

УДК 621.391.1; 654.1.021.5

МЕТОД ВЫБОРА СЕТИ СВЯЗИ ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АБОНЕНТСКОГО УСТРОЙСТВА

А.Ю. Гребешков, доцент Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ), к.т.н.; grebeshkov-ay@psuti.ru

Ключевые слова: SDR, BL(MM)-критерий, конфигурация.

Для получения услуги в перспективных сетях связи пользователь может использовать многофункциональное абонентское устройство в виде терминала SDR (Software Defined Radio), работающего на принципе программного управления протоколами и параметрами интерфейсов радиодоступа [1,2,3]. В этих устройствах существует техническая возможность выбирать различные сети связи для получения требуемой услуги. Настоящая статья посвящена разработке метода решения задачи выбора сети.

Постановка задачи исследования. Актуальность выбора сети связи для доступа к услуге обусловлена тем, что современный пользователь может получать одну и ту же услугу, например передачу голосовой информации, с помощью многофункционального абонентского устройства, способного поддерживать радиоинтерфейсы и протоколы различных систем связи, таких как GSM/GPRS/EDGE, UMTS, Wi-Fi, WiMax, LTE. Поэтому при использовании устройства SDR пользователь технологически жестко не «привязан» к конкретной сети определенного стандарта. Выбор в пользу той или иной сети связи, как правило, обусловлен стремлением уменьшить стоимость услуги при сохранении заданных требований к качеству связи. Для выбора сети связи согласно требованиям пользователя необходимо провести анализ и исследование данной ситуации, особенно с учетом таких характеристик сетей с пакетной коммутацией, как задержка пакетов, потери пакетов, джиттер, которые в совокупности оказывают существенное влияние на качество связи. Цель разработки соответствующего метода выбора сети – определение наилучшей сети связи для удовлетворения требований пользователя к качеству связи с учетом имеющихся данных о показателях работы сети.

Следует отметить, что пользователь, как правило, не имеет полной информации о показателях функционирования доступных ему сетей. Поэтому предполагается, что разрабатываемый метод будет реализован в рамках системы эксплуатационной поддержки OSS (Operation Support System) оператора связи, осуществляющей мониторинг, контроль и управление сетью связи.

В целом сети связи, доступные пользователю, как правило, обладают необходимыми показателями функционирования для предоставления требуемой услуги. Однако на сетях имеется неопределенность, обусловленная вероятностным характером значений показателей функционирования сети в момент времени, когда пользователь осуществляет свой выбор. Для решения задачи выбора сети в условиях неопределенности могут быть использованы методы теории принятия решений и методы теории игр [4].

Метод принятия решения по выбору сети. Пусть для предоставления некоторой услуги S пользователю доступны R сетей связи:

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_n\},$$

где $i = \overline{1, n}$ – номер соответствующей сети. Показатели

функционирования каждой сети описываются кортежем $\langle \{P_{R_i}\}, \{Re q_R\} \rangle$, где P_{R_i} представляет собой вектор численных значений размерности k :

$$P_{R_i} = (P_{R_i}^1, P_{R_i}^2, \dots, P_{R_i}^j, \dots, P_{R_i}^k), P_{R_i}^j \geq 0,$$

характеризующий значение показателей функционирования сети R_i . Вектор совокупных требований пользователя $Re q_R$ включает описание требований пользователя к показателям функционирования сети для предоставления услуги S с необходимым качеством. Требования пользователя могут быть заданы в виде граничных значений. Необходимо определить, какая сеть связи в наибольшей степени подходит для оказания услуги S в данный момент времени. Рассмотрим принятие решения по выбору сети на конкретном примере.

Пусть пользователь обладает многофункциональным абонентским устройством с вносимой задержкой менее 50 мс, которое позволяет применять речевые кадры малой длительности и малое число кадров в каждой дейтаграмме IP [5]. Устройство может использовать для передачи голосовой информации различные доступные сети связи. Пусть указанному пользователю доступны для передачи голосовой информации три сети связи: $R = \{R_1, R_2, R_3\}$.

Для каждой сети известны значения задержек при распространении и маршрутизации пакетов информации, которые представлены в виде векторов: $P_{R_1} = (40, 90, 340)$, $P_{R_2} = (30, 80, 330)$, $P_{R_3} = (10, 60, 310)$, все численные значения в мс. Первое из значений $P_{R_i}^1$ в каждом векторе, равное 40, 30 и 10 мс, соответствует высокому классу обслуживания; второе $P_{R_i}^2$ (90, 80 и 60 мс) – среднему классу обслуживания; третье $P_{R_i}^3$ (340, 330 и 310 мс) – доступному классу обслуживания [5]. Пользователю необходимо высокое качество голосовой связи, что соответствует задержкам «из конца – в конец» не более 250 мс т.е. $Re q_R = (250)$. Требуется проанализировать показатели функционирования доступных пользователю сетей связи и выбрать сеть, наилучшим образом соответствующую требованиям пользователя по задержкам.

В терминах теории принятия решений и теории игр выбор той или иной сети определяется полезностью решения или выигрышем для пользователя. В качестве такой полезности или выигрыша будем рассматривать разность между величиной задержки, требуемой пользователю для предоставления услуги передачи голосовой информации 250 мс и каждым элементом векторов $P_{R_1}, P_{R_2}, P_{R_3}$ соответственно. Положительное значение разности означает наличие выигрыша, т.е. соответствие сети требованиям по задержкам, отрицательное значение – наличие проигрыша. Совокупность возможных выигрышей и проигрышей пользователя сведем в табл. 1.

Далее будем рассматривать табл. 1 как матрицу решений $A = \|a_{ij}\|$ размером $m \times n$, где m – количество строк; n – столбцов; элемент a_{ij} соответствует выигрышу пользователя, $i = \overline{1, m}$ (для рассматриваемого примера $m=3$), $j = \overline{1, n}$ (для данного примера $n=3$). Нахождение сети в состоянии, когда пользователь может получить тот или иной выигрыш, зависящий от

Таблица 1

Сеть	$Re q_R - P_{R_i}^1$	$Re q_R - P_{R_i}^2$	$Re q_R - P_{R_i}^3$
R_1	210	160	-90
R_2	220	170	-80
R_3	240	190	-60

класса обслуживания, носит вероятностный характер. Обозначим вероятность состояния сети как q_j , $0 < q_j < 1$, $\sum_{j=1}^n q_j = 1, j = \overline{1, n}$. Значения q_j заранее неизвестны, поэтому примем равновероятный случай, где $q_j = 1/n$. На практике для уточнения значений q_j целесообразно проводить соответствующий мониторинг, измерения и оценки q_j на сети связи, например в соответствии с Рек. МСЭ–Т Q.3911 [6].

Для решения рассматриваемой задачи необходимо определить критерий принятия решения по выбору сети, причем выбор должен осуществляться многократно. Поэтому в качестве такого критерия выбираем BL(ММ)-критерий [7]. Этот критерий является производным от классического критерия Байеса–Лапласа (BL–критерий) и от расширенного минимаксного критерия (ММ–критерий). Достоинство BL(ММ)-критерия – возможность многократного принятия решений, адаптация к изменяющейся ситуации, учет возможного риска принятия решения; недостаток – некоторый субъективизм в отношении выбора границ допустимого риска. Этот субъективизм может быть преодолен в результате неоднократного применения критерия.

В данном случае под границей риска понимается некоторое значение параметра $\varepsilon_{\text{доп}} > 0$, характеризующее допустимое для пользователя отклонение по вносимой сетью задержке в большую сторону. Пусть в нашем случае $\varepsilon_{\text{доп}} = 50$ мс, что соответствует отклонениям от среднего значения задержки передачи пакетов информации для интерактивного трафика [8]. Рассмотрим применение этого критерия.

Определим опорное значение выигрыша в рамках ММ-критерия как $Z_{\text{ММ}}$

$$Z_{\text{ММ}} = \max_i \min_j a_{ij} = a_{i_{\text{opt}}-j_{\text{opt}}}, \quad (1)$$

где $i_{\text{opt}}, j_{\text{opt}}$ – оптимизирующие индексы для имеющихся состояний сети. В рассматриваемом примере (табл. 1) $Z_{\text{ММ}} = -60$. Это минимальный проигрыш пользователя, т.е. лучший из наихудших вариантов.

Допустимые значения задержек с точки зрения пользователя для каждой из сетей в рамках ММ-критерия должны соответствовать условию:

$$a_{i_{\text{opt}}-j_{\text{opt}}} - \min_j a_{ij} \leq \varepsilon_{\text{доп}}. \quad (2)$$

Разность в (2) позволяет определить наихудшие показатели функционирования сети по сравнению с $\varepsilon_{\text{доп}}$. Для матрицы A соответствующие значения разностей по строкам равны 30, 20 и 0 соответственно. Итак, все задержки находятся в рамках сделанного допуска, т.е. показатели функционирования рассматриваемых сетей не хуже ранее сделанного

допуска. Определим наибольший выигрыш пользователя по сравнению с $Z_{\text{ММ}}$, используя условие:

$$\max_j a_{ij} - \max_j a_{i_{\text{opt}}-j} \geq a_{i_{\text{opt}}-j_{\text{opt}}} - \min_j a_{ij}, \quad (3)$$

где $a_{i_{\text{opt}}-j}$ – элементы матрицы A из строки, в которой находится опорное значение выигрыша $Z_{\text{ММ}}$. В нашем примере – это третья строка матрицы A , соответствующая сети R_3 . В итоге условию (3) соответствует только строка 3 в случае, когда правая и левая части неравенства (3) равны 0. Для окончательного принятия решения о выборе сети следует учесть коэффициенты q_j , которые с учетом неравенств (2) и (3) позволяют сформировать множество допустимых решений A , для которых:

$$A := \{a_{i_{\text{opt}}} \in A \wedge a_{i_{\text{opt}}} = \max_i \sum_{j=1}^n a_{ij} \times q_j\} \quad (4)$$

На основании вышеизложенного, дополнив матрицу A тремя столбцами и строкой с q_j в соответствии с формулами (1)–(3), получим таблицу 2.

С учетом ранее введенного значения $\varepsilon_{\text{доп}} = 50$, в рамках BL(ММ)-критерия выбираем сеть R_3 . Следует отметить, что если $P_{R_1} = (20, 80, 300)$, $P_{R_3} = (10, 70, 340)$ и P_{R_2} – не изменится, то с помощью BL(ММ)-критерия выбор будет сделан в пользу сети R_1 . В случае, если ни одна из сетей не удовлетворяет условиям пользователя, то выбор может быть на стороне решения, наиболее близкого к выполнению условия (3).

Особенности реализации метода выбора сети. Как уже отмечалось, при выборе сети связи пользователь в полной мере не обладает технической информацией о способности данной сети обеспечить требуемое качество услуги (QoS). Поэтому реализация предлагаемого метода возможна с помощью внешней по отношению к пользователю системы OSS. В случае, если речь идет о нескольких системах OSS различных операторов, то в рамках рассматриваемого метода эти системы могут взаимодействовать между собой, например с помощью совместно используемой инфраструктуры связи CCI (Common Communications Infrastructure), предложенной TeleManagement Forum [9]. Взаимодействие OSS особенно актуально в условиях, когда услуги связи предоставляются с помощью нескольких взаимодействующих сетей и телекоммуникационных протоколов. Кроме того, указанные системы OSS могут взять на себя вопросы поддержки авторизации, аутентификации и профили услуг пользователя в выбранной сети. Таким образом, выбор сети связи с учетом услуги, требуемой пользователю, является услугой управления.

Услуга управления может предоставляться как в отложенном, так и в реальном масштабе времени. Для предоставления услуги в отложенном времени можно использовать, например, портал пользователя [10]. Для предоставления услуги в реальном времени на абонентском устройстве может запускаться специализированная программа-агент, которая будет формировать запрос на выбор сети и принимать управляющее воздействие от системы OSS. Также возможно

Таблица 2

Сеть	$Re q_R - P_{R_i}^1$	$Re q_R - P_{R_i}^2$	$Re q_R - P_{R_i}^3$	$\sum_{j=1}^n a_{ij} \times q_j$	$Z_{\text{ММ}} - \min_j a_{ij}$	$\max_j a_{ij} - \max_j a_{i_{\text{opt}}-j}$
R_1	210	160	-90	93,2	30	-30
R_2	220	170	-80	103,3	20	-20
R_3	240	190	-60	123,3	0	0
q_j	0,333	0,333	0,333			

решение с применением адаптера сетевого элемента с целью изменения значений параметров настройки абонентского устройства для перехода в новую сеть [11].

Для повышения производительности системы целесообразно использовать техническое решение с выделенным сервером управления конфигурацией [12]. Для сокращения времени реакции системы на сервере управления конфигурацией можно разместить базу данных управления конфигурацией. Это необходимо для оперативного анализа параметров устройства пользователя в процессе принятия решения по выбору сети.

В качестве телекоммуникационного протокола для реализации метода возможно использовать, например, протокол управления конфигурацией TR-069/CWMP, предложенный некоммерческой организацией Broadband Forum. С его помощью возможна автоматическая реконфигурация параметров терминалов пользователя для выбора сети оператора связи с наилучшими характеристиками с учётом вида требуемой услуги. Следует отметить, что протокол TR-069/CWMP может использоваться для управления конфигурацией параметров устройств в фемтосотах [13].

Заключение. Рассмотренный метод принятия решений по выбору сети предполагает использование системы эксплуатационной поддержки оператора связи OSS (Operation Support System). Система OSS, разработанная в соответствии с требованиями Рекомендаций МСЭ–Т серии М.3XXX и Рекомендациями TeleManagement Forum обладает достаточными функциональными возможностями для реализации рассматриваемого метода, особенно в части сбора и анализа информации о показателях функционирования сетей связи.

Предлагаемый метод может применяться в когнитивных сетях [14,15], обладающих способностью к анализу своего функционирования, к автоматическому самоконфигурированию (self-configuration) для адаптации структуры и режимов работы к существующим условиям с помощью динамического изменения параметров конфигурации как сетевого оборудования, так и абонентских устройств. Появление нового пользователя в некоторой сети может рассматриваться как изменение абонентской емкости сети. При этом задачу выбора сети связи может решать не один, а сразу множество пользователей, что порождает ситуацию конфликта при распределении сетевого ресурса. Это особенно характерно для беспроводных сетей доступа. Поэтому в дальнейшем предполагается развитие предложенного метода применительно к нескольким показателям сети, в том числе стоимостным, исследование проблем выбора сети группами пользователей и соответствующее решение задачи распределения сетевых ресурсов; анализ вероятностно-временных характеристик

средств реализации рассматриваемого метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Bard J., Kovarik, Vincent J. Jr.** Software defined radio: the software communications architecture. – England: John Wiley & Sons, Ltd. – 2007. – 383 p.
2. **Burns P.** Software defined radio for 3G. (Artech House mobile communication series). – USA: Artech house, INC. – 2003. – 300 p.
3. **Силин А.** Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ//Беспроводные технологии.– 2007.№2.– С. 22–27.
4. **Cognitive Networks: towards Self-Aware Networks/edited by Qusay H. Mahmoud.** – England: John Wiley & Sons, Ltd. – 2007. – 383 p.
5. **Семенов Ю.В.** Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 240 с.
6. **ITU–T Recommendation Q.3911 Parameters for monitoring voice services in NGN (06/2010).** URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Q.3911-201006-I> (дата обращения: 3.12.2009).
7. **Мушик Э., Мюллер П.** Методы принятия технических решений/ Пер. с нем. Н.В.Васильченко и В.А. Душского. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
8. **Приказ Министерства информационных технологий и связи Российской Федерации от 27 июля 2007 года №113 «Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования», приложение №1.**
9. **GB929. Application Framework (TAM) Map. The BSS/OSS landscapes. Release 4.0. Version 4.1.** URL: http://www.tmforum.org/Community/groups/the_application_framework/downloadfile.aspx?id=frs2089&type=ContributionAttachment&pid=artf2105&r_releaseID=rel1791 (дата обращения: 10.12.2009).
10. **Атчик А., Гольдштейн А.** OSS для IMS//Connect!–2009.– №5.–С. 74–78.
11. **Miyoshi, Yu, Yoshida Atsushi et al.** Automatic NE-adapter Generation by Interface Blending/Diagnosis Methods// Proceedings of 10th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium, APNOPMS 2007 «Managing Next Generation Networks and Services».– Germany: Springer-Verlag.– 2007. – p.82–91.
12. **Гребешков А.Ю.** Управление и технический учёт ресурсов в телекоммуникациях.– М.: ИРИАС, 2008. – 326 с.
13. **Extending TR-069 Management to Femtocell (presentation) Электронный ресурс.** URL: http://www.broadband-forum.org/downloads/BBF_Femto09.pdf (дата обращения: 3.12.2009).
14. **Cognitive Wireless Communications Networks/edited by Ekram Hossain and Vijay Bhargava.** – Springer. – 2008. – 440 p.
15. **White Paper «End-to-End Network Architecture for Cognitive Reconfigurable Mobile Systems».**–2007. URL: https://ict-e3.eu/project/white_papers/e2r/9.E2R11_NetworkArchitecture_White_Paper.pdf (дата обращения: 2.12.2009).

Получено после доработки 26.01.11