

на правах рукописи

ВИТЧЕНКО
Алексей Александрович

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ
КОНЦЕПЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО ДОМАШНЕГО ОКРУЖЕНИЯ В СЕТЯХ
ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ 3G**

05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург
2003

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.

Научный руководитель: кандидат технических наук,
доцент Данилов Виталий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Яновский Геннадий Григорьевич;
кандидат технических наук,
с.н.с. Юркин Юрий Викторович

Ведущая организация: НТЦ «ПРОТЕЙ»

Защита состоится «___» _____ 2003 г, в _____ часов на
заседании диссертационного совета К 219.004.01 при Санкт-Петербургском
государственном университете телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича по
адресу: 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы и состояние вопроса. Настоящий этап развития телекоммуникаций характеризуется интенсивной разработкой и внедрением в эксплуатацию систем подвижной связи третьего поколения (3G), которые смогут обеспечить своих пользователей более широким спектром дополнительных услуг по сравнению с сетями предыдущих поколений. Начало разработки спецификаций на системы подвижной связи 3G было положено еще в 80-х гг., когда в рамках Международного союза электросвязи (ITU) был сформулирован проект «Перспективной сухопутной мобильной телекоммуникационной системы общего пользования» (FPLMTS). Спустя десять лет в результате сотрудничества ITU с ведущими мировыми институтами по стандартизации были одобрены технические спецификации для систем подвижной связи 3G как IMT-2000. Принятые ITU решения определили ряд фундаментальных подходов к реализации проекта IMT-2000. Первая в мире сеть подвижной связи 3G, соответствующая спецификациям IMT-2000, была запущена в коммерческую эксплуатацию в Южной Корее в октябре 2000 г. Дальнейшее развертывание сетей подвижной связи третьего поколения продолжилось в США, Японии и других странах мира. На начало марта 2003 г. во всем мире в коммерческой эксплуатации находилось уже более 40 сетей подвижной связи 3G, число абонентов которых превысило 45 млн.

В соответствии с рекомендациями сектора стандартизации в области телекоммуникаций Международного союза электросвязи (ITU-T), Европейского института телекоммуникационных стандартов (ETSI), партнерского объединения 3GPP в сетях подвижной связи 3G для обеспечения возможности своим абонентам пользоваться услугами «домашней» сети, находясь за ее пределами — в «визитной» сети, вводится концепция виртуального домашнего окружения (VNE). Вышеуказанные рекомендации предусматривают множество вариантов структурно-функционального построения концепции VNE.

Поскольку существуют различные варианты структурно-функционального построения концепции VNE, на этапе ее проектирования и развития возникает задача выбора того или иного варианта - сценария реализации концепции виртуального домашнего окружения. Для решения поставленной задачи необходимо обладать инструментом, позволяющим оценивать варианты структурно-функционального построения концепции VNE. О важности этой задачи говорит и внимание, уделяемое ей разработчиками оборудования, проектировщиками и операторами подвижной связи, на страницах как отечественных, так и зарубежных печатных и электронных изданий. Но в большинстве публикаций, посвященных данной тематике, чаще приводятся только сами сценарии реализации концепции виртуального домашнего окружения и не делается их анализ. В некоторых работах варианты структурно-функционального построения концепции VNE оцениваются по объему передаваемой сигнальной информации. При этом не уделяется внимание оценке влияния выбора того или иного сценария на качество реализации услуг, а значит, и на степень удовлетворения этими услугами конечным пользователем.

Большое число возможных сценариев реализации концепции VNE, их сложность и сложность их аналитического описания, а также необходимость формализации

вычислительных процедур требуют разработки методов оценки вариантов структурно-функционального построения концепции VHE.

Цель работы и задачи исследования. Целью работы является разработка методов оценки сценариев реализации концепции виртуального домашнего окружения в подвижных сетях связи третьего поколения, которые позволяют определить рациональный вариант структурного и функционального построения концепции VHE по критерию качества реализации услуг и заданных исходных данных. Основными задачами при этом являются:

разработка модели структурно-функционального построения концепции VHE;

разработка методов оценки сценариев реализации концепции виртуального домашнего окружения; расчет параметров нагрузки подвижных сетей связи третьего поколения, участвующих в реализации концепции VHE.

Научная новизна работы заключается в постановке задачи и новизне предмета исследования. При этом новыми результатами являются:

модель структурно-функционального построения концепции VHE, отражающая взаимосвязь компонент подвижных сетей связи третьего поколения, участвующих в реализации этой концепции, и различные варианты распределения функций процесса реализации услуг;

критерий оценки сценариев реализации концепции виртуального домашнего окружения;

метод расчета параметров нагрузки подвижных сетей связи третьего поколения, участвующих в реализации концепции VHE, который позволяет определить интенсивность потока заявок на каждую компоненту;

математическая модель реализации услуг в рамках концепции VHE;

метод оценки времени, затрачиваемого на передачу заявок между компонентами подвижных сетей связи третьего поколения, которые участвуют в реализации концепции VHE;

метод оценки сценариев реализации концепции виртуального домашнего окружения подвижных сетей связи третьего поколения.

Методы исследования. В основу проводимых исследований положены методы теории массового обслуживания, теории телетрафика, теории графов, а также работы В.И. Данилова, Н.С. Чагаева и некоторых других авторов, посвященные исследованию вопросов оценки качества обслуживания вызовов в стационарной телефонной сети. Экспериментальные исследования производились на основе метода имитационного моделирования на ЭВМ.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

разработанные аналитические методы оценки сценариев реализации концепции VHE доведены до форм, пригодных для практического использования;

полученные вероятностно-временные характеристики сценариев реализации концепции VHE могут быть использованы при реальном проектировании сетей подвижной связи 3G;

разработанные имитационные модели дают возможность, наряду с аналитическими методами, производить оценку сценариев реализации концепции VHE.

Вклад автора в решение проблемы. Основные научные положения, теоретические и практические исследования, выводы и рекомендации получены автором

самостоятельно. К ним относятся: метод оценки сценариев реализации концепции VNE; модель структурного и функционального построения концепции VNE; критерий оценки функционирования сценариев реализации концепции виртуального домашнего окружения; метод расчета параметров нагрузки подвижных сетей связи третьего поколения, участвующих в реализации концепции VNE; математическая модель реализации услуг в рамках концепции VNE; метод оценки времени, затрачиваемого на передачу заявок между компонентами подвижных сетей связи третьего поколения, участвующих в реализации концепции VNE; имитационные модели исследования вариантов структурного и функционального построения концепции VNE в сетях подвижной связи 3G.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы обсуждались и были одобрены на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава научных сотрудников и аспирантов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (2002, 2003 гг.), международных телекоммуникационных симпозиумах «Белые ночи в Санкт-Петербурге» (2002, 2003 гг.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в материалах научно-технических конференций, международных симпозиумов, форумов и журналов - всего 12 работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения и одного приложения. Работа содержит 164 страницы текста, включая 37 рисунков, 10 таблиц и библиографический список из 92 наименований.

К защите представлены следующие тезисы:

задержка времени реализации услуги зависит от выбранного варианта структурно-функционального построения концепции виртуального домашнего окружения;

при оценке качества реализации услуг необходимо учитывать структуру сетей, участвующих в реализации концепции VNE, распределение функций процесса реализации услуг между компонентами этих сетей, интенсивность потока заявок на каждую услугу, интенсивность потока заявок на каждую компоненту, дисциплину обслуживания заявок;

реализация разработанных методов, для которых получены аналитические выражения и составлены имитационные модели, позволяет выбирать сценарий реализации концепции VNE по заданному критерию;

при оценке конкретного варианта структурно-функционального построения концепции VNE возможно использование аналитических методов, метода имитационного моделирования, а также их сочетания.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулирована цель работы, перечислены основные научные результаты диссертации, приведены основные положения, выносимые на защиту, пояснены структура и объем диссертации, определены практическая ценность и сведения об апробации работы и кратко изложено ее содержание.

В первом разделе выполнен анализ принципов построения и основных этапов развития систем подвижной связи. Рассмотрены основные подходы, разработанные в

международных органах по стандартизации в области телекоммуникаций к построению систем подвижной связи третьего поколения. Тенденции развития систем подвижной связи свидетельствует о дальнейшей разработке и внедрении в эксплуатацию таких систем. Рассмотрены услуги, предоставляемые в сетях подвижной связи третьего поколения.

Одним из главных преимуществ, предлагаемых сетями подвижной связи, является возможность свободного перемещения абонента из своей зоны в ту или иную из зон, обслуживаемых сетями подвижной связи других операторов. При этом абонент хотел бы сохранить свой персональный набор услуг и в других сетях. В соответствии с нормативами международных органов по стандартизации в области телекоммуникаций в сетях подвижной связи 3G для обеспечения возможности своим абонентам пользоваться услугами «домашней» («поддерживающей») сети, находясь за ее пределами - в «визитной» сети, вводится концепция VNE.

Реализация услуги в сетях подвижной связи 3G происходит посредством выполнения определенной последовательности функций. Под функцией понимается совокупность действий компоненты подвижной сети связи в процессе реализации услуги при однократном обращении к ней. Эти функции могут быть расположены в различных компонентах как «домашней» («поддерживающей»), так и «визитной» сети. При этом в процессе реализации услуги каждая компонента может выполнять одну или более функций. Таким образом, возникает множество вариантов организации структурно-функционального построения концепции VNE.

Так как существуют различные варианты структурно-функционального построения концепции VNE, на этапе ее проектирования и развития возникает задача выбора того или иного варианта. Учитывая вышесказанное, необходимо разработать методы оценки вариантов структурно-функционального построения концепции VNE.

Предложенный подход проведения системного анализа вариантов структурно-функционального построения концепции VNE позволяет выбрать рациональный вариант по заданному критерию.

Во втором разделе осуществлена разработка модели структурного и функционального построения концепции VNE, которая позволяет исследовать сценарии реализации концепции VNE с учетом подчиненности и взаимосвязи подсистем и компонент подвижных сетей 3G, участвующих в ее реализации.

Так как в реализации концепции VNE могут участвовать три сети: «домашняя», «поддерживающая» и «визитная», наиболее удобным представляется эти сети считать равноправными с точки зрения реализации данной концепции. В зависимости от степени участия каждой из компонент в VNE в каждой из этих сетей можно выделить несколько уровней иерархии. В работе структурно-функциональное построение концепции VNE представлено в виде графа $G_{сfn}^{VNE} = (S, E)$. Множество вершин графа соответствуют компонентам вышеуказанных сетей, а его дуги отражают логические связи между ними.

Множество вершин S состоит из подмножеств S^k , причем $S^k \subset S; \bigcup_k S^k = S; S^k = \{S_j^k : j \in J^k\}, k = 1, 2, 3, \dots,$

где S^k - множество компонент сетей, участвующих в реализации концепции VNE на уровне k ; k - номер уровня; J^k - конечное множество значений индексов на уровне k .

Множество дуг E состоит из подмножеств, соединяющих вершины как различных, так и одноименных уровней, причем

$$(E^{k_k} \cup E^{k_{k+1}} \cup E^{k+1_{k+1}} \cup E^{k+1_{k+2}} \cup \dots \cup E^{k+3_{k+4}} \cup E^{k+5_{k+5}}) \subset E,$$

$$E_{ij}^{k_k} = (S_i^k, S_j^k), E_{ij}^{k_{k+1}} = (S_i^k, S_j^{k+1}), \dots, E_{ij}^{k+5_{k+5}} = (S_i^{k+5}, S_j^{k+5}).$$

Реализация вариантов распределения функций по реализации услуг в рамках концепции VHE задается матрицей $\|K^X\|_{R \times I}$, где R - общее число компонент, участвующих в реализации структурно-функционального построения концепции VHE; I - общее число услуг, реализуемых посредством концепции VHE; X - множество возможных вариантов распределения функций для конкретного варианта структуры концепции VHE.

Предложенная модель структурно-функционального построения концепции виртуального домашнего окружения в виде древовидного графа задает множество различных вариантов структурного построения концепции VHE, каждый из которых имеет различные варианты распределения функций по реализации услуг между компонентами и определяет подход к исследованию характеристик различных сценариев реализации концепции VHE.

Основной задачей подвижных сетей связи третьего поколения, как и любых других телекоммуникационных сетей, является обслуживание абонентов с заданными критериями качества. При этом качество реализации услуг в «визитной» сети, также как и в «домашней», должно удовлетворять заданным нормам. В соответствии с этим, в качестве критерия оценки любого сценария реализации концепции VHE предлагается использовать степень его удовлетворения показателям качества реализации услуг.

При реализации услуг в подвижных сетях 3G, согласно рекомендациям ITU-T, может быть использована концепция IN. Нормативные показатели качества реализации услуг для набора IN CS-1 представлены в рекомендациях ITU-T в виде допустимого времени выполнения функций, необходимых для продолжения обслуживания вызова после его приостановки в триггерной точке (t_i^*) при заданном значении ограничения условной вероятности (P^*) и его среднего значения \bar{t}_i^* : $P(\gamma > t_i^*) \leq P^*$; $\bar{t}_i \leq \bar{t}_i^*$. При этом под триггерной точкой понимается такая точка в базовом процессе обслуживания вызова, в которой могут быть обнаружены события, представляющие интерес для логики услуг IN.

В связи с тем, что нагрузка, создаваемая пользователями подвижных сетей 3G, находящихся в «визитной» сети, однозначно не определяет нагрузку на компоненты сетей, которые принимают участие в реализации концепции виртуального домашнего окружения, необходимо разработать методы расчета параметров этой нагрузки.

Интенсивность потока заявок, поступающих в ЧНН на r -ю ($r = \overline{1, R}$) компоненту, при реализации услуг в рамках исследуемого варианта структурно-функционального построения концепции VHE может быть выражена функционалом вида $\Lambda_r^{vhe} = F(\{\lambda_i\}, G_{cfn}^{vhe}, \|K\|_{R \times I})$, где G_{cfn}^{VHE} - граф структурно-функционального построения концепции VHE; $\|K\|_{R \times I}$ - матрица распределения числа обращений (k_{ri}) к

каждой компоненте в процессе реализации i -й услуги; R - общее число компонент, участвующих в реализации исследуемого варианта структурно-функционального построения концепции VHE; I - общее число услуг, реализуемых посредством исследуемого варианта структурно-функционального построения концепции VHE; λ_i - интенсивность потока заявок, поступающих в ЧНН на i -ю услугу ($i = \overline{1, I}$), реализуемую посредством исследуемого варианта структурно-функционального построения концепции VHE.

Параметр λ_i находится как произведение математического ожидания числа абонентов находящихся в «роуминге» и подписавшихся на услугу виртуального домашнего окружения N_{vhe} , на среднее число запросов на i -ю услугу от одного абонента в ЧНН - \overline{C}_i : $\lambda_i = N_{vhe} \overline{C}_i$.

Величина k_{ri} зависит от распределения функций между компонентами как «визитной», так и «домашней» («поддерживающей») сети, т.е. от сценария реализации концепции виртуального домашнего окружения.

Параметр Λ_r^{vhe} определяет только часть нагрузки, поступающей на каждую компоненту, для оценки функционирования компоненты в целом необходимо учесть уже существующую нагрузку на эту компоненту - Λ_r^* . При этом суммарная интенсивность потока заявок, поступающих на r -ю компоненту в ЧНН, - Λ_r может быть выражена как $\Lambda_r = \Lambda_r^{vhe} + \Lambda_r^*$.

Предложенный подход позволяет определить нагрузки на компоненты подвижных сетей связи 3G, которые являются исходными данными для нахождения ВВХ исследуемого сценария реализации концепции VHE.

В третьем разделе разработана математическая модель реализации услуг, позволяющая получить вероятностно-временные характеристики сценариев реализации концепции VHE. Процесс реализации i -й услуги инициируется поступлением заявки на эту услугу и заключается в выполнении цепочки из J функций (фаз), необходимых для ее реализации. При этом каждая компонента исследуемого сценария VHE может участвовать в реализации i -й услуги, выполняя определенное число фаз. Таким образом, процесс реализации i -й услуги можно представить многофазной СМО. При этом каждая компонента представляется в виде однолинейного обслуживающего прибора (ОП) с определенной организацией дисциплины обслуживания. Полученная СМО является J -фазной системой, состоящей из R независимых ОП, функционирование каждого из которых, описывается записью M/D/1.

Задачу оценки ВВХ любого сценария реализации концепции VHE необходимо свести к определению функции распределения времени реализации i -й услуги $H(t_i) = 1 - P(y > t_i)$ и среднего значения этого времени \overline{t}_i . Численные значения следует сравнить с принятыми нормами или с нормами ИТУ-T и определить степень удовлетворения каждого из исследуемых сценариев реализации концепции VHE заданному качеству реализации услуг. На основании полученных результатов может быть сделан выбор в пользу того сценария реализации концепции VHE, который бы при прочих

равных условиях удовлетворял представленным ранее нормам и обеспечивал наименьшую задержку времени реализации услуг. В случае если необходимо привести какой-либо из исследуемых сценариев реализации концепции VHE в соответствие с этими нормами, полученные результаты также позволят выработать рекомендации по изменению соответствующих характеристик компонент таким образом, чтобы заданное качество реализации услуг было достигнуто. Функцию распределения времени реализации i -й услуги для исследуемого сценария реализации концепции VHE можно представить в виде свертки:

$$H(t_i) = H_1^{(k_{i1})}(t_i) \otimes \dots \otimes H_r^{(k_{ir})}(t_i) \otimes \dots \otimes H_R^{(k_{Ri})}(t_i), \quad (1)$$

где k_{rj} - означает, что свертка r - и функции для i -й услуги берется k_{rj} раз.

Для каждого ОП известна функция $H_r(t)$:

$$H_r(t) = \begin{cases} 0, & t \leq \tau_r; \tau_r > 0 \\ 1 - p_r e^{-a_{ri}(t-\tau_r)}, & t > \tau_r; a_{ri} > 0 \end{cases}, \quad (2)$$

где τ_r - взвешенное время обслуживания заявки r -й компонентой;

$$\tau_r = \frac{\sum_{i=1}^I \lambda_i \sum_{j=1}^J \tau_{rij} + p_r^*}{\Lambda_r}; \quad I - \text{общее число услуг реализуемых } r \text{ -м}$$

обслуживающим прибором; J - общее число фаз i -й услуги реализуемое на r -м ОП; Λ_r - интенсивность потока заявок, поступающих на r - ю компоненту;

$p_r = \sum_{i=1}^I \lambda_i \sum_{j=1}^J \tau_{rij} + p_r^*$ - загрузка r -й компоненты; p_r^* - уже существующая загрузка

r -и компоненты; λ_i - интенсивность потока заявок поступающих на i -ю услугу; τ_{rij} -

суммарное время занятия r -го обслуживающего прибора при реализации j -й фазы i -й услуги. Величина τ_{rij} - складывается из задержек на обработку заявки в компоненте $\tau_{rij}^{обп}$

и времени доставки заявки между ОП $\tau_{rij}^{ДС}$. Величина a_{ri} определяется следующим

образом $a_{ri} = \frac{p_r}{W_{ri}}$, где W_{ri} - среднее время ожидания заявки в очереди к r -й

компоненте при реализации ей i -й услуги.

Для (2) получено преобразование Лапласа-Стильтьеса в виде

$$\varphi_r(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} dH_r(t) = e^{-s\tau_r} \frac{s(1-p_r) + a_{ri}}{s + a_{ri}}.$$

Используя свойство свертки функций (преобразование свертки функций равно произведению преобразований этих функций) и преобразование Лапласа-Стильтьеса, (1) представим в следующем виде:

$$\varphi(s) = \prod_{r=1}^{R_i} \varphi_r^{(k_{ri})}(s) = \prod_{r=1}^{R_i} \left(e^{-s\tau_r} \frac{s(1-p_r) + a_{ri}}{s + a_{ri}} \right)^{k_{ri}}$$

Дальнейшие преобразования приводят (1) к виду

$$H(t_i) = \begin{cases} 0, c > t \\ 1 - \sum_{h=1}^n e^{-b_h(t-c)} \sum_{l=0}^{K_h-1} \sum_{q=0}^l \frac{d_{hl}}{b^{l+1-q}} \frac{(t-c)^q}{q!}, c \leq t \end{cases}$$

Среднее время реализации услуги определяется как

$$\bar{t}_i = \sum_{r=1}^R k_{ri} \tau_r + \sum_{r=1}^R \frac{p_r k_{ri}}{a_{ri}}$$

В четвертом разделе проводятся экспериментальные исследования вариантов структурного и функционального построения концепции VHE на ЭВМ. Задачу имитационного моделирования реализации услуг в рамках концепции виртуального домашнего окружения можно свести к постановке эксперимента на ЭВМ, который позволит при заданных условиях определить функциональные зависимости $P(\gamma > t) = f(t)$ и $\bar{t} = f(p)$, условной вероятности времени выполнения функций, необходимых для продолжения обслуживания вызова после его приостановки в триггерной точке и его среднего значения соответственно. Моделировался процесс реализации услуг при числе фаз от 3 до 13. Текст программы имитационной модели написан на языке GPSS. Созданная имитационная модель позволяет наряду с аналитическими методами оценивать сценарии реализации концепции виртуального домашнего окружения по критерию качества реализации услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании теоретических и экспериментальных исследований в работе:

1. Произведен анализ структурно-функционального построения сетей подвижной связи 3G.
2. Разработана модель структурно-функционального построения концепции VHE в виде древовидного графа, которая позволяет исследовать концепцию VHE с учетом подчиненности и взаимосвязи подсистем и компонент подвижных сетей 3G, участвующих в ее реализации.
3. Определен критерий оценки вариантов структурно-функционального построения концепции виртуального домашнего окружения - качество реализации и услуг.
4. Разработан метод расчета параметров нагрузки подвижных сетей связи третьего поколения, участвующих в реализации концепции VHE, позволяющий определить интенсивность потока заявок на каждую компоненту.
5. Разработана математическая модель реализации услуг в рамках концепции VHE.
6. Получены выражения для функции распределения времени реализации услуги и его среднего значения, что позволяет производить выбор варианта структурно-функционального построения концепции VHE, обеспечивающего заданное качество реализации услуг.
7. Получены выражения для оценки среднего времени, затрачиваемого на доставку заявок между компонентами подвижных сетей связи 3G, участвующих в реализации концепции VHE.

8. На основании полученных результатов может быть сделан выбор в пользу того сценария реализации концепции VNE, который бы при прочих равных условиях удовлетворял нормам ITU-T и обеспечивал наименьшую задержку времени реализации услуг. В случае, если необходимо привести какой-либо из исследуемых сценариев реализации концепции VNE в соответствие с этими нормами, полученные результаты также позволят выработать рекомендации по изменению соответствующих характеристик компонент таким образом, чтобы заданное качество реализации услуг было достигнуто.

9. Разработаны и реализованы на ЭВМ имитационные модели реализации услуг в рамках концепции виртуального домашнего окружения, позволяющие наряду с аналитическими методами выбирать сценарий реализации концепции VNE по критерию качества реализации услуг.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Витченко А.А. Формализованное описание концепции виртуального домашнего окружения (VNE) IMT-2000 // 54-я НТК: Тез. докл./ СПбГУТ.-СПб, 2002. С.13.

2. Витченко А.А. Вероятностно-временные характеристики (BBX) функционирования вариантов построения концепции виртуального домашнего окружения (VNE) // 55-я НТК: Тез. докл./ СПбГУТ.-СПб, 2003. С. А.

3. Витченко А.А. Сценарий реализации роуминга услуг в IMT-2000 // 3-я НТК «Техника и технология связи»: Тез. докл./ ОНАС.-Одесса, 2001.

4. Гольдштейн Б.С., Витченко А.А. Предоставление дополнительных услуг в современных и перспективных сетях мобильной связи 2,5G и 3G // 7-й бизнес форум «Мобильные системы»: Тез. докл./М., 2002.

5. Гольдштейн Б.С., Фрейнкман В.А., Витченко А.А. Перспективные услуги сотовых сетей поколений 2,5 и 3G // Мобильные системы. 2002. N5. С. 8-12.

6. Витченко А.А. Услуги обмена сообщениями: на пути к мультимедийности и конвергенции // 3-й Международный телекоммуникационный симпозиум «Белые ночи»: Тез. докл./ СПб, 2002. С.12,13.

7. Витченко А.А., Романов А. MMS - новый шаг в услугах передачи сообщений // Mobile Communication International (RE). 2002. N4. С.22-25.

8. Витченко А.А., Романов А. SIM-меню - инструмент предоставления дополнительных услуг // Mobile Communication International (RE). 2002. N9, С.45-47.

9. Фрейнкман В.А., Овчинников А.В., Витченко А.А. Как расширить возможности SMS-центра//Мобильные системы. 2003. N4. С.64,65.

10. Витченко А.А. Перспективные решения в области «Messaging» и «Customer Care» // 4-й Международный телекоммуникационный симпозиум «Белые ночи»: Тез. докл./ СПб, 2003. С.15-19.

Н.Данилов В.И., Витченко А.А. Методы оценки сценариев реализации концепции VNE в сетях подвижной связи 3G // Электросвязь. 2003. N4. С.41-44.

12.Фрейнкман В. А., Овчинников А.В., Витченко А.А. Как расширить возможности SMS-центра? // Mobile Communications International (RE), 2003. N3. С.61-63.