СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXXIV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ РАЕН

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

Конференция организована региональным отделением Российской академии естественных наук «Экономика и качество систем связи» и ЗАО «НИРИТ».
Место и год издания сборника: Москва, 2013.
Место проведения конференции: Испания.
Начало конференции: 25 ноября 2013.
Окончание конференции: 27 ноября 2013.

Содержание

Наименование трудов конференции	**с. 2**
СЕКЦИЯ I. ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ	
Синтез оптимальной сети мобильного радиодоступа McWILL. *О.А. Шорин, Р.С. Токарь*	**с. 2-11**
Основные функции и критерии выбора биллинговых систем. *С.С. Кельдюшов*	**с. 12-21**
СЕКЦИЯ II. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ	
Метрологическое обеспечение оценки качества услуг мобильной связи. *А.С. Аджемов, Б.П. Хромой*	**с. 22-33**
Оценка качества передачи речи в сотовой связи. *А.С. Аджемов, Б.П. Хромой*	**с. 34-42**
СЕКЦИЯ III. РЕГУЛЯТОРНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ	
Общая характеристика и результаты проведения аукционов в сфере распределения РЧС за рубежом. *Е.Е. Володина, Е.Е. Девяткин, Т.А. Суходольская*	**с. 43-55**
Международный опыт определения начальной цены предмета аукциона на получение лицензии на использование радиочастотного спектра. *Е.Е. Володина, Е.Е. Девяткин, Т.А. Суходольская*	**с. 56-61**

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СЕТИ МОБИЛЬНОГО РАДИОДОСТУПА MCWILL

О. А. Шорин,
Московский технический университет связи и информатики,
профессор, д.т.н.,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8А,
e-mail: oshorin@gmail.com
Р. С. Токарь,
ОАО «МТС»,
технический специалист,
e-mail: roman.s.tokar@yandex.ru

УДК 621.391

Аннотация. Рассматривается задача синтеза сети McWiLL с минимально необходимым количеством БС, обеспечивающих покрытие заданной территории с установленным качеством обслуживания. Приведены ключевые особенности функционирования сети McWiLL. Сформулирован критерий оптимальности. Для решения поставленной задачи применена теория монотонных систем. Определены функции значимости, необходимые для отыскания ядра, обладающие свойством монотонности. Приведены результаты вычислительного эксперимента на основе созданного программного обеспечения.

Ключевые слова: автоматизированный алгоритм, сеть беспроводного широкополосного доступа, оптимальная топология сети, проектирование сети, система мобильного широкополосного доступа McWiLL, теория монотонных систем.

SYNTHESIS OF THE OPTIMAL MCWILL MOBILE ACCESS NETWORK

Oleg Shorin,
Moscow technical university of communications and informatics,
professor, doctor of technical sciences,
111024, Moscow, Aviamotornaya st., 8A,
e-mail: oshorin@gmail.com
Roman Tokar*,*
Mobile TeleSystems OJSC,
technical specialist,
e-mail: roman.s.tokar@yandex.ru

Annotation. Examines the task of McWiLL network synthesis aimed to cover given territory with specified quality of service using minimal number of base stations. The key specifications of McWiLL network are described. The optimization criterion is presented. The monotonic system theory is implemented for task solving. Monotonic weight functions of significance required for the kernel searching are defined. Computing results carried out with the specially created software are given.

Keywords: computer-aided algorithm, wideband wireless access network, optimal network topology, network design, Multi-carrier Wireless internet Local Loop, theory of monotonic systems.

В последние годы в мире бурными темпами развиваются сети беспроводного широкополосного доступа, например, Wi-Fi, WiMax, LTE, McWiLL и др., представленные в [1]. Одним из важнейших вопросов при создании такого рода сетей является вопрос частотно-территориального планирования. При его решении проектировщики используют целый ряд специализированных программных продуктов, таких как ATOLL, Mentum Planet, ASSET и др.

Вместе с тем, процедура определения количества и мест расположения БС полностью не автоматизирована и требует от проектировщиков высокой квалификации и опыта работы с целым набором различных специализированных программных продуктов. В связи с этим, актуальной задачей является разработка алгоритма автоматизированного синтеза сетей беспроводного широкополосного доступа, оптимальных с точки зрения топологии.

В настоящей работе рассматривается алгоритм синтеза сети ШПД McWiLL стандарта SCDMA, относящейся к сетям беспроводной связи четвертого поколения. Система McWiLL [2] реализуется с использованием таких передовых технологий как «смарт-антенны», многостационарный доступ TDDCS-OFDMA, адаптивная модуляция, динамическое предоставление каналов, SDMA и MIMO. Благодаря применению указанных технологий, система McWiLL обеспечивает одновременное предоставление голосовых услуг и услуг передачи данных, эффективное сочетание узкополосных и широкополосных служб, большое (40-80 км) покрытие за счет возможности использования низких диапазонов частот 300/400 МГц, высокую эффективность использования спектра (до 15 Мбит/с в полосе 5 МГц), поддержку обслуживания высокоподвижных абонентов, невысокую стоимость абонентских терминалов.

Особенности стандарта McWiLL, дополняемые применением эффективных алгоритмов подавления помех, специальной структурой кадра и режимом динамического назначения каналов, позволяют развертывать сети с коэффициентом повторного использования частот N=1. Это, в свою очередь, позволяет предложить алгоритм синтеза оптимальной сети радиодоступа, за основу которого взят алгоритм, предложенный в [3].

На начальном этапе определяются следующие системные параметры:

- территория площадью S, на которой необходимо обеспечить сплошное радиопокрытие;
- карта трафика в виде матрицы Tm×n;
- доступный частотный диапазон F;
- требуемое качество предоставления услуг Q (например, минимальный уровень сигнала на рассматриваемой территории, допустимый уровень блокировок на разговорных каналах).

Затем формируется множество WБС всех потенциальных мест установки базовых станций в виде координат (x0, y0) i и высот установки антенн hi, множество WК секторов всех БС из WБС исходя из условия трехсекторной организации каждой БС:

$$WK = (\{\vec{K}_{ij}\}: \vec{K}_{ij} = \{<x0,y0>i, hi, azmtij, ant_typij, \beta mij, PTRXij, Lfij\}),$$

где $\vec{K}_{ij}$ – вектор существенных с точки зрения формирования зон радиопокрытия технических характеристик j-го сектора i-ой базовой станции, j = 1…3, i= 1…|WБС|:

azmtij – азимут направленности антенны;

ant_typij – тип антенны;

βmij – угол наклона антенны;

PTRXij – реальная мощность на выходе;

Lfij – потери в фидере.

Сетью радиодоступа McWiLL называется любое подмножество множества WK, обеспечивающее удовлетворение заданных системных параметров.

Оптимальной сетью радиодоступа называется сеть радиодоступа, описываемая множеством Wopt, которое удовлетворяет заданным системным параметрам, при этом содержит минимальное количество элементов.

Очевидно, что из множества WK можно составить не один вариант сети радиодоступа в виде подмножества W⊆WK. Кроме того, так как исходное множество WБС является избыточным по числу БС, то W содержит меньшее количество элементов. Тогда критерий оптимальности можно записать в виде:

$$W^{opt} = \arg\min_{W \subseteq W_K} |W| \Big|_{F,S,Q,T_{m \times n}} . \qquad (1)$$

Критерий оптимальности (1) формализует задачу синтеза оптимальной сети радиодоступа McWiLL. Сеть McWiLL, построенная по критерию (1), обладает следующими существенными свойствами:

- Множество базовых станций сети полностью безызбыточно. То есть, исключение любой базовой станции, как совокупности трех секторов из Wopt приводит к тому, что оставшееся множество не отвечает определению сети радиодоступа.
- Площадь зоны обслуживания Sservijj-го сектора i-ой базовой станции, находящегося в окружении секторов соседних БС, максимально приближена к зоне покрытия Scovij этого сектора.
- В оптимальной сети радиодоступа количество сетевых элементов минимально, значит минимальны области пересечения их зон покрытия, а значит Sservij максимально приближена к Scovij.
- Эффективность сети с интерференционной точки зрения максимальна, если базовые станции располагаются преимущественно в местах концентрации трафика.
- Очевидно, что чем ближе находятся абоненты к базовой станции, тем меньше нужна мощность излучения для их обслуживания. С уменьшением мощности излучения улучшаются условия ЭМС.

Таким образом, задача синтеза оптимальной сети радиодоступа McWiLL, представляет собой задачу выбора числа и мест размещения БС и сводится к перебору всех возможных вариантов. Такой подход имеет экспоненциальную сложность при большом количестве рассматриваемых БС и делает задачу нерешаемой. То есть, необходимо разработать алгоритм, позволяющий получить искомое подмножество Wopt из исходного множества WK за приемлемое время. Применение [4] гарантирует полиномиальную сложность алгоритма поиска оптимальной сети.

Для того, чтобы воспользоваться [4], из рассматриваемых элементов – секторов базовых станций – необходимо сформировать монотонную систему и ввести уровни их значимости. Тогда, с точки зрения [4], множество W будет соответствовать определимому множеству, а искомое подмножество Wopt – ядру исходного множества WK.

Связи между секторами характеризуются пересечением зон их радиопокрытия, уровни значимости определяются следующим образом: для любого сектора $\alpha l \in WK$,

где, l= 1…|WK|, исходя из $\vec{K}_l$ с использованием одной из известных программ, упомянутых в начале статьи, рассчитывается площадь покрытия Scov. Рассмотрев αl в окружении соседей, вычисляется площадь обслуживания Sserv элемента αl.

Из совокупности секторов выделяется подмножество секторов, имеющих ненулевую уникальную площадь обслуживания Suniq – территорию, на которой необходимый уровень сигнала обеспечивает только данный сектор, то есть $WK = HSuniq=0 \cup HSuniq \neq 0$.

Каждому $\alpha l \in WK$ ставится в соответствие значение максимально допустимого трафика Trafmaxl. Исходя из особенностей организации радиоинтерфейса сети McWiLL в полосе 5 МГц возможно организовать 640 каналов (5 подполос х 16 подканалов х 8 поднесущих). С точки зрения голосового сервиса, учитывая его симметричность в направлениях «вверх» и «вниз», это 320 разговорных каналов или 301,65 Эрл при уровне блокировок 1,5%.

Каждому $\alpha l \in WK$ ставится в соответствие значение текущего трафика Trafreall, приходящегося на элемент αl, находящийся в окружении соседей и имеющий площадь обслуживания Sservl.

Одним из требований к оптимальной сети, состоящей из элементов множества Wopt, является требование, чтобы площадь ее обслуживания не была меньше площади обслуживания исходной избыточной сети, описываемой множеством WK. Под площадью обслуживания сети понимается сумма площадей обслуживания каждого из входящих в нее элементов. Таким образом, разность между площадями обслуживания исходной и «промежуточной» сети – необслуженная площадь UnservedArea – всегда должна оставаться равной нулю. Ситуация появления UnservedArea >0 недопустима, так как нарушается принцип сплошного покрытия.

На основе описанных выше свойств формируются характеристики:

$$\pi_l = \begin{cases} \dfrac{S_{cov\,l} - S_{serv\,l}}{S_{cov\,l}}, \text{если } S_{uniq} = 0, \\ 0, \text{если } S_{uniq} \neq 0. \end{cases} \tag{2}$$

$$\rho_l = \begin{cases} 0, \text{если UnservedArea} = 0 \text{ и } Traf_{max\ l} - Traf_{real\ l} > 0, \\ -1, \text{если UnservedArea} = 0 \text{ и } Traf_{max\ l} - Traf_{real\ l} \leq 0, \\ -1, \text{если UnservedArea} > 0. \end{cases} \tag{3}$$

Первая характеристика описывает удачность расположения данного элемента в рамках рассматриваемой сети, вторая – соответствие ёмкости данного элемента приходящейся на него, с учетом его расположения, нагрузке. Поскольку базовая станция, согласно сказанному ранее, не может иметь менее трех секторов, исключение по критерию расположения производится только на уровне базовой станции целиком. Поэтому и оценка должна производиться тоже на уровне базовой станции, как совокупности трех ее секторов согласно формуле:

$$\lambda_i = \begin{cases} 0, \text{если } \forall\ j \in [1,3]\ \exists!\pi_{ij} = 0, \\ \sum_{j=1}^{3} \pi_{ij}. \end{cases} \tag{4}$$

Если у БС имеется хотя бы один сектор с Suniq> 0, то значение λ этой БС по критерию расположения будет равно 0. Это свидетельствует о том, что данная БС имеет наибольшую значимость и её удаление заведомо приведет к тому, что показатель Unserved Area станет больше 0. Наименьшую же значимость имеет БС с наибольшим λ, так как наибольшее значение λ свидетельствует о том, что сектора данной БС в совокупности имеют наибольший запас по площади обслуживания.

Значение ρl элемента αl равно 0 только в случае, когда у него имеется запас по ёмкости по сравнению с приходящимся на него трафиком. Отрицательное значение ρl свидетельствует о том, что нагрузка превышает максимально допустимую ёмкость сектора.

При удалении произвольного αl из множества WK обслуживаемая им территория Sservl перераспределяется между оставшимися элементами множества WK \{αl}. При этом запас по площади обслуживания у элементов, разделивших между собой площадь обслуживания исключенного элемента, уменьшается, у остальных – никак не меняется. Аналогичное происходит и с нагрузкой: трафик, генерируемый на территории обслуживания исключенного элемента, перераспределяется вместе с территорией обслуживания, это приводит к увеличению нагрузки у элементов, разделивших между собой площадь обслуживания исключенного элемента, у остальных – никак не меняется. Таким образом, согласно формулам (2) – (4), значения характеристик π, λ и ρ для элементов множества WK \{αl} либо уменьшаются, либо остаются неизменными, что в полной мере соответствуют свойству монотонности.

Конструктивно алгоритм синтеза оптимальной сети состоит из двух этапов:

этап I: отыскание определимого множества W;

этап II: выделение из W искомого множества Wopt.

Процедура выделения определимого множества на этапе I из исходной совокупности WK аналогична процедуре выделения ядер из [4]. Здесь основная идея состоит в следующем: после построения исходного множества WK для каждого сектора определяются весаπ и ρ, а затем веса λ для каждой БС по весам π входящих в нее секторов. Наименее важные (то есть с максимальным весом λ) БС удаляются как совокупности трех секторов. При этом удаление не должно приводить ни к появлению у оставшихся секторов ρ<0 (что свидетельствует о превышении допустимой для них нагрузки), ни к Unserved Area> 0.

Важно отметить, что постановка задачи и предложенный алгоритм с точностью до обозначений совпадает с предложенным в [4] алгоритмом поиска ядра и, следовательно, гарантирует его наличие.

Для полученного на этапе I определимого множества W с точки зрения веса λ возможны два варианта:

В рамках множества не существует ни одной БС с весом λ>0, то есть, каждая из БС имеет уникальную зону обслуживания. Исключение любой БС заведомо приведет к уменьшению площади обслуживания сети связи, что недопустимо.

В рамках множества существует одна или несколько БС с λ>0. Только эти БС могут быть кандидатами на исключение, так как они не имеют уникальной зоны обслуживания. Таким образом, на этапе II задача сводится к последовательности попыток исключения БС, не имеющих уникальной зоны покрытия, чье удаление не приводило бы к нарушению ёмкостных ограничений.

Для решения задачи, описанной в п. 2, используется алгоритм, аналогичный применяемому на этапе I, с той разницей, что невозможность исключения очередной БС не

приводит к остановке. В этом случае вес «проблемной» БС принудительно обнуляется, и она более не влияет на процедуру поиска «наихудшего» элемента – кандидата на удаление. В итоге получается подмножество множества W, в котором веса λ всех БС равны нулю, что полностью соответствует пункту 1. Таким образом, определяется искомое множество Wopt.

Приведенная выше процедура завершает этап II алгоритма синтеза оптимальной сети радиодоступа стандарта McWiLL.

Ниже показано, как предлагаемый алгоритм использовался для оценки объёмов строительства при развертывании сети McWiLL в г. Заречный Пензенской области.

На основе анализа карты территории и застройки было определено исходное множество площадок-кандидатов, составившее 42 позиции. Площади покрытия секторов Scov этих БС и карта трафика были рассчитаны в стандартизованном и должным образом откалиброванном ПО, используемом для таких нужд компаниями-операторами сетей сотовой связи. «Избыточная» сеть из 42 БС показана на рис. 1. В соответствии с предложенным алгоритмом, на первом этапе за 19 шагов было определено множество W, включающее 18 БС (рис. 2). При этом пересчету подвергались, согласно алгоритму, значения Sserv, Suniq, Trafreall, Unserved Area, π, λ и ρ.

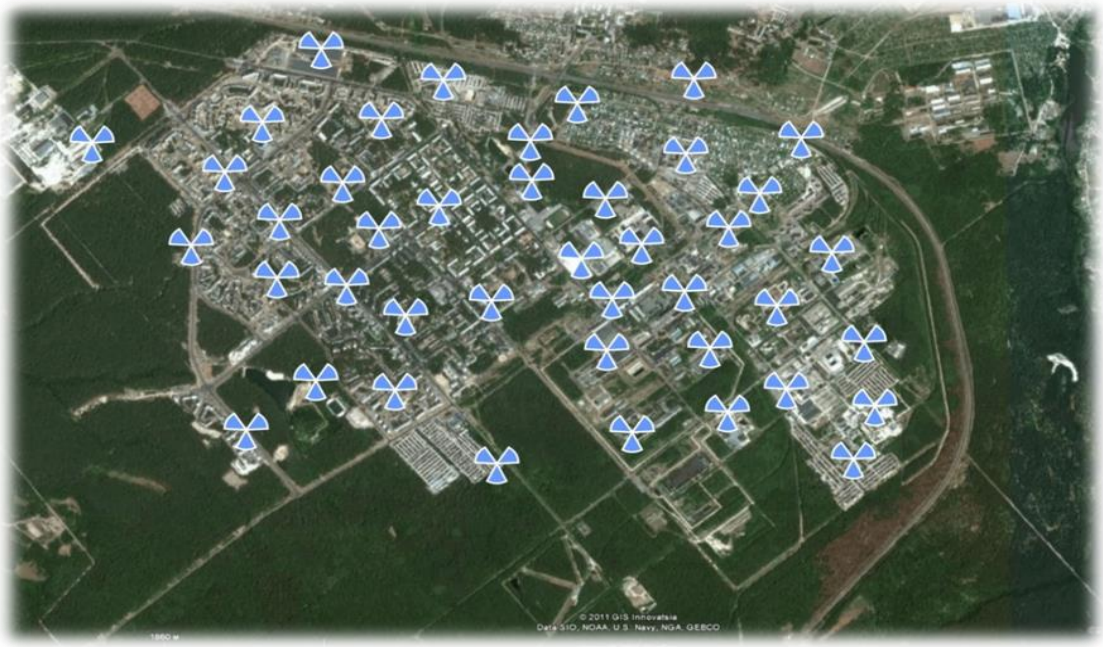

Рисунок 1.

Рисунок 2.

Рисунок 3.

Далее за семь шагов из W было выделено искомое оптимальное множество в 16 БС. Размещение этих БС показано на рис. 3. В табл. 1 показаны изменения весов для тех БС, которые вошли в оптимальное множество.

Таблица 1.

Site	Sector	**Начальное мн-во**					**Определимое мн-во**					**Оптимальное мн-во**				
		ServedAreaTot = 2364					*ServedAreaTot = 2364*					*ServedAreaTot = 2364*				
		UniqCovArea	TrafficReal	ρ	π	λ	UniqCovArea	TrafficReal	ρ	π	λ	UniqCovArea	TrafficReal	ρ	π	λ
1001	1	10	0,72	0	0	0	10	1,12	0	0	0	10	1,12	0	0	0
1001	2	1	0,47	0	0		1	1,33	0	0		2	7,42	0	0	
1001	3	22	1,21	0	0		22	1,21	0	0		22	1,21	0	0	
1002	4	2	4,71	0	0	0	2	6,71	0	0	0	2	6,71	0	0	0
1002	5	0	4	0	0,92		0	16	0	0,7		0	23,6	0	0,56	
1002	6	0	1,07	0	0,78		1	2,3	0	0		1	2,3	0	0	
1005	13	7	0,64	0	0	0	7	0,64	0	0	0	7	0,64	0	0	0
1005	14	0	1,26	0	0,93		0	1,26	0	0,93		0	1,26	0	0,93	
1005	15	6	5,24	0	0		6	5,24	0	0		6	5,24	0	0	
1008	22	0	2,03	0	0,95	0	0	8,83	0	0,85	0	0	24,83	0	0,61	0
1008	23	7	0,71	0	0		7	1,11	0	0		7	1,11	0	0	
1008	24	10	0,83	0	0		10	0,83	0	0		11	2,17	0	0	
1009	25	9	1,86	0	0	0	9	2,02	0	0	0	9	2,02	0	0	0
1009	26	0	5,6	0	0,94		0	30,03	0	0,65		7	47,23	0	0	
1009	27	0	9,2	0	0,9		0	18,8	0	0,79		0	18,8	0	0,79	
1016	46	0	4,4	0	0,91	0	0	9,2	0	0,82	0	0	24	0	0,53	0
1016	47	3	2,04	0	0		4	2,84	0	0		4	2,84	0	0	
1016	48	0	0,96	0	0,86		0	2,56	0	0,83		0	2,57	0	0,83	
1020	58	0	2,8	0	0,94	2,51	0	6,4	0	0,87	2,36	0	6,8	0	0,86	2,35
1020	59	0	3,37	0	0,8		0	4,58	0	0,76		0	4,58	0	0,76	
1020	60	0	3,01	0	0,77		0	5,01	0	0,73		0	5,01	0	0,73	
1022	64	0	2	0	0,96	2,83	0	22	0	0,57	2,16	0	24,4	0	0,52	1,28
1022	65	0	3,2	0	0,94		0	12,8	0	0,76		0	12,8	0	0,76	
1022	66	0	3,6	0	0,93		0	9,2	0	0,83		1	14,4	0	0	
1025	73	4	0,61	0	0	0	4	0,61	0	0	0	4	0,61	0	0	0
1025	74	0	0,51	0	0,91		0	1,32	0	0,89		0	1,32	0	0,89	
1025	75	0	0,15	0	0,89		0	10,15	0	0,71		0	10,15	0	0,71	
1029	85	0	2,8	0	0,94	0	0	8	0	0,83	0	0	8	0	0,83	0
1029	86	7	1,39	0	0		8	1,39	0	0		8	1,39	0	0	
1029	87	4	1,29	0	0		5	1,29	0	0		5	1,29	0	0	
1032	94	11	0,83	0	0	0	11	0,84	0	0	0	11	0,84	0	0	0
1032	95	0	1,62	0	0,97		0	6,95	0	0,85		0	6,95	0	0,85	
1032	96	0	3,66	0	0,93		0	23,26	0	0,71		0	23,26	0	0,71	
1036	106	0	0,09	0	0,92	0	0	1,73	0	0,86	0	0	1,73	0	0,86	0
1036	107	6	0,69	0	0		6	0,69	0	0		6	0,69	0	0	
1036	108	0	3,3	0	0,85		0	4,91	0	0,81		0	4,91	0	0,81	
1037	109	0	0,12	0	0,95	0	0	1,55	0	0,83	0	0	1,55	0	0,83	0
1037	110	15	1,18	0	0		16	1,28	0	0		16	1,28	0	0	
1037	111	0	0,14	0	0,94		0	14,22	0	0,74		0	14,22	0	0,74	

1038	112	6	0,68	0	0	0	6	0,68	0	0	0	6	0,68	0	0	0
1038	113	0	0,21	0	0,83		0	0,21	0	0,83		0	0,21	0	0,83	
1038	114	0	0,1	0	0,92		0	0,12	0	0,9		0	0,12	0	0,9	
1040	118	3	0,31	0	0	0	3	0,31	0	0	0	3	0,31	0	0	0
1040	119	10	0,72	0	0		12	0,95	0	0		12	0,95	0	0	
1040	120	0	0,1	0	0,94		0	0,2	0	0,88		0	0,2	0	0,88	
1042	124	9	0,75	0	0	0	9	0,77	0	0	0	9	0,77	0	0	0
1042	125	0	0,97	0	0,86		0	3,77	0	0,8		0	3,77	0	0,8	
1042	126	0	0,19	0	0,86		0	5,53	0	0,65		0	5,53	0	0,65	

Из таблицы видно, что площадь обслуживания, обеспечиваемая БС оптимального множества, совпадает с таковой исходного множества. Значение веса ρ=0 у представленных секторов говорит об отсутствии перегрузок по трафику для рассматриваемых конфигураций сети.

Таким образом, для обслуживания с заданным уровнем качества, рассматриваемой территории достаточно 16 БС. Исходя из этих данных, можно определить бюджет и сроки реализации проекта по развертыванию сети McWiLL.

Время счета данного примера на ЭВМ с процессором IntelCore 2 Duo2,00 GHz и объемом оперативной памяти 2 Гб в разработанном программном комплексе составило 40 минут.

Выводы

Использование теории монотонных систем позволило разработать автоматизированный алгоритм синтеза сети радиодоступа McWiLL, позволяющий за конечное время определить оптимальное количество и места размещения БС.

Предложенный алгоритм является перспективным как для решения задач проектирования сетей беспроводного широкополосного доступа с коэффициентом повторного использования частот N=1, так и при эксплуатации этих сетей для решения задач по перепланированию.

Литература

1. Рекомендация МСЭ-RM.1801-1 (04/2010) «Стандарты радиоинтерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа подвижной службы, включая мобильные и кочевые применения, действующих на частотах ниже 6 ГГц».
2. Шорин О. А., Малиничев Д. М., Резинин Д. А. Особенности нового стандарта связи McWiLL (NG-1) // Динамика сложных систем, 2012. – №3. – С. 88 – 90.
3. Гуляев А. В., Шорин О. А. Синтез оптимальной сети радиодоступа WCDMA при известной модели нагрузки// Электросвязь, 2002. – №9. – С. 33 – 38.
4. Муллат И. Э. Экстремальные подсистемы монотонных систем. Часть 1, 2// Автоматика и телемеханика, 1976. – №5. – №8. – С. 130.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА БИЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМ

С. С. Кельдюшов,
Начальник отдела информационных технологий,
ООО «НСТТ»,
111024, г. Москва, ул. Авиамоторная, 8 А,
e-mail: s.keldyushov@yandex.ru

УДК 004.021

Аннотация. В статье проведен обзор основных архитектур биллинговых систем, применяемых в настоящее время. Дано описание общей структуры биллинговой системы для автоматизации расчетов сотовых операторов и перспективы их развития. Рассматриваются основные группы биллинговых систем, их функционал и различия. Описаны стандарты по созданию данного типа программного обеспечения. Проанализированы основные представители рынка и выявлены критерии выбора биллинговых систем.

Ключевые слова: биллинговая система, биллинг, СУБД.

MAIN FUNCTIONS AND SELECTION CRITERIA OF BILLING SYSTEMS

S. S. Keldyushov,
Head of Information Technology Department,
LLC “NXTT”,
111024, Moscow, Aviamotornaya St., 8A
e-mail: s.keldyushov@yandex.ru

Annotation. The article gives an overview of the main billing systems currently used. The description of the general billing system to automate calculations of cellular operators and their development prospects is given. The main groups of billing systems and their features and differences are examined. Standards for the creation of this type of software are described. The main representatives of the market and the identified selection criteria of billing systems are analyzed.

Keywords: billing system, The Database Management System.

Введение

В национальной нормативной документации прижилась аббревиатура АСР, связанная со словом «расчет». Но расстановка акцентов (а в нормативных документах – особенно) сильно влияет на то, каким образом будут интерпретироваться функциональные особенности системы, и каков будет спектр ее возможностей в целом. В ОТТ, например, перечислены 11 функций, которые должны быть реализованы в АСР, и в основном это функции учета и контроля. Принято считать, что «классическая» биллинговая система (БС) должна включать в себя следующие подсистемы:

- подсистему предварительной обработки данных о соединениях;
- оперативного управления биллингом;
- оповещения клиентов;
- продаж;

- маркетинга;
- обслуживания;
- администрирования;
- генерации отчетов;
- генерации счетов;
- архивации;
- складского и бухгалтерского учета.

На рис. 1 представлена общая схема биллинговой системы, как связующего элемента информационного звена предприятия связи.

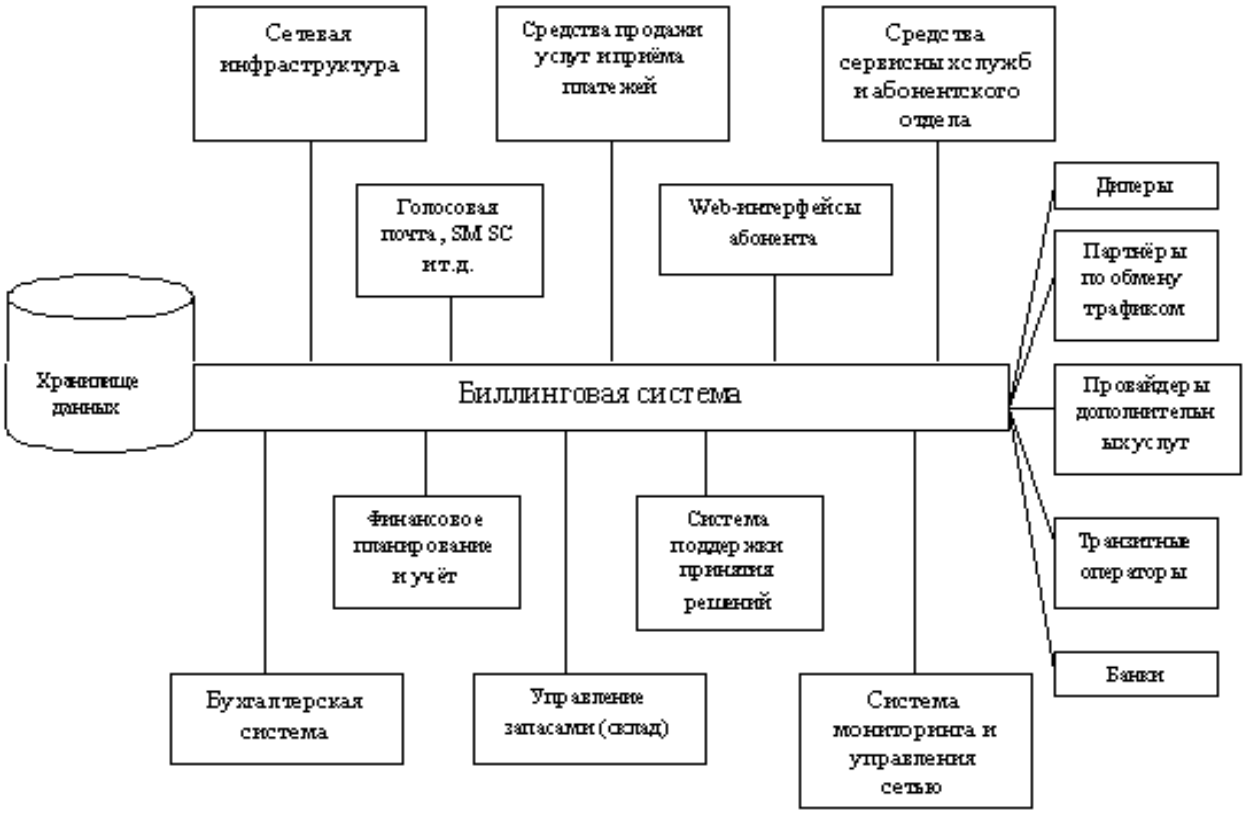

Рисунок 1.

Иногда авторы публикаций пытаются проводить прямые параллели между банковскими и биллинговыми системами. Ведь с точки зрения СУБД (Система Управления Базами Данных), клиент банка отличается от абонента сети лишь используемыми для получения его балансового счета таблицами, алгоритмами их заполнения и значениями ячеек таких таблиц. Но всё-таки, по традиции, БС продолжают рассматриваться как средство контроля денежных поступлений.

Можно встретить и другую трактовку БС. Поскольку связь – это «открытое» поле деятельности, действия сторон, принимающих в ней участие, должны быть согласованы – это касается, в частности, и расчетов за услуги связи. Международным Союзом Электросвязи (МСЭ) разработано большое количество документов, регламентирующих основные функции систем расчета и способы реализации этих функций. Например, документы серий E230, E260 E501, E528, E1001 посвящены техническим аспектам расчета длительности соединения, регистрации вызовов при различных типах связи и определению оплачиваемой длительности

связи абонентов, а описания основных принципов тарификации услуг мобильной связи и сценариев соединений приведены в рекомендациях серий D93, D103, D110, D174, D176 (всего вопросы биллинга так или иначе затрагивают более 200 документов МСЭ).

МСЭ разработал также принципы управления сетями связи (TMN, Telecommunication Management Network). В соответствии с этим выделяются четыре уровня управления:

- управление элементами сетей;
- управление сетью;
- управление услугами;
- управление бизнесом.

Интересно то, что в этой иерархии отведено место и для БС, которые занимают промежуточное положение между 3 и 4 уровнями.

Существует некий «джентльменский» набор функций, поддерживаемых почти всеми БС. В него входят:

- обработка и анализ исходной информации о потреблении услуг;
- операции управления сетевым оборудованием;
- традиционные функции приложений БД.

К этапу предварительной обработки относится, в частности, функция получения данных о соединениях и услугах (запросы к коммутатору), а к операциям управления – функции активации/деактивации (в некоторых системах – блокировки/разблокировки) абонентов и команды изменения условий подписки абонентов, передаваемые непосредственно в коммутатор.

Основные функции приложений БД, реализуемые в БС, могут включать в себя:

- создание и редактирование таблиц базы данных расчетной системы (нормативно-справочная информация, курсы валют, коды направлений связи, описания соединений по направлениям, типов вызовов и соединений, тарифов и тарифных планов, услуг и цен, категорий абонентов, контрактов, счетов и платежей);
- генерацию счетов и их печать;
- кредитный контроль счетов;
- генерацию отчетов;
- архивацию.

Критерии выбора биллинговых систем

Информация для финансового управления.

Биллинговая система должна выдавать ряд выходных данных, включая такие сведения, как:

- номер лицевого счета;
- тип транзакции – тарифный код;
- дата выставления счета на оплату – номер счета на оплату;
- продолжительность транзакции – типичная биллинговая система поставляется с включением в нее многих стандартных форм отчетов (число которых обычно более 200). Как уже отмечалось ранее, «продвинутая» биллинговая система должна обеспечивать возможность ее расширения в процессе эксплуатации без привлечения разработчиков.

Информация о продажах

Биллинговая система должна обладать способностью четко показывать различные профили продажи, обеспечивать оперативную информацию для руководства компании относительно всех выпускаемых ею продуктов и предоставляемых услуг. Кроме того, она должна вырисовывать достаточно подробную картину текущей активности телефонных вызовов, чтобы создать реальную основу для прогнозирования.

Обратная связь через маркетинг

Биллинговая система должна выдавать информацию, иллюстрирующую воздействие на потребителя маркетинговых инициатив оператора. Если, например, объявляется специальный тариф на телефонные звонки в период праздничных дней, биллинговая система обязана показать те изменения, которые произошли в структуре распределения звонков по профилям пользователей. Коммутационная система может представить общую картину пользования услугами связи, но только биллинговая система способна показать источники телефонных звонков по группам пользователей, изменение суммарных затрат пользователей на осуществление этих звонков и так далее.

Управление обслуживанием клиентов

Сейчас практически все телекоммуникационные компании интегрируют системы обслуживания клиентов с биллинговыми системами. Многие ожидают, что в будущем качество систем обслуживания клиентов, обусловленное появлением интегрированных систем, будет определять степень коммерческого успеха. При выборе современной телекоммуникационной биллинговой системы следует обязательно учитывать необходимость включения в нее полного комплекта средств обслуживания пользователей. Это обеспечит органичное сочетание функций продаж, маркетинга, обслуживания клиентов, биллинга и многих функций систем управления информацией в одной полностью интегрированной системе. Важно также, чтобы такая система была интегрирована настолько, насколько это необходимо и целесообразно применительно к другим бизнес-системам данной телекоммуникационной компании. По общепризнанной оценке, приобретение нового клиента обходится в десять раз дороже, чем сохранение уже существующего. Конечно, некоторый отток клиентов неизбежен. К сожалению, люди живут не вечно, а компании переживают периоды спада. Однако операторы, придерживающиеся активной политики в отношении минимизации потерь клиентов, пожинают плоды успеха. Биллинговая система может стать наиболее ценным инструментом в деле минимизации оттока клиентов. Существует определенный риск, что пользователи, которые были клиентами компании в течение, например, одного года, и у которых истекает срок действия первого контракта, могут покинуть компанию. В этом случае биллинговая система может выдать соответствующее предупреждение, скажем, за десять месяцев, чтобы был установлен необходимый контакт с такими пользователями. Если клиенты по каким-либо причинам не пользуются наилучшим из имеющихся тарифных планов, выявление этого факта и предложение сменить тарифный план могут привести к снижению оттока клиентов и повысить их лояльность по отношению к компании. Выгоды, которые определяются снижением уровня оттока клиентов и укреплением имиджа компании и достигаются за счет разъяснительной работы и других подобных действий, могут стать весьма ощутимыми за очень короткое время.

Качество работы персонала

Хорошо спроектированная биллинговая система может предоставлять достаточно богатую информацию о качестве работы персонала. Частично это может быть следствием необходимости борьбы с мошенничеством, но не менее важны и другие аспекты. Продажа оборудования и услуг могут контролироваться и поощряться; работа по обслуживанию клиентов также может являться примером положительных действий. Интеграция «сквозной» информации в рамках биллинговой системы может принести успех, измеряемый степенью прибыльности телекоммуникационной компании.

Определение конкурентоспособности

Большинство телекоммуникационных компаний работает сегодня в среде, которая является, или скоро будет, конкурентной. Хорошая биллинговая система может провести грань между конкурентоспособными и неконкурентоспособными компаниями.

Инновационные тарифные планы

Новаторство – это характеристика, изначально свойственная или несвойственная тому или иному человеку. Однако, хорошая биллинговая система может способствовать развитию духа новаторства. Если сотрудники отдела маркетинга постоянно расстроены тем, что их прекрасные новейшие идеи не могут быть воплощены в действующие тарифные планы, то штат пополняют только пенсионеры. Даже внутри монополий телекоммуникационные компании конкурируют в борьбе за самый лучший персонал с другими организациями. Не получающий удовлетворения квалифицированный персонал уходит из компании. Важно, чтобы биллинговая система не являлась тем узким местом в структуре компании, препятствующим реализации новаторских решений. История дает нам множество примеров того, как некоторые телекоммуникационные компании вводили нужные услуги и привлекательные тарифные планы намного быстрее своих конкурентов. Сама по себе быстрота еще не достаточна, однако, она является весьма важным компонентом современных биллинговых систем. Если отдел маркетинга собирается что-то делать сегодня, это «что-то» должно быть введено в действие уже завтра. Персонал отдела маркетинга должен быть также способен ввести это «что-то» в биллинговую систему без посторонней помощи.

Гибкий биллинг

«Гибкость» – это категория качества, о которой легко заявить, но гораздо труднее достигнуть. Наилучшие современные биллинговые системы обладают широким диапазоном параметров гибкости, куда относятся тарифные планы, скидки, типы клиентов, периоды действия тарифных планов и так далее. Телекоммуникационные компании должны очень внимательно рассматривать предложения, поступающие от поставщиков биллинговых систем. Если предлагается сделанная ранее по чьему-то заказу биллинговая система, то лучший совет для небольших телекоммуникационных компаний – отказаться от нее.

Конвергентный биллинг

Многие корпоративные клиенты в течение многих лет являются абонентами широкого спектра телекоммуникационных услуг. Эти услуги могут или не могут сводиться в один счет на оплату. По мере усиления конкуренции пользователи могут получать телекоммуникационные услуги от разных поставщиков. Составной частью развития телекоммуникационной индустрии вообще и биллинговых систем в частности является

возрастающая роль требования «конвергентного биллинга». Это означает объединение нескольких типов предоставленных услуг в одном счете на оплату. Однако эта задача не является такой уж легкой для поставщиков систем, и до сих пор весьма редко удается найти действительно конвергентные биллинговые пакеты. Отдельные телекоммуникационные компании имеют сделанные на заказ системы, предназначенные специально для этой цели, но в настоящее время возрастает число интегрированных систем. Некоторые конвергентные биллинги существуют уже в течение ряда лет, но, как и в случае с другими новшествами, телекоммуникационные компании проявляют уместную осторожность и осмотрительность, оценивая достоинства недавно появившихся конвергентных биллинговых систем.

Потребности корпоративных организаций

Корпоративным организациям свойственны разнообразные специфические потребности в сфере биллинга. Чем в большей степени телекоммуникационная компания сможет удовлетворить эти потребности за счет хорошей биллинговой системы, тем больше шансов она имеет победить в конкурентной борьбе. Самое пристальное внимание должно быть уделено определению соответствия реальных корпоративных требований функциональным возможностям биллинговой системы. Если, например, корпоративные клиенты являются интенсивными пользователями виртуальных частных сетей и хотят распределять затраты по выставляемым счетам по департаментам, то биллинговая система должна быть способной удовлетворить это требование. С учетом того, что относительно малое число корпоративных пользователей, возможно, приносит компании большую часть прибыли, едва ли можно переоценить важность удовлетворения специальных корпоративных требований к биллинговой системе. Некоторые предлагаемые средства могут ввести в заблуждение. Например, политика скидок перекрывает очень широкий диапазон возможностей, некоторые из которых более существенны для корпоративных организаций, чем другие. Имея это в виду, телекоммуникационные компании должны очень внимательно отнестись к вариантам предоставления скидок. Это предупреждение относится и к другим важным для корпорации аспектам, таким как специальные услуги, форматирование счетов и так далее.

Обслуживание пользователя как дополнительная ценность

Многочисленные примеры из области телекоммуникаций и других сфер деятельности доказывают ценность хорошего обслуживания клиентов. Из практики наиболее успешных представителей бизнеса следует, что хорошее обслуживание клиентов является ценным вложением, а не тратой. Биллинговая система «первого класса» с правильно интегрированной функцией обслуживания клиентов принесет щедрые дивиденды. Телекоммуникационный бизнес, подобный другим сферам экономики, должен разумно использовать свои системы. Обеспечение высокого отношения числа агентов по обслуживанию клиентов к числу самих клиентов на ранних этапах обслуживания приносит свои плоды. «Избыточность персонала» в сфере обслуживания клиентов является благоразумной составляющей капиталовложений на раннем этапе развития сферы обслуживания. Интеграция функций телемаркетинга, биллинга, обслуживания клиентов, контроля миграции клиентов и так далее с использованием общей базы данных, прикрепленной к общей системе, обеспечивает гибкость и бесконфликтность контактов с клиентами. Агенты по работе с клиентами, следящие за выражением недовольства со стороны клиентов, должны уметь торговать. Исследования показывают, что

удовлетворенный клиент более восприимчив к новым предложениям по продаже оборудования и услуг, чем другие клиенты.

Технология

Администрация телекоммуникационных компаний часто затрачивает достаточно много времени на обсуждение технологических вопросов. Часто ожидается, что возмездие за неправильно выбранное технологическое решение будет очень суровым. Иногда, это действительно так, однако, скорость внедрения технологических изменений зачастую сглаживает воздействие принятых решений. Применительно к операторам связи фундаментальная технология заключена в телекоммуникационных системах, а не в биллинговых или административных системах. Сюда относятся не только сети, но также и офисные системы, которые, в конечном счете, обязательно связаны с работой сети. Изменение технологии телекоммуникационной сети является непростой задачей. То же можно сказать и об изменении административных систем, с той лишь разницей, что это изменение имеет другой масштаб по сравнению с преобразованием сети. Оператор связи должен тщательно оценить стоимость и объем изменений. Например, передача базы данных из одной системы в другую – задача не для слабых духом людей. Однако ее нельзя исключать из повестки дня только потому, что она чревата опасностями. Если эта задача будет правильно оценена и решена, то процесс передачи может пройти очень гладко. Соображения, высказанные в последующих параграфах, не претендуют на то, чтобы быть исчерпывающими или обязательными к исполнению. Технологические решения, относящиеся только к биллинговой системе или преследующие более широкие цели, не подчиняются каким-то универсальным правилам, которым должны подчиняться все представители бизнеса. Единственное, чем следует руководствоваться – это фундаментальное чувство целесообразности.

Аппаратное оборудование

Телекоммуникационная компания может прийти к заключению, что ее биллинговая система должна быть «аппаратно независимой». Реальность такова, что в течение трёх-пяти лет большинство предприятий бизнеса (телекоммуникационные или другие компании) не меняют своих основных поставщиков компьютерного аппаратного обеспечения. Степень независимости аппаратной части биллинговой системы должна быть оценена применительно к процессу глобальной замены оборудования, а не к его промежуточной модернизации. Современное компьютерное оборудование, поставляемое заслуживающими доверия поставщиками, отличается высокой надежностью и зачастую поразительной производительностью. Конечно, время от времени сервера могут выходить из строя, однако, выбор оборудования не должен основываться только на его надежности – здесь существует лишь небольшое поле выбора среди авторитетных компаний. Другим важным критерием выбора является оказываемая поставщиками поддержка.

Операционные системы

Операционные системы, лежащие в основе прикладных программ биллинговых систем, являются ключевыми элементами при принятии технологических решений. Телекоммуникационная компания должна произвести тщательный анализ, прежде чем делать инвестиции в новый продукт, или даже в первую партию обновленного продукта. В целом можно сказать, что участие в первых рядах заказчиков, апробирующих проблемные продукты изготовителей операционных систем, даст лишь незначительные преимущества или не даст

вообще никаких преимуществ в конкурентной борьбе. Выбор операционной системы может в значительной степени зависеть от желания телекоммуникационной компании иметь однородную операционную систему по всей структуре компании. Такое желание является мощным рычагом для принятия решения, хотя при этом не всегда достигаются финансовые выгоды. Однако в общем случае наилучший выход заключается, возможно, в том, чтобы отказаться от биллинговых систем, где используется операционная система, не участвующая в каких-либо других операциях телекоммуникационной компании, при условии, что существующая в организации операционная система не относится к классу «вымирающих динозавров». В противном случае открывается широкое поле выбора.

Базы данных

Технология баз данных в биллинговых системах постоянно расширяется в том смысле, что все большее число поставщиков предлагает различные варианты выбора. Наиболее эффективными являются реляционные базы данных, но при этом следует обращать внимание на периферийные устройства. Например, программы генерации отчетов имеют разное качество, и уровень поддержки в большой степени зависит от того, какой продукт был поставлен. Как и в других элементах вычислительной техники, существуют лидеры рынка и их последователи. Однако, лидер одного рынка не обязательно является лидером и другого рынка. В реальности существует достаточно узкое поле выбора среди небольшого числа систем с реляционными базами данных мирового уровня, и это проявляется в ограниченном числе предложений, относящихся к биллинговым системам. Надо постараться выбрать такую биллинговую систему, в которой предусмотрена возможность выбора систем баз данных – это не будет лишним.

Прикладные программы

Прикладные программы являются по существу тем продуктом, который поставщики биллинговых систем создают сами и который, как они надеются, будет отличать их от конкурентов. И здесь принятие технологических решений становится неизбежным. Если будет выбрана «ошибочная» система, то почти наверняка ее придется отбросить, тогда как аппаратное оборудование, операционная система и база данных могут по-прежнему успешно использоваться с новой прикладной программой. Это важная область для определения различий между функциональными возможностями биллинговых систем (в противоположность различиям между поставщиками и оказываемой ими поддержкой).

Mediation

Посредническая система (или «система-медиатор») – это промежуточная ступень между системой сети и биллинговой системой. Сеть генерирует CDR-записи, которые собираются и пересылаются в биллинговую систему. Некоторые биллинговые системы укомплектовываются медиатором, другие такой системы не содержат. Однако, в любом случае необходим тщательный анализ функций медиатора и будущих потребностей системы. Если, например, медиатор биллинговой системы может взаимодействовать только с одним коммутатором, проблема может возникнуть гораздо раньше, чем ожидается. С другой стороны, если предлагается сложное и дорогостоящее решение задачи посредничества, которое не является немедленно необходимым, это приведет к излишним затратам.

Распечатка счетов на оплату

Большинство биллинговых систем не содержит специальных систем вывода. Может быть, целесообразнее закупить систему распечатки счетов у поставщика биллинговой системы, чтобы охватить весь процесс одним контрактом. Необходимо уделить внимание характеру биллинговой выходной системы, чтобы уяснить возможность доработки этой выходной системы. Нельзя упускать из виду специальные требования корпоративных организаций, которые могут захотеть осуществления функций электронного биллинга через Web-сеть или другие каналы.

Интерфейсы

Важно, чтобы выбранная биллинговая система обеспечивала «открытый» интерфейс к другим административным системам телекоммуникационной компании. Нужны интерфейсы к системам проверки кредита, системам инвентаризации, бухгалтерского учета и так далее. Обоснованность уверений поставщиков в обеспечении открытости лучше всего проверить, следуя рекомендациям экспертов. Здесь будет уместен анализ проблем интеграции.

Интеграция

Интеграция комплексных пакетов программного обеспечения является задачей для экспертов. Не лучшим путем будет решение этой задачи за счет собственных ресурсов телекоммуникационной компании (исключая случаи очень тщательного анализа). Теоретически, интерфейсы становятся лучше определенными и универсальными, однако, на практике приходится решать возникающие проблемы. По самым скромным требованиям процесс выбора биллинговой системы должен включать выбор системного интегратора, чтобы обеспечить объединение всех необходимых функций. На системный интегратор будет также возложена ответственность за общие эксплуатационные характеристики системы на начальном этапе и на несколько лет вперед.

Соответствие современным требованиям

Многие компании убеждены в том, что темпы развития компьютерной технологии не позволяют удерживаться на современном уровне. Однако, в телекоммуникационной индустрии вряд ли разумно придерживаться стратегии, основанной на том, чтобы постоянно быть пионером. Сейчас существует ряд устоявшихся пакетов биллинговых систем, поставляемых авторитетными компаниями. Для большинства телекоммуникационных компаний выбор надежного пакета от надежного поставщика является избавлением от беспокойства о внесении изменений. Даже телекоммуникационные компании, проводящие крупномасштабные изменения в технологии, затрачивают на это уйму времени, часто несколько лет. Поразительные темпы прогресса в электронике и средствах программного обеспечения позволяют телекоммуникационным компаниям, как и другим представителям мира бизнеса, извлекать пользу даже тогда, когда аппаратное оборудование и программное обеспечение не разработано специально для их целей. Следует предположить, что любая биллинговая система, закупленная сегодня, должна быть существенно обновлена в течение трех лет. Это относится к обновлению, как аппаратных, так и программных средств, которое должно обеспечить совершенно другие функциональные возможности. В некоторых случаях потребуются кардинальные изменения, но такое требование будет отражать либо огромный и беспрецедентный успех, либо, иногда, плохой изначальный выбор системы или поставщика. В общем случае можно предположить, что выбор правильного аппаратного обеспечения,

операционной системы и базы данных не потребует пересмотра принятого решения в течение трех лет, а возможно и дольше. Прикладные программы требуют несколько иного подхода. Важно, особенно в условиях растущей конкуренции, чтобы первоначально установленное программное обеспечение регулярно обновлялось.

Литература

1. Дич Л. З. Биллинговые системы в телекоммуникациях. – М.: РиС, 2003. – 320 с.
2. Дич Л. З. Развитие биллинговых систем// Компьютер-ИНФО, 2001. – №15–16, – С. 346 – 347.
3. Муссель К. М. Предоставление и биллинг услуг связи. Системная интеграция. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 320 с.
4. Дерикьянц П. П. Обзор архитектур современных биллинговых систем и перспективы их развития. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2007. – № 27. – С. 1 – 22.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

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. Указано на необходимость совершенствования действующих в РФ нормативных документов по оценке качества услуг сотовой связи с учётом моделей, предложенных Международным союзом электросвязи (МСЭ). Раскрыты проблемы, возникающие при распространении сигнала мобильной связи. Представлены основные параметры измерительных комплексов для измерения уровней сигналов и обнаружения помех, как посторонних, так и создаваемых самим оборудованием.

Ключевые слова: нормативные акты, качество услуг связи, МСЭ, ETSI, QoS, замирания сигнала, измерительные комплексы, интермодуляция.

METROLOGICAL SUPPORT OF THE MOBILE SERVICES QUALITY ASSESSMENT

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. The article shows the necessity of improvement of the Russian Federation regulatory documents on the assessment of the mobile services quality taking into account the models proposed by the International Telecommunication Union (ITU). The problems arising from the mobile signal spreading are described. The main measuring systems parameters for the measurement of signal levels and interference detection strangers or generated by the equipment are presented.

Keywords: regulatory documents, telecommunication services quality, ITU, ETSI, QoS, signal fading, measuring systems, intermodulation.

Оценка качества услуг сотовой связи имеет важное значение, поскольку качество услуг определяет конкурентоспособность операторов связи. По ряду параметров для оценки качества услуг необходимо использовать специализированные средства измерений.

При оценке качества услуг связи, в том числе и стандарта GSM, следует пользоваться соответствующими нормативными документами. Одним из этих документов является ГОСТ Р 53732 – 2009 «Качество услуг сотовой связи. Показатели качества». Однако данный ГОСТ содержит лишь неполный перечень показателей качества, без указания норм на эти показатели. Реально, при оценке качества услуг связи используются показатели, установленные Приказом Мининформсвязи №113 от 27.09.2007 г. Однако, данный приказ определяет требования к качеству функционирования сетей связи, а не к качеству услуг, и в данном документе указана всего лишь одна норма - потери вызовов при осуществлении соединений (не более 5%). Поскольку оценка качества услуг связи является востребованной, необходима разработка номенклатуры показателей качества, норм на показатели качества и методов измерений.

При разработке номенклатуры показателей качества следует использовать модели, предложенные Международным союзом электросвязи (МСЭ). В МСЭ работы по стандартизации качества услуг связи проводится исследовательскими комиссиями в рамках сектора стандартизации МСЭ-Т и частично сектора радиосвязи МСЭ-Р. Ведущей исследовательской комиссией в МСЭ-Р является SG-8 (мобильная связь, радиолокация, любительская связь, спутниковая связь и услуги). Данной комиссией была разработана рекомендация МСЭ-Р М.1079-2. Эта рекомендация определяет требования к сетям доступа IMT-2000 в части качества передачи голоса/данных с учетом требований к QoS (Quality of Service – качества обслуживания). Эта рекомендация так же определяет показатели соединения/сеанса связи.

Процесс стандартизации в области телекоммуникаций осуществляет ETSI (European Telecommunications Standart Institute). Требования к QoS разрабатывает технический комитет по качеству услуг при передаче речи и данных – STQ (Speechandmultimedia Transmission Quality). Этот комитет разрабатывает требования к QoS для подвижных сетей GSM/3G.

К основным параметрам QoS, учитываемых на международном уровне, следует отнести оценку покрытия сети. Данная оценка осуществляется на основе следующего соотношения:

$$SS\ треб. = MS чуств. + IF замирания + FF\ замирания + BL \qquad (1)$$

где,

SS треб. – требуемый уровень принимаемого сигнала [дБм];

MSчуств. – чувствительность телефона [дБм], [1];

IFзамирания – запас на интерференционные замирания сигнала [дБм];

FF замирания – запас на быстрые (Релеевские) замирания сигнала [дБм];

BL – потери за счет человеческого тела [дБм]. Под величиной дБм (международное обозначение – dBm) понимается мощность в дБ отнесенная к 1 мВт.

Существует много проблем, возникающих с обеспечением требуемого уровня сигнала. Одной из проблем являются потери на пути распространения радиосигналов (Path Loss). Path Loss (PL) – это потери, возникающие тогда, когда принимаемый сигнал становится всё слабее и слабее из-за увеличения расстояния между мобильной (MS) и базовой (BTS) станциями.

Проблема PL редко ведёт к разрыву соединения (dropped calls), потому что как только проблема становится экстремальной, соединение переключается на другую BTS и PL становится, соответственно, меньше.

Другая проблема связана с затенениями (Shadowing). Затенения случаются тогда, когда на пути распространения радиосигнала между MS и BTS возникают физические препятствия, например, холмы, здания, деревья и так далее. Препятствия создают эффект затенения, который уменьшает уровень сигнала (signal strength). Уровень сигнала в процессе движения MS флуктуирует в зависимости от возникающих препятствий на пути между MS и BTS.

Следующей проблемой являются замирания сигнала. К ним следует отнести многолучёвые замирания (Multi path fading) и Релеевские замирания сигналов (Rayleigh fading). Действующие на сигнал замирания изменяют уровень сигнала. Снижение уровня сигнала называется глубиной замирания (fading dips).

Многолучёвые замирания возникают тогда, когда существует более чем один путь распространения радиоволны между MS и BTS, и, в связи с этим, к приёмнику приходит более чем один сигнал. Последнее связано с многократным отражением радиосигнала от таких препятствий, как горы, здания, располагающиеся либо близко, либо далеко от приёмников.

Релеевские замирания возникают тогда, когда сигнал достигает приёмника по нескольким путям от базовой станции (рис. 1). В этом случае сигнал не принимается по линии прямой видимости прямо от передающей антенны, а приходит с разных направлений, отражаясь от зданий. Релеевские замирания сильно выражены тогда, когда препятствия располагаются близко к приёмной антенне. Результирующий принятый сигнал представляет собой сумму сигналов, пришедших с разной амплитудой и фазой. Глубина замираний и их периодичность зависят от скорости движения MS и рабочей частоты. Расстояние между замираниями приблизительно составляет половину длины волны колебания. Таким образом, в системе GSM 900 расстояние между двумя замираниями составляет 17см.

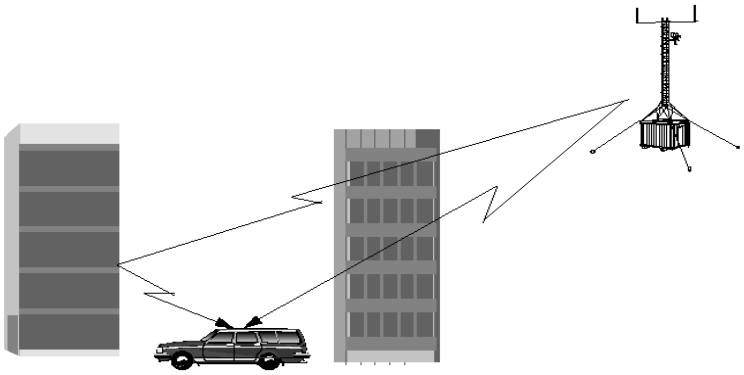

Рисунок 1.

Комбинированные потери сигнала (Combined Signal Loss).

Все проблемы, возникающие при распространении сигнала, существуют независимо друг от друга. Однако, в процессе обслуживания некоторых вызовов эти проблемы могут возникать одновременно. Такое наложение сигналов можно представить зависимостью изменения сигнала на входе приёмника MS в процессе её движения.

На рис. 2 представлена такая зависимость [2]. На данном рисунке представлены суммарные потери в виде PL, затенений, Релеевских замираний (комбинированные потери сигнала). Уровень сигнала, как глобальное среднее значение, уменьшается с расстоянием (path loss), что приводит к разрыву соединения. Вокруг глобального среднего существуют медленные вариации поля за счёт затенений и быстрые вариации, за счёт Релеевских замираний.

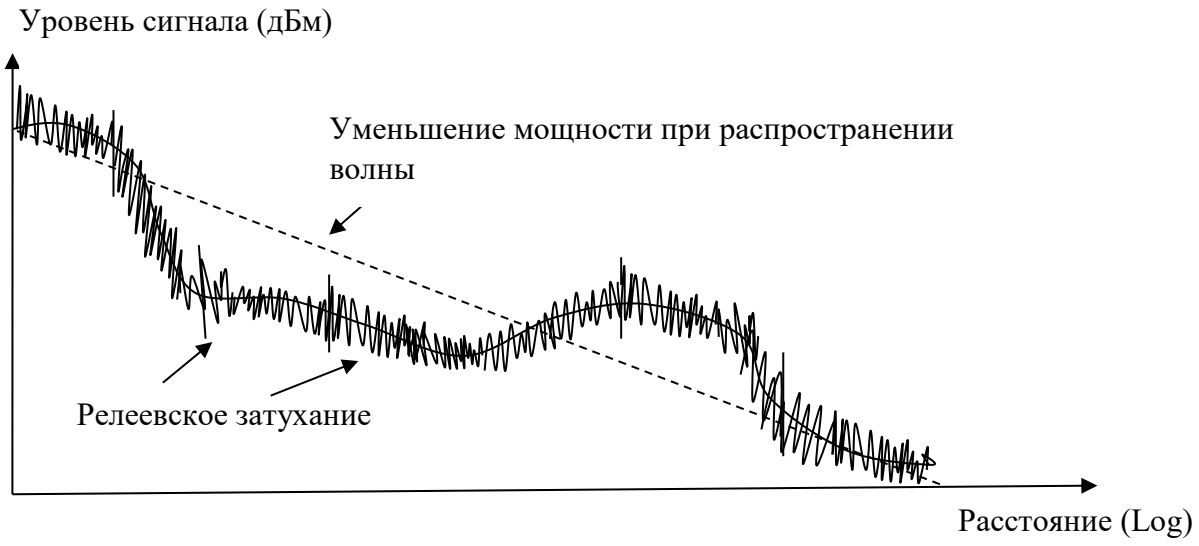

Рисунок 2.

Международные нормы [2] устанавливают следующие показатели.

Пороговое значение уровня принимаемого сигнала:

- на улице при городской застройке –95 дБм или выше, при 95% всех проведенных измерений;
- уровень сигнала внутри городского помещения имеет пороговое значение, если уровень сигнала на улице –71 дБм или выше, при 95% всех проведенных измерений;
- уровень сигнала внутри помещения в сельской местности имеет пороговое значение, если уровень сигнала на улице –85 дБм или выше, при 95% всех проведенных измерений.

Реально, как на улице, так и в помещении уровень сигнала варьируется. На отдельных участках он может превышать пороговое значение, на других быть ниже порогового значения. Соответственно:

- при проведении измерений покрытия вне зданий, оценивается процент тестового пути, где уровень сигнала базовой станции выше или равен –95 дБм;
- при проведении измерений покрытия внутри зданий, оценивается процент тестового пути на улице, где уровень сигнала базовой станции выше или равен –71 дБм для городских территорий, и –85 дБм для сельских территорий.

Основные параметры измерительных комплексов, используемых на практике, приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Название	Тип	Динамический диапазон на передачу, дБм	Динамический диапазон на приём, дБм	Полоса частот передача/приём МГц	Измерение параметров сети
TEMS Pocket, TEMS Investigation	СТК/ МТК	+5 ÷ + 33	–102 ÷ – 47	915-980/870-925; 1785-1920/1690-1895	Позволяет
Adgilent Tecnology	СТК/	+5 ÷ + 33	–104 ÷ – 47	890-915/935-960; 1710-1785/1805-1885	Позволяет
Marcony	СТК	–115 ÷ + 13	–135 ÷ + 50	0,1-3000/0,1-3000	Не позволяет
Stubilock	СТК	–122 ÷ + 13	–120÷ + 50	0,4-1000/0,4-1000	Не позволяет
NetNonitor	МТК	+5 ÷ + 33	– 104÷ – 47	890-915/935-960; 1710- 1785/1805-1885	Не позволяет

Различные измерительные комплексы обладают различной чувствительностью и точностью измерений. Такие комплексы как Marcony и Stubilock являются высокоточными измерителями, но стационарными, то есть не пригодными к проведению подвижных измерений.

Оборудование TEMS Investigation разработанное и производимое фирмой Ericsson (рис. 3), занимает ведущее положение на мировом рынке [3,4]. В настоящее время используется уже десятая версия, которая считается лучшим решением для любого оператора. TEMS Investigation используется в 160 странах мира – это действительно лучшее решение для диагностики, тестирования, оптимизации и обслуживания беспроводных сетей. Среди функций, которые выполняются TEMS Investigation, выполняется функция тестирования и сравнения площади покрытия и производительности, которые обеспечиваются разными технологиями.

В настоящее время Ericsson передает бизнес по производству и продаже продуктов TEMS Investigation американской компании Ascom. К передаваемым продуктам относятся средства мониторинга радиоинтерфейса и планирования радиосети. Сделка предполагает переход в штат Ascom около 300 специалистов, 180 из которых работают в Швеции. Этот шаг обусловлен тем, что Ericsson намерен уделять больше внимания профессиональным услугам.

Рисунок 3.

Кроме решения задачи измерения уровней сигналов, основными задачами данных измерительных комплексов является обнаружение помех. Кроме помех, создаваемых посторонними источниками, учитываются помехи, создаваемые самим оборудованием мобильной связи.

К ним относится уровень интермодуляций – критический параметр, влияющий на качество сигналов и параметры систем связи. В мобильной коммуникации с передатчиком большой мощности и очень чувствительным приемником, интермодуляции не позволяют оперировать на оптимальном уровне технических параметров. Развитие базовых станций мобильной связи GSM, DCS 1800, PCS 1900, а также широкополосной связи, выдвинуло жесткие требования к уровню пассивной интермодуляции ПИМ (PIM) в применяемых радиочастотных соединителях.

По своей сути ПИМ – это нелинейный отклик двух или более сигналов различных частот, смешанных друг с другом в нелинейном компоненте. Было установлено, что даже низкий уровень интермодуляционных сигналов, попадающих в полосу передачи, нарушает эффективность коммуникации.

Основная причина появления ПИМ связана с нелинейными процессами в смесителе, функцию которого могут выполнять разные компоненты. Роль смесителя могут играть различные сооружения, если компоненты материала, из которого они изготовлены, или их поверхность имеют гистерезис. Так же ПИМ может возникать из-за плохого контакта в точке соединения проводов кабеля. Например, загрязнение приводит к нелинейности контакта, в результате чего ток, протекающий через зону контакта, становится разделенным на разные части. Это обычно имеет место на микроскопическом уровне и при недостаточном давлении, а также, при неровной поверхности контакта, окислении или коррозии. Малая поверхность контакта может вызывать генерацию потенциального барьера, что приводит к эффекту диода, или вызывает нелинейную зависимость тока от напряжения. Далее следует отметить, что при прохождении сигналов большой мощности через элементы, выполненные из ферромагнитных

материалов, таких как никель или сталь, может возникать ПИМ из-за нелинейности петли гистерезиса.

Механизм образования ПИМ можно представить следующим образом [5]. Если сигнал с частотой f1 проходит через линейное пассивное устройство, то его частота на выходе устройства не изменяется, и возможно изменение только амплитуды и фазы. Когда на пути прохождения исходного сигнала находится нелинейный элемент, то из несущей частоты образуются гармоники. Механизм их образования поясняется на рис. 4.

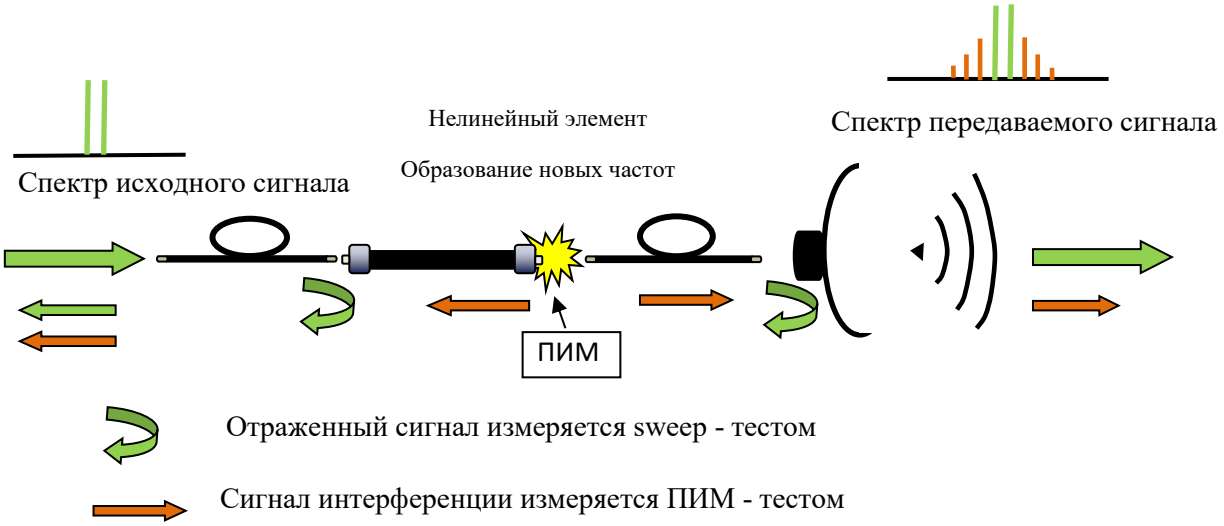

Рисунок 4.

Помимо внутреннего источника, ПИМ может быть внешним по отношению к системе. Механизм образования внешнего ПИМ поясняется на рис. 5.

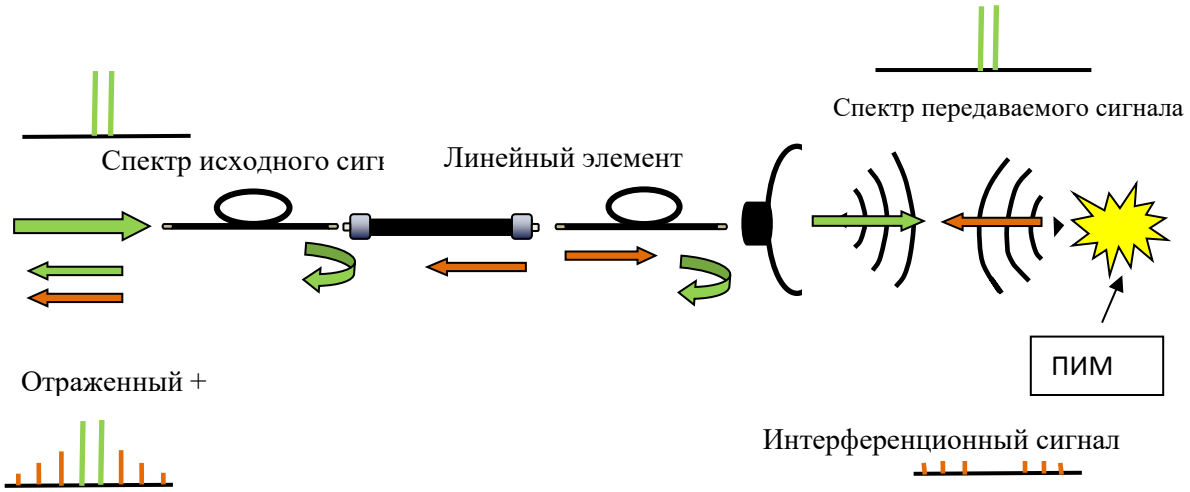

Рисунок 5.

Результирующий спектр сигнала и продуктов интерференции представлен на рис. 6.

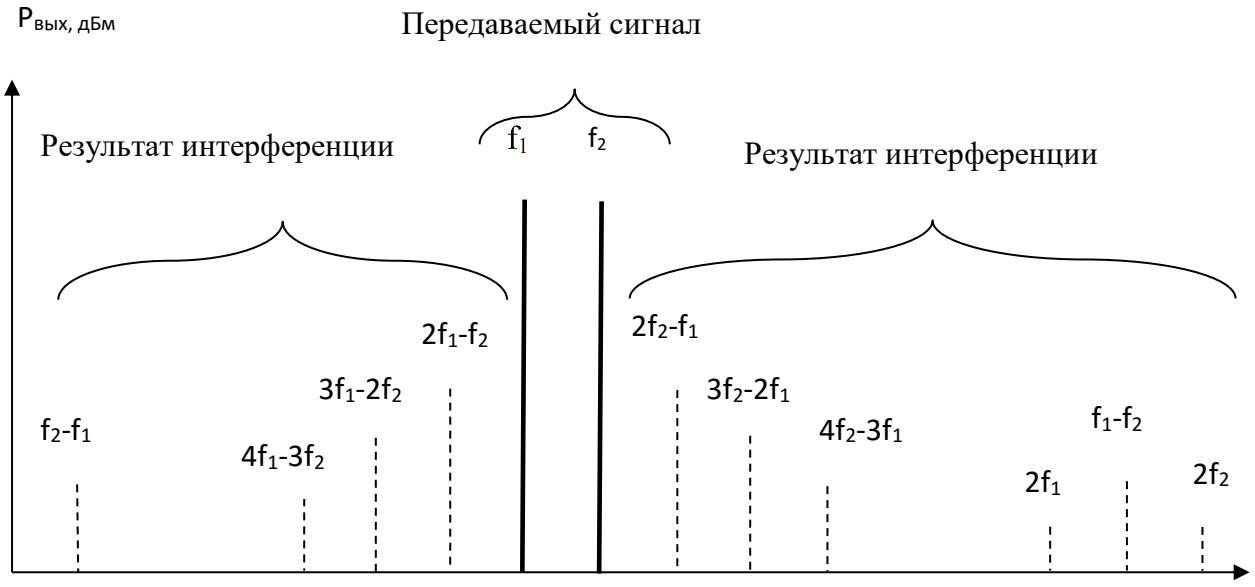

Рисунок 6.

Когда сигнал поступает в нелинейное устройство, то наряду с несущей частотой f1 возникают гармоники 2f1, 3f1...nf1. Если же достаточно мощный входной сигнал содержит два или более гармонических сигналов с частотами f1; f2...fn, то выходной сигнал нелинейного устройства состоит из спектра частот. В результате взаимодействия этих сигналов и их гармоник в нелинейном устройстве и в конечном итоге на выходе устройства возникают интермодуляционные продукты – IMP (Inter Modulation Products) вида mf1 и nf2. Каждая из интермодуляционных составляющих характеризуется порядком, равным сумме или разности m ± n, где m и n – целые положительные, отрицательные или равные нулю числа. При этом f+f; f2-f1 – IMP 2-го порядка, 2f1-f2; 2f2-f1 – IMP 3-го порядка, 3f1-2f2; 3f2-2f1 – IMP 5-го порядка и так далее. Интермодуляционные продукты представляют серьезную проблему, так как они могут появляться внутри полосы частот приема системы «приемник-передатчик» с большим числом каналов передачи. Наибольшие неприятности причиняют интермодуляции нечетных порядков, так как они располагаются ближе всего к несущим частотам. Интермодуляции 3-го и 5-го порядков составляют приблизительно 95% всех интермодуляционных помех. При этом уровень IMP3 имеет наибольшую величину, и поэтому общепринято им характеризовать интермодуляции пассивного компонента.

В базовой станции GSM передача сигналов происходит на частотах f=935 и f2=960 МГц, а полоса приема – 890-915 МГц. Интермодуляционный продукт 3-го порядка возникает на частоте 2f1 - f2 = 910 МГц, 5-го порядка — на частоте 3f-2f = 885 МГц. В базовой станции системы DCS f1=1805, f2=1880 МГц, а полоса приема – 1710-1785 МГц. Интермодуляционные продукты 3-го и 5-го порядков возникают на частотах 1730 и 1655 МГц соответственно. В обоих случаях в полосу приема попадают интермодуляции 3-го порядка (рис. 7). Они обрабатываются в устройстве совместно с несущим сигналом, ухудшая качество выходного сигнала.

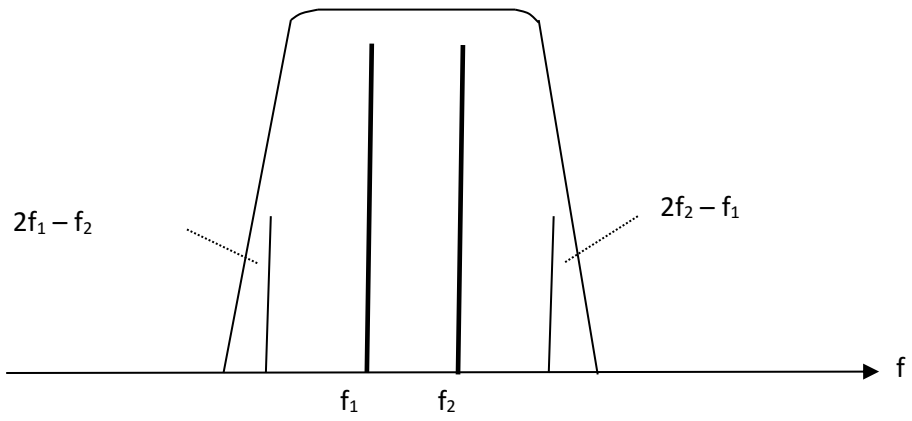

Рисунок 7.

В силу того, что этот метод оценки качества позволяет одновременно для всех сот в реальном масштабе времени отслеживать ситуацию в сети, а также то, что возможность получения данной статистики предоставляется всеми производителями оборудования, данный метод является основным. Среди недостатков можно отметить лишь необходимость иметь программу-обработчик информации, получаемой с контроллера, и тот факт, что для разных компаний производителей оборудования полнота статистики может отличаться, но в любом случае, не блокирует возможность мониторинга основных показателей качества. Необходимо также учитывать и то, что в новых версиях программного обеспечения большинства компаний производителей оборудования, статистика достаточно богата, то есть, есть возможность оценивать многие параметры сети, даже те, которые раньше могли быть вычислены только на основании результатов драйв-тестов.

Для измерения помех применяют Sweep Test – измеряющий эффективность распространения сигналов, и PIM Test – оценивающий возможность распространения сигналов без интерференции. Оба этих теста важны и необходимы для качественного построения сети.

Оборудование для тестирования ПИМ производит Kaelus (ранее Summitek). Kaelus поставила более 800 лабораторных систем тестирования ПИМ по всему миру. Эти системы используются производителями радиочастотного оборудования для уменьшения ПИМ своих компонентов при разработке.

Тестеры производятся фирмой Kaelus в двух вариантах: настольные и портативные. Внешний вид настольных тестеров представлен на рис. 8. Портативные тестеры ПИМ представлены на рис. 9.

Рисунок 8.

Рисунок 9.

Эти системы широко используются операторами мобильных сетей для измерения и уменьшения ПИМ радиочастотной инфраструктуры.

Принцип тестирования ПИМ был разработан МЭК (Technical Committee 6, Working Group 6). Он поясняется на рис. 10.

Оборудование тестера ПИМ

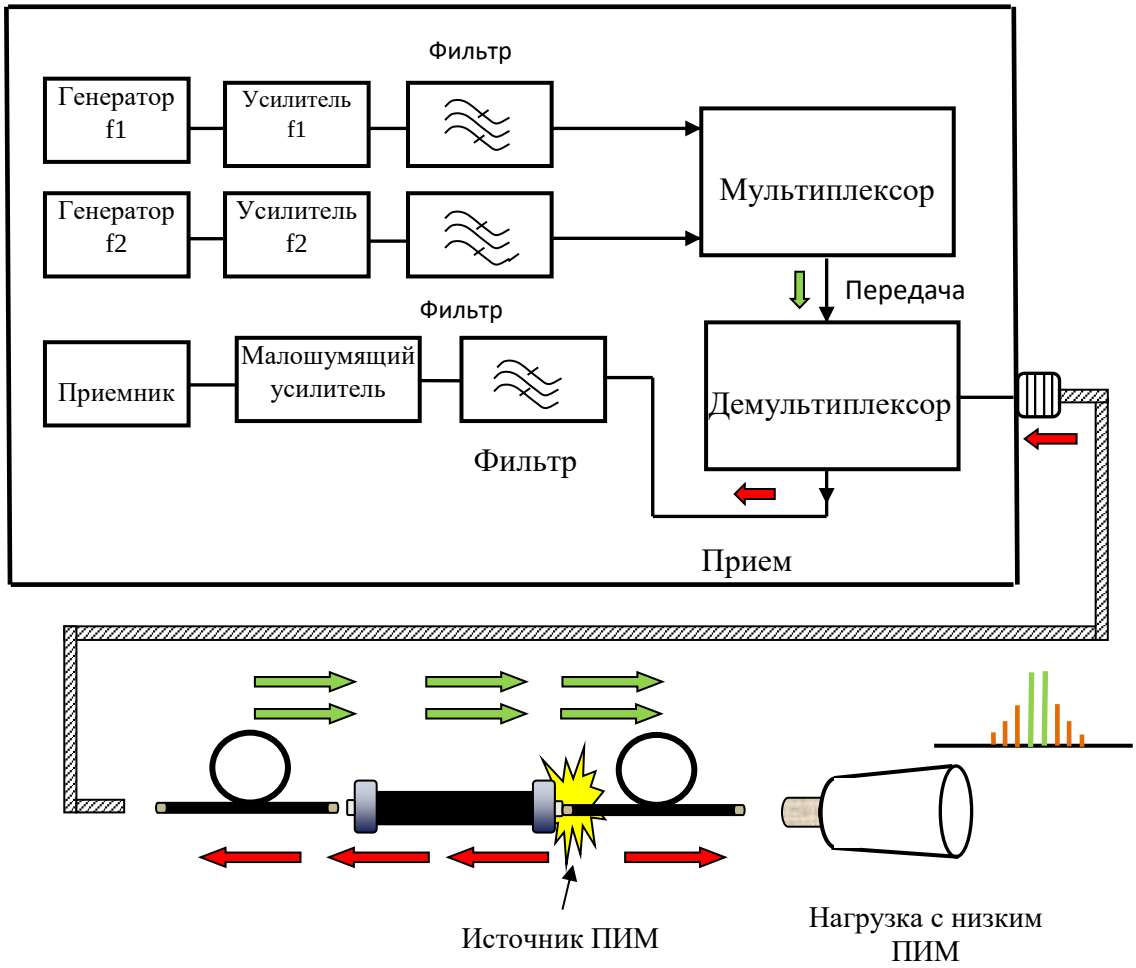

Рисунок 10.

Сигналы двух различных частот f1 и f2 генерируются, усиливаются и подаются на мультиплексор. Суммарный сигнал поступает на демультиплексор, и с его выхода подается на испытуемый объект. Сигнал, отраженный от источника ПИМ, через демультиплексор поступает на фильтр, усилитель с малым уровнем шумов и его уровень измеряется с помощью приемника.

На практике используются измерители ПИМ и другой конструкции, однако принцип их действия соответствует рассмотренному варианту.

Литература

1. ETSI, GSM 05.05 «Цифровые сотовые системы. Радиоприем и передача».
2. IEEE Personal communication, T.7, N3, pp 50-53, 2000. P. Pattuelli, Zingarelly “Precission of the Estination of area coverage by planning tools in celluar system”.
3. IEC 62047 RF Connectors, connector cable assemblies and cables-Intermodulation level measurement.
4. Deats and Hartman, Measuring the Passive – IM Performance of RF Cable Assemblies, Microwaves and RF, March 1997.

5. Губанков Д. Новейшие тенденции в развитии средств измерений в фиксированных и беспроводных сетях связи // Доклад на конференции метрологов. МТУСИ – М.: – 2013.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РЕЧИ В СОТОВОЙ СВЯЗИ

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. Оценка качества передачи речи является весьма трудной задачей. Задача усложнилась с началом передачи речевой информации по IP-сетям: так называемая IP-телефония (VoIP). Такие особенности VoIP как утрата пакетов и временные задержки могут оказывать существенное влияние на качество речевой связи. Представляют интерес новые методы оценки качества речи.

Ключевые слова: пакетная передача информации; тестирование; психоакустическая обработка; экспертная оценка; алгоритм оценки; уровень; кодирование.

EVALUATION VOICE QUALITY IN A CELLULAR

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. The assessment of a speech transmission quality is a very difficult task. The task became complicated from the beginning of transferring speech information on IP- networks so-called IP-telephony (VoIP). Such features of VoIP as loss of packages and temporary delays can have essential impact on speech communication quality. New methods of the speech quality assessment are of interest.

Keywords: information transmission packet, testing, psychoacoustic processing, expert assessment, an assessment algorithm, level, coding.

С появлением телефонии, возникла проблема создания эффективных методик оценки качества передачи речи. В результате многолетних исследований в этой области появилось несколько международных стандартов. Однако, процесс стандартизации нельзя считать

завершенным, поскольку возможности имеющихся методик оценки ограниченны. Это объясняется тем, что оценка качества передачи речи является весьма трудной задачей.

Задача усложнилась с началом передачи речевой информации по IP-сетям: так называемая IP-телефония (VoIP). Такие особенности VoIP как утрата пакетов и временные задержки могут оказывать существенное влияние на качество речевой связи.

Пакетная передача информации в сетях GSM связана с использованием надстройки над технологией мобильной связи GSM, носящей название GPRS (англ. General Packet Radio Service – пакетная радиосвязь общего пользования). GPRS позволяет пользователю мобильного телефона производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с внешними сетями, в том числе Интернет. При использовании GPRS информация собирается в пакеты и передаётся через неиспользуемые в данный момент голосовые каналы. Такая технология предполагает более эффективное использование ресурсов сети GSM. При этом оператор связи определяет приоритет передачи – голосовой трафик или передача данных.

Для того чтобы воспользоваться GPRS-услугами, необходимо иметь мобильный телефон с поддержкой GPRS. Мобильные телефоны с поддержкой GPRS делятся на три класса:

- телефоны класса A – голосовой звонок и передача пакетов данных могут осуществляться одновременно;
- телефоны класса B – голосовой звонок и передача пакетов данных не могут осуществляться одновременно (при поступлении голосового вызова либо SMS-сообщения передача пакетов данных приостанавливается и возобновляется после завершения звонка, либо получения SMS-сообщения);
- телефоны класса C – поддерживают только передачу пакетов данных.

GPRS это первая технология, обеспечивающая применение пакетной передачи в цифровых сотовых сетях. Она обеспечивает потребителям услуг GSM вхождение в мир Интернет и услуг ISP (Internet Service Provider).

Наилучшим методом определения качества связи в сетях VoIP, так же, как и в ТфОП считается оценка его самими абонентами. Степень вредного действия шума, эха, задержек либо помех от разных тоновых генераторов на качество речевой связи определяется как интенсивностью этих факторов, так и тем, как они мешают разговаривать конкретным абонентам. Теоретически, для чёткой оценки степени этого действия следовало бы провести опрос довольно большого числа абонентов, поскольку восприятие свойства речевой связи субъективно. Но проведение большого количества регулярных опросов абонентов представляется затруднительным.

Традиционно качество передачи речи определяется на основании субъективных оценок группы людей, прослушивающих тестовые сигналы. Этот процесс занимает много времени и требует наличия большого числа участников, поскольку разные люди могут совершенно по-разному оценивать качество, обеспечиваемое одной и той же системой. Восприятие меняется в зависимости от возраста слушателя и особенностей его родного языка. Более того, от теста к тесту мнения одних и тех же людей могут изменяться, многое зависит от ожиданий: хорошие оценки сотовой связи чаще всего объясняются ожиданием невысокого качества.

Официально рекомендуемым методом оценки свойства IP и остальных типов речевой связи является усредненная субъективная оценка MOS (Mean Opinion Score), метод определения которой был разработана МСЭ-Т и последний раз корректировался в середине 90-х годов прошедшего века. Метод MOS, изложенный в спецификации МСЭ-Т P.800, основан

на пятибалльной шкале – от единицы (самое нехорошее качество связи) до пяти (самое не плохое качество). В согласовании с этим методом группа людей оценивает качество звучания тестовых речевых шаблонов, передаваемых через сеть. Эти оценки, естественно, субъективны. Как правило, самый большой балл, который можно получить по данной методике, равен 4,5. Рейтинг в 4,0 балла и выше рассматривается как совсем высокий, соответствующий качеству ТфОП.

Поскольку тесты рекомендации P.800 могут приводить к получению неоднозначных результатов, среди ученых и инженеров нет согласия относительно их применения. Даже сами авторы этой рекомендации предупреждают о некорректности сравнения оценок MOS, полученных в разных условиях. К тому же лексика, рекомендуемая в P.800, дает повод для субъективной интерпретации. Англоговорящие исследователи просят участников оценить качество телефонной связи в терминах: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и «плохо». Проблема состоит в том, что разница между «неудовлетворительным» («poor») и «плохим» («bad») качеством, намного меньше, чем между «неудовлетворительным» («poor») и «удовлетворительным» («fair»). Поэтому данную шкалу оценок нельзя считать равномерной. С изменением лексики изменятся и результаты. Они могут зависеть от национальности участников тестов. Исследования показали, что если итальянцы, оценивая звонок положительно, ставят оценку «хорошо», то американцы – «удовлетворительно».

Но главная проблема использования подхода P.800 заключается в том, что он далек от практической жизни: фирмы-производители стремятся тестировать свои системы в идеальных контролируемых условиях, но в реальной сети качество может оказаться совершенно иным. Дело в том, что по своей природе, сети передачи данных не способны гарантировать постоянное качество обслуживания трафика. В какой-то момент сеть может надежно передавать поток информации, а в следующий – нет, особенно если не предприняты попытки распределить трафик по классам и управлять им.

Принято считать, что решение проблемы можно продвинуть, если осуществить автоматизацию процесса тестирования. Пробы автоматизировать процесс получения оценок MOS делались еще задолго до широкого распространения технологии VoIP. Один из таковых алгоритмов, называемый PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), был закреплен МСЭ-Т в спецификации P.861. Но PSQM, используемый в неких системах тестирования свойств речевой связи, не очень подходит для проверки VoIP-сетей, поскольку не учитывает, в частности, флуктуацию задержки (либо джиттер), часто возникающую в IP-сетях. Меж тем понятно, что даже маленькая задержка между пакетами с речевой информацией вызывает изменение характеристик передаваемого речевого шаблона. В итоге, при сравнении отправленного и принятого шаблона, может быть выставлена некорректная оценка свойств речевой связи.

PSQM позволяет дать оценку качества передачи голоса на уровнях приемлемо или неудовлетворительно. Однако, используя эти оценки, нельзя сравнивать одну систему с другой. Основная польза оценок PSQM заключается в их применении для проведения настройки системы с целью достижения оптимального качества передачи.

Кроме PSQM, для оценки качества передачи речи применяются такие методы, как PSQM+, PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) и PAMS (Perceptual Analysis Measurement System). Эти методы так же основаны на передаче по VoIP-сети особых речевых шаблонов и их последующий сравнительный анализ на приемной стороне сети. Метод PESQ определен в эталоне МСЭ-Т P.862.

Наиболее совершенной системой тестирования качества передачи голоса через пакетные сети является система Hammer VON/VoIP Test System фирмы Hammer Technologies. Эта система содержит наиболее полный набор тестов для оценки качества речевой связи. Она может генерировать большой объём телефонных вызовов, взаимодействовать с системами речевого ответа, проверять прохождение тонов и выдавать оценки PSQM.

Немецкая фирма OPTICOM разработала программный пакет PA&SQM, который поддерживает методики PSQM и PSQM+. В последней, по утверждению представителей OPTICOM, сняты некоторые ограничения, присущие PSQM.

Фирма Sage Instruments разрабатывает дополнительное средство PSQM Voice Quality Assessment, которое позволит в считанные секунды получать оценки PSQM, используя генератор искусственной речи. Это средство должно обеспечить тестирование с помощью «карманного» устройства для простой оценки типа «прошел/не прошел» в полевых условиях. Такие тестеры очень пригодятся инсталляторам систем передачи голоса через пакетные сети.

Алгоритм PESQ представляет собой объективную методику определения качества речевой связи в телефонных системах, которая прогнозирует результаты субъективной оценки качества этого вида связи слушателями-экспертами. Для определения качества передачи речи в PESQ предусмотрено сравнение входного, или эталонного (reference), сигнала с его искаженной (degraded) версией на выходе системы связи. Этот процесс схематично показан в рис. 1.

Результатом сравнения входного и выходного сигналов является оценка качества связи, которая аналогична усредненной субъективной оценке MOS (Mean Opinion Score), определяемой группой слушателей-экспертов согласно спецификации МСЭ-Т P.800. Оценки PESQ калибруются с использованием огромной базы данных оценок MOS.

В PESQ заложено множество новых разработок, что выгодно отличает его от предыдущих алгоритмов оценки качества работы речевых кодеков, например, PSQM и MNB [МСЭ-Т P.861]. Эти инновации дают возможность уверенно использовать PESQ как для определения качества сквозной передачи речи, так и для оценки влияния на качество связи отдельных элементов сетевого оборудования, включая кодеки.

В процессе разработки стандарта PESQ специалисты МСЭ-Т отбирали лучшие методы определения качества речевой связи с точки зрения корреляции даваемых ими результатов с оценками MOS при различных условиях связи, что является гарантией хорошей работы стандартизированного алгоритма при тестировании обычных (фиксированных и мобильных) сетей и систем передачи пакетных данных. Общий принцип использования PESQ представлен на рис. 1.

В алгоритме PESQ учитываются следующие причины ухудшения качества сигнала: искажение его при кодировании, ошибки при передаче, потеря пакетов, время задержки передачи пакетов и флуктуация этого времени, фильтрация сигнала в аналоговых сетевых компонентах. В PESQ не учитывается влияние на качество связи изменений уровня сигнала в сети, наличия эхо-сигнала и круговой задержки (round-trip delay).

На рис. 2 представлен процесс обработки сигналов, проводимый в соответствии с алгоритмом PESQ.

Данный процесс включает в себя следующие стадии.

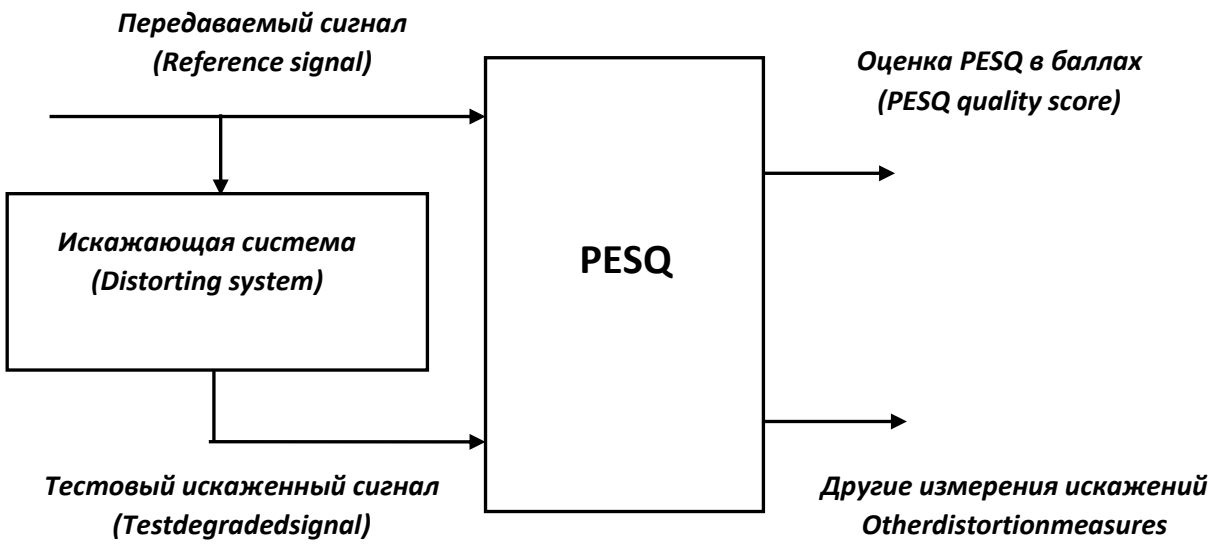

Рисунок 1.

Выравнивание по уровню

Для корректного сравнения входного и выходного речевых сигналов их уровень мощности нужно выравнивать. Это необходимо, поскольку входной сигнал не может быть какого-либо определенного уровня, и коэффициент усиления тестируемой системы неизвестен до проведения испытаний.

В PESQ принято, что уровень прослушиваемого сигнала постоянен и равен 79 дБ SPL в точке ERP (Ear Reference Point) [МСЭ-Т P.830, раздел 8.1.2]. Для доведения до указанного уровня усиливаются оба сигнала – передаваемый и тестовый.

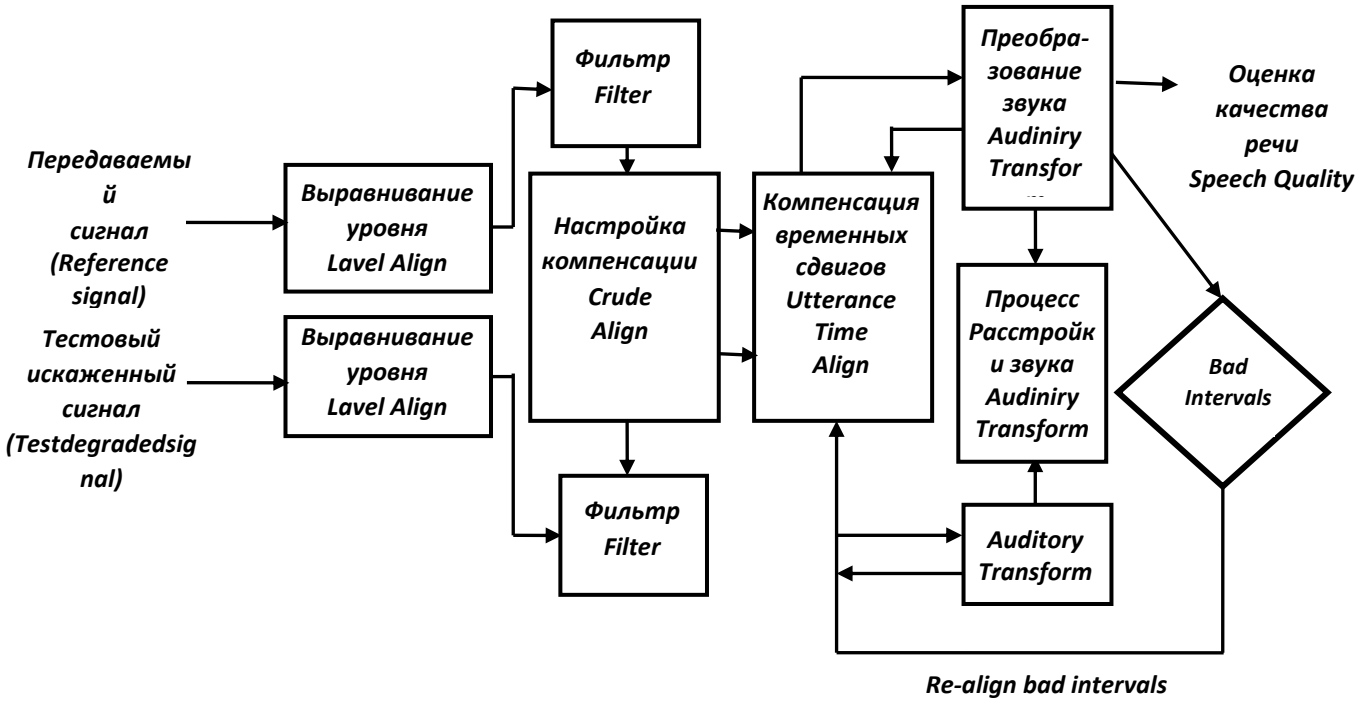

Рисунок 2.

Входное фильтрование

Аналоговые соединения часто в той или иной степени фильтруют передаваемые по ним сигналы. Например, передающая часть телефонной трубки обычно фильтрует речевой сигнал, имея амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), которая похожа на стандартную АЧХ Modified IRS (Intermediate Reference System) [МСЭ-Т Р.830]. Как правило, это допустимо, поскольку такого рода обработка сигнала оказывает меньшее влияние на качество связи, чем искажения сигнала, возникающие при его кодировании. В алгоритме PESQ предусмотрена компенсация любого вида фильтрования, встречаемого в сети.

Выравнивание по времени

В системе связи может иметь место переменная задержка передачи сигналов. Чтобы корректно сравнивать входной и выходной сигналы, они должны быть выровнены относительно друг друга по времени. В PESQ моделируется прослушивание сигнала, а информации о времени задержки последнего в сети в нем нет. Для идентификации речевых частей сигнала и отбрасывания шума в PESQ выявляется голос.

Выравнивание по времени производится в три этапа:

На первом этапе PESQ выравнивает большие фрагменты активной речи, идентифицируемые детектором голоса. Эти фрагменты могут содержать паузы, длительность которых не превышает заранее определенного порогового значения (200 мс). В этом процессе выявляется задержка передачи больших фрагментов выходного сигнала, сравниваемого с входным.

На втором этапе PESQ выравнивает частично совпадающие по времени небольшие участки речи (кадры). Этот процесс выявляет задержку, которая непостоянна в течение передачи большого фрагмента активной речи, в пакетных сетях такая задержка может быть весьма значительной.

Третий этап проводится после операции слухового преобразования. На этом этапе повторно выравниваются так называемые «плохие интервалы» (фрагменты речи с очень большими искажениями). Этот шаг повышает точность работы алгоритма при использовании небольшого числа файлов, при передаче которых, неправильно определяется вариация задержки в ходе первоначального процесса выравнивания по времени.

Слуховое преобразование

Сравнению входного и выходного сигналов предшествует их слуховое преобразование, которое имитирует определенные особенности человеческого слуха. Это дает информацию о воспринимаемой громкости сигнала в зависимости от времени и частоты, представляемую как поверхность восприятия (sensation surface).

Определение параметров искажений.

Разница между восприятием входного и выходного файлов называется поверхностью ошибок (error surface); она указывает на все слышимые различия в звучании этих файлов, появляющиеся в тестируемой системе. Ошибки анализируются с учетом влияния на качество связи тех небольших искажений сигнала, которые не слышны на фоне сигналов большой громкости (эффект маскирования). На основании информации об ошибках рассчитываются два параметра искажений. Этими параметрами являются:

- абсолютные (симметричные) искажения – характеризуют абсолютную слышимую ошибку;
- дополнительные (асимметричные) искажения – характеризуют слышимые ошибки, которые значительно громче входного сигнала.

Таким образом, алгоритм дает два параметра искажений, в которых просуммированы значения ошибок каждого типа. На конечном этапе работы алгоритма данные параметры искажений преобразуются в оценку качества связи, которая является линейной комбинацией средних значений симметричных и асимметричных искажений.

Алгоритм PESQ оценивает качество речи по стандартизированной в телекоммуникационной отрасли пятибалльной шкале – от одного до пяти [МСЭ-Т P.800]. Однако, оценка PESQ не превышает 4,5 поскольку обычно это максимальный показатель, получаемый путем субъективного тестирования по алгоритму MOS.

Оценка PESQ характеризует восприятие пользователями качества связи. Высшая оценка, равная 4,5 означает, что алгоритм не выявил никаких искажений. Разработан ряд альтернативных оценок, которые получаются путем преобразования исходной оценки PESQ и лучше коррелируют с субъективными оценками MOS.

Кроме оценки PESQ, в настоящее время применяются его разновидности PESQ-LQ, P.862.1, P.862.2. Оценка PESQ-LQ основана на той же самой пятибалльной шкале, что и оценка MOS. Оценка PESQ-LQ не превышает 4,5, поскольку алгоритм MOS редко дает более высокий балл. В отличие от стандартной оценки PESQ, оценка PESQ-LQ ближе к субъективной оценке MOS. Целью отдельной рекомендации МСЭ-Т P.862.1 является обеспечение однозначного преобразования оценки PESQ в оценку MOS-LQO. Оценка в соответствии с P.862.1 ближе к субъективной оценке MOS при узкополосной связи.

Целью отдельной рекомендации МСЭ-Т P.862.2 является обеспечение однозначного преобразования оценки PESQ в оценку PESQ-WB. Оценка в соответствии с P.862.2 ближе к субъективной оценке MOS при широкополосной связи.

На рис. 3. представлено преобразование исходной оценки PESQ.

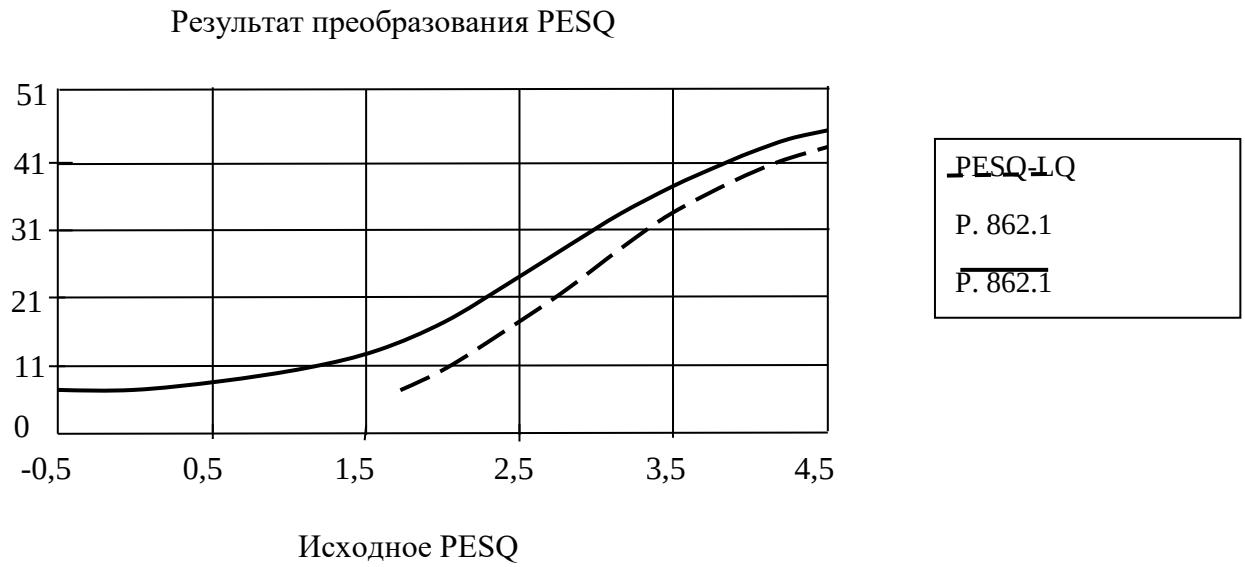

Рисунок 3.

Практика показала, что функция преобразования, представленная в рекомендации МСЭ-Т P.862.1, дает наиболее близкие значения к оценке MOS по методу ACR LQ, определенному в спецификациях МСЭ-Т P.800/P.830. Экспертная оценка MOS варьируется от теста к тесту, но оценка PESQ-LQ является хорошим предсказанием MOS, принимающим во внимание огромное количество экспертных оценок. Результаты, полученные с помощью алгоритма PESQ, будут отличаться от результатов алгоритмов PAMS, PSQM и других. Оценка PESQ – самая точная.

При выполнении тестирования в зависимости от выбора модели, PESQ определяет сам, какой входной фильтр применить. В стандартных узкополосных измерениях по методу PESQ, фильтрации подвергаются входной и выходной сигналы перед их выравниванием по времени и психоакустической обработкой. Используемый фильтр, похожий на модифицированный получающий фильтр IRS, который описан в спецификации P.830, показан на рис. 4. Он аппроксимирует АЧХ обычной телефонной трубки.

Для широкополосных измерений используется фильтр с плоской АЧХ на частотах выше 100 Гц и пологим спадом ниже этой отметки, моделирующий затухание сигнала в трубках и ухе на низких частотах. Характеристики фильтра на частотах до 8 кГц показаны на рис. 5.

При проведении измерений с использованием имитатора головы и торса (HATS), использующих телефонную трубку, стандартный узкополосный входной фильтр применяется к входному сигналу, а к выходному применяется широкополосной фильтр, поскольку запись HATS будет автоматически учитывать гарнитуру.

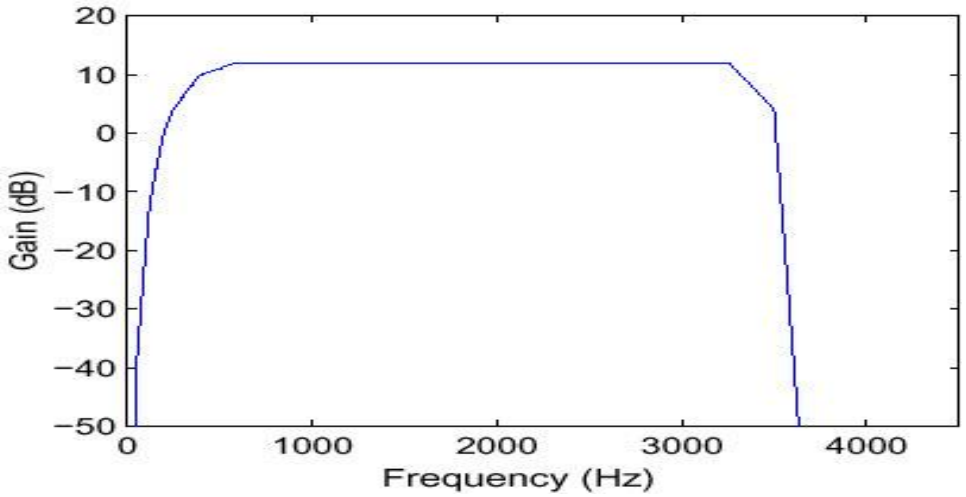

Рисунок 4.

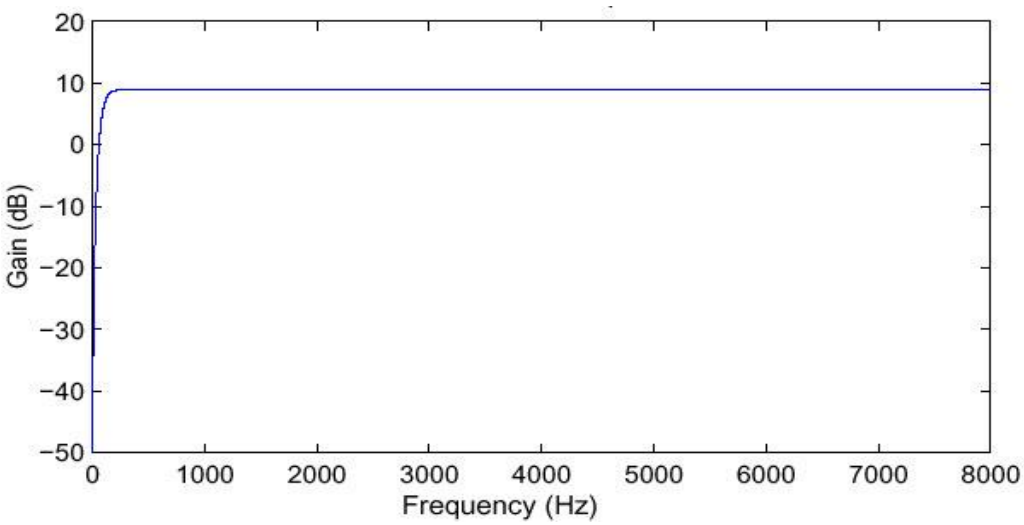

Рисунок 5.

Приведенные материалы позволяют сделать вывод о наличии существенных успехов в решении вопроса автоматизации процесса оценки качества передачи речи в системах телефонии. Однако, практическое применение предложенных алгоритмов операторами связи требует большой работы по их освоению.

Литература

1. МСЭ-ТР.800. Methods for subjective determination transmission quality.
2. МСЭ-ТР.861. Objective quality measurement of telephone-band (300-3400 Hz) speech codecs.
3. МСЭ-ТР.862. Perceptual evaluation of speech quality (PESQ), an objective method for end-to-end speech quality assessment of narrowband telephone networks and speech codecs.
4. Г. Г. Яновский. Оценка качества передачи речи в сетях-IP// Вестник связи, 2008. – № 2. – С. 91 – 94.
5. Курилов О.С. Объективный анализ качества речи в IP- телефонии// Технологии и средства связи, 2002. – № 4. – С. 76 –78.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ АУКЦИОНОВ В СФЕРЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЧС ЗА РУБЕЖОМ

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
Т. А. Суходольская,
ФГУП НИИР,
научный сотрудник,
105064, Москва, ул. Казакова, д. 16,
e-mail: sta@niir.ru

УДК 338.242.4

Аннотация. Одним из способов эффективного распределения радиочастотного спектра является переход к рыночным методам управления его использования (аукционам, конкурсам) на государственном уровне. В статье, авторами дана общая характеристика аукциона как способа распределения радиочастотного ресурса, проведен анализ его достоинств и недостатков, а также проанализирован опыт зарубежных стран в части проведения аукционов, начиная с 2011 года.

Ключевые слова: аукцион, радиочастотный спектр, лицензия на оказание услуг связи, условия, международный опыт.

THE RESULTS AND CHARACTERISTICS OF INTERNATIONAL SPECTRUM AUCTIONS

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,
theHead of the laboratory Research and technology Center (RTC) of EMC Analysis, Ph.D.,
105064, Moscow, Kazakova st., 16,

e-mail: deugene@list.ru
Tatiana Sukhodolskaya,
NIIR,
Researcher,
105064, Moscow, Kazakova st., 16,
e-mail: sta@niir.ru

Annotation. One way of efficient allocation of radio frequency spectrum is the transition to market methods of management (auctions, competitions) on the state level. In the article, the authors give a general description of the auction as the method of radio frequency resource allocation; the analysis of its advantages and disadvantages and analyzed foreign countries experience in the auctions, starting in 2011.

Keywords: auction, spectrum, telecommunication license, conditions, international experience.

Одним из условий либерализации методов управления использования радиочастотных ресурсов в РФ, также, как и во всем мире является переход к регулированию деятельности пользователей РЧС на основе рыночных методов, в частности, на основе проведения торгов, что отражено в Федеральном законе «О связи» и Постановлении Правительства №8 от 12.01.2006 г. «Об утверждении правил проведения торгов (аукционов, конкурсов) на получение лицензии на оказание услуг связи» [1].

Основной целью анализа международного опыта в области проведения аукционов является совершенствование нормативно-правовых актов, обеспечивающих проведение торгов в форме аукционов в сфере распределения РЧС в Российской Федерации на получение лицензий на оказание услуг связи с использованием РЧС в соответствии с современными требованиями рынка и международным опытом.

Распределение права доступа к ограниченному радиочастотному ресурсу посредством аукциона характерно для развитых стран с высоким уровнем конкуренции за доступ к РЧС и позволяет максимизировать доходы бюджета, однако затрудняет применение прямых инструментов государственной политики.

В большинстве стран на торги выставляется лицензия, подтверждающая право пользования ресурсом на определенный период. Преимущественное право продления лицензии, как правило, не предусмотрено. В лицензии определяются параметры используемого РЧС и границы его использования. Ограничения в случае аукционного распределения права пользования ресурсом, как правило, минимальны. Например, сводятся к соблюдению технических требований работы со спектром. Лицензия, купленная с аукциона, может предусматривать возможность ее дальнейшей перепродажи (хотя на перепродажу могут действовать определенные ограничения).

Отдельно следует рассматривать связь между способом распределения ресурса и стимулами к инвестированию в его развитие. Практика показывает, что именно распределение права доступа к ресурсу посредством аукциона наилучшим образом сказывается на объёме инвестиций, но в некоторых случаях может возникать обратный эффект, в литературе называемый «проклятием победителя», когда плата за доступ к ресурсу оказывается для победителя аукциона настолько велика, что средств на инвестирование не остается.

Экономисты сходятся во мнении, что хорошо подготовленные аукционы – это самый эффективный способ распределения ограниченных ресурсов. Эффективность аукционов достигается за счет того, что в них выигрывают претенденты, оценивающие эти ресурсы наиболее высоко и, поэтому, использующие их наиболее эффективно. Основываясь на имеющейся информации, участники рынка проводят свою оценку актива, предлагаемого для продажи. Например, чтобы оценить стоимость спектра, компании прогнозируют будущий спрос, затраты и ожидаемую прибыль. Оценка более опытных/эффективных операторов, вероятно, будет выше, так как они смогут использовать спектр наиболее эффективно.

Тем не менее, нежелательное взаимодействие среди претендентов (сговор) может препятствовать эффективности аукциона. Выбирая формат аукциона, регулятор обязательно должен об этом помнить. Нежелательная координация возникает, когда участники пытаются скрыто или явно скоординировать свои действия таким образом, чтобы избежать увеличения цен.

Если число участников мало, то из-за недостаточной конкуренции, истинная стоимость лицензии вряд ли будет достигнута. Если число претендентов равно количеству лицензий, разница между аукционом и конкурсом для продавца исчезает. Например, на аукционе 3G в Швейцарии было четыре лицензии и всего четыре претендента, которые заплатили стартовую цену. Это эквивалентно выплате взноса за лицензию на конкурсе [2].

К преимуществам аукциона, можно отнести ясность, прозрачность, непродолжительные сроки процедуры, отсутствие субъективного фактора при выборе победителя и, как следствие, снижение риска коррупции и протекционизма в борьбе за спектр. Однако, необходимым условием успешного проведения аукциона должно быть наличие у участников аукциона полной и достоверной информации о частотном ресурсе, выставленном на аукцион. Также необходимо отметить, что формат и способ проведения аукциона существенно влияет на сумму, которую будут готовы заплатить операторы. Способы проведения аукционов, используемые регулирующими органами, могут быть различными в зависимости от того, насколько тот или иной способ соответствует их задачам. Например, лицензии могут быть выставлены на аукцион все одновременно (синхронный аукцион) или одна за одной (последовательный аукцион). Цена на торгах может идти по возрастающей (английский аукцион), либо по убывающей, вплоть до момента, когда один из претендентов первым изъявит желание уплатить очередную названную сумму (голландский аукцион). Цена лицензии может составлять фактическую наибольшую из предложенных сумм или предыдущую названную сумму и так далее.

К недостаткам аукциона относится значительный размер первоначальных инвестиций, возможность монополизации рынка и снижения прибыльности проекта, что соответственно снижает интерес ряда потенциальных инвесторов и операторов к участию в проекте. Кроме того, последствия аукциона могут быть весьма нежелательными, если претендент на получение лицензии, назначая самую высокую цену, переоценивает выгоду приобретенного ресурса.

В некоторых странах используется комбинация конкурса и аукциона, когда на первом этапе проводится конкурсное рассмотрение заявки на предмет её соответствия минимальным установленным требованиям, а на втором – определяется победитель, предложивший максимальный денежный взнос.

Анализ проведения аукционов, начиная с 2011 года, позволил выявить основные результаты и особенности торгов, что приведено в табл. 1.

Таблица 1.

Страна	Дата торгов	Оператор	Полоса (МГц)	Блок	Лицензия/ Обременения
Дания	Декабрь 2010	Ice.Net	430-450	2x3,6 МГц	• первый аукцион за национальную лицензию; • второй аукцион – за одну национальную лицензию и в отдельных регионах; • в выигрыше оказались операторы CDMA2000, так как в этих частотах незаселенные территории можно покрыть небольшим количеством базовых станций и минимизировать капитальные затраты.
			450-479	2x1,25МГц	
				2x1,8 МГц	
Швеция	Февраль 2011	3 Sweden (Hi3G)	791-796/832-837 796-801/837-842	2x5 МГц 2x5 МГц	• лицензии на 25 лет; • все шесть лицензий технологически нейтральны и являются нейтральными в отношении услуг, однако регулятором устанавливаются правила для их приобретения: отдельно для блоков FDD1-FDD5 и отдельно для FDD6; • на пять блоков обычный аукцион, где цена, которую готов заплатить заявитель, является решающей, а лот FDD6 с обременением – обязательство потратить 34,2 млн. евро на покрытие домов и офисов в удаленных районах страны, не имеющих широкополосного доступа: через год 25%, через два года 75%, к концу 2013 г., полностью – к концу 2014 г.; • на лот FDD6 используется необычный комбинированный вид торгов конкурса и аукциона. Сначала операторы назначают
		TeliaSonera	801-806/842-847 806-811/847-852	2x5 МГц 2x5 МГц	
		Net4Mobilily (Telenor и Tele2)	811-816/852-857 816-821/857-862	2x5 МГц 2x5 МГц	

					суммы на покрытие, начиная с минимальной и заканчивая максимальной, достаточной по мнению регулятора, а затем уже аукцион; • существует ограничение на максимально приобретаемую ширину полосы в 2x10 из выставленных 2x30.
	Октябрь 2011	TeliaSonera	1710-1745 МГц; 1805-1840 МГц	2x25 МГц+ 2x10 МГц*	• аукцион с использованием электронных средств; • технологически нейтральные лицензии, чтобы использовать полосу для LTE, при этом продолжая использовать GSM и UMTS, пока есть абоненты; • для действующих лицензиатов был продлен срок действия лицензии с уменьшением объёма спектра. Лицензии стали технологически нейтральными; • на торги были выставлены частоты, на которые уже выданы лицензии. Существующие владельцы сохранят право использовать спектр в том же объеме, но в другом участке диапазона, что обусловлено перераспределением спектра; • лицензии действительны в течение 25 лет.
		Net4Mobilily (Telenor и Tele2)	1745-1780 МГц; 1840-1875 МГц	2x10 МГц+ 2x25 МГц*	
Гонконг	Февраль 2011	SmarTone	832,5-837,5 МГц/ 877,5-882,5 МГц	2x5 МГц FDD	• аукцион как для существующих, так и для новых операторов; • лицензии на 15 лет; • условие покрытия 50% населения через 5 лет.
		Hutchison	885-890 МГц/ 930-935 МГц	2x5 МГц FDD, совместное использование с ж/д службами	

Испания	Май 2011	Orange (France Telecom)	900	2x5 МГц	лицензия на 3 года с обязательной выплатой лицензионного сбора в €126 млн., общее вложение в сеть €433 млн.
		Yoigo (TeliaSonera)	1800	2x5 МГц 2x5 МГц 2x5 МГц	лицензия на 3 года с выплатой лицензионного сбора в €42 млн., общее вложение в сеть €300 млн.
	Июнь 2011	Euskaltel	2600	2x10 МГц	региональная лицензия.
		France Telecom	800	2x10 МГц	национальные лицензии; оператор должен обеспечить услугами широкополосной связи 90% населения к 2020 г.
			2600	2x20 МГц	
		JazzTelecom	2600	5 блоков по 2x10 МГц	региональные лицензии.
		ONO	2600	9 блоков 2x10 МГц	региональные лицензии.
		R	2600	2x10 МГц	региональная лицензия.
		TelecomCLM	2600	2x10 МГц	региональная лицензия.
		Telecable	2600	2x10 МГц	региональная лицензия.
		Telefonica	800	2x10 МГц	национальная лицензия; оператор должен обеспечить услугами широкополосной связи 90% населения к 2020 г.
					национальная лицензия;

			900	2x5 МГц	оператор должен предоставить услуги связи в малонаселенных сельских районах. В качестве компенсации лицензии будут продлены до 2030 года.
			2600	2x20 МГц	национальная лицензия.
		Vodafone	800	2x10 МГц	национальная лицензия; оператор должен обеспечить услугами широкополосной связи 90% населения к 2020 г.
			2600	2x15 МГц	национальная лицензия.
			2600	19 блоков 2x10 МГц	региональные лицензии.
	Ноябрь 2011	Telefonica	900	2x4,8 МГц	национальная лицензия.
		France Telecom	2600	10 МГц (TDD)	национальная лицензия.
		Vodafone	2600	20 МГц (TDD)	национальная лицензия.
		Telecable	2600	10 МГц (TDD)	Астурия (региональная лицензия).
		R	2600	10 МГц (TDD)	Галисия (региональная лицензия).
		Cota	2600	10 МГц (TDD)	Мурсия (региональная лицензия).
		Euskaltel	2600	10 МГц (TDD)	Страна Басков (региональная лицензия).
	Июнь 2011	TelenetTecteoBidcoNV/ SA	1950,1-1964,9 и 2140,1-2154,9	2x14,8 МГц	• организатор аукциона получил предложение цены от кандидата за весь спектр; • четвертый оператор, который выйдет на рынок может выбрать между двумя формами оплаты: сразу и платить ежегодные взносы; • победители должны начать использовать спектр в течение 18 месяцев с момента получения лицензии;

Бельгия					• обязательство предоставить национальный роуминг.
	Ноябрь 2011	Belgacom	2500-2520; 2620-2640	2x20 МГц (FDD)	• лицензии на 15 лет; • несмотря на технологическую нейтральность операторы должны были сообщить о своих планах по использованию полос частот; • обязательств на развертывание нет; • ни одном участнику торгов не разрешено приобретать более 2x20 МГц парного спектра.
		Mobistar	2600	2x20 МГц(FDD)	
		KPN (голландский оператор)	2600	2x15 МГц (FDD)	
		BUCD BVDA	2600	45 МГц (TDD)	
Франция	Сентябрь 2011	France Telecom (Orange)	2600	20 МГц	на 20 лет/ разрешение на работу MVNO в своей сети и развертывание сетей в малонаселенных областях.
		Bouygues Telecom	2600	15 МГц	на 20 лет/ разрешение на работу MVNO в своей сети и развертывание сетей в малонаселенных областях.
		Vivendi (SFR)	2600	15 МГц	на 20 лет/без обязательств.
		Iliad (Free Mobile)	2600	20 МГц	на 20 лет/ разрешение на работу MVNO в своей сети и развертывание сетей в малонаселенных областях.
	Декабрь 2011	Bouygues Telecom	791-801/832-842	2x10 МГц	на 20 лет/ разрешение на работу MVN0 (виртуальные операторы сотовых сетей) в своей сети и развертывание сетей в малонаселенных областях.
		SFR	801-806/842-847 806-811/847-852	2x5 МГц 2x5 МГц	

					на 20 лет/ разрешение на работу MVNO в своей сети и развертывание сетей в малонаселенных областях.
		Orange	811-821/852-862	2x10 МГц	на 20 лет/ разрешение на работу MVNO в своей сети и развертывание сетей в малонаселенных областях; начало действия лицензий ознаменует конец эпохи аналогового ТВ во Франции.
Австралия	Июль 2011	NBN Co	2,3 ГГц	24 лицензии*	
		TelstraCorporationltd	2,3 ГГц	12 лицензии*	
		BKAL Pty	2,3 ГГц	4 лицензии*	
Италия	Август-октябрь 2011	Telecom Italia	800	2x10МГц	• лицензии будут действовать до 2029 г.; • продаваемый спектр приобретался у региональных вещателей, которым планировалось распределить 10% от дохода аукциона в качестве компенсации за высвобождение спектра.
			1800	2x5МГц	
			2600	2x15МГц	
		Vodafone	800	2x10МГц	
			1800	2x5МГц	
			2600	2x15МГц	
		Wind	800 МГц	2x10МГц	
			2600 МГц	2x20МГц	
		H3G	1800	2x5МГц	
			2600	2x10МГц	
			2600	30 МГц(TDD)	
Латвия	Январь 2012	Latvian Mobile Telephone (TeliaSonera)	2500-2520/ 2620-2640	2x20 МГц	лицензии на 15 лет, с 1 января 2014 г.
		Дочерняякомпания TELE2	2520-2540/ 2640-2660	2x20 МГц	лицензии на 15 лет, с 1 января 2014 г.
		BiteLatvija (национальный GSMоператор)	2540-2560/ 2660-2680	2x20 МГц	лицензии на 15 лет, с 1 января 2014 г.
		Baltcom TV	2560-2570/	2x10 МГц	лицензии на 15 лет, с 1 января 2014 г.

			2680-2690		
Швейцария	Февраль 2012	Orange	800 МГц	2x10 МГц	***требования к покрытию*** *<u>для полос частот 800 МГц и 900 МГц</u>*: • обеспечить покрытие не менее 50% населения Швейцарии через свою собственную инфраструктуру к концу 2018 г. (800 МГц), и к концу 2020 г. (900 МГц). *<u>для полос частот 1800 МГц и 2100 МГц (FDD)</u>:* • обеспечить покрытие не менее 25% населения Швейцарии через свою собственную инфраструктуру к концу 2020 г. (1800 МГц) и к концу 2021 г. (2100 МГц (FDD)). Использование приобретенных на данном аукционе полос частот в диапазонах 900 МГц и 1800 МГц без технических ограничений будет гарантировано после переходного периода, который начнется 01.01.2014 г. и продлится от 1 до 2 лет.
			900 МГц	2x5 МГц	
			1800 МГц	2x25 МГц	
			2100 МГц	2x20 МГц	
			2600 МГц	2x20 МГц	
		Sunrise	800 МГц	2x10 МГц	
			900 МГц	2x15 МГц	
			1800 МГц	2x20 МГц	
			2100 МГц	2x10 МГц	
			2600 МГц	2x25 МГц	
		Swisscom	800 МГц	2x10 МГц	
			900 МГц	2x15 МГц	
			1800 МГц	2x30 МГц	
			2100 МГц	2x30 МГц	
			2600 МГц	2x20 МГц	
			2600 МГц	1x45 МГц	
Бразилия	Июнь 2012	TelefonicaBrazil (бренд Vivo)	2,6 ГГц	20 МГц	Для предоставления услуг мобильной связи; Оператора обязали использовать диапазон 450 МГц для оказания услуг связи.
		AmericaMovil (холдинг Claro)	2,6 ГГц	20 МГц	Для предоставления услуг мобильной связи; Оператора обязали использовать диапазон 450 МГц для оказания услуг связи.
		TIM Brasilсовместнос Telecom Italia	2,6 ГГц	10 МГц	+ шесть региональных лицензий, охватывающих сельские районы Парана, Санта-Катарина, Рио-де-Жанейро и Эспириту-Санту.

		Tele Norte LesteParticipacoes (TNL, бренд Oi)	2,6 ГГц	10 МГц	+11 региональных лицензий (Рио-Гранди-ду-Сул, Мату-Гросу-ду-Сул, Мату-Гросу, Гояс и Федеральный округ).
		Sunrise (оператор платного ТВ)			услуги ТВ-вещания в сельских районах штата Сан-Паулу**.
		SkyBrazil (оператор платного ТВ)			услуги связи в городах Сан-Паулу и Рио-де-Жанейро".
Япония	Июнь 2012	NTT DoCoMo	700 МГц	2x10МГц	Спектр будет доступен для коммерческой эксплуатации сетей LTE в 2015 г.
		KDDI	700 МГц	2x10МГц	
		e-Mobile	700 МГц	2x10МГц	
Румыния	Август - Сентябрь 2012	Cosmote Romania	800 МГц	2x5 МГц	Лицензия на 15 лет (с продлением до апреля 2029 г.).
		Vodafone Romania	800 МГц	2x10 МГц	Лицензия на 15 лет (с продлением до апреля 2029 г.).
		Orange Romania	800 МГц	2x10 МГц	Лицензия на 15 лет (с продлением до апреля 2029 г.).
Хорватия	Октябрь 2012	Hrvatski Telekom	800 МГц	2x10МГц	Операторы вносили 40 млн. Евро разово, после чего обязаны вносить ежегодную плату.
		Vipnet	800 МГц	2x10МГц	
Ирландия	Ноябрь 2012	Hutchison 3G	900 МГц	2x5МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
			1800 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2015 гг.
				2x20МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
		Meteor Mobile Communications Ltd.	800 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
			900 МГц	2x5МГц	Срок действия лицензии 2013-2015 гг.
				2x10МГц	Срок действия лицензии 2015-2030 гг.
			1800 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2015 гг.
				2x15МГц	Срок действия лицензии 2015-2030 гг.
		Telefonica Ireland Ltd.	800 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
			900 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
			1800 МГц	2x15МГц	Срок действия лицензии 2015-2030 гг.

		Vodafone Ireland Ltd.	800 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
			900 МГц	2x10МГц	Срок действия лицензии 2013-2030 гг.
			1800 МГц	2x15 МГц	Срок действия лицензии 2013-2015 гг.
				2x25МГц	Срок действия лицензии 2015-2030 гг.
Финляндия	Январь-Сентябрь 2013	-	800 МГц		На торги было выставлено 6 лотов 2x5 МГц каждый. После 9 месяцев торгов аукцион был прекращен, так как торги пошли по кругу. Это произошло, так как у участников была возможность в процессе торгов менять тот лот, на который они делали ставку. При этом его ставки обнулялись.

Анализ международного опыта организации торгов в форме аукциона показал, что нет единого подхода к их организации. В каждой стране есть свои особенности, в зависимости от диапазона частот, выставляемого на торги. Общим для всех является наличие консультационного периода примерно за 1 год до начала торгов, в который проводится обсуждение условий проведения торгов с заинтересованными операторами связи. При проведении таких консультаций, регулятор может публиковать на своем официальном сайте проект организации торгов или ряд вопросов, на которые предлагается ответить операторам, например, согласны ли они с указанным способом формирования стартовой цены. В некоторых странах для оценки спроса на ресурс регуляторы запрашивают у операторов информацию о том, какие участки спектра они хотели бы приобрести и сколько готовы были бы за них заплатить [3-6].

В отдельных странах за несколько месяцев до начала основного, проводился пробный аукцион. По результатам проведения такого аукциона правила основных торгов могли корректироваться.

В большинстве случаев те операторы, которые не имели частот в выставляемом на торги диапазоне, получали преференции от регулятора. Иными словами, в торгах могли участвовать только те участники, у которых нет частот в выставленном на аукцион диапазоне.

Еще одним способом развития конкуренции стало ограничение объёма спектра, который может выиграть один оператор. Когда торги проводились в форме «тактового» аукциона, такое ограничение указывалось в количестве лотов, которые может выиграть один участник. При этом, как правило, на торги выставлялись участки спектра 2×5 МГц, но в результате торгов оператор получал блок не менее 2×10 МГц парного спектра.

Литература

1. Постановление Правительства №8 от 12.01.2006 г. «Об утверждении правил проведения торгов (аукционов, конкурсов) на получение лицензии на оказание услуг связи».
2. Spectrum Auctions Peter Cramton University of Maryland, February 2001.
3. Садилова А. Аукционы 4G в 2011 году// Радиочастотный спектр, 2012. – №3(21). – С. 21 – 23.
4. Таций А. Аукционы. Австралия, Словакия, Чехия, Швеция, Нидерланды, Великобритания, Марокко, Конго, Кения, Южная Африка// Радиочастотный спектр, 2012. – №8(26).
5. Таций А. Аукционы Бразилия, Дания, Румыния, Польша, Норвегия, Ирландия, ОАЭ, Венесуэла, Австралия, Канада, Пакистан, Индия, Япония, Саудовская Аравия// Радиочастотный спектр, 2012. – №7(25).
6. URL http://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/DigitalDividend/DDtoolkit/auctions-summary.html

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ЦЕНЫ ПРЕДМЕТА АУКЦИОНА НА ПОЛУЧЕНИЕ ЛИЦЕНЗИИ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

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
Т. А. Суходольская,
ФГУП НИИР,
научный сотрудник,
105064, Москва, ул. Казакова, д. 16,
e-mail: sta@niir.ru

УДК 338.242.4

Аннотация. Данная статья посвящена описанию и анализу методов определения стартовой цены при проведении аукционов по распределению радиочастотного спектра, которые использовались и/или используются в международной практике. Авторами выделено четыре таких метода: экономико-математическое моделирование, установление условно низкой цены, административный подход и анализ существующего опыта. Рассмотрены достоинства и недостатки каждого из описанных подходов.

Ключевые слова: аукцион, радиочастотный спектр, лицензия на оказание услуг связи, начальная цена, метод определения начальной цены, экономико-математическое моделирование, установление условно низкой цены, административный подход, анализ существующего опыта**.**

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF THE START PRICE DETERMINATION ON FREQUENCY SPECTRUM LICENSES AUCTIONS

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,
theHead of the laboratory Research and technology Center (RTC) of EMC Analysis, Ph.D.,
105064, Moscow, Kazakova st., 16,
e-mail: deugene@list.ru

Tatiana Sukhodolskaya,
NIIR,
researcher,
105064, Moscow, Kazakova st., 16,
e-mail: sta@niir.ru

Annotation. These article analyses methods of determining the start price at spectrum auctions that were\are used in different countries. Authors distinguish four methods: economic-mathematical modeling, comparatively low price setting, administrative approach and the analysis of existing experience. Advantages and disadvantages of these approaches are described.

Keywords: auction, spectrum, telecommunication license, start price, the start price method determining, economic-mathematical modeling, comparatively low price setting, administrative approach, existing experience analysis.

Начальная цена – это минимальная цена, которую придется заплатить участнику торгов за лот. Для всех форматов проведения аукционов она влияет на скорость проведения торгов и количество участников. Стартовая цена должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить участие только серьёзных игроков, но не слишком большой, чтобы не снизить спрос до уровня, когда лоты останутся непроданными.

В международной практике можно выделить четыре возможных подхода к определению начальной цены лицензии на использование радиочастотного спектра [1]:

1. Экономико-математическое моделирование. Предполагает построение бизнес-моделей потенциальных участников. Прирост прибыли оператора от использования дополнительного спектра, полученный по результатам моделирования доходов и затрат операторов, показывает цену, которую готов заплатить оператор за спектр. Это же значение показывает верхнюю границу диапазона возможной стартовой цены.

2. Установление условно низкой цены. Цена устанавливается на минимальном уровне, который позволит обеспечить участие в торгах компаний, имеющих обоснованный бизнес-план, связанный с использованием РЧС.

3. Административный подход. Стартовая цена устанавливается на уровне затрат на управление использованием радиочастотного спектра, выставляемого на торги.

4. Проведение исследований и анализа существующего опыта. Предполагает сбор данных о стартовых ценах и результатах аукционов на частоты в том же диапазоне в других странах и последующую их корректировку для Российской Федерации.

Рассмотрим достоинства и недостатки каждого из этих подходов, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Метод	Достоинства	Недостатки	Примечание
Экономико-математическое моделирование	• позволяет определить стоимость спектра для каждого конкретного пользователя; • информативность.	• бизнес-модели разных пользователей могут сильно отличаться; • сложность реализации; • неопределенность результатов; • конфиденциальность исходных данных.	Для Российской Федерации в связи с ее размерами и разницей в экономическом состоянии отдельных регионов моделирование доходов/затрат операторов будет очень трудоёмким процессом, даже для какой-то одной области электросвязи, например, подвижной связи.
Установление условно низкой цены	• простота; • отсутствие необходимости разработки методики определения стартовой цены; • эффективность распределения спектра; • отсутствие необоснованно завышенных цен.	• невысокий доход при низком спросе; • сговор участников; • не определяет реальной стоимости РЧС.	В Российской Федерации такой подход позволит стимулировать участие в торгах мелких операторов, что приведет к увеличению конкуренции на рынке и будет способствовать эффективности торгов при условии, что за счет правил устранена возможность сговора между компаниями и обеспечено покрытие затрат на управление РЧС.
Административный подход	• минимальный размер стартовой цены; • покрытие затрат регулятора на управление спектром и проведение торгов.	• невысокий доход при низком спросе; • возможен сговор между участниками; • сложность в получении исходных данных; • реальная стоимость спектра может быть гораздо выше.	Такой подход в РФ позволит стимулировать конкуренцию на рынке за счет участия в торгах большего количества компаний, обеспечить покрытие затрат регулятора на управление РЧС и проведение торгов. При использовании данного подхода целесообразно использовать утвержденную Правительством РФ

			Методику установления размеров разовой и ежегодной платы за использование РЧС.
Проведение исследований и анализа существующего опыта	• гибкость подхода; • нет необходимости в получении конфиденциальной информации; • прозрачность; • учитывает разные сценарии спроса; • доступность исходных данных.	• зависимость результата от исходных данных и метода их обработки. Результат зависит от того, за какой промежуток времени, для каких стран, для каких диапазонов взяты исходные данные; • большое количество факторов, влияющих на стоимость спектра в разных странах; • требуется большой объем исходных данных.	В РФ данный метод может использоваться для сравнительной оценки стоимости спектра. Однако при этом важно учитывать факторы, влияющие на нее (стоимость).

Экономико-математическое моделирование

Достоинства:

- Позволяет определить максимум, который готова компания заплатить за спектр. Прирост доходов компании за счет использования спектра по результатам моделирования определяет тот максимум, который она готова заплатить за него.
- Информативность. Данный метод позволяет выявить влияние размера стартовой цены на участников. То есть, он позволяет выявить те категории участников, которые откажутся от участия в торгах при том или ином размере стартовой цены. Кроме того, он позволяет определить вероятность того, что спектр не будет продан.

Недостатки:

- Бизнес-модели разных пользователей могут сильно отличаться. Эта разница становится особенно значимой, когда речь идет о торгах на технологически-нейтральные лицензии. В этом случае ценность спектра для участника зависит от услуг, которые он предполагает предоставлять, и технологии, которую он предполагает использовать. Построение бизнес-моделей может усложняться, когда планируется участие в торгах новых игроков рынка.
- Сложность реализации. Требуется время и люди, чтобы построить бизнес-модель. Задача еще усложняется, когда речь идет об участниках с разными бизнес-моделями.
- Неопределенность полученных результатов.
- Конфиденциальность исходных данных. Большая часть требуемой для построения бизнес-модели информации конфиденциальна, а значит сложно обеспечить прозрачность расчетов.

Установление условно низкой цены (Великобритания, Германия, Норвегия, Швеция, Дания).

Достоинства:

- Простота. Данный метод прост и не требует разработки какой бы то ни было методики установления стартовой цены.
- Эффективность распределения спектра. Имеется в виду, что весь спектр будет продан. А в случае, когда какой-то участок останется непроданным, это произойдет из-за отсутствия спроса (а не потому что спрос упал из-за слишком высокой стартовой цены).
- Регулятор избавлен от претензий по поводу завышения цен.

Недостатки:

- Невысокий доход. Особенно в ситуации, когда спрос низкий.
- Сговор участников. Участникам выгодно договориться до начала торгов или во время первых раундов.
- Не определяет реальной стоимости доступа к РЧС.

Административный подход (США).

Достоинства:

- Минимальный размер стартовой цены. Прирост затрат на управление спектром, указанным в каждой лицензии, определяет нижнюю границу диапазона размера стартовой цены.
- Обеспечивает покрытие затрат на управление использованием РЧС.

Недостатки:

- Невысокий доход при низком спросе.
- Возможен сговор между участниками.
- Сложность в получении исходных данных. Данные о затратах на управление спектром в конкретной полосе частот сложно выделить из общего массива данных о затратах.
- Реальная стоимость спектра может быть гораздо выше.

Проведение исследований и анализа существующего опыта (Индия, Ирландия, Великобритания).

Достоинства:

- Гибкость подхода. Можно использовать разные выборки и методы обработки данных.
- Нет необходимости в получении конфиденциальной информации.
- Прозрачность.
- Учитывает разные сценарии спроса.
- Доступность исходных данных. В свободном доступе имеется большое количество эмпирических данных, которые дают возможность оценить стоимость спектра для пользователя и отразить ее в стартовой цене.

Недостатки:

- Зависимость результата от исходных данных и метода их обработки. Результат зависит от того, за какой промежуток времени, для каких стран, для каких диапазонов взяты исходные данные.
- Большое количество факторов, влияющих на стоимость спектра в разных странах. На стоимость спектра в том или ином диапазоне влияют численность населения, плотность населения, доходы на душу населения, конкуренция на телекоммуникационном рынке, конкуренция в рамках конкретного аукциона, тип спектра, выставленного на торги, технические условия/ограничения лицензий. Все данные факторы важно учитывать при определении стартовой цены для Российской Федерации методом анализа существующего опыта.
- Требуется большой объем исходных данных.

Литература

1. Liberalising the Future use of 900 and 1800 spectrum bands.
2. Assessment of future mobile competition and award of 800 MHz and 2.6 GHz, OFCOM, Statement, 2012.
3. Consultation Paper on Valuation and Reserve Price of Spectrum, Telecom Regulatory Authority of India, 2013.
4. Садилова А. Аукционы 4G в 2011 году// Радиочастотный спектр, 2012. – №3 (21). – С. 21 – 23.