\ \Lambda,\ldots,\ N_{subchannel}-1,$

где:

$N_{subchannel}$ – 16,

$N_{SOW\ per\ subchannel}$ – 3,

$N_{subcarrier\ per\ subchannel}$ – 8,

$N_{bs\ sequence}$ – 7,

SOW map_base – (0,3,6),

m – число поднесущих SOW в каждом подканале, $m=0,1,\ldots,\ \Lambda,\ldots,\ N_{SOW\ per\ subchannel}-1$,

k – число BTS, $k = 0,1,\ldots,\ \Lambda,\ldots,\ N_{bs\ sequence}-1$,

***SOW_inter*(*k,n,m*)**– окончательный результата, указывающий на относительное положение $\boldsymbol{N_{subcarrierpersubchannel}}$в несущих(указывает на номер поднесущей в подканале), которые содержатся в текущем подканале, т.е. число m «окон наблюдения» (SOW) в n подканалах, которое соответствует порядковому номеру BTS k; $m=0,1,\ldots,\ \Lambda,\ldots,N_{SOW\ persubchannel}-1$, и соответствует текущему подканалу № 0,2,3 символа OFDMA.

Примечания: когда используются две крайние группы поднесущих (SCG), *SOW_inter* (*k, n, m*), $n = 0, 1, \ldots, L, \ldots, 13$, значения *k* и *m* является тем же самым в трех средних групп поднесущих SCGs.

2.4. Категории подканала

Подканалы делятся на два типа: постоянный (стационарный) и мобильный подканалы.

Стационарный подканал

В стационарном состоянии каждый подканал устанавливает символ OFDMA для пилота. Стационарная структура подканала для нормального тайм-слота представлена на рис. 11.

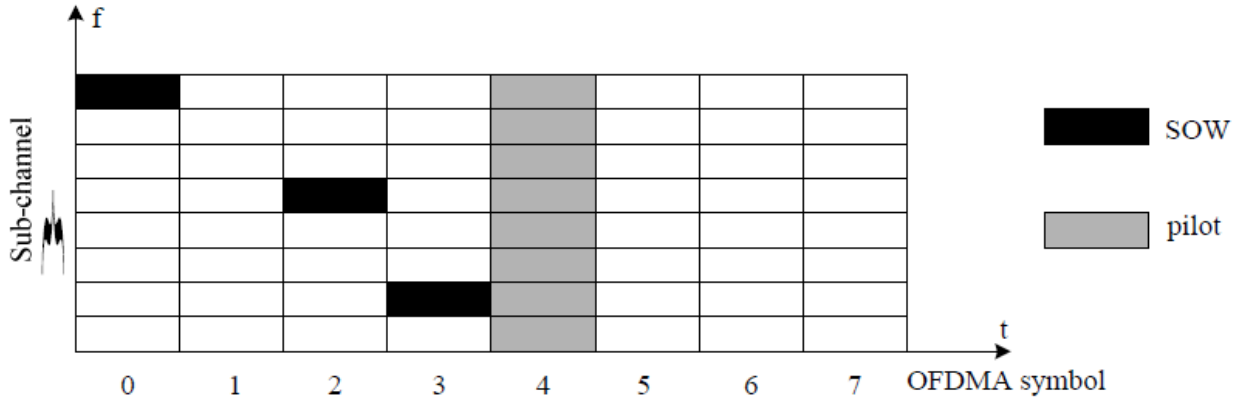

Рисунок 11.

Стационарная структура подканала для супер тайм - слота представлена на рис. 12.

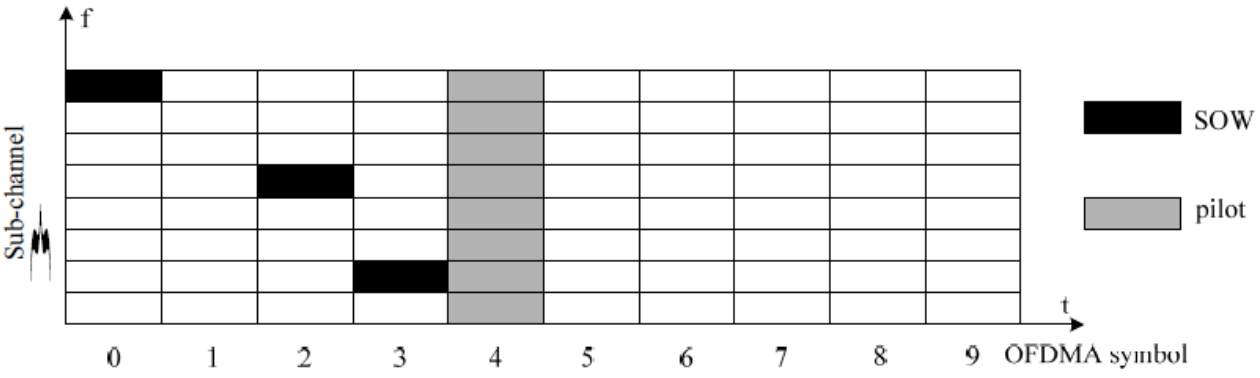

Рисунок 12.

Мобильный подканал

В мобильной ситуации каждый подканал устанавливает два символа OFDMA для пилот-сигнала. Мобильная структура подканала для нормального тайм-слота представлена на рис. 13.

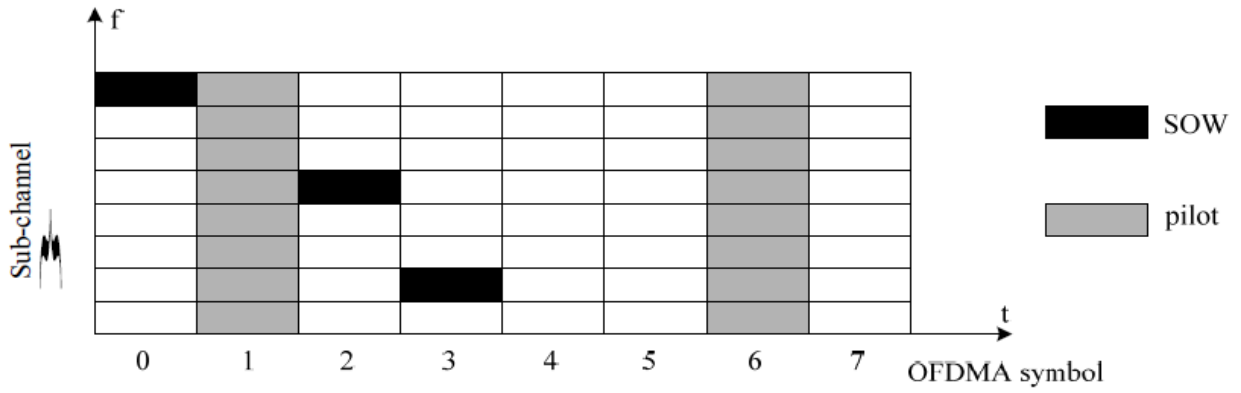

Рисунок 13.

Мобильная структура подканала для супер тайм - слота представлена на рис.14.

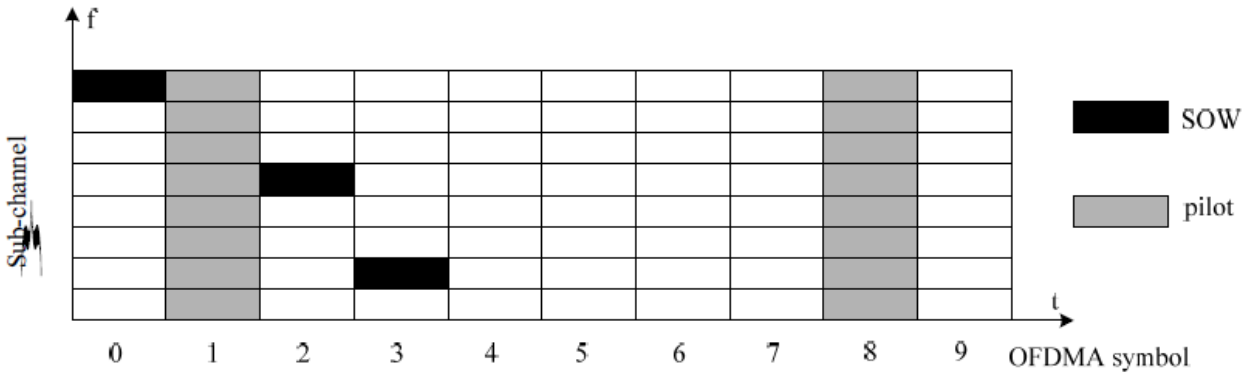

Рисунок 14.

3. Физические каналы

3.1. Категории физических каналов

В широкополосной системе беспроводного доступа SCDMA есть 7 физических каналов:

1. Физический вещательный канал (PBCH).

BTS по физическому каналу PBCH передает информацию в вещательном режиме на абонентские терминалы в тайм-слотах линии DL.

2. Физический ranging-канал (PRCH).

Абонентский терминал посылает ranging-сообщения по PRCH каналу в защитный интервал времени между передачей по линиям downlink и uplink.

3. Физический канал ответа на ranging-сообщения (PRRCH).

BTS посылает сообщения о синхронизации и сообщение контроля за мощностью для абонентского терминала по каналу PRRCH.

4. Физический канал произвольного доступа (PRACH).

Абонентский терминал посылает сообщения запроса доступа в uplink тайм-слоте по PRACH каналу.

5. Физический канал ответа произвольного доступа (PRARCH).

BTS посылает сообщения о начальном назначении канала по PRARCH во время передачи тайм-слота по линии downlink.

6. Физический канал трафика линии Uplink (PUTCH).

По физическому каналу PUTCH абонентское оборудование посылает данные, голос и сообщения контроля по PUTCH в uplink тайм-слоте.

7. Физический канал трафика линии Downlink (PDTCH).

BTS посылает данные, голос и сообщения контроля по PDTCH в downlinktайм-слоте.

3.2. Отображение физических каналов и тайм-слотов подканалов

PRCH может быть представлен в тайм-слоте ranging. Другие тайм-слоты могут выделяться (отображаться) под другие физические каналы, как показано на рис. 15.

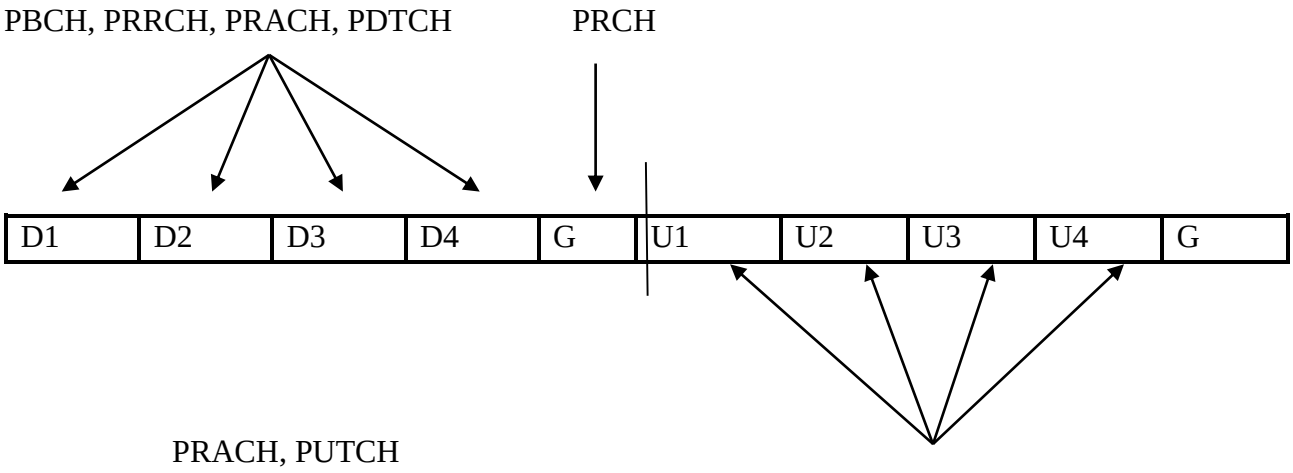

Рисунок 15.

Отображение в подканалы, тип модуляции, номинальный коэффициента загрузки и структура пилот-сигнала каждого физического канала описывается следующим образом:

1. Физический вещательный канал (PBCH).

Позиции PBCH конфигурируемы. PBCH должен быть отображен в два непрерывных мобильных подканала, каждый из которых имеет модуляцию QPSK с номинальным коэффициентом загрузки (***L**nominal)*, равным 4.

2. Физический ranging-канал (PRCH)

PRRCH должен быть отображен в мобильный подканал в линии downlink, который имеет QPSK модуляцию с номинальным коэффициентом загрузки (***L**nominal)*, равным 3.

3. Физический канал произвольного доступа (PRACH).

Позиции PRACH конфигурируемы. PRACH должен быть отображен в двух непрерывных мобильных подканалах uplink, каждый из которых имеет модуляцию QPSK с номинальным коэффициентом загрузки (***L**nominal)*, равным 4.

4. Физический канал ответа произвольного доступа (PRARCH)

Позиции PRARCH конфигурируемы. PRARCH должен быть отображен в двух непрерывных мобильных подканалах downlink, каждый из которых имеет модуляцию QPSK с номинальным коэффициентом загрузки (*Lnominal)*, равным 4.

5. Физический канал трафика Uplink/Downlink (PUTCH/PDTCH)

После выбора PBCH, RRCH и RARCH, каждый физический канал трафика может быть отображен в простой подканал, который имеет QPSK, 8PSK, 16QAM или 64QAM модуляцию с номинальным коэффициентом загрузки (Lnominal), равным любому положительному целому числу от 1 до 8.

4. Мультиплексирование и перемежение данных

Перемежение данных производится в два шага. Первый шаг - перемежение подканалов и второй шаг – перемежение внутри подканалов. Передаваемые сигналы будут отображены в подканалы, в соответствие с числом антенн, если используется технология мультиантенн.

Первый шаг – отбор подканала, для того, чтобы выделить ресурсы подканала для данных:

1. Получение числа тайм-слотов и подканалов, чтобы выделить ресурсы по требованию более высокого уровня согласно процедуре.

2. Подготовка числа тайм-слотов и подканалов в каждом тайм-слоте, расположенном в порядке возрастания.

3. Распределение ресурсов подканала для передачи данных согласно порядку, указанному выше.

Второй шаг – отображение внутри подканалов, то есть, чтобы выделить ресурсы поднесущего для передачи данных. Данные символов OFDMA и символы пилот-сигналов OFDMA отображены по-разному:

1. Во-первых, отображённые данные в частотной области, во-вторых, во временной области в каждом подканале.

2. Если текущий символ является данными – выделяется поднесущая OFDMA. Если текущие поднесущие для отображения сигнала – SOW или центральная несущая DC, символ данных должен быть отображен на следующую поднесущую.

3. Выбор пилот-сигнала в частотной области сигналов OFMDA для отбора данных, если текущий символ отображения – пилот-сигнал OFDMA. Если DC находится в несущем подканале, поднесущая DC должна быть установлена в 0 после финишного отбора пилот-сигналов. На рис. 16, показано отображение данных.

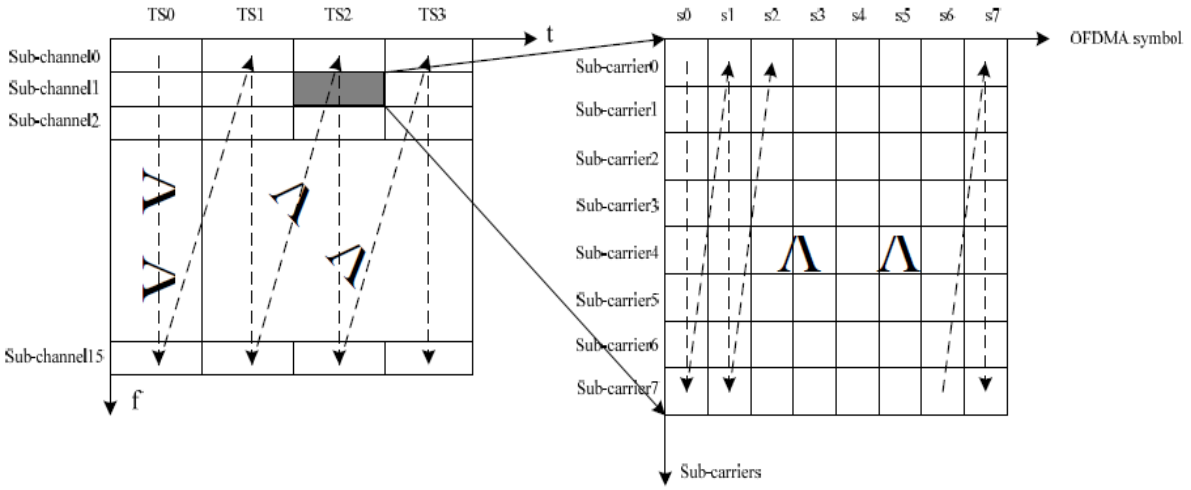

Рисунок 16.

Заключение

Из представленного материала следует, что технология CSOFDMA, применяемая в технологии мобильного широкополосного доступа MacWill (NG-1), использует самые современные методы формирования сигнала, что позволяет эффективно использовать выделенный частотно-временной ресурс, так в полосе 5 МГц обеспечивается скорость передачи информации 15 Мбит/с. При этом коэффициент повторения при территориальном планировании системы может быть равным единице.

Литература

1. Техническое описание стандарта McWiLL. Материалы группы компаний Синвэй. 2010.

СЕКЦИЯ 2. ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖСОТОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И МОНИТОРИНГ ЛОКАЛЬНЫХ ПЕРЕГРУЗОК В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

В. М. Щучкин,
Московский технический университет связи и информатики,
аспирант,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А.
О. А. Шорин
Московский технический университет связи и информатики,
профессор, д.т.н.,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,
e -mail: oshorin@gmail.com

УДК 654.16

Аннотация: Предложен метод управления оборудованием систем подвижной радиосвязи в масштабе реального времени с целью получения максимального качества обслуживания. Приведена разработанная блок-схема, описывающая процесс обслуживания абонента (транзакта) на территории одной соты. Получены результаты моделирования скачка интенсивности входящего потока абонентов и оценки его параметров. В качестве параметра, позволяющего менять интенсивность поступления абонентов в соту, использовался параметр σ – плотность распределения абонентов.

Ключевые слова: сети подвижной радиосвязи, перегрузки, число абонентов, транзакт, моделирование межсотовых перемещений абонента.

SIMULATION MODELLING OF INTER-CELL MOVEMENTS AND MONITORING OF LOCAL OVERLOADS IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

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

Annotation: Method is proposed of the real-time control of mobile radio communication system's equipment to achieve the maximum service quality. A block diagram is presented to describe the process of subscriber servicing (a transact) within the territory of one cell. Results are presented

for the modelling of the steep increase of an incoming subscribers' stream aa well as its parameters' evaluation results. The σ –parameter (subscribers' distribution density) was used as a parameter making it possible to vary the intensity of subscribers' stream into the cell.

Keywords: mobile radio communication networks, overloads, number of subscribers, transact, modeling of inter-cell movements of a subscriber.

Введение

Существующие сети подвижной радиосвязи (СПРС) испытывают частые локальные перегрузки вследствие резкого увеличения потребления услуг со стороны абонентов, спрос на которые растет с каждым днем. Величину потребления услуг обычно принято выражать в максимально обслуживаемой нагрузки, при условии обеспечения качества связи (QoS) на заданном уровне. В общем случае, нагрузку можно определить следующим образом:

$$\rho_{\Sigma} = N\rho_{уд} \qquad (1)$$

где ρ_{Σ} – суммарная нагрузка [Эрл], N – число абонентов на заданной территории (соте), $\rho_{уд}$ – удельная нагрузка на абонента [Эрл]. В то же время, одним из основных критериев качества работы СПРС является доля блокировок абонентов, обычно данный показатель не превышает 2–5% от общего числа попыток установления соединения. С другой стороны, в простейшем случае, вероятность блокировки можно определить, воспользовавшись формулой Эрланга B, для этого необходимо задаться числом каналов n и нагрузкой ρ_{Σ}. Очевидно, что вероятность блокировки пропорциональна суммарной нагрузке в соте, в случае лимитированного числа трафиковых каналов $P_{бл} \sim \rho_{\Sigma}$.

Отсюда следует, что увеличение вероятности блокировки может произойти из-за увеличения удельной нагрузки или вследствие роста числа абонентов на заданной территории (соте). Удельная нагрузка зависит от потребления абонентом услуг связи, например, средняя длительность разговора при голосовом вызове, и обычно слабо зависит от внешних факторов. Число абонентов напротив, может претерпевать значительные изменения в короткие интервалы времени, например, образование затора на автостраде, проведение массовых мероприятий и т.д., что говорит об актуальности исследования процессов межсотовых перемещений абонентов.

Регулирование нагрузки в соте

Из вышесказанного следует, что поддержание QoS в заданной соте целесообразно осуществлять путем регулирования числа абонентов на обслуживаемой территории. Наиболее привлекательным, с точки зрения простоты реализации и эффективности являются методы регулировки площади при использовании интеллектуальных антенн.

Интеллектуальные антенные системы (ИАС) позволяют управлять площадью обслуживания благодаря изменению параметров диаграммы направленности, что является частью концепции SON (Self Optimizing Network) разрабатываемой консорциумом 3GPP.

Наиболее распространенными методами регулировки диаграммы направленности (ДН) являются:

- изменение угла наклона максимума ДН, при этом выделяются случаи электрического и механического регулирования;
- изменение ширины диаграммы направленности при использовании алгоритмов Beamforming.

В работе был проведен анализ ИАС, из которого следует, что использование антенных систем с возможностью удаленного управления углом наклона ДН наиболее эффективно с точки зрения максимально обслуживаемого трафика и простоты реализации. Антенные системы подобного класса получили название RET (Remount Electrical Tilt) в англоязычной литературе. Была получена аналитическая зависимость, позволяющая определить зависимость площади обслуживаемой соты от угла наклона ДН:

$$S(\alpha) = tg(\delta)\sum_{i=0}^{M}\left(\frac{r(i,\alpha)+r(i+1,\alpha)}{2}\right)^2 \qquad (2)$$

где M – число шагов отсчета в горизонтальной плоскости, $\delta = 360/M$, $r(i,\alpha)$ – функция, определяющая дальность связи в направлении i и угле наклона ДН α. Дальность связи – это максимальное расстояние между РЭС, на котором еще возможно установить соединение.

Если положить, что абоненты распределены по обслуживаемой территории равномерно, то число абонентов на территории соты будет определяться, как:

$$I(\alpha) = S(\alpha)\sigma \qquad (3)$$

где σ – плотность абонентов, $аб/м^2$.

Предсказание локальных перегрузок

Наиболее эффективными, с точки зрения поддержания качества обслуживания на сети, являются методы, позволяющие предотвратить перегрузку в соте, т.к. это позволит уменьшить коэффициент блокированных пользователей и увеличить обслуживаемый трафик. В работе рассмотрены алгоритмы предсказания локальных перегрузок, основанные на контроле межсотовых перемещений абонентов. В данной работе ограничимся рассмотрением алгоритмов обнаружения скачка интенсивности входящего и исходящего потока абонентов, т.к. это наиболее распространенная причина возникновения локальных перегрузок.

Алгоритм обнаружения скачка интенсивности входящего на территорию соты потока абонентов имеет следующий вид:

$$\frac{\max\limits_{t\in[0,T]}\left\{\left(\frac{n_z(t)}{t}\right)^{n_z(t)}\left(\frac{N_z-n_z(t)}{T-t}\right)^{N_z-n_z(t)}\right\}}{\left(\frac{N_z}{T}\right)^{N_z}} \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \Pi \qquad (4)$$

где t – параметр предполагаемого момента возникновения скачка, $n_z(t)$ – число запросов, поступивших на интервале времени $[0,t]$, N_z – число запросов, поступивших на интервале времени $[0,T]$. Для обеспечения заданной вероятности ложных тревог Π выбирается, согласно, требуемому значению P_α – вероятности ложного обнаружения. В данном случае в качестве критерия оптимальности используется критерий Неймана-Пирсона.

Для детектирования скачкообразного изменения интенсивности исходящего потока, так же можно воспользоваться, соотношением, полученным в [1]:

$$\ln\left(\Lambda_{\mu}\left(\vec{t},\vec{\tau}\right)\right) = M_{\mu}\left(\vec{t},\vec{\tau}\right) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\gtrless}} \Pi\left(P_{\alpha}\right) \tag{5}$$

где

$$\Lambda_{\mu}\left(\vec{t},\vec{\tau}\right) = \exp\left(\frac{1}{4}\left(K - K\left(\hat{t}_0\right)\right)\frac{\left(\Xi_2'\left(\hat{t}_0\right) - 2\frac{\tau_{cp}'\left(\hat{t}_0\right)}{T - t_0}\Xi_1'\left(\hat{t}_0\right)\right)^2}{\left(\frac{4}{3}\Xi_3'\left(\hat{t}_0\right) - \frac{\tau_{cp}'\left(\hat{t}_0\right)}{T - \hat{t}_0}\Xi_2'\left(\hat{t}_0\right) - 2\frac{D_{\tau}'\left(\hat{t}_0\right)}{\left(T - \hat{t}_0\right)^2}\Xi_1'\left(\hat{t}_0\right)\right)\cdot\Xi_1'\left(\hat{t}_0\right)}\right)$$

$\hat{t}_0$ – параметр предполагаемого момента возникновения скачка, $K\left(\hat{t}_0\right)$– число запросов на выход из соты, поступивших на интервале времени $\left[0,\hat{t}_0\right]$, K – число запросов на выход абонента из соты, поступивших на интервале времени $[0,T]$, $\Xi_1'\left(\hat{t}_0\right)$, $\Xi_2'\left(\hat{t}_0\right)$, $\Xi_3'\left(\hat{t}_0\right)$, $\tau_{cp}'\left(\hat{t}_0\right)$, $D_{\tau}'\left(\hat{t}_0\right)$ – дисперсия моментов входящего и выходящего потоков абонентов [1].

Моделирование межсотовых перемещений абонента

Используя алгоритмы управления площадью обслуживания соты совместно с методами предсказания перегрузок возможно управлять оборудованием СПРС в масштабе реального времени, с целью получения максимального QoS. Для этого необходима разработка имитационной модели на основе машинного кода, позволяющей в масштабе реального времени оценить параметры адаптации системы.

В данной работе в качестве программной среды моделирования используется GPSS (General Purpose Simulation System – общецелевая система моделирования) – язык программирования, используемый для имитационного моделирования различных систем, в основном систем массового обслуживания.

Блок-схема, описывающая процесс обслуживания абонента (транзакта) на территории одной соты СПРС (в многоканальном устройстве – МКУ), приведена на рис. 1 и рис. 2. Абоненты условно разделены на:

1. Абоненты, находящиеся в режиме эстафетной передачи (HO);
2. Абоненты, входящие в соту в пассивном состоянии (OR).

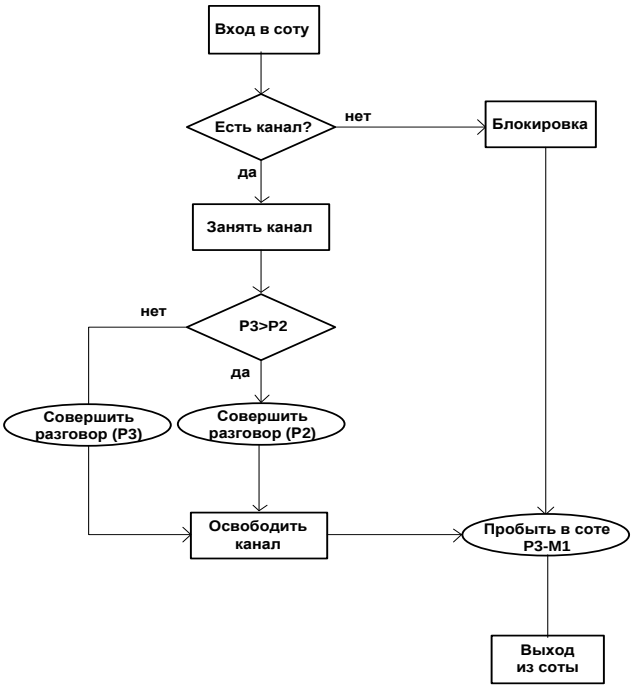

Рисунок 1.

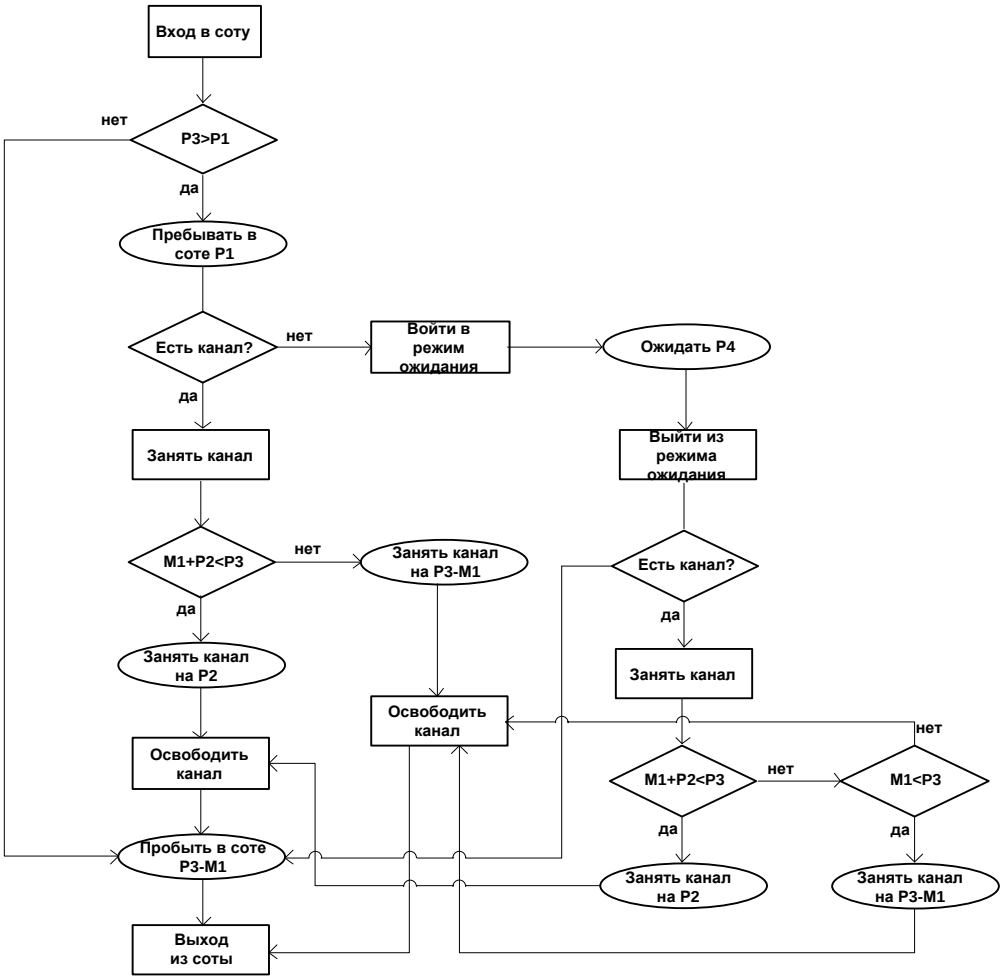

Рисунок 2.

На рис. 1 и рис. 2 приняты следующие обозначения: P1 – количество секунд до совершения первой попытки звонка; P2 – длительность разговора; P3 – длительность пребывания абонента в соте; P4 – длительность ожидания канала в случае блокировки; M1– длительность пребывания абонента в системе. Параметры P1–P4 определяются моделью автоматически для каждого транзакта отдельно, на основе псевдослучайных счетчиков.

Необходимо заметить, что данная блок-схема несколько отличается от схемы, отражающей процессы обработки транзакта в среде GPSS. Данные упрощения приведены для улучшения восприятия материала и обеспечения прозрачности работы модели.

Данная модель хорошо согласуется с теоретическими формулами, которые описывают соту СПРС как СМО, например, Эрланга В.

Для отслеживания локальных перегрузок в синтезированную модель соты введены два дополнительных блока:

- блок сбора и накопления статистики межсотовых перемещений абонента (позволяет накапливать данные о времени входа и выхода абонента из соты);
- блок обработки статистики (математический аппарат, который используя накопленную статистику, определяет возможность наступления перегрузки и оценивает среднее значение параметров мобильности абонента).

Блок сбора и накопления статистики реализуется при помощи стандартных средств GPPS. В данном блоке фиксируются и хранятся основные параметры мобильности абонента: время входа абонента на территорию соты, время выхода абонента с территории соты.

Блок обработки статистики извлекает необходимые данные о межсотовых перемещениях абонентов и прогнозирует наступление перегрузки, а также оценку параметров мобильного потока. Основные параметры для оценки межсотовых перемещений абонентов являются – для входящего потока: $\widehat{t}_0$ – оценка момента возникновения скачка, $\widehat{\lambda}_a^м$ и $\widehat{\lambda}_b^м$ – оценка интенсивности входящего потока до и после момента наступления скачка мобильности абонентов. Для исходящего потока: $\widehat{t}_0$ – оценка момента возникновения скачка, $\widehat{\mu}_A^м$ и $\widehat{\mu}_B^м$ – оценка интенсивности исходящего потока до и после момента наступления скачка мобильности абонентов. Далее приведем результаты имитационного моделирования детектирования скачка входящего/исходящего потоков, а также произведем оценку параметров потоков.

В качестве исходных данных для создания модели соты и оценки мобильности абонентов воспользуемся данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1.

Параметр	Значение	Размерность
Процент абонентов, совершающих handoverот общего числа абонентов	1	%
Интенсивность входа в соту абонентов, λ*	0,06724	с
Интенсивность выхода абонентов из соты, μ*	121	с
Удельная нагрузка на абонента	0,015	Эрл

** - параметры рассчитаны из условия движения абонентов 50 км/ч, площадь соты – 3600000 м², плотность абонентов вне соты – 0,0005 аб/ м².*

Данные значения использовались для определения параметров транзакта в системе GPSS, определяя, таким образом, средний интервал времени между двумя последовательными входами и выходами абонентов на/с территорию/и соты. Реальные значения параметров, определялись при помощи генераторов псевдослучайных чисел, встроенных в GPSS по экспоненциальному закону. В качестве параметра, позволяющего менять интенсивность поступления абонентов в соту (транзактов в многоканальное устройство – в терминологии GPSS), использовался параметр σ – плотность распределения абонентов.

Условия проведения эксперимента для входящего потока абонентов:

- Эксперимент проводится на 3-х различных интервалах анализа T_o: 100с/300с/500с;
- Детерминированным временем появления скачка интенсивности на выбранных интервалах будет временная отметка 70с/200с/400с (детерминированное время скачка необходимо для оценки параметров алгоритма обнаружения);
- Интенсивность входящего потока меняется путем увеличения/уменьшения относительной плотности абонентов σ скач/σ. Рассматриваемые значения относительной плотности: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5.

Результаты моделирования скачка интенсивности входящего потока абонентов и оценка его параметров приведены на рис. 3 – 5.

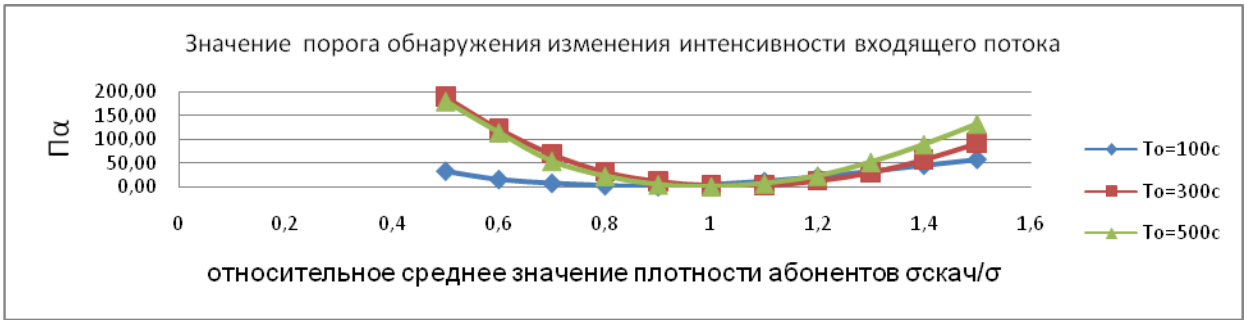

Рисунок 3.

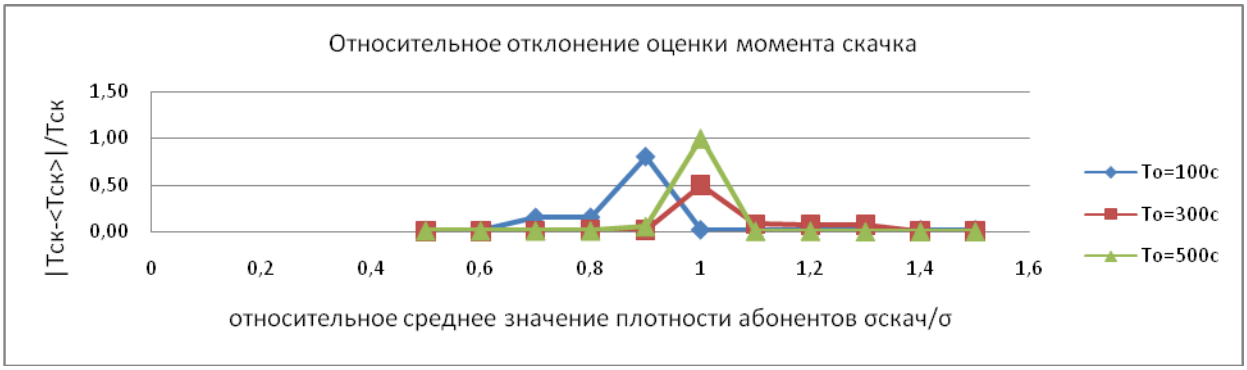

Рисунок 4.

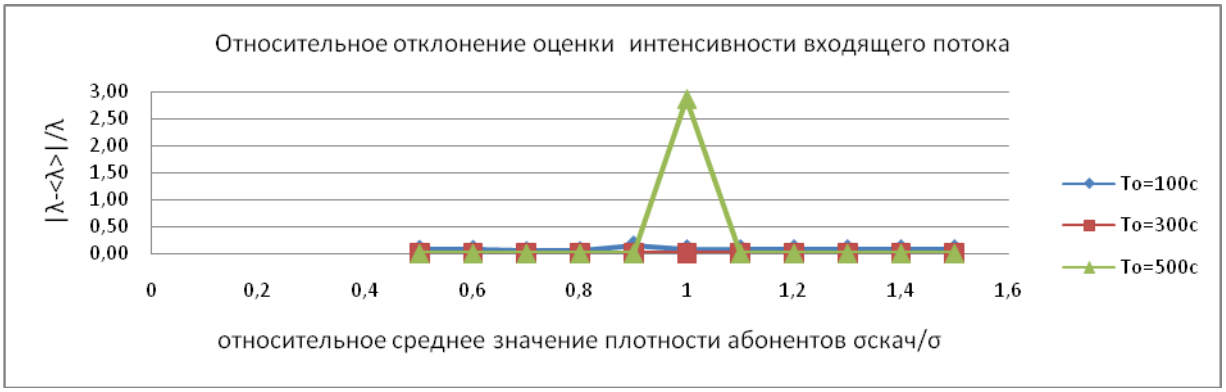

Рисунок 5.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что максимальное отклонение от действительного значения параметра скачка интенсивности наблюдается в моменты отсутствия самого скачка. Данный эффект не влияет на работоспособность алгоритма при правильном выборе порога обнаружения изменения интенсивности, что подтверждается результатами (см. рис. 3): при отсутствии изменения интенсивности входящего потока оценка параметров не производится. Отсюда следует, что целесообразно выбирать порог обнаружения с 10-15% запасом, данное условие поможет снизить вероятность ложного детектирования и некорректной оценки параметров, при этом малые колебания числа абонентов в соте, которые не будут отслеживаться, незначительно скажутся на общем качестве обслуживания.

Для полной оценки работы алгоритма проведем еще ряд экспериментов. Для этого зафиксируем величину скачка интенсивности (1,3) и отследим ошибки оценки параметров при различных моментах времени возникновения изменения интенсивности. Результаты моделирования представлены на рис. 6 и рис. 7.

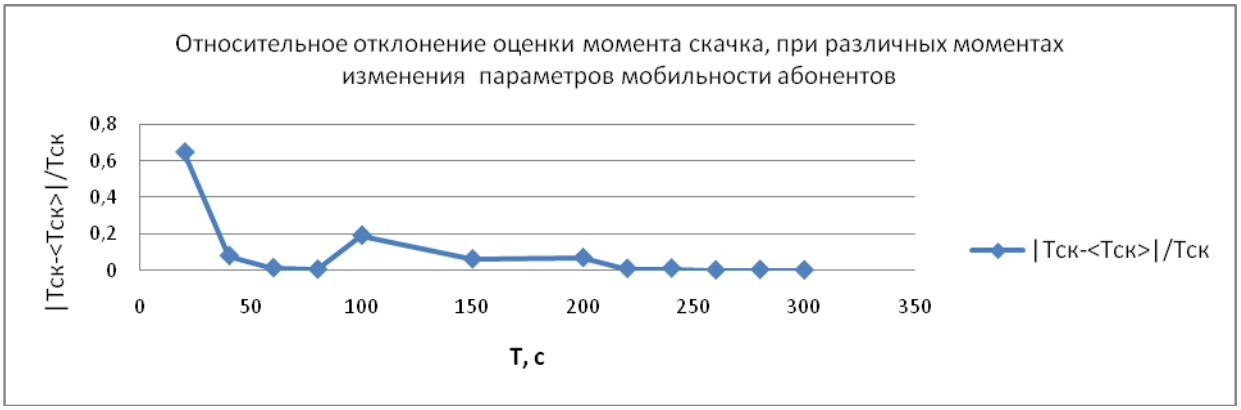

Рисунок 6.

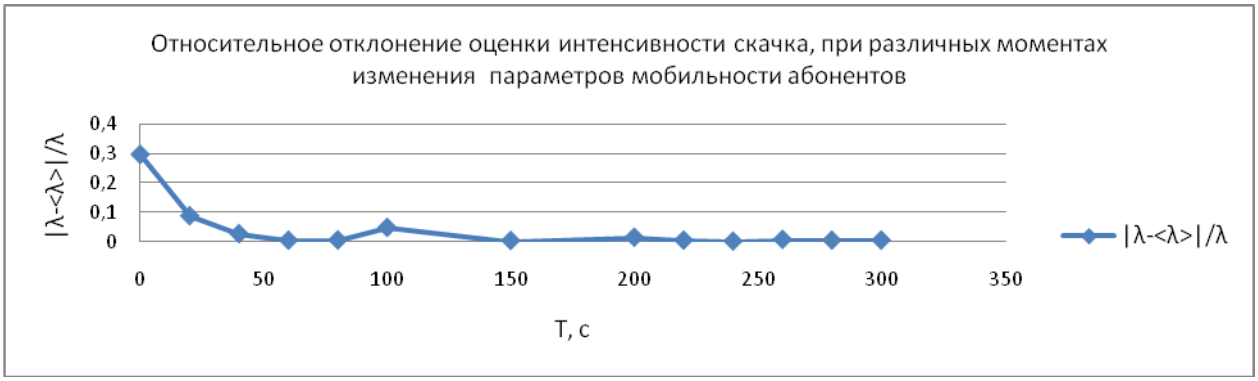

Рисунок 7.

Дополнительно приведем зависимость значения порога обнаружения изменения интенсивности исходящего потока при различных моментах изменения параметров мобильности абонентов (рис.8).

Рисунок 8.

На рис. 7 и рис. 8 можно наблюдать наличие ошибки в случае возникновения изменения интенсивности на границе интервала наблюдения. Для устранения данного эффекта, проявляющегося на границах интервала наблюдения, необходимо использовать метод параллельных вычислений с перекрывающимися интервалами наблюдений, технически пригодный вариант которых приведен на рис. 9.

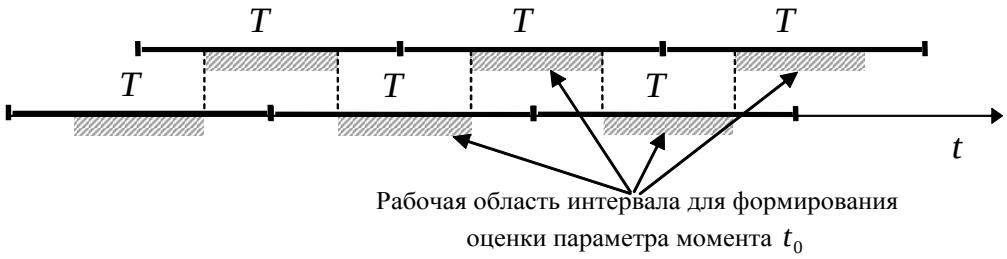

Рисунок 9.

Для детектирования скачка исходящего потока абонентов определим следующие начальные условия:

- Эксперимент проводится на 3-х различных интервалах анализа – T_o: 100c/300c/500c.
- Детерминированным временем появления скачка интенсивности на выбранных интервалах будет временная отметка 30c/150c/250c (детерминированное время скачка необходимо для оценки параметров алгоритма обнаружения).

- Интенсивность входящего потока меняется путем увеличения/уменьшения относительного пребывания абонента в соте Δτ. Рассматриваемые значения: 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5.
- Интенсивность входящего потока на интервале постоянна.

Результаты моделирования скачка интенсивности исходящего потока абонентов и оценка его параметров приведены на рис. 10 – 12.

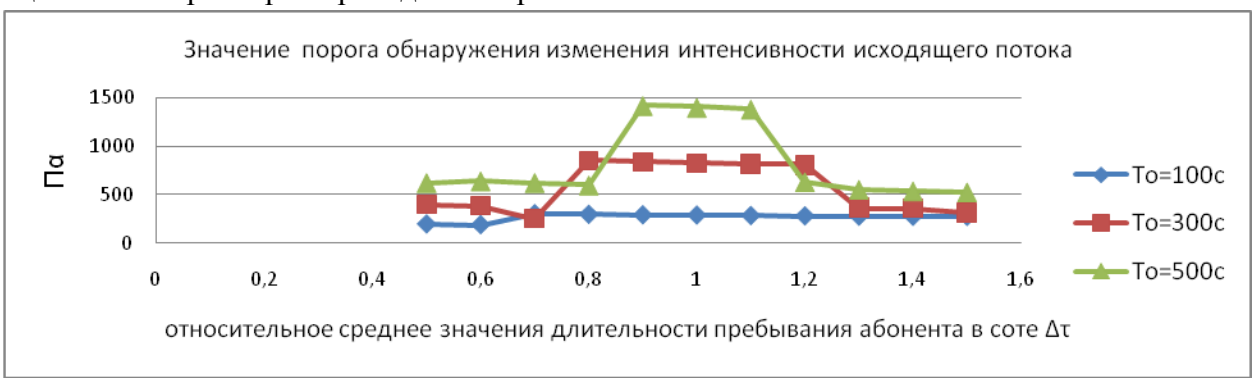

Рисунок 10.

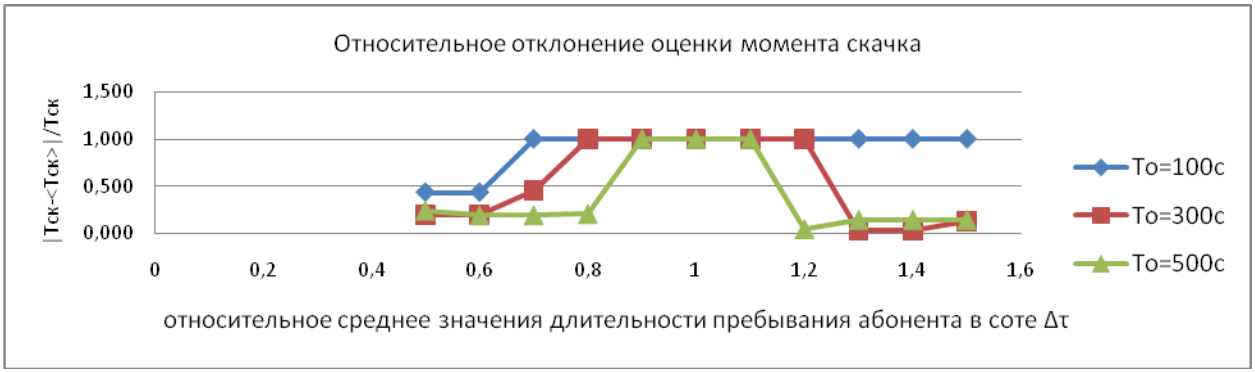

Рисунок 11.

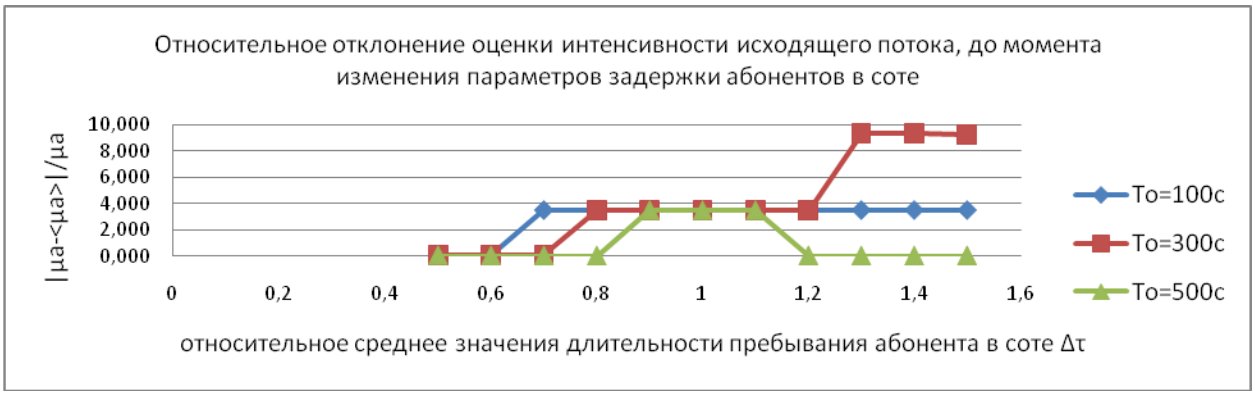

Рисунок 12.

Полученный результат аналогичен предыдущему случаю. Однако необходимо отметить еще одно важное свойство: так как точность результатов зависит от величины выборки, следовательно, она зависит и от интервала наблюдения, что подтверждается результатами эксперимента. Например, в случае интервала наблюдения 500 с, ошибка детектирования скачка и оценки параметров межсотовых перемещений абонентов минимальна.

Выводы

Полученные результаты подтверждают целесообразность использования синтезированной модели при оптимизации сети СПРС. При этом интервал наблюдения и время накопления статистики необходимо выбирать в зависимости от необходимой точности. В рассматриваемом случае площадь соты 3,6 км 2, средняя скорость движения абонентов, $v = 50км/ч$, плотность абонентов на обслуживаемой территории $\sigma = 0{,}0005аб/м^2$ интервал наблюдения целесообразно выбирать не менее чем 500 с. При этом интервал анализа, на котором происходит формирование оценки, целесообразно выбирать не менее 100 с., что позволит достаточно точно детектировать наличие скачка и иметь запас времени на применение алгоритмов оптимизации. Для снижения вероятности ложного детектирования и некорректной оценки параметров следует выбирать порог обнаружения с 10-15% запасом.

Определена возможность использования алгоритма оптимизации покрытия соты при помощи RET систем, при условии правильного детектирования перегрузки и корректной оценки параметров. Например, если вследствие оценки параметров определена возможность перегрузки и оценка интенсивности входящего потока $\hat{\lambda}_b^м = k\hat{\lambda}_a^м$, то учитывая, что интенсивность входящего потока прямо пропорциональна площади соты, необходимо наклонить ДН антенной решетки на α, при этом $S_b = S_a / k$. Аналогично для случая со скачком интенсивности исходящего потока.

В данной работе проведен анализ работы алгоритма для обнаружения и оптимизации покрытия для случая макросоты, при этом средняя скорость перемещения абонентов составляла порядка 50 км/ч. В результате получено, что интервал анализа при данных условиях должен быть не менее 500 с. для точной оценки параметров. В случае использования алгоритма для оптимизации микросотового покрытия, интервал наблюдения может значительно увеличиться, вследствие обеспечения достаточности выборки межсотовых перемещений, т.е. для микросот обнаружение перегрузки происходит практически одновременно с ее наступлением. Поэтому в данном случае целесообразно отслеживать активную нагрузку и параметры QoS в соте, в случае увеличения коэффициента блокировок и роста нагрузки на радиоинтерфейсе, регулирование покрытия следует производить немедленно исходя из предлагаемой для обслуживания нагрузки.

Литература

1. 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.

ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

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: Уточнен смысл терминов, применяемых при планировании эксперимента на основе действующих ГОСТов. Рассмотрены основные положения математической теории планирования эксперимента, дана оценка её применимости в инфокоммуникационных системах. Приведен перечень и дана техническая характеристика различных испытательных комплексов, с помощью которого осуществляется мониторинг сети связи.

Ключевые слова: Планирование эксперимента, ГОСТ, связь, математическая теория, «черный ящик», инфокоммуникационные системы, испытательный комплекс.

PECULIARITIES OF PLANNING EXPERIMENTS IN INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

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: More exact interpretation is provided for the terms used in planning of an experiment based on the state standards in force. Consideration is given to basic provisions of the mathematical theory of the experiment planning and how this theory may be applied to infocommunication systems. Various testing facilities used for communication network monitoring are listed and their technical characteristics are presented.

Keywords: Planning an experiment, state standard, telecommunications, mathematical theory, “black box”, Infocommunication systems, testing facilities.

Рассматривая задачи, выполняемые при планировании эксперимента, следует сначала уточнить смысл терминов, применяемых в этой области. Первый термин, нуждающийся в уточнении – это «эксперимент». В словарях дается толкование различных видов эксперимента. Например, имеются термины: физический эксперимент; мысленный эксперимент; натурный эксперимент; психологический эксперимент; компьютерный (численный) эксперимент; химический эксперимент и т.п. Применительно к рассматриваемой задаче наиболее подходящим является следующее определение [1] .

Эксперимент (лат. experimentum - проба, опыт) – метод эмпирического познания, при помощи которого в контролируемых и управляемых условиях (зачастую специально конструируемых) получают знание относительно связей (чаще всего причинных) между явлениями и объектами или обнаруживают новые свойства объектов или явлений.

Поскольку в дальнейшем будут рассматриваться вопросы, связанные с отраслью «связь», основные технические решения в которой принимаются с учетом международных, государственных и отраслевых стандартов, целесообразно рассмотреть трактовку этого термина в ГОСТах. Таким ГОСТом может служить ГОСТ 24026-80 «Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения».

Термин эксперимент в нем трактуется как «Система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях». В инфокоммуникационных системах, любой «объект» проектируется и производится с применением испытаний. В процессе испытаний он подвергается воздействиям, результаты которых оцениваются с помощью высокоточных измерительных приборов. Результаты измерений позволяют сделать заключение о соответствии параметров и характеристик объекта, техническим условиям, рекомендациям и стандартам. Эксперименты с объектом производятся так же при его сертификации. Этот вид эксперимента осуществляется без исключения со всеми отдельными объектами, предназначенными для эксплуатации в сетях связи.

Далее эти объекты, т.е. различные устройства, блоки и т.п. работают в составе единой сети. Сеть связи может занимать большую территорию и, следовательно, одинаковые устройства и блоки могут эксплуатироваться в различных климатических условиях, в результате чего появляется необходимость измерения их параметров (проведение экспериментов) на действующих сетях. Применительно к решению данной задачи используется, сравнительно недавно вошедший в употребление, термин «мониторинг». Под этим термином понимается методика и система наблюдений за состоянием определенного объекта или процесса, дающая возможность наблюдать их в развитии, оценивать, оперативно выявлять результаты внешних воздействий. Результаты мониторинга дают возможность вносить корректировки по управлению объектом или процессом. Термин «мониторинг» применяется при оценке состояния среды, а также в экономике, торговле и т.п. В рассматриваемом случае термин мониторинг следует применять в смысле определения состояния объектов, входящих в состав сети с помощью измерений. Поскольку термин мониторинг применяется применительно к сети, которая при выполнении измерений одновременно выполняет свои функции по передаче информации его можно отнести к эксперименту более высокого уровня.

Далее дадим наиболее распространенное определение термина «планирование эксперимента».

Планирование эксперимента (англ. experimental design techniques) – комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов. Основная цель планирования эксперимента – достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов.

Дальнейшее знакомство с ГОСТ 24026-80 позволяет установить, что он создан на основе известной математической теории планирования эксперимента и дает определения терминов, широко применяемых в разделах математической статистики. Например, термин «Модель регрессионного анализа полиномиальная» (п. 30), термин «Априорное ранжирование факторов» (п. 9), «Матрица базисных функций модели усеченная» (п.46) и т.п.

Отдавая должное достижениям математики, следует отметить, что основные термины, определяющие понятие планирования эксперимента, могут быть отнесены и к аналогичным задачам, решаемых в инфокоммуникационных системах. Однако имеются существенные различия между основными исходными позициями математической теории планирования эксперимента и планированием эксперимента в инфокоммуникационных системах. Объясняется это тем, что основы математической теории планирования эксперимента, были заложены в трудах английского статистика Р. Фишера в 1935 г., когда техника связи только начинала развиваться. Дальнейшее развитие связи происходило на экспериментальной основе, причем эксперименты с одной стороны позволяли создавать новые устройства, а с другой проверять правильность математических расчетов их характеристик. В дальнейшем математические расчеты стали предшествовать экспериментам, и определять все функциональные зависимости, имеющие место в проектируемом устройстве и все его параметры. Можно утверждать, что в настоящее время в телекоммуникационных сетях все используемые устройства спроектированы на основе соответствующих разделов прикладной математики и все их характеристики, и параметры известны с высокой достоверностью.

Данное обстоятельство вызывает существенное расхождение в практике планирования эксперимента, осуществляемого в отрасли «связь» и методике планирования эксперимента, развитой в математической теории, причем можно утверждать, что в инфокоммуникационных системах решены важные задачи, которые ранее не ставились. Это вполне вписывается в исторический процесс развития современной науки, согласно которому многие достижения (кибернетики, математики, вычислительной техники) были стимулированы развитием техники связи. Это утверждал Н. Винер в своих публикациях, например, [2].

Для проведения сравнений целесообразно в общих чертах рассмотреть основные положения математической теории планирования эксперимента.

1. При планировании эксперимента согласно математической теории основным элементом является объект исследования, представляемый в виде «черного ящика» (рис. 1).

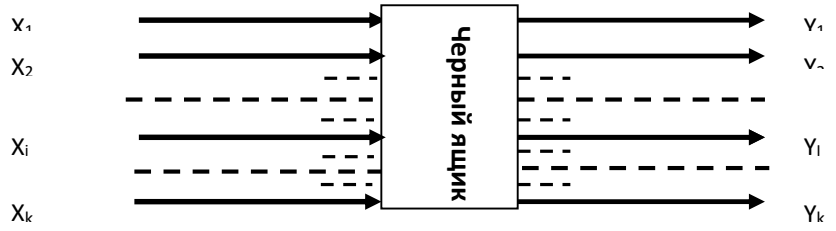

Рисунок 1.

Термин «черный» применяется в том смысле, что его содержание неизвестно. В схеме «черного ящика» на рис. 1. стрелки справа изображают численные характеристики целей исследования. Они обозначаются буквой игрек и называются параметрами оптимизации. Для проведения эксперимента необходимо иметь возможность воздействовать на поведение «черного ящика». Все входные воздействия обозначены буквой икс и называются факторами. Термин фактор (от лат. factor - делающий, производящий), причина, движущая сила какого-либо процесса, явления, определяющая его характер или отдельные его черты. Их называют также входами «черного ящика».

Одной из целей эксперимента является нахождение зависимостей $y_i = f(x_1, x_2 \ldots x_n)$, что позволяет в дальнейшем заменить дорогостоящий эксперимент математическими расчетами.

2. Эксперимент должен быть многофакторным, т.е. при проведении эксперимента должны варьироваться все входные воздействия, и, следовательно, в ходе эксперимента должен использоваться заранее выбранный фиксированный набор уровней факторов. При переборе всех возможных наборов состояний, образуется полное множество различных состояний данного «ящика», позволяющих осуществить его математическую аппроксимацию. Аппроксимация позволит за счет применения расчетов в дальнейшем уменьшить количество опытов, которое определяется путем возведения числа уровней факторов «р» (если оно для всех факторов одинаково) в степень числа факторов «*к*», т.е. $p^к$. Так, на первый взгляд простая система с пятью факторами на пяти уровнях имеет 3125 состояний, а для десяти факторов на четырех уровнях их уже свыше миллиона!

3. Третьей задачей решаемой математической теорией планирования эксперимента является построение обобщенного параметра оптимизации как некоторой функции от множества исходных параметров. При этом необходимо множество откликов, каждый из которых имеет свой физический смысл и свою размерность, обобщать (свертывать) в единый количественный признак. Для объединения различных откликов, предусмотрено введение для каждого из них некоторой безразмерной шкалы. Одним из наиболее удобных способов построения обобщенного отклика в теории планирования эксперимента считается обобщенная функция желательности Харрингтона. В основе построения этой обобщенной функции лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерную шкалу желательности или предпочтительности.

Рассмотренные особенности математической теории позволяют оценить её применимость в инфокоммуникационных системах:

1. В технике связи отсутствуют устройства, которые могут быть названы «черным ящиком». Содержимое каждого устройства спроектировано в процессе разработки, все функциональные преобразования, характеристики и параметры известны с высокой точностью. Всякая математическая аппроксимация является излишней.

2. Большое количество опытов при проведении многофакторных экспериментов не является существенным затруднением при испытании устройств связного назначения. Реакция этих устройств на входные воздействия практически мгновенная и применение ПК и соответствующих согласующих устройств позволяет произвести, если это необходимо, и миллион опытов в течение весьма короткого времени.

3. В технике связи не осуществляется применение обобщенных параметров оптимизации, поскольку каждое устройство связного назначения работает в общей сети и

должно соответствовать международным стандартам, устанавливающим величины параметров и характеристик, а не обобщенные параметры оптимизации. В частности, совершенно не очевидна возможность применения метода обобщенных параметров к таким широко применяемым в технике связи параметрам как коэффициент ошибок, длина волны отсечки, поляризационно-модовая дисперсия, затухание нелинейности, джиттер, вандер и др.

4. Определение фактора, действующего на входе x_i «черного ящика» в виде уровня, характеризуемого числом, не является корректным применительно к экспериментам, проводимым в инфокоммуникационных системах. Например, характеристика фактора в виде напряжения 100 В, не является исчерпывающей, поскольку имеются еще такие параметры как частота и фаза. Эти параметры могут влиять на отклик y_i. Следует так же отметить, что ни один генератор не вырабатывает чистую синусоиду. К числу его метрологических характеристик принадлежит и коэффициент гармоник, т.е. помимо установленной частоты f, он так же генерирует 2 f, 3 f и т.д., что обычно учитывается при проведении испытаний связной аппаратуры.

5. Утверждение, положенное в основу математической теории планирования эксперимента о безусловном превосходстве многофакторных экспериментов над однофакторными, является спорным. Во-первых, первичная и периодические поверки всех средств измерений, количество которых в стране исчисляется миллионами, осуществляется на основе однофакторного эксперимента. Во-вторых, при разработке связных устройств, а также средств измерений определение явлений, не позволяющих получить нужные характеристики, возможно лишь на основе однофакторного эксперимента. На основе однофакторного эксперимента осуществляется диагностика работающей аппаратуры. В-третьих, многофакторный эксперимент, даже если он желателен, не всегда реализуем на практике. Например, устройство, предназначенное для работы в космосе, безусловно, желательно испытать при одновременном воздействии всех факторов, которые будут сопровождать его дальнейшую работу. Однако в земных условиях не представляется возможным одновременное создание температуры минус 200^0С, невесомости, глубокого вакуума, повышенной радиации и механических нагрузок. Поэтому специалистам приходится выполнять однофакторные эксперименты, а далее на основе своего опыта и знаний делать вывод о способности спроектированного устройства решения поставленной задачи.

Вместе с тем, в инфокоммуникационных системах накоплен большой опыт планирования экспериментов, который обеспечивает решение весьма сложных и нетрадиционных задач.

Это можно видеть даже на примере обычного телевизора. Прежде чем приобрести телевизор, покупатель просит продемонстрировать его работу. Ему дают в руки пульт управления и предлагают переключать каналы. Из антенны в телевизор поступают сигналы до сотни программ. Сигнал каждой программы воздействует на внутренние блоки и участвует в проведении многофакторного эксперимента. Многофакторного, потому что каждому номеру канала соответствует своя несущая частота сигнала изображения, своя несущая частота сигнала звука, свое значение мощности сигнала изображения, свое значение мощности сигнала звука. Кроме того, осуществляется с помощью специальных сигналов, синхронизация генератора строчной развертки, синхронизация генератора кадровой развертки, цветовая синхронизация. Таким образом количество факторов *«к»,*

равно семи, а количество уровней, которые приобретают эти факторы в процессе эксперимента, равно количеству каналов, например, p = 100.

Следует отметить, что проведенный эксперимент позволил установить и качество оптимизации изображения на экране, или согласно терминологии математической теории планирования эксперимента, выходных откликов. Действительно, при переключении каналов и смене величин частот, мощностей и др. параметров изображение на экране имеет оптимальную контрастность изображения, оптимальную яркость, оптимальную цветопередачу. Кроме того, не изменяется установленная потребителем громкость звука, которая, по-видимому, так же является для него оптимальной.

Приведенный пример иллюстрирует современной уровень бытовой электронной техники. Уровень аппаратуры, используемой в современных инфокоммуникационных сетях еще более высок.

Планирование эксперимента в отрасли связи выполняется с обязательным учетом международных стандартов. Так, например, все эксперименты, связанные с измерениями параметров оптического волокна, осуществляются на основе ГОСТ Р МЭК 793-1-93 Волокна оптические. Общие технические требования. В этом ГОСТе, объемом более 100 страниц, даны все необходимые математические формулы, приведены описания методов измерений более пятидесяти параметров волокон, приведены схемы проведения экспериментов, подробно рассмотрены последовательности операций. В некоторых случаях, например, при измерении параметров волокон методом обратного рассеяния, приводится руководство по интерпретации измеренных характеристик.

Кроме стандартов МЭК при планировании экспериментов широко используются рекомендации международного союза электросвязи (МСЭ), количество которых приближается к тысяче. В качестве примера можно привести документы ITU-T O.172 и ITU-T G.825, посвященные методам и аппаратуре измерения джиттера и вандера в цифровых сетях. Учет документов, разработанных МЭК и МСЭ совершенно необходим, поскольку передача информации в настоящее время осуществляется в глобальном масштабе и все инфокоммуникационные сети должны быть совместимы.

С учетом международных стандартов и рекомендаций в нашей стране разрабатываются документы, регламентирующие различные виды экспериментов. Так в документе РД 45.254-2002 рассмотрены нормы на показатели качества услуг связи и приводятся методики контрольных испытаний.

Помимо терминов эксперимент, измерения, испытания в технике связи широко используется термины **диагностика** и **мониторинг**. Под термином диагностика (от греч. diagnostikos - способный распознавать) в технике связи понимается оценка состояния конкретного объекта. В словаре русских синонимов этому термину соответствуют проверка, испытание, опробование, проба, тест. Согласно ГОСТ 20911 (Техническая диагностика. Термины и определения), техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов. Таким образом, процесс диагностики следует отнести к эксперименту, который безусловно проводится по определенному плану.

Под термином мониторинг понимается постоянное наблюдение за каким-либо процессом с целью выявления его соответствия желаемому результату или первоначальным предположениям. В ИСО 9001 в редакции 1994 г. для деятельности по проверке соответствия

применялись термины "контроль" и "испытания". В новой редакции термины "мониторинг" и "измерение" обозначают более широкие понятия, включающие в себя как контроль и испытания, так и отслеживание динамики, и элементы управления. Применение этого термина в технике связи вполне обосновано, учитывая громадные территории, охватываемыми различными сетями связи. Следует отметить, что согласно документу ИСО, деятельность по измерению и мониторингу должна планироваться.

Структура взаимодействия компонент, образующих мониторинг представлена на рис. 2.

Рисунок 2.

Таким образом, эксперименты в инфокоммуникационных системах охватывают все устройства и осуществляют мониторинг этих же устройств в составе сети. При этом выявляются все отклонения от нормированных характеристик конкретного устройства, поскольку каждому из них в сети присваивается свой идентификационный номер.

Следует также отметить еще одно важное достижение отрасли «связь» в планировании и проведении экспериментов в инфокоммуникационных системах. Уже в течение нескольких десятков лет эксперименты, связанные с диагностикой неисправностей в них, осуществляются без перерыва связи. Таким образом, объект, подвергаемый эксперименту, исследуется с помощью специальных сигналов (факторов), позволяющих выявить отклонения от нормы, в то время как сам объект выполняет возложенную на него задачу. Это имеет большое практическое значение, поскольку в противном случае для диагностики потребовалось бы отключение нескольких тысяч абонентов.

Планы экспериментов такого типа разрабатывались еще несколько десятилетий назад применительно к линиям связи, реализуемых с помощью металлических кабелей, и они использовались практически, поскольку входили в состав нормативных документов, касающихся технической эксплуатации сетей связи. Для проведения таких экспериментов были разработаны специальные средства измерений.

С внедрением цифровых методов передачи появилась возможность планирования эксперимента на новом уровне, когда испытуемый объект выполняет свои основные

функции по передаче цифровых сигналов, и эти же сигналы использует для выявления неисправностей. Для этой цели оказалось возможным, например, использовать сигналы цикловой синхронизации, входящих в состав передаваемых пакетов информации.

Применение мониторинга в качестве спланированного эксперимента в сети связи позволяет не только установить характеристики и параметры конкретного устройства, а также осуществить прогноз его надежной работы в будущем и при необходимости принять решение об автоматическом переходе на резерв. В качестве примера можно привести решения, предложенные в РД 45.231-2002 Комплекс аппаратно-программных средств мониторинга сети ОКС-7.

Рассмотрим требования, обычно предъявляемые к испытательному комплексу для мониторинга сети сотовой связи. Испытательный комплекс должен обеспечивать мониторинг следующих параметров: параметров сети сотовой связи (состояние мобильной станции и базовой станции), параметров смены канала (хэндовер), параметров соседних сот, параметров радиосигнала. Кроме того, определять уровень качества передачи речи в канале связи, определять привязку местоположения комплекса к цифровой карте, вести статистику соединений, иметь механизм обработки статистической информации и генерации отчетов.

Для выполнения этого далеко не полного перечня задач необходимо отслеживать следующие параметры: величину отношения сигнал/помеха, уровень сигнала на входе приемника мобильной станции и на входе приемника базовой станции, уровень качества передачи фреймов, расстояние от базовой станции до мобильной станции, уровень мощности сигналов соседних базовых станций с учетом разрешенных частот, работоспособность механизма коррекции синхронизации и ряд других параметров. Кроме этого испытательный комплекс, с помощью которого осуществляется мониторинг сети, выдает временные диаграммы изменения параметров на основании анализа которых можно сделать вывод об уровне обслуживания в заданном районе.

В настоящее время используется достаточно широкая номенклатура различных испытательных комплексов: Rohde & Schwarz Германия TS 9951, Ericsson TEMS, Agilent Technologies E7475A, Ascom QVoice. Разработка универсальной методики мониторинга может быть существенно упрощена, если комплекс для мониторинга сети сотовой связи поставляется компанией, которая не занимает сегмента рынка инфраструктурного оборудования и стандартным образом работает с оборудованием любого поставщика. Наиболее мощной является система QVoice от фирмы Ascom при совокупной работе комплексов QVM (QVoice – Mobile), QVS (QVoice – Stationary), QVP (QVoice – Presentation), представленных на рис. 3.

Рисунок 3.

Помимо экспериментов, проводимых в отрасли «связь», основанных на измерении различных параметров электрических сигналов, за последнее десятилетие получили широкое применение эксперименты, связанные с измерениями в оптическом диапазоне. Построение ВОЛС привело к необходимости проведения экспериментов по измерению характеристик и параметров оптического кабеля/волокна, источников оптического излучения, приемников оптического излучения, оптических усилителей, мультиплексоров/демультиплексоров, компенсаторов дисперсии; оптических переключателей, аттенюаторов, изоляторов. Кроме того, появилась задача экспериментального исследования волоконно-оптической линии передачи в целом.

Для решения этих задач были разработаны и выпускаются различными фирмами новые средства измерений, такие как: оптический тестер, оптический рефлектометр, бриллюэновский рефлектометр, оптический анализатор спектра, измеритель длин волн, анализатор хроматической дисперсии, анализатор поляризационной модовой дисперсии и др. Применение новых средств измерений привело к необходимости по новому планировать эксперименты, поскольку теперь приходится сочетать измерения сигналов электрических с оптическими, измерения параметров элементов, размеры которых измеряются в долях миллиметра с и параметры сети, охватывающей большую территорию. Принцип действия бриллюэновского рефлектометра настолько сложен, что планирование эксперимента было необходимо при его разработке, а также необходимо при его применении.

Помимо планирования экспериментов, связанных с определением параметров и характеристик отдельных элементов, составляющих ВОЛС, при внедрении этих сетей в эксплуатацию, возникла задача создания систем мониторинга и администрирования. Как известно, в эксплуатации имеется несколько видов сетей, построенных на применении оптических волокон. Наиболее простой является пассивная оптическая сеть PON (от англ. *Passive optical network*). Эта сеть основана на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах и обладает необходимой эффективностью наращивания узлов сети и пропускной способности, в зависимости от настоящих и будущих потребностей абонентов.

При построении магистральных сетей связи в России используется метод спектрального уплотнения каналов *WDM* (от англ. *Wavelength-division multiplexing*)- *мультиплексирование с разделением по длине волны*. Эта технология позволяет одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах. Технология WDM позволяет существенно увеличить пропускную способность канала, организовать двустороннюю многоканальную передачу трафика по одному волокну. Исторически первыми возникли двухволновые WDM системы, работающие на центральных длинах волн из второго и третьего окон прозрачности кварцевого волокна (1310 и 1550 нм).

Современные WDM системы строятся на основе стандартного частотного плана (ITU-T Rec. G.692) и делятся на три группы: CWDM (Coarse WDM – грубые WDM) системы с частотным разносом каналов не менее 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 18 каналов, DWDM (Dense WDM – плотные WDM)- системы с разносом каналов не менее 100 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 40 каналов, HDWDM (High Dense WDM – высокоплотные WDM) – системы с разносом каналов 50 ГГц и менее, позволяющие мультиплексировать не менее 64 каналов. Область применения технологии CWDM – городские сети с расстоянием до 50 км. Достоинством этого вида WDM систем является низкая (по сравнению с остальными типами) стоимость оборудования вследствие меньших требований к компонентам.

Системы DWDM (стандарт ITU-T Rec.G.694) используются для построения магистральных сетей. Этот вид WDM систем предъявляет более высокие требования к компонентам, чем CWDM. Толчком к бурному развитию DWDM сетей дало появление недорогих и эффективных волоконных эрбиевых усилителей (EDFA), работающих в промежутке длин волн от 1525 до 1565 нм.

Для эксплуатации сетей, построенных на основе DWDM, применяются автоматические системы мониторинга и администрирования. План экспериментов, выполняемый этими системами, состоит из нескольких частей. Первая часть выполняется системой RFTS (от англ. RFTS – Remote Fiber Test System) – системы удаленного контроля оптических волокон, системы контроля аппаратной части, программы привязки топологии сети к географической карте местности, а также базы данных оптических компонентов, критериев и результатов контроля. При этом RFTS является ядром всей системы, где сосредоточены все аппаратные средства.

Объем функций, выполняемых системой RFTS, становится ясным при перечислении её частей. Все системы RFTS, как правило, строятся по одной и той же схеме включающей: функциональные элементы и устройства, системы управления, интегрированные элементы, геоинформационную систему привязки топологии сети к карте, базу данных ОК, оборудования сети, критериев и результатов тестирования ОК, ВОЛС и сети в целом и другие внешние базы данных. Структура одного из вариантов построения RFTS представлена на рис. 4.

Здесь WAN (Wide Area Network) – Глобальная вычислительная сеть охватывает целые области, страны и даже континенты; LAN (Local Area Network) – группа компьютеров, расположенных на относительно небольшом расстоянии; 1 – RTU (Remote Test Unit) удаленный модуль тестирования оптических волокон; 2 – OTAU (Optical Test Access Unit) оптический коммутатор; 3 – UNIX clients-устройство управления системой мониторинга; 4 –

PS clients – персональный компьютер с программным обеспечением системы мониторинга; 5 – системный сервер (UNIX); 6 – резервный сервер (UNIX); 7 –модем; 8 – (PSTN) – телефонная сеть общего пользования.

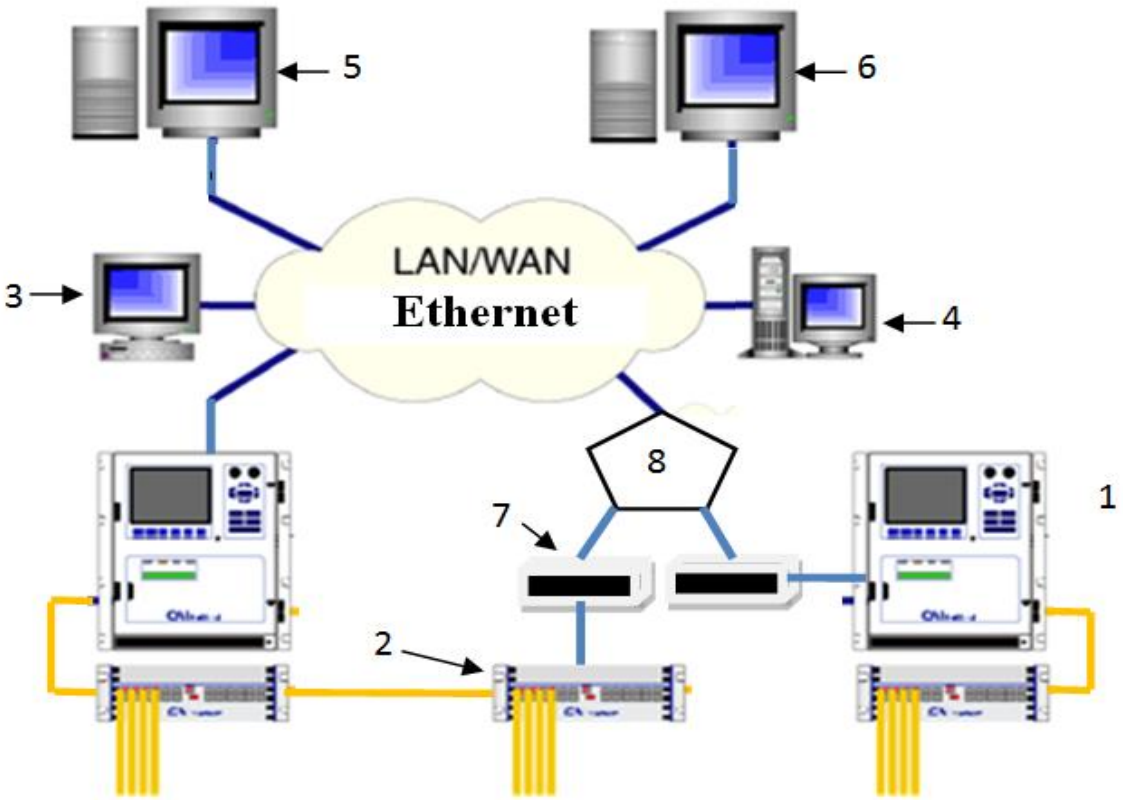

Рисунок 4.

Приведенное выше краткое перечисление аппаратуры и выполняемых ею функций свидетельствует о чрезвычайно высоком уровне планирования экспериментов для осуществления мониторинга и администрирования систем связи на основе DWDM.

Применительно к задаче планирования эксперимента представляют интерес применение OTDR (оптического рефлектометра). Дело в том, что мониторинг оптической сети можно осуществлять на неактивном (темном) или активном (рабочем) волокне. При мониторинге темного волокна оптическое излучение OTDR вводится в волокна, по которым не передается трафик, но которые находятся в том же кабеле, что и рабочие волокна. Мониторинг активного волокна характеризуется вводом светового излучения в волокна, по которым передается трафик. В этом случае длина волны источника OTDR должна отличаться от длины волны рабочего сигнала. Чтобы ввести излучение от OTDR в активное волокно, используются дополнительные элементы: широкополосный мультиплексор со спектральным разделением (WDM), а также однопроходный оптический фильтр (SPF), который устанавливается на дальнем конце линии для отфильтровывания излучения OTDR до того, как сигнал достигнет оконечного оборудования (рис. 5). Рабочий сигнал и сигнал от OTDR могут

передаваться как в одном направлении, так и в противоположных направлениях, что является предпочтительным режимом работы.

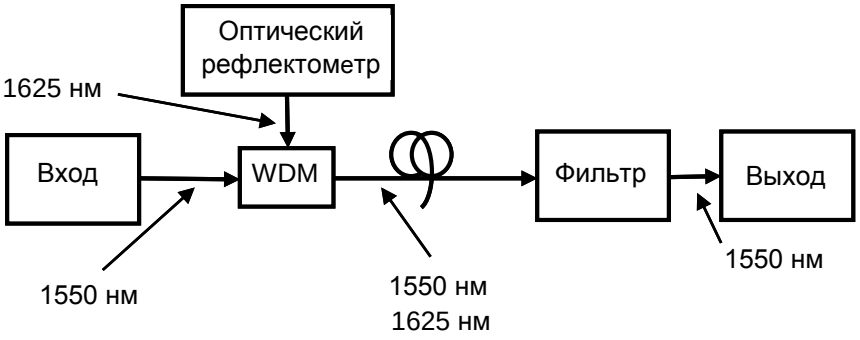

Рисунок 5.

Если испытательный сигнал должен обходить оконечное оборудование (шунтирование), применяется схема, показанная на рис. 6. В этом случае по обе стороны регенератора устанавливаются 2 WDM, выполняющие шунтирование. Система FiberWatch™ использует ту же конфигурацию и одинаковый тип WDM и оптических фильтров, независимо от направления распространения рабочего сигнала и сигнала OTDR.

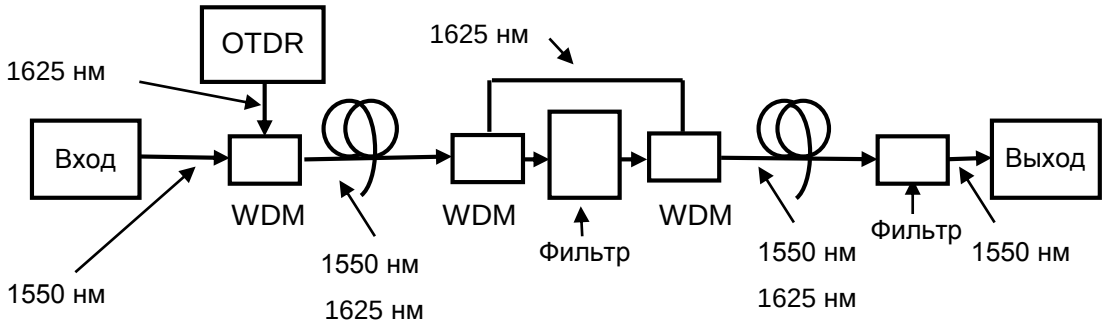

Рисунок 6.

Из приведенных примеров построения автоматизированных систем управления и тестирования оптического волокна следует, что в инфокоммуникационных системах достигнуты весьма важные результаты по развитию практики планирования эксперимента.

Перечислим основные достижения:

1. В инфокоммуникационных системах экспериментальной оценке подвергаются как отдельные устройства, входящие в состав сети, так и сами сети.

2. Планы экспериментов, проводимых с целью контроля параметров и характеристик устройств, выполнены на уровне международных стандартов и рекомендаций, а также стандартов, регламентов и отраслевых документов РФ.

3. Эксперименты по контролю качества работы инфокоммуникационных систем осуществляются в процессе выполнения ими основных функций, т.е. без отключения

абонентов. Для проведения измерений используются либо специальные сигналы, не влияющие на процесс передачи информации, либо сами информационные сигналы.

4. Мониторинг сетей связи позволяет выявить все нарушения, как в самой сети, так и в отдельных устройствах, входящих в её состав, поскольку каждому устройству присвоен идентификационный номер.

5. Компьютерная обработка результатов мониторинга сети позволяет путем применения экстраполяции составить прогноз дальнейшей работы как сети в целом, так и входящих в её состав устройств.

6. Внедрение систем DWDM привело к применению автоматических систем мониторинга и администрирования (RFTS), выполненных на новом весьма высоком уровне планирования эксперимента.

Литература

1. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине, – М.: Изд-во Наука, 1983. – 344 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Изд-во Наука, 1976. – 280 с.
3. Зедгинидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 390 с.
4. Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. – М.: Изд-во Юрайт, 2011. – 400 с.

ДЕМАСКИРУЮЩИЕ ПРИЗНАКИ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ И ИХ ЗАЩИТА ОТ ТСР

С. В. Дворянкин,
Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ,
профессор д.т.н.,
115409, г. Москва, Каширское ш., 31.
Ю. К. Меньшаков,
Московский технический университет МИРЭА,
доцент к.т.н.,
119454, г. Москва, проспект Вернадского, дом 78.
А. В. Петраков,
Московский технический университет связи и информатики,
профессор д.т.н.,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8 А.

УДК 621.96

Аннотация: Рассмотрены вопросы использования лазерных приборов в системах дальнометрирования, локации, разведки, связи, навигации, подсвета и целеуказания и др. системах. Проведена качественная оценка информационной ценности параметров лазерных сигналов. Раскрыты демаскирующие признаки лазерных систем и возможные мероприятия по их защите от технических разведок.

Ключевые слова: лазерные приборы, разведка, длина волн, демаскирующие признаки, импульс излучения, полоса пропускания, ограничения, меры защиты.

GIVE-AWAY FACTORS OF LASER SYSTEMS AND THEIR PROTECTION FROM TECHNICAL RECONNAISSANCE SYSTEMS

***Sergey Dvoryankin*,**
National nuclear research university MIPhY,
professor,
115409, Moscow, 31 Kashirskoye shosse.
Yuriy Menshakov,
Moscow technical university "MIREA"
candidate of technical sciences, associate professor
119454, Moscow, 78 Prospect Vernadskogo.
Alexey Petrakov,
Moscow technical university of communications and informatics,
professor,
111024, Moscow, Aviamotornaya st 8A.

Annotation: The article deals with issues of using laser devices in ranging, location, reconnaissance, communication, navigation, illumination and target marking as well as in other systems. A qualitative assessment is given for the value of laser signal parameters. Give-away factors of laser systems are described as well as possible measures for protecting these systems from technical reconnaissance systems.

Keywords: laser devices, reconnaissance, wave length, give-away factors, irradiation pulse, bandwidth, limitations, protection measures.

В настоящее время существенно возросло использование лазерных приборов в системах вооружения и военной техники. В частности, широкое применение лазерные приборы находят в системах дальнометрирования, локации, разведки, связи, навигации, подсвета и целеуказания, наведения средств поражения, силового воздействия.

Одной из проблем воздушной разведки всегда были проблема обеспечения разведки в ночных условиях. Появление лазерных излучателей позволило решить эту задачу. В настоящее время созданы и успешно функционируют лазерные сканирующие камеры, которые устанавливаются на самолетах-разведчиках и предназначаются для получения видовой информации в ночных условиях. В ближайшее время следует ожидать появления лазерных сканирующих камер, предназначенных для космических аппаратов.

Применение лазерных приборов в системах целеуказания и наведения оружия позволяет в значительной степени повысить эффективность поражения наземных целей. Так, применение в Ираке и Югославии американскими вооруженными силами ракет и бомб с лазерным наведением позволило увеличить количество прямых попаданий до 80…90 %.

С самого начала появления лазеров ведутся непрерывные исследования в области создания оружия силового воздействия на их основе. Исследования проводятся в двух направлениях:

– создание систем лазерного оружия тактического назначения, предназначенного для воздействия на органы зрения, оптические системы, фотоприемники и т. д.;

– создание стратегического лазерного оружия, которое можно было бы использовать в системах ПВО и ПРО для уничтожения ракет и самолетов.

Длины волн, на которых работают лазерные системы, представлены в табл. 1.

Демаскирующие признаки лазерных систем. К демаскирующим признакам (ДП) аппаратуры с использованием лазерных излучателей можно отнести: когерентное световое излучении; некогерентное световое излучение источников накачки; побочное излучение на частотах радиодиапазона, обусловленное работой источников накачки и всевозможных модуляторов и синхронизаторов; рентгеновское излучение, присущее некоторым типам лазеров; загрязнение окружающий среды побочными продуктами функционирования некоторых лазерных систем; акустические и сейсмические эффекты; внешний вид устройств, испытательного и полигонного оборудования (рис. 1).

Таблица 1. Длины волн лазерных систем

Тип лазерной системы	Длина волны, мкм, в режиме	
	импульсном	непрерывном
Дальномеры	0,69; 0,85; 1,06; 1,54	2,1; 10,6
Локаторы	0,45—0,53; 0,69; 0,85	10,6
Системы связи	0,85; 1,06	3,39; 10,6
Системы навигации	—	0,63; 10,6
Системы разведки	0,45—0,51; 10,6	0,63; 10,6
Системы целеуказания и наведения	0,85; 1,06	—
Системы подсвечивания ПНВ	0,85; 1,06	—
Системы оружия	0,69; 0,53	1,06; 5,0; 10,6
Системы опознавания «свой-чужой»	1,06	10,6

Следует отметить, что перечисленный набор ДП обобщен по всем видам аппаратуры с использованием лазерных излучателей. Это означает, что конкретная лазерная система может не иметь всего комплекса приведенных ДП.

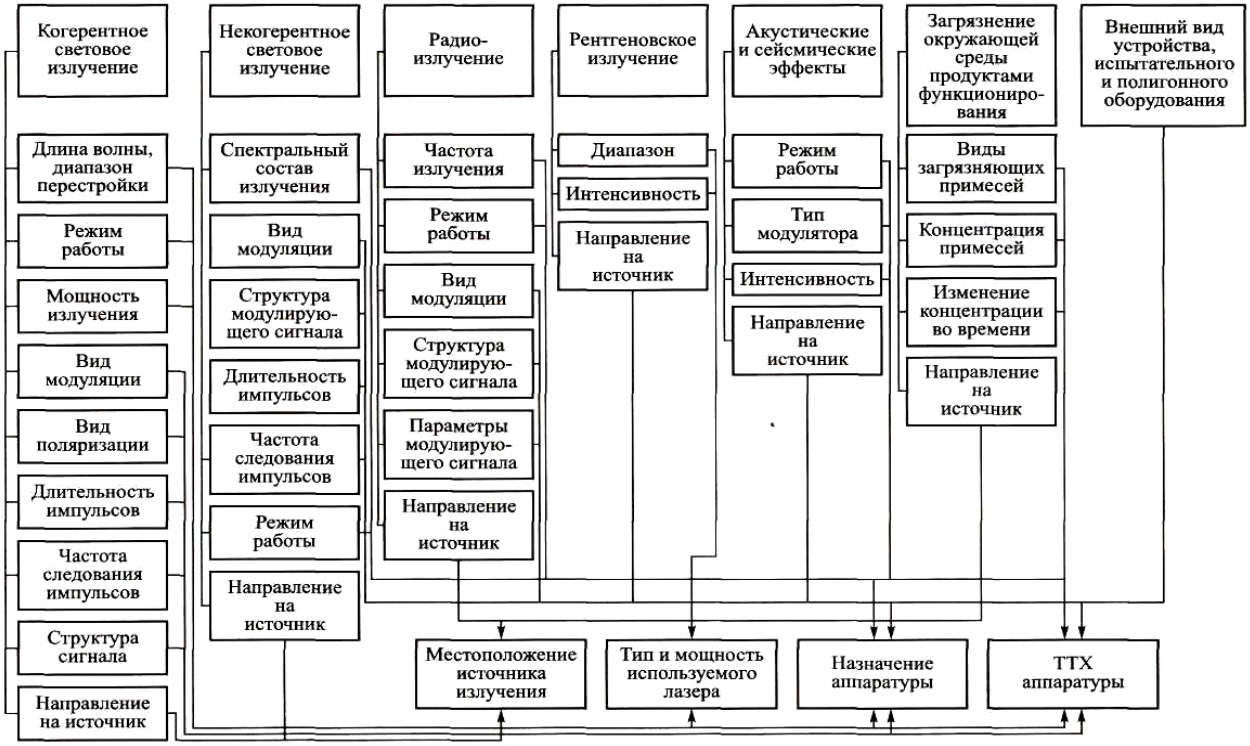

Рисунок 1.

Рассмотрим несколько подробнее каждый из перечисленных ДП. Когерентное излучение в зависимости от режима работы лазерного средства может быть импульсным или непрерывным и независимо от режима работы характеризуется такими общими параметрами, как длина волны, диапазон ее перестройки, мощность (энергия) излучения, вид поляризации, вид модуляции, структура сигнала. Импульсное излучение, кроме того, характеризуется такими параметрами, как длительность и частота следования импульсов.

Некогерентное световое излучение накачивающих устройств может содержать сведения по:

– спектральному составу излучения накачки, что позволяет установить тип лазера и длину волны его излучения, о режиме работы (импульсный, непрерывный).

– виду используемой модуляции и некоторых параметрах модулирующего сигнала;

– длительности и частоте следования импульсов накачки, которые соответствуют режиму работы лазерного излучателя и, следовательно, несут информацию о назначении устройства и некоторых его характеристиках;

– направлению на источник излучения.

Аналогичная информация может содержаться в побочных излучениях радиодиапазона, обусловленных работой блоков накачки и модуляции.

Рентгеновское излучение свойственно лазерам некоторых типов, а именно электроионизационным газовым лазерам, полупроводниковым газовым с накачкой электронным лучом. Замеры рентгеновского излучения позволяют определить его интенсивность и спектральный диапазон.

Полученные в результате анализа данные позволяют сделать вывод о типе используемого лазера, длине волны его излучения, ориентировочном значении мощности лазерного излучения и местоположении источника.

На основе полученных сведений можно определить тип лазера и ориентировочно оценить его выходную мощность, а также направление на источник излучения.

Акустические и сейсмические эффекты могут содержать информацию о режиме работы устройства, источника накачки, ориентировочное значение мощности лазерного излучения, направлении на источник излучения.

При работе некоторых лазерных систем происходит загрязнение окружающей среды побочными химическими продуктами, выделяющимися при функционировании этих систем. Анализ проб воздуха, грунта, воды позволяет определить типы загрязняющих примесей, их концентрацию и изменение ее во времени, направление на область с максимальной концентрацией примеси.

Внешний вид устройства, испытательного и полигонного оборудования может дать сведения о назначении устройства и его некоторых характеристиках.

Можно предположить, что не все параметры излучаемых сигналов, демаскирующих то или иное средство, содержат равноценную информацию о его назначении и характеристиках. Поэтому при определении параметров лазерных систем, которые необходимо скрывать от разведки противника, целесообразно провести анализ их информационной ценности. Под информационной ценностью параметров в данном случае понимается объем полезной информации, необходимой для определения назначения системы и ее ТТХ с целью последующей разработки средств подавления.

Проведем качественную оценку информационной ценности параметров лазерных сигналов.

Назначение средства в ряде случаев характеризуется длиной волны излучения. Так, например, можно достаточно точно сказать на каких длинах волн работают лазерные дальномеры, системы целеуказания, разведки, локации и т.д.

В некоторых случаях ряд систем может работать на одинаковых длинах волн. Поэтому для их распознавания необходимо изучение дополнительных характеристик, к которым могут относиться: вид модуляции и параметры модулирующего сигнала; мощность (энергия) излучения; длительность и частота следования импульсов; поляризация сигнала.

Так, например, наличие в принятом сигнале ЧМ с линейным или синусоидальным изменением частоты свидетельствует о том, что разведуемое средство относится к локационным системам, предназначенным для точного определения координат и скорости движения цели. При этом линейная ЧМ характерна для локаторов обнаружения и целеуказания; а синусоидальная ЧМ - для локаторов слежения за целью.

Девиация частоты в ЧМ сигнале характеризует полосу пропускания приемного устройства и разрешающую способность по дальности, а период модуляционного сигнала – возможности системы по измерению скорости движения целей.

Мощность (энергия) принимаемого сигнала позволяет ориентировочно оценить мощность излучателя разведуемой системы (при известном расстоянии) и сделать некоторые предположения о назначении системы и о дальности ее действия. Поляризация принимаемого излучения также позволяет иногда судить о назначении системы и ее возможностях. Так, по наличию изменения поляризации излучения в соответствии с бинарным кодом можно сделать

вывод о том, что система используется для передачи цифровой информации. Наличие круговой поляризации свидетельствует о способности системы работать в плохих метеоусловиях, а также в случае применения пассивных помех в виде облака мелких зеркальных отражателей.

Частота следования импульсов содержит информацию о назначении разведуемой системы и ее дальности действия. Так, например, при частоте следования импульсов от нескольких в минуту до 1 Гц можно сделать вывод, что система относится к классу артиллерийских или танковых дальномеров. При частоте следования импульсов в пределах 30-100 Гц разведуемое средство может быть отнесено к системе целеуказания; при частоте следования от 100 Гц до нескольких кГц возможная классификация средства – локационная система.

Длительность импульса излучения может определять такие тактические и технические характеристики, как разрешающую способность по дальности; точность измерения расстояний; минимальную дальность действия; ширину полосы пропускания приемного устройства. Знание полосы пропускания приемника разведуемого средства имеет весьма важное значение в случае разработки средств противодействия разведанным системам. Эффективность используемой для подавления помехи повышается, если ширина ее спектра согласована с полосой пропускания подавляемого приемника.

Величина полосы пропускания приемного устройства у различных лазерных систем определяется различными параметрами излучаемых сигналов. Например, в дальномерах, целеуказателях, локаторах без дополнительной модуляции полоса пропускания Δf может быть определена по длительности импульса τ:

$$\Delta f = (1 \div 2) / \tau$$

Полоса пропускания устройств с непрерывным излучением, например, доплеровских систем измерения скорости определяется в основном шириной спектра доплеровских частот ΔB:

$$\Delta f = \Delta B = 2V_{ц\ max} \cdot f/c$$

где: $V_{ц\ max}$ – максимальная скорость цели;

f – частота, на которой производится измерение (несущая, поднесущая);

C – скорость света.

Величина полосы пропускания локационных лазерных систем с ЧМ определяется величиной девиации частоты B:

$$B=\Delta f, \text{ где } \Delta f = f_{max} - f_{min}.$$

Важной характеристикой лазерной системы, представляющей интерес для разведки противника, является структура кодовой посылки. Так, если лазерная система целеуказания или дальнометрирования применяет кодированный режим работы, в соответствии с которым измерение дальности до цели производится по пятому импульсу в серии, то для создания эффективного средства ПД необходимо с помощью технических средств разведки вскрыть этот режим работы.

Таким образом, комплексный анализ таких характеристик принимаемых сигналов, как длина волны, мощность излучения, поляризация, вид модуляции и т.д. позволяет получать

закрытые сведения о назначении тех или иных систем и их основных ТТХ: дальности действия, точности измерения координат цели, разрешающей способности, режимах работы и т.д.

Указанные сведения являются исходными данными для разработки и эффективного использования средств подавления.

Возможные мероприятия по защите лазерных систем от технических разведок. В условиях широкого применения различных технических средств разведки особенно важным является своевременное принятие мер для надежного скрытия разработок новых видов вооружения и, в частности, лазерных систем военного назначения. Решение данного вопроса может быть достигнуто путем применения комплекса разнообразных мер защиты от ТСР.

При определении содержания мероприятий по защите объектов от ТСР необходимо учитывать:

– возможности ТСР вероятного противника;

– основные демаскирующие признаки объекта и их информативность;

– радиусы зон обнаружения прямого, отраженного и рассеянного излучения;

– осведомленность противника об объектах разведки;

– возможности и наличие сил и средств для решения задач защиты.

Все мероприятия по защите лазерных систем военного назначения от ТСР можно разделить на организационные и технические. С организационными и техническими мероприятиями непосредственно связаны меры по широкому внедрению методов имитации и моделирования работы лазерных систем на различных этапах натурных испытаний.

Организационные мероприятия по защите. К организационным защитным мероприятиям можно отнести:

– введение ограничений на работу излучателей во времени и пространстве;

– энергетические ограничения;

– ограничения режимного характера.

Ограничения работы излучателей во времени и пространстве включают:

– максимальное сокращение длительности работы излучения;

– полные или частичные затраты работы излучателей при пролете над районом испытаний или вблизи него искусственных спутников Земли и самолетов иностранных авиакомпаний, а также при проезде по железной дороге иностранных граждан;

– проведение работ на излучение при метеоусловиях, препятствующих или затрудняющих ведение космической и воздушной разведки;

– проведение работ на излучение в условиях повышенного фонового излучения;

– проведение испытаний в районах, исключающих, по возможности, воздушную, морскую и наземную разведку;

– установление границ рабочих секторов по азимуту и углу листа, в которых разрешена работа на излучение;

– выбор позиций установки лазерных средств, обеспечивающих минимальный уровень отраженных и рассеянных излучений.

Энергетические ограничения охватывают:

– ограничения по уровню излучаемой мощности (энергии);

– проведение работ и испытаний при пониженных уровнях выходной мощности (энергии) излучения;

– определение уровней выходных мощностей излучателей по этапам испытаний.

К ограничениям режимного характера относятся следующие мероприятия:

– доведение тактико-технических характеристик объектов до ограниченного круга лиц;

– обеспечение установленного порядка хранения секретных документов, раскрывающих истинное значение характеристик защищаемых объектов;

– ограничение круга лиц, допускаемых к испытаниям;

– легендирование разрабатываемых систем и проводимых с ними испытаний;

– установление режимов работы излучателей в каждом конкретном случае;

– организация охраны района проводимых испытаний.

Технические меры защиты. Технические меры защиты включают активную и пассивную маскировку объектов. Активная маскировка осуществляется путем создания:

– маскирующих шумовых помех;

– имитирующих и ложных сигналов, исключающих или затрудняющих обнаружение излучений, измерение их параметров, определение режимов работы и местоположения.

Указанные мероприятия реализуются путем применения: имитаторов лазерных сигналов; создания ложной обстановки по излучениям оптического и радиодиапазонов с помощью генераторов ложных сигналов; применение средств импульсных и непрерывных шумовых помех в оптическом и радиодиапазоне; выбросов в атмосферу химических веществ, маскирующих продукты функционирования лазерных устройств; производство ложных взрывов для маскировки акустических и сейсмических эффектов работы лазерных устройств.

Пассивная маскировка имеет своей целью снижение уровня излучений и сигналов скрываемых средств за пределами охраняемой территории до уровня, исключающего возможность их обнаружения технической разведкой. Меры пассивной маскировки могут включать:

– применение экранов и щитов с покрытиями, поглощающими лазерное излучение;

– применение фильтров-насадок поглощающего действия;

– применение специальных покрытий, преобразующих лазерное излучение в другие виды излучений;

– снижение уровня побочных радиоизлучений путем использования экранирующих устройств и специальных контуров заземления;

– уменьшение выброса химических продуктов, выделяющихся при функционировании лазерных устройств, в атмосферу и воду с помощью системы фильтров и специальных улавливателей химических примесей;

– применение дипольных рассеивателей и уголковых отражателей;

– маскировку внешнего вида лазерных систем, испытательного и полигонного оборудования;

– разработку специальных стендов для проведения испытаний лазерных систем в закрытых помещениях с имитацией прохождения луча через атмосферу;

– создание подземных галерей и трасс для проведения испытаний;

– применение аэрозольных и дымовых завес при работе на излучение;

– применение схемных и конструкторских решений при разработке или модернизации лазерных устройств, повышающих скрытность излучений и снижающих информативность их параметров;

– применение кодированного режима работы излучателей.

Литература

1. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. – М.: Изд-во РГГУ, 2002. – 400 с.
2. Меньшаков Ю.К. Теоретические основы технических разведок. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 536 с.
3.Меньшаков Ю.К. Виды и средства иностранных технических разведок – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009, – 655 с.
4. Меньшаков Ю.К. Основы защиты от технических разведок. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 479 с.
5. Меньшаков Ю.К. Техническая разведка из космоса. – М.: Изд-во Academia/Академия, 2012. – 500 с.

СЕКЦИЯ 3. РЕГУЛЯТОРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ

СХЕМЫ МОНИТОРИНГА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ В РОССИИ

Е. Е. Володина,
Московский технический университет связи и информатики,
профессор кафедры «Экономика связи», к. э. н,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,
e-mail: evolodina@list.ru
Е. Е. Девяткин,
ФГУП НИИР,
руководитель лаборатории Научно - технического центра (RTC) анализа электромагнитной совместимости, к. э. н,
105064, Москва, ул. Казакова, д. 16,
e-mail: deugene@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: В статье рассматриваются социально-экономические факторы, которые оказывают влияние на необходимость внедрения и развития цифрового вещания в Российской Федерации. Описываются задачи федеральной целевой программы по развитию цифрового вещания до 2015 года в Российской Федерации. Авторы приводят разработанные схемы мониторинга и контроля мероприятий развития сетей цифрового вещания и многофункциональных космических аппаратов, а также управления и контроля бюджетных инвестиций.

Ключевые слова: Цифровое вещание, государственное управление, федеральная целевая программа, орган управления, мониторинг, схемы, финансирование, контроль бюджета.

THE SCHEMES OF ACTIVITIES MONITORING FOR THE DIGITAL TERRESTRIAL BROADCASTING DEVELOPMENT IN RUSSIA

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
Evgeniy Devyatkin,
NIIR FSUE,

the Head of the laboratory Research
and technology Center (RTC) of EMC
Analysis, ph. D,
105064, Moscow, Kazakova str, 16,
e-mail: deugene@list.ru
Denis Veerpalu
NIIR FSUE
The engineering specialist RTC of EMC Analysis
105064, Moscow, Kazakova str. 16
e-mail: katikoma@yandex.ru

Annotation: The article discloses socio-economic factors that have an influence on the necessity for the implementation and development of digital broadcasting in Russian Federation. It describes tasks of the federal targeted program on digital broadcasting development until 2015 in Russian Federation. The authors give the developed management plans for monitoring and control the measures of digital broadcasting networks and multifunctional spacecraft development, as well as management and control of budget investments.

Keywords: Digital broadcasting, government management, federal targeted program, management authority, monitoring, scheme, financing, budget control.

В настоящее время большинство развитых стран переходит на цифровое телерадиовещание, обладающее значительными технико-экономическими преимуществами по сравнению с существующим аналоговым вещанием. Цифровые технологии позволяют значительно улучшить качество изображения, увеличить количество программ, дополнить вещание различными интерактивными мультимедийными услугами.

Необходимость внедрения цифрового телерадиовещания обуславливается не только усиливающейся нехваткой радиочастотного спектра и возросшими социальными запросами общества, но и тенденцией к внедрению единых общеевропейских и мировых стандартов и систем наземного цифрового вещания.

В нашей стране в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2009 г. № 1349-р реализуется федеральная целевая программа «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2015 годы» (далее Программа).

Разработка и утверждение федеральной целевой программы проводилось в соответствии с принятыми общегосударственными подходами. Порядок разработки проекта концепции и Программы, проведения процедур управления, мониторинга и внесения изменений в Программу, а также сроки подготовки законодательства о федеральном бюджете на очередной финансовый год представлены в виде схемы на рис. 1.

Целями Программы являются развитие информационного пространства страны, обеспечение населения многоканальным вещанием с гарантированным предоставлением обязательных телерадиоканалов высокого качества и повышение эффективности функционирования телерадиовещания в целом.

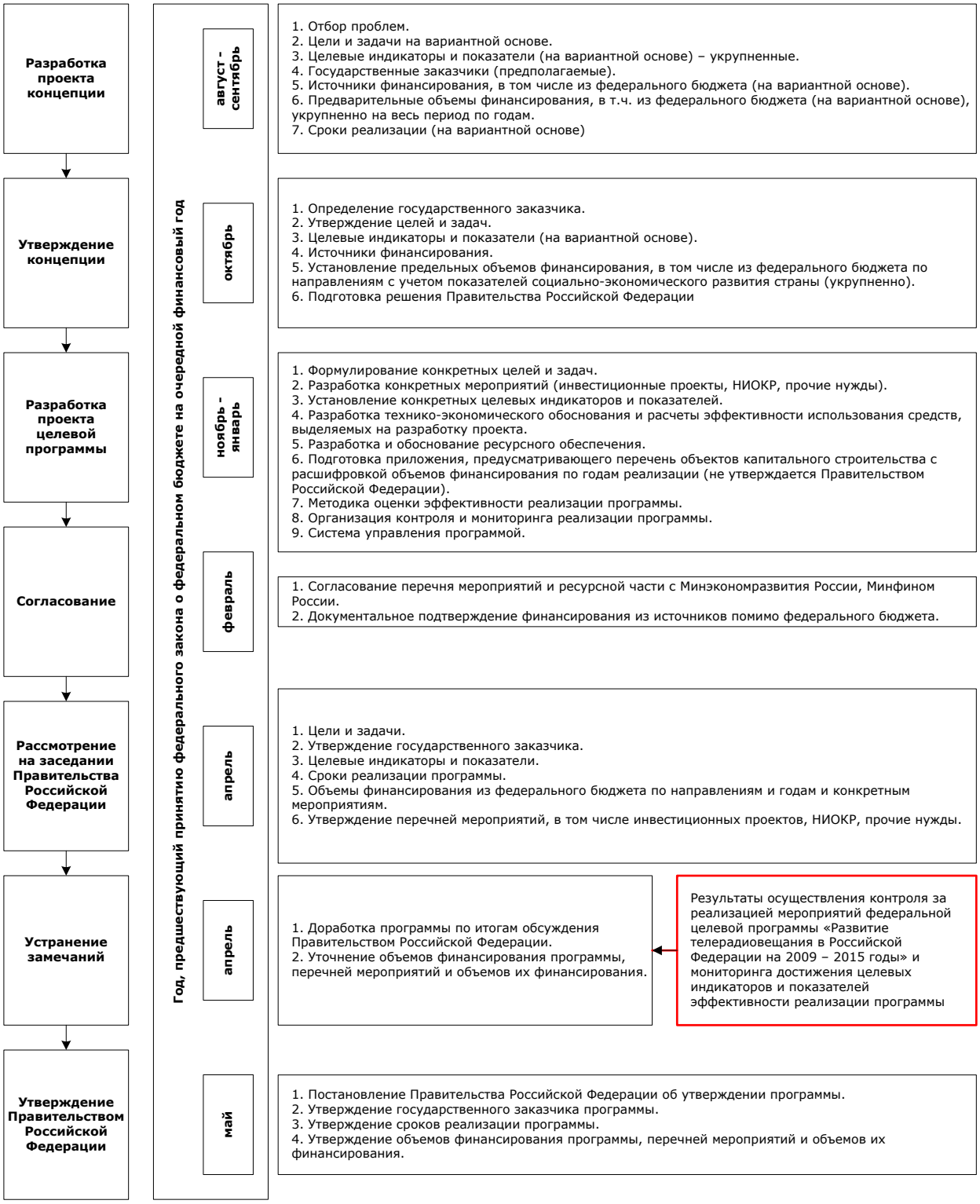
Год, предшествующий принятию федерального закона о федеральном бюджете на очередной финансовый год
Разработка проекта концепции
август - сентябрь
1. Отбор проблем.
2. Цели и задачи на вариантной основе.
3. Целевые индикаторы и показатели (на вариантной основе) – укрупненные.
4. Государственные заказчики (предполагаемые).
5. Источники финансирования, в том числе из федерального бюджета (на вариантной основе).
6. Предварительные объемы финансирования, в т.ч. из федерального бюджета (на вариантной основе), укрупненно на весь период по годам.
7. Сроки реализации (на вариантной основе)
Утверждение концепции
октябрь
1. Определение государственного заказчика.
2. Утверждение целей и задач.
3. Целевые индикаторы и показатели (на вариантной основе).
4. Источники финансирования.
5. Установление предельных объемов финансирования, в том числе из федерального бюджета по направлениям с учетом показателей социально-экономического развития страны (укрупненно).
6. Подготовка решения Правительства Российской Федерации
Разработка проекта целевой программы
ноябрь - январь
1. Формулирование конкретных целей и задач.
2. Разработка конкретных мероприятий (инвестиционные проекты, НИОКР, прочие нужды).
3. Установление конкретных целевых индикаторов и показателей.
4. Разработка технико-экономического обоснования и расчеты эффективности использования средств, выделяемых на разработку проекта.
5. Разработка и обоснование ресурсного обеспечения.
6. Подготовка приложения, предусматривающего перечень объектов капитального строительства с расшифровкой объемов финансирования по годам реализации (не утверждается Правительством Российской Федерации).
7. Методика оценки эффективности реализации программы.
8. Организация контроля и мониторинга реализации программы.
9. Система управления программой.
Согласование
февраль
1. Согласование перечня мероприятий и ресурсной части с Минэкономразвития России, Минфином России.
2. Документальное подтверждение финансирования из источников помимо федерального бюджета.
Рассмотрение на заседании Правительства Российской Федерации
апрель
1. Цели и задачи.
2. Утверждение государственного заказчика.
3. Целевые индикаторы и показатели.
4. Сроки реализации программы.
5. Объемы финансирования из федерального бюджета по направлениям и годам и конкретным мероприятиям.
6. Утверждение перечней мероприятий, в том числе инвестиционных проектов, НИОКР, прочие нужды.
Устранение замечаний
апрель
1. Доработка программы по итогам обсуждения Правительством Российской Федерации.
2. Уточнение объемов финансирования программы, перечней мероприятий и объемов их финансирования.
Результаты осуществления контроля за реализацией мероприятий федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009 – 2015 годы» и мониторинга достижения целевых индикаторов и показателей эффективности реализации программы
Утверждение Правительством Российской Федерации
май
1. Постановление Правительства Российской Федерации об утверждении программы.
2. Утверждение государственного заказчика программы.
3. Утверждение сроков реализации программы.
4. Утверждение объемов финансирования программы, перечней мероприятий и объемов их финансирования.

Рисунок 1.

Среди основных задач развития телерадиовещания в РФ можно выделить следующие:

- модернизация и развитие инфраструктуры государственных сетей телерадиовещания;
- перевод государственных сетей телерадиовещания на цифровые технологии;
- развитие новых видов телевизионного вещания, включая телевидение высокой четкости, мобильное и с элементами интерактивности;
- строительство цифровых наземных вещательных сетей для распространения обязательных телерадиоканалов и иных каналов свободного доступа;
- создание и запуск спутников связи и вещания.

Ключевым показателем реализации Программы является достижение 100% охвата населения во всех субъектах Российской Федерации.

Финансирование федеральной целевой программы предусматривает использование бюджетных и внебюджетных средств. Объем 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.). Объем финансирования составляет 123566 млн руб. (в ценах соответствующих лет), в том числе за счет средств федерального бюджета - 76366 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.

Текущее управление и контроль за реализацией Программы осуществляются государственным заказчиком-координатором Программы, которым является Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации - Минкомсвязь России и государственными заказчиками Программы - Минкомсвязь России, Федеральное агентство связи (Россвязь), Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям (Роспечать).

Мероприятия по управлению реализацией федеральной целевой программы включают методическое, организационно-техническое, экспертное сопровождение реализации Программы (экспертиза проектов и результатов их выполнения) и контроль за ходом ее выполнения.

Базовым элементом механизма реализации Программы является взаимосвязь планирования, мониторинга, уточнения и корректировки целевых показателей мероприятий, перечня проводимых мероприятий и выделяемых на их реализацию объемов финансовых ресурсов.

Для обеспечения возможности эффективного контроля реализации данной федеральной целевой программой, разработана иерархическая система показателей, позволяющая отслеживать и анализировать как реализацию отдельных мероприятий программы, так и программы в целом. То есть, определены агрегированные показатели реализации Программы, позволяющие судить об эффективности ее реализации и делать выводы о достижении ее целей.

Система показателей позволяет проводить многогранный мониторинг хода реализации государственной программы по таким аналитическим срезам как: география реализации программы, сроки, освоение средств, и т.п. и осуществлять как оценку отклонений достигнутых фактических значений показателей от плановых, так и прогноз их достижения. Для обеспечения такой возможности необходимо, чтобы целевые и контрольные показатели

были детализированы по кварталам/месяцам, а также по регионам, в которых осуществляются мероприятия Программы.

По результатам анализа нормативно-правовой базы Российской Федерации разработаны схемы взаимодействия между основными участниками ФЦП, определены направления и содержание информационных потоков для обеспечения мониторинга и контроля за ходом выполнения программы (рис. 2), а также распределения и контроля бюджетных инвестиций (рис. 3).

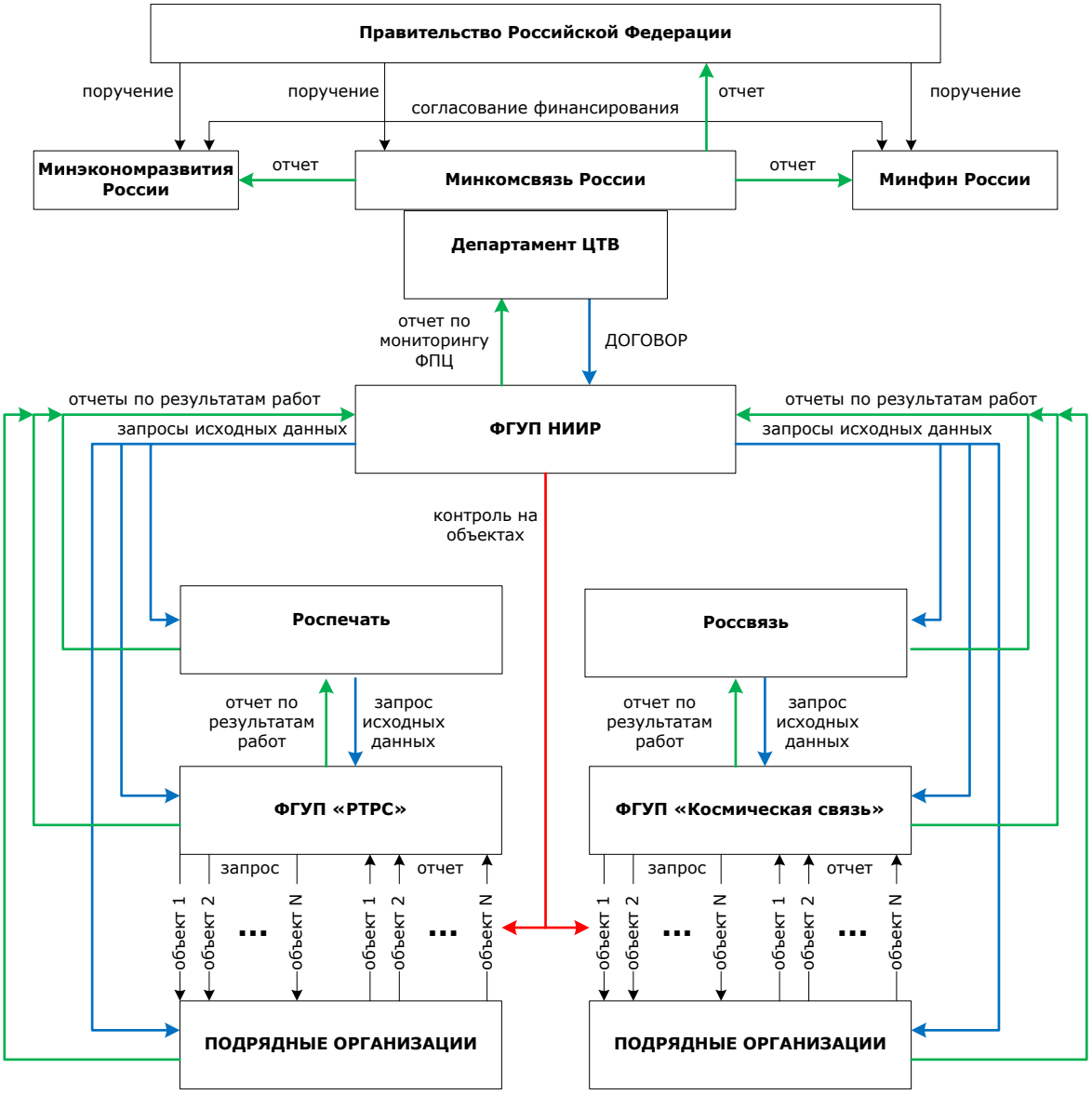

Рисунок 2.

Для обеспечения возможности эффективного контроля реализации данной федеральной целевой программы, разработана иерархическая система показателей, позволяющая отслеживать и анализировать как проведение отдельных мероприятий программы, так и выполнение программы в целом. То есть, определены агрегированные показатели, позволяющие судить об эффективности реализации Программы и делать выводы

о достижении ее целей.

Ещё одним элементом системы управления можно назвать формализованные процессы управления и информационного обмена, включающие определение порядка планирования и отчетности (кто, кому, с какой периодичностью или при наступлении какого события предоставляет информацию). Для этого определены формы документов, содержащих предоставляемую информацию и требования к самой информации, сформированные на основе разработанной ранее системы показателей.

И последним элементом системы контроля является информационная система поддержки мониторинга. Создание системы позволит упростить процесс сбора и обработки данных и формирования отчетов и прочих аналитических документов. Также с помощью информационной системы можно осуществлять контроль и мониторинг проекта в режиме реального времени, что ускоряет процесс отслеживания проблемных зон и, соответственно, принятие управленческих решений. Информационная система должна обеспечить организацию единого информационного пространства для представителей Государственных Заказчиков, Исполнителей Программы и Офиса мониторинга Программы по части ведения мониторинга Программы. Основу ИС должен составлять постоянно актуализирующийся банк данных, содержащий сведения, публичное представление которых через сеть Интернет предусмотрено законодательством, другие дополнительные сведения, которые используются для решения задач ИС, а также инструментальные средства, позволяющие выполнять все функциональные возможности.

Пояснения к рис.2:

1. Руководство деятельностью по реализации Программы осуществляет Министр связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, который несет ответственность за реализацию и конечные результаты Программы, рациональное использование выделяемых на ее выполнение финансовых средств, определяет формы и методы управления реализацией Программы.

2. Государственные заказчики Программы (Минкомсвязь России, Россвязь, Роспечать) вправе на основании договоров передавать часть функций государственного заказчика, в том числе функции заказчика-застройщика, подведомственным предприятиям в соответствии с их компетенцией в установленной сфере деятельности.

3. Государственные заказчики и заказчики-застройщики несут ответственность за реализацию и конечные результаты соответствующих мероприятий Программы, рациональное использование выделяемых на ее выполнение финансовых средств.

В целях обеспечения связи процессов планирования, реализации, мониторинга, уточнения и корректировки целевых показателей мероприятий Программы и ресурсов для их реализации формируется организационно-финансовый план мероприятий по реализации Программы.

Существенным элементом системы управления является формирование специальных органов управления. Органы управления, осуществляющие формализованные функции управления и контроля, должны быть сформированы как на федеральном уровне, так и на уровне регионов РФ, в которых реализуются мероприятия программы. Кроме того, должны быть назначены лица, несущие персональную ответственность за реализацию отдельных мероприятий Программы, причем на всех уровнях управления (на уровне Государственного заказчика, на уровне Заказчика - застройщика, а также его филиалов).

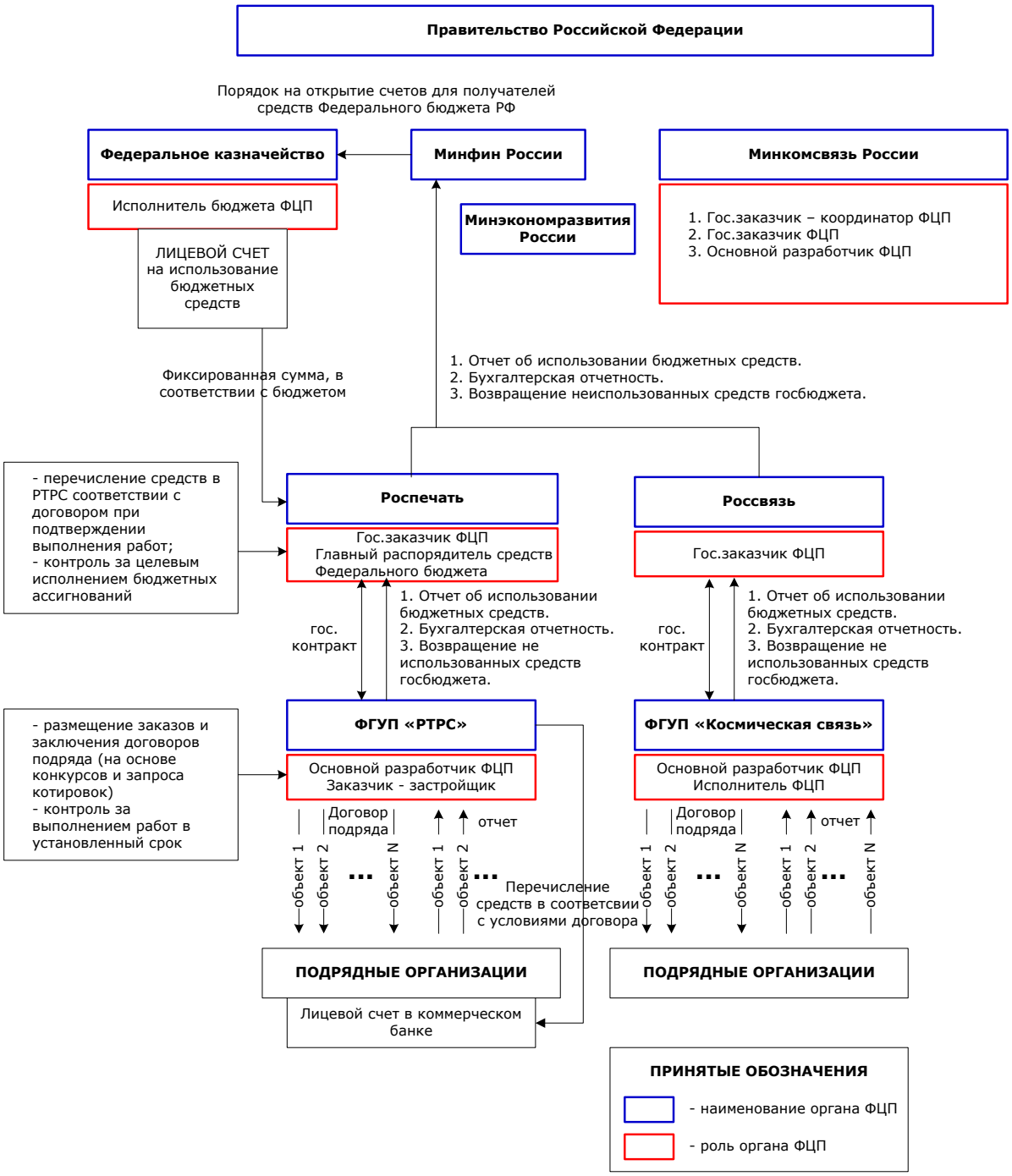

Рисунок 3.

Пояснения к рис. 3:

1. Данная схема разработана в соответствии с Правилами осуществления в 2010 г. бюджетных инвестиций в объекты капитального строительства государственной собственности Российской Федерации в форме капитальных вложений в основные средства федеральных государственных унитарных предприятий (утв. постановлением Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. № 1202).

2. Бюджетные инвестиции в объекты капитального строительства перечисляются с лицевого счета федерального казначейства на счет Роспечати (фиксированная сумма в

соответствии с бюджетом ФЦП на каждый год).

3. Роспечать в рамках государственного контракта с ФГУП РТРС перечисляет средства при подтверждении выполнения работ.

4. ФГУП ГПКС изначально тратит собственные или заемные средства на изготовление спутника. После, по факту заключенных договоров, из бюджета перечисляются субсидии на возмещение затрат ФГУП ГПКС.

5. В случае необходимости корректировки Программы предложения по корректировке программных мероприятий и их ресурсного обеспечения с обоснованием направляются Минкомсвязи России в Министерство экономического развития Российской Федерации и Министерство финансов Российской Федерации.

Государственные заказчики представляют ежемесячно в территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по месту их нахождения отчет о ходе выполнения работ (оказания услуг) на объектах по форме, утвержденной этой Службой по согласованию с Министерством экономического развития Российской Федерации и Министерством финансов Российской Федерации.

Полученные результаты явились основой определения состава и функций исполнителей мониторинга и контроля, а также разработки форм регламентированной отчетности о выполнении мероприятий по расходованию инвестиций ФЦП. Представленные схемы служат для дальнейшей разработки многофакторной модели планирования, мониторинга и контроля достижения целевых индикаторов, расходования финансовых ресурсов, реализации мероприятий; разработки методических рекомендаций и реализации проведения контроля мероприятий федеральной целевой программы.

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.

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 4-ГО ПОКОЛЕНИЯ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Е. Е. Володина,
Московский технический университет связи и информатики,
профессор кафедры «Экономика связи», к. э. н,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,
e-mail: evolodina@list.ru
Д. В. Бабкин,
Московский технический университет связи и информатики,
студент,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,
e-mail: taires@bk.ru

УДК 654.01

Аннотация: На сегодняшний день одним из современных направлений развития мобильной связи является внедрение технологии мобильной передачи данных Long Term Evolution (LTE). Для обеспечения возможности успешного развития LTE в Российской Федерации при распределении лицензий на оказание услуг связи в сетях LTE необходимо выявить наиболее эффективный формат торгов на основе результатов анализа международного опыта. Авторами настоящей статьи проведен анализ выдачи лицензий в разных странах и приведены критерии для проведения конкурсов на получение лицензий на оказание услуг связи в сетях мобильного беспроводного доступа стандарта LTE.

Ключевые слова: Лицензия, критерии, LTE.

ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF LICENSING TECHNOLOGIES OF THE 4TH GENERATION MOBILE COMMUNICATION

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
Dmitriy Babkin,
Moscow technical university of communications and informatics,
student,
111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,
e-mail: taires@bk.ru

Annotation: Currently one of the modern directions of development of mobile communications is the implementation of mobile data transfer services Long Term Evolution (LTE). To ensure the successful development of LTE in the Russian Federation in the process of allocation of licenses for provision of communication services in LTE networks, it is necessary to identify the most effective type of trading based on the results of the analysis of international experience. The authors of this article analyzed the issue of acquiring licenses in different countries and the criteria

for making tenders for acquiring licenses on communication services in the networks of mobile wireless access of the LTE standard.

Keywords: License, criteria, LTE.

Одним из современных направлений развития мобильной связи является внедрение технологии мобильной передачи данных Long Term Evolution (далее LTE). 14 декабря 2009 г. состоялся запуск первой в мире мобильной сети на базе технологии LTE. Сеть была введена в эксплуатацию оператором Telia Sonera в центре Стокгольма.

В соответствии с российским законодательством важным этапом внедрения и развития любой радиотехнологии является процедура лицензирования деятельности операторов, которая в связи с ограниченностью радиочастотного ресурса может потребовать проведения торгов (аукцион или конкурс). Для обеспечения возможности успешного развития LTE в Российской Федерации при распределении лицензий на оказание услуг связи в сетях LTE необходимо выявить наиболее эффективный формат торгов на основе результатов анализа международного опыта.

В Великобритании выдача лицензий проходила на основе аукционе. Формат аукциона: многораундовый, с фиксированным активом. Основные цели аукциона: использование спектра наиболее эффективным способом, достижение конкуренции на рынке 3G услуг, и при условии выполнения задач, реализация полной экономической стоимости спектра для потребителей, индустрии и налогоплательщиков. Проблемы выполнения: нормативные споры, проблемы с развитием технологии W-CDMA и нехватка оборудования. С целью гарантии устойчивой конкуренции, в аукционе на лицензию A (всего было продано 5 лицензий - A, B, C, D и E) могли участвовать только те претенденты, которые еще не присутствовали на рынке мобильной связи Великобритании. В аукционах на другие четыре лицензии могли участвовать все операторы.

Во Франции выдача лицензий проходила на основе конкурса. Правительство хотело, чтобы владельцы лицензий удовлетворяли 14-ти критериям, в том числе: коммерческим критериям, техническим критериям, и финансовым критериям. Среди этих критериев самыми важными были: сроки введения в эксплуатацию и степень покрытия (100/500), реалистичность бизнес-плана (75/500), и разнообразие услуг (50/500). Французский антимонопольный орган, Conseil de la Concurrence, и Arcep признали уровень конкуренции на рынке мобильной связи страны недостаточным. Отмечалось, что наличие только трех операторов создаёт слишком трудные условия для торговых посредников, и что цены на услуги высоки.

В Китае (Гонконге) лицензирование осуществлялось на гибридной основе (аукцион + конкурс). На этом аукционе было подано только четыре предложения на четыре лицензии. Лицензии были проданы по цене HKD50 млн в год в течение первых пяти лет и 5% от ежегодного товарооборота каждого оператора 3G до конца 15-летнего периода лицензии. Регулятор (OFTA) хотел привлечь виртуальных операторов на рынок 3G услуг, потребовав, чтобы обладатели 3G лицензий сделали свои сети доступными для них. Согласно условиям OFTA, для оказания 3G услуг виртуальные операторы должны обеспечить свои центры коммутации (switching), раутеры (gateway) для передачи голосовых и IP потоков; заключить соглашения по взаимосвязи (interconnection) и роумингу; обеспечить расчётные функции (billing) и выпускать собственные SIM карты.

Федеральный закон Российской Федерации от 07 июля 2003 года N 126-ФЗ «О связи» предусматривает возможность выдачи лицензий, как по конкурсу, так и по итогам аукциона. Однако закон не установил критерии, в каких случаях должен происходить конкурс, а в каких аукцион. Установление порядка проведения торгов (конкурса, аукциона) возложено на Правительство РФ. В условиях высокой загруженности радиочастотного спектра в России сегодня нет свободных полос частот. В связи с этим распределение лицензий на оказание услуг связи в сетях стандарта LTE будет происходить через процедуры конкурса. Таким образом, можно заключить, что возможность выдачи лицензий через торги в форме аукциона на сегодняшний день фактически нереализуема в условиях действующей законодательной базы Российской Федерации. Требования законодательства Российской Федерации к организации и проведению конкурсов определены в статьях 447–449 ГК РФ, они конкретизируются в отраслевых законодательных и подзаконных актах – в Федеральном законе Российской Федерации от 07 июля 2003 года N 126-ФЗ «О связи», в постановлении Правительства Российской Федерации от 12 января 2006 года № 8 «Об утверждении правил проведения торгов (аукциона, конкурса) на получение лицензии на оказание услуг связи». Процедура проведения конкурса на получение лицензии, определенная Правилами проведения торгов (аукциона, конкурса) неоднозначна. Если в случае аукциона начальная цена лота (лицензии) должна определяться оценщиком, то критерии и состав комиссии устанавливаются регулятором в закрытом режиме. В качестве основных критериев для проведения конкурсов на получение лицензий на оказание услуг связи в сетях мобильного беспроводного доступа стандарта LTE рекомендуются следующие:

Критерий 1: Оценка финансового состояния (на основании стоимости чистых активов) – оценка возможности выполнения лицензионных обязательств за счет собственных средств;

Критерий 2: Оценка кредитоспособности (на основании рейтингов международных агентств) – оценка возможности выполнения лицензионных обязательств за счет кредитных средств;

Критерий 3: Оценка опыта в оказании услуг связи – оценка возможности оказания новых высокотехнологичных услуг связи и продвижении их на массовый рынок;

Критерий 4: Оценка количества абонентов, которым участник конкурса оказывает услуги – оценка опыта в продвижении услуг связи на массовом рынке;

Критерий 5: Оценка количества субъектов РФ, в которых участник оказывает услуги связи – оценка опыта по оказанию услуг на всей территории Российской Федерации с учетом кросс-субсидирования регионов.

Также предлагается разработать нормативно-техническую базу, в частности:

1. Разработать Генеральные схемы создания и развития федеральной сети широкополосного беспроводного доступа и сотовой подвижной связи общего пользования.

2. Дополнить Перечень наименований услуг связи, вносимых в лицензии, и перечни лицензионных условий.

3. Разработать нормативно-правовые акты (НПА), устанавливающие порядок оказания новых услуг связи

4. Изменить требования к построению телефонной сети связи общего пользования и внести дополнения в порядок пропуска трафика в телефонной сети связи общего пользования.

5. Разработать НПА, устанавливающие требования к построению сети широкополосного мобильного беспроводного доступа.

6. Разработать НПА, устанавливающие требования к оборудованию широкополосного мобильного беспроводного доступа и условия его использования в сетях связи общего пользования.

7. Выделить необходимый ресурс нумерации развития сети широкополосного мобильного беспроводного доступа. Учесть указанные выделения в Российской системе и плане нумерации.

8. Организовать проведение «рефарминга» радиочастотного ресурса в соответствие с требованиями Концепции развития в России систем широкополосного беспроводного доступа и сотовой подвижной связи общего пользования на период до 2020 года и Генеральными схемами создания федеральной сети. Результаты «рефарминга» утвердить решениями ГКРЧ.

9. Утвердить результаты конверсии радиочастотного спектра, проведенной в период 2007 – 2010 гг.

10. Провести реформирование лицензионно-разрешительной системы в области связи.

11. Внести изменения в НПА, устанавливающий порядок проведения торгов (аукционов, конкурсов) на право получения лицензии.

12. Внести изменения в Порядок регистрации РЭС.

13. Дополнить Перечень оконечного оборудования для личных, семейных, домашних и иных не связанных с осуществлением предпринимательской деятельности нужд, не требующим специального разрешения на ввоз оконечным оборудованием сетей широкополосного мобильного беспроводного доступа 4G.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 07 июля 2003 года N 126-ФЗ «О связи».
2. Гражданский кодекс РФ.
3. Сайт Главного радиочастотного спектра URL http://www.grfc.ru/grfc/index.htm

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УБЫТКОВ, ПРИЧИНЁННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА ПРИОСТАНОВЛЕНИЕМ ДЕЙСТВИЯ РАЗРЕШЕНИЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТ ИЛИ РАДИОЧАСТОТНЫХ КАНАЛОВ В ПЕРИОД ПРОВЕДЕНИЯ ОЛИМПИЙСКИХ И ПАРАЛИМПИЙСКИХ ИГР

Е. Е. Володина,
Московский технический университет связи и информатики,
профессор кафедры «Экономика связи», к. э. н,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,
e-mail: evolodina@list.ru
Е. Е. Девяткин,
ФГУП НИИР,
руководитель лаборатории Научно-технического центра (RTC) анализа электромагнитной совместимости, к. э. н,
105064, Москва, ул. Казакова, д. 16,
e-mail: deugene@list.ru

УДК 654.01

Аннотация: Разработан проект методики расчета убытков пользователей радиочастотного спектра, включая упущенную выгоду, вызванных приостановлением или досрочным прекращением разрешений на использование спектра.

Ключевые слова: Спектр, методика, убытки, упущенная выгода, реальный ущерб, дополнительные расходы, пользователи спектра, оказание услуг связи, технологические сети.

EVALUATION TECHNIQUE FOR LOSSES CAUSED TO RADIOFREQUENCY SPECTRUM USERS BY SUSPENSION OF FREQUENCY USE OF FREQUENCY-CHANNEL USE PERMITS FOR THE PERIOD OF OLYMPIC AND PARALYMPIC GAMES

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
Evgeniy Devyatkin,
NIIR FSUE,
the Head of the laboratory Research and technology Center (RTC) of EMC analysis, ph. D,
105064, Moscow, Kazakova str, 16,
e-mail: deugene@list.ru

Annotation: A draft evaluation technique was developed to calculate losses (incl. lost profit) caused by the suspension or early termination of permits for the radiofrequency spectrum use.

Keywords: Frequency spectrum, evaluation technique, losses, lost profit, actual losses, additional costs, radiofrequency spectrum users, providing communication services, technological networks.

Общие положения

1. Методика расчета убытков, причинённых пользователям радиочастотного спектра приостановлением действия разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов в период проведения Олимпийских и Паралимпийских игр (далее – Методика) разработана в целях реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2012 г. № 95 «Об особенностях регулирования использования радиочастотного спектра на территории Краснодарского края в период организации и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 г. в г. Сочи» [1].

2. Настоящая *Методика применяется пользователями* радиочастотного спектра для расчета причиненных им убытков временным приостановлением действия разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов для радиоэлектронных средств (далее радиочастотные каналы) в период проведения Олимпийских и Паралимийских игр.

3. Согласно п. 2. ст. 15 ГК РФ [2] под убытками понимаются расходы, которые лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение его имущества (реальный ущерб), а также неполученные доходы, которые это лицо получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (упущенная выгода).

4. Под убытками, причинёнными пользователям радиочастотного спектра приостановлением действия разрешения на использование радиочастотных каналов (далее разрешение) в период проведения Олимпийских и Паралимпийских игр, могут пониматься как реальный ущерб, так и упущенная выгода, что определяется исходя из целей использования радиочастотного спектра.

5. Для пользователей радиочастотного спектра, использующих радиочастоты для оказания услуг связи на возмездной основе, последствием временного приостановления действия разрешения на использование радиочастотных каналов является уменьшение объема реализации услуг связи. В данном случае под убытками понимается упущенная выгода, а именно неполученные доходы, которые пользователь радиочастотного спектра мог бы получить при условии действия указанного разрешения.

6. Для пользователей радиочастотного спектра, использующих радиочастоты в технологических сетях связи, последствием временного приостановления действия разрешения является отсутствие возможности осуществлять отдельные виды организационно-управленческой деятельности (оперативная связь с подразделениями, диспетчеризация, мониторинг пр.). В данном случае под убытками понимается реальный ущерб в виде дополнительных расходов, которые пользователь радиочастотного спектра в условиях временного приостановления разрешения произвел с целью реализации альтернативного способа организационно-управленческой деятельности.

I. Расчет размера убытков в виде упущенной выгоды

7. Убытки в виде упущенной выгоды (неполученных доходов), связанные с временным

приостановлением действия разрешения на использование радиочастотных каналов для пользователей радиочастотного спектра, использующих радиочастоты в целях оказания услуг связи на возмездной основе, рассчитываются по следующей формуле:

$$Д_{упущ}^{рчс} = \left[\left(P_{2013}^{рчс} \times Н_{2013}^{пр} \right) \times К_{2014}^{инф} \times К_{2014}^{рент} \times \frac{N_{ПД}}{N_{Г}} \right] + P_{2014}^{доп} - P_{пер}^{рчс}, \qquad (1)$$

где

$Д_{упущ}^{рчс}$ - упущенная выгода пользователя радиочастотного спектра в виде неполученных доходов, связанная с временным приостановлением действия разрешения на использование радиочастотных каналов в период проведения Олимпийских игр на территории Краснодарского края;

$P_{2013}^{рчс} = З_{2013}^{рчс} + С_{2013}^{рчс} + А_{2013}^{рчс} + М_{2013}^{рчс} + П_{2013}^{рчс}$ - расходы по обычным видам деятельности за 2013 г. (заработная плата, страховые взносы, амортизационные отчисления, материальные затраты, прочие расходы), связанные с оказанием услуг связи с использованием радиочастотных каналов. Определяются в соответствии с документами бухгалтерского учета или с использованием Методических рекомендаций по ведению операторами связи раздельного учета доходов и расходов по осуществляемым видам деятельности и используемым для оказания этих услуг частям сети электросвязи, утвержденные приказом Мининформсвязи РФ от 21.03.2006 г. № 33 – далее Рекомендации.

$Н_{2013}^{пр}$ - норма прибыли в доходах от услуг связи, предоставляемых с использованием радиочастотного спектра за 2013 г.;

$К_{2014}^{инф}$ - коэффициент, учитывающий инфляцию в период проведения Олимпийских игр (определяется на основе текущих данных Минэкономразвития РФ об уровне инфляции в 2014 г.);

$К_{2014}^{рент}$ - коэффициент, учитывающий увеличение спроса на услуги связи в период проведения Олимпийских игр (определяется на основе официальных данных об увеличении пользователей услуг связи на территории Краснодарского края в период проведения Олимпийских игр);

$N_{Г}$ - количество дней в году (365 дней);

$N_{ПД}$ - количество дней приостановления действия разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов. Определяется на основании уведомления о временном приостановлении действия разрешения на использование радиочастот или радиочастотных каналов;

$P_{2014}^{доп}$ - дополнительные расходы, связанные с временным приостановлением эксплуатации и включением оборудования и прочие дополнительные расходы в период проведения Олимпийских игр. Определяются на основании данных бухгалтерского учета,

смет, договоров;

$P_{пер}^{рчс}$ - условно-переменные расходы по оказанию услуг связи с использованием радиочастотного спектра за 2013 г., не имеющие место в период приостановления действия разрешения на использование РЧС. Определяются в соответствии с документами бухгалтерского учета или указанных Рекомендаций за период приостановления действия разрешения.

II. Расчет размера убытков в виде реального ущерба

8. Убытки в виде дополнительных расходов (реальный ущерб), связанные с временным приостановлением действия разрешения для пользователей радиочастотного спектра, использующих радиочастоты в целях эксплуатации технологических сетей связи, рассчитываются в соответствии с выбранным альтернативным способом реализации организационно-управленческой деятельности.

9. Под дополнительными расходами понимаются фактически понесенные расходы на день предъявления заявления о возмещении убытков в период приостановления действия разрешения на использование или радиочастотных каналов. Расходы, которые пользователь может понести в будущем, не подлежат возмещению.

10. Пользователь радиочастотного спектра должен принять необходимые меры к выбору альтернативного способа, требующего минимальных затрат, которые должны быть зафиксированы документально. Если стороной, понесшей убытки, не принято никаких мер по предотвращению или уменьшению их размера, необходима подробная аргументация невозможности или экономической нецелесообразности принятия соответствующих мер.

11. При реализации альтернативного способа организационно-управленческой деятельности за счет проведения собственных технико-экономических мероприятий убытки определяются по следующей формуле:

$$C_{уб}^{собств} = \left(P_{2014}^{альт} - P_{2013}^{рчс}\right) + P_{усл-пост}^{рчс} \quad , \qquad (2)$$

где

$C_{уб}^{собств}$ - убытки пользователя радиочастотного спектра в виде дополнительных расходов (реального ущерба), связанные с реализацией альтернативного способа организационно-управленческой деятельности за счет проведения собственных технико-экономических мероприятий на территории Краснодарского края в период проведения Олимпийских игр;

$P_{2014}^{альт} = З_{2014}^{альт} + С_{2014}^{альт} + М_{2014}^{альт} + П_{2014}^{альт}$ - расходы пользователя радиочастотного спектра по реализации альтернативного способа организационно-управленческой деятельности за счет проведения собственных технико-экономических мероприятий (заработная плата дополнительных работников, страховые взносы, материальные затраты, прочие расходы) на территории Краснодарского края в период проведения Олимпийских игр; определяются на основе данных бухгалтерского учета 2014 г., смет, договоров;

$P_{2013}^{рчс}$ - расходы, связанные с выполнением организационно-управленческой деятельности на основе технологических сетей связи с использованием радиочастотных каналов (определяются на основе данных бухгалтерского учета 2013 г., смет, договоров);

$P_{усл-пост}^{рчс}$ - условно-постоянные расходы, относящиеся к базовому способу осуществления организационно-управленческой деятельности с использованием радиочастотных каналов (амортизационные отчисления за износ оборудования, находящегося на балансе предприятия и обеспечивающего работу технологических сетей, лизинговые (арендные платежи), проценты по банковскому кредиту, налог на имущество и др.); определяются на основе данных бухгалтерского учета 2014 г.

12. В случае привлечения аутсорсинговой компании (наличия договора) для осуществления организационно-управленческой деятельности в связи с временным приостановлением действия разрешения на использование радиочастотных каналов, убытки (расходы) определяются по формуле:

$$C_{уб}^{аутс} = P_{2014}^{аутс} - P_{2013}^{рчс} + P_{усл-пост}^{рчс} \ , \qquad (3)$$

где

$C_{уб}^{аутс}$ - убытки пользователя радиочастотного спектра в виде дополнительных расходов (реального ущерба), связанные с реализацией альтернативного способа организационно-управленческой деятельности за счет привлечения аутсорсинговой компании на территории Краснодарского края в период проведения Олимпийских игр;

$P_{2014}^{аутс}$ - расходы пользователя радиочастотного спектра, связанные с реализацией альтернативного способа организационно-управленческой деятельности за счет привлечения аутсорсинговой компании; определяется в соответствии с договорной документацией.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2012 г. № 95 «Об особенностях регулирования использования радиочастотного спектра на территории Краснодарского края в период организации и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 г. в г. Сочи».
2. Гражданский кодекс Российской Федерации.