

УДК 004.414.22/004.051/519.687.5

В. М. ВАРТАНЯН, В. В. ТУРКИНА

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОБИЛЬНЫХ АБОНЕНТОВ В БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ AD-HOC СЕТЯХ КАК КООПЕРАТИВНАЯ ИГРА

Рассмотрены принципы построения беспроводных сетей, обоснован выбор самоорганизующихся, децентрализованных Ad-hoc сетей как предмета изучения. Показано, что повышение качества обслуживания мобильных абонентов в Ad-hoc сетях достигается при интеграции разнородных технологий беспроводного доступа. Выполнен анализ публикаций, использующих теоретико-игровой подход в задачах построения Ad-hoc сетей. Решена задача формирования, основанных на коалициях теории кооперативных игр, принципов взаимодействия мобильных абонентов в Ad-hoc сетях. Предложено в качестве метода распределения выигрыша игроков (мобильных абонентов) использовать вектор Шепли.

Ключевые слова: беспроводные сети, качество обслуживания, кооперативная игра, мобильный абонент, ресурсы сети, приоритет обслуживания.

Введение

Роль телекоммуникационных систем в современном мире все возрастает, возрастает и объем передаваемой информации. Отрасль телекоммуникаций переживает бурный рост и рождение новых видов связи: интернет, сотовая связь, мобильная спутниковая телефония. В процессе развития перечисленных направлений отрасли уже несколько раз сменились поколения стандартов. Большинство видов связи переходит на цифровые стандарты передачи информации, позволяющие повысить пропускную способность традиционных каналов.

1. Анализ публикаций

На канальном уровне стандартной модели OSI [1] все спецификации беспроводных сетей (БС) 802.11 определяют 2 подуровня: управления логической связью (Logical Link Control, LLC) и управления доступом к носителю (MAC). 802.11 использует тот же LLC и 48-битовую адресацию, что и другие сети 802. Это позволяет легко объединять беспроводные и проводные сети, однако MAC уровень имеет кардинальные отличия, поскольку стандарт 802.11 предусматривает использование полудуплексных приёмопередатчиков, то есть в беспроводных сетях 802.11 станция не может обнаружить коллизию во время передачи. Стандарт IEEE 802.11 определяет два режима работы сети – режим Ad-hoc и клиент/сервер (или режим инфраструктуры – infrastructure mode).

1. Режим Ad-hoc (точка-точка, Peer to Peer, или независимый базовый набор служб, IBSS) – это простая сеть, в которой связь между многочисленными станциями устанавливается напрямую, без использования специальной точки доступа [2]. Такой режим полезен в том случае, если инфраструктура БС не сформирована, либо по каким-то причинам не может быть сформирована. Основными недостатками режима Ad-hoc являются ограниченный диапазон действия возможной сети и невозможность подключения к внешней сети (например, к Интернету). Децентрализованные сети или сети класса Ad-hoc – это сети, создаваемые при необходимости из равнозначных станций без какой-либо заранее развернутой инфраструктуры. Сети Ad-hoc создаются из однотипных устройств и используют распределенное управление, при этом каждая станция находится в зоне непосредственного радиоприема всех остальных станций. Практика требует обеспечения бесперебойной работы этих движущихся станций и расширения зоны покрытия сети. Расширение зоны покрытия сети означает, что некоторые станции связанной сети находятся вне зоны радиоприема друг друга, поэтому для доставки пакетов между ними требуется ретрансляция пакетов через промежуточные станции. Таким образом, расширение зоны покрытия сети приводит к переходу от одношаговой сети к многошаговой.

2. В режиме клиент/сервер БС состоит из, как минимум, одной точки доступа, подключенной к проводной сети, которая выполняет в беспроводной сети роль своеобразного концентратора, и некоторого набора беспроводных оконечных станций. Такая

конфигурация носит название базового набора служб (Basic Service Set, BSS). В режиме BSS все станции связываются между собой только через точку доступа, которая может выполнять также роль моста к внешней сети. Два или более BSS, образующих единую подсеть, формируют расширенный набор служб (Extended Service Set, ESS). В расширенном режиме ESS существует инфраструктура нескольких сетей BSS, причем сами точки доступа взаимодействуют друг с другом, что позволяет передавать трафик от одной BSS к другой.

Сетевые механизмы должны использоваться в комбинации с характеристиками качества обслуживания, формируемыми в зависимости от требований приложений. При разработке архитектуры сетевых механизмов должно учитываться, что различные услуги будут иметь разнообразные требования к качеству связи, то есть характеристикам сети.

Одним из основных понятий в концепции обеспечения требуемого уровня качества обслуживания в современных сетях является соглашение об уровне обслуживания (Service Level Agreement – SLA) [3]. Соглашение SLA представляет собой контракт между пользователем и провайдером услуг/сетевым провайдером [4]. В контракте определяются основные характеристики (профиль) трафика, формируемого в оборудовании пользователя, и параметры качества обслуживания QoS, предоставляемые провайдером.

Модель предоставления интегрированных услуг (IntServ) основана на принципе интегрированного резервирования ресурсов [5]. Модель IntServ была разработана для поддержки приложений реального времени, чувствительных к задержкам. Механизмы, реализующие модель интегрированных услуг, должны обеспечивать взаимодействие всех сетевых устройств для поддержки любого уровня QoS вдоль пути передачи определенного потока пакетов. Механизмы группы IntServ относятся к группе методов, гарантирующих "жесткое" или абсолютное качество обслуживания. Протокол RSVP является наиболее известным представителем группы механизмов интегрированного обслуживания. По существу, RSVP представляет собой протокол сигнализации, в соответствии с которым осуществляется резервирование и управление ресурсами с целью гарантии "жесткого" качества обслуживания. Резервирование производится для определенного потока IP-пакетов перед началом передачи этого потока. Идентификация потока (определение пакетов, принадлежащих одному потоку) осуществляется по специальной метке, размещаемой в основном заголовке каждого пакета IPv6. После резервирования пути начинается передача пакетов данного потока, обслуживаемых на всем межконцевом соединении с

заданным качеством.

Модель предоставления дифференцированных услуг (Differentiated Services, DiffServ) является логическим продолжением работ IETF над архитектурой IntServ. Недостатки, заложенные в самом принципе модели IntServ (жесткие гарантии качества обслуживания, низкий уровень масштабирования) привели к необходимости создания более гибких механизмов обеспечения QoS. Методы DiffServ составляют группу механизмов, которые в отличие от методов IntServ обеспечивают относительное или "мягкое" качество обслуживания.

Основная идея механизмов DiffServ состоит в предоставлении дифференцированных услуг для набора классов трафика, отличающихся требованиями к показателям качества обслуживания [6].

Относительная простота классификации трафика в модели DiffServ и отсутствие механизмов сквозного (end-to-end) резервирования ресурсов определяют широкие возможности применения дифференцированных услуг по сравнению с механизмами IntServ. Такой подход может оказаться эффективным, например, в IP-телефонии, когда множество речевых потоков объединяются в один агрегированный, характеризуемый одинаковыми требованиями к показателям качества обслуживания. Тем не менее, механизмы DiffServ не могут гарантировать такой же уровень QoS, какой можно получить в цифровых телефонных сетях, базирующихся на коммутации каналов (например, в ISDN).

Различные типы беспроводных сетей имеют взаимно дополняющие характеристики, что позволяет искать решение проблем в направлении интеграции разнородных технологий беспроводного доступа. Такая гетерогенная сеть [7, 8] будет состоять из нескольких беспроводных сетей, в том числе Bluetooth и WiFi для локальных зон, WiMAXs для городских районов, сотовых сетей 3G для широких областей, спутниковых и глобальных сетей и т.д.

Гетерогенные беспроводные сети позволяют мобильным пользователям легко и динамически перемещаться между различными технологиями доступа, поэтому большой набор различных ресурсов (особенно радиоресурсов) должен быть доступен в любое время и в любом месте с тем, чтобы поддерживать наиболее оптимальным подключение к сети. Но существующие беспроводные сети характеризуются статическим распределением радиочастотного спектра, ограничивающим взаимодействие пользователя, что ведет к низкой эффективности использования спектра [9, 10].

В настоящее время изучаются возможности использования недорогих Ad-hoc сетей для увеличения пропускной способности и расширения зоны покрытия сотовых сетей поколений 3G и 4G [11].

Известны публикации, в которых задача принятия решения о вертикальной передаче обслуживания в беспроводных гетерогенных сетях рассматривается с позиции теории игр, исследующей модели принятия решений в условиях несовпадения интересов сторон (игроков), когда каждая сторона стремится воздействовать на развитие ситуации в собственных интересах. Игры маршрутизации на сегодняшний день представляют собой не только наиболее развитый, но и очень бурно развивающийся раздел сетевых игр [12], начиная с работы [13], посвященной маршрутизации неделимого трафика.

Частный случай игры в беспроводной сети, состоящей только из приемопередающих пар, рассмотрен в работе [14]. На основе модели сети построена игровая модель, функции полезности в которой выбираются таким образом, чтобы игра сводилась к потенциальной. В статье [15] дано решение задачи выбора мобильным пользователем точки доступа беспроводной сети из нескольких доступных на основе некооперативной игры с равновесием по Нэшу и эгоистичным поведением игроков, выполнен анализ «цены анархии» и устойчивости такой игры. В статье [16] как некооперативная игра рассмотрена задача формирования топологии беспроводной Ad-hoc сети, в которой на плоскости расположены узлы, оснащенные беспроводными передатчиками. Требуется назначить передатчикам такие мощности, чтобы обеспечить связность сети и минимизировать суммарную мощность. Для решения задачи предложено два алгоритма формирования сети, использующих метод двойных наилучших ответов.

В работе [17] рассмотрена задача передачи данных в простой беспроводной сети. Процесс передачи данных моделируется с помощью стохастической (марковской) игры. В работе предлагается система штрафов и вознаграждений пользователям сети для регулирования процесса передачи данных. К сожалению, кооперативное решение, полученное в работе, применимо только для приведенной структуры сети, при изменении структуры сети необходимо заново определять матрицу вероятностей переходов и вектор выигрышей игроков в игровых элементах. Также имеются вычислительные трудности при нахождении обратной матрицы в уравнениях, определяющих математические ожидания выигрышей игроков.

Целью работы является разработка механизма взаимодействия мобильных абонентов в беспроводных самоорганизующихся Ad-hoc сетях, основанного на теории кооперативных игр, что позволит предложить способ взаимовыгодного обмена радиоресурсами.

2. Анализ требований к качеству обслуживания в беспроводных самоорганизующихся Ad-hoc сетях

В соответствии с моделью предоставления дифференцированных услуг, обеспечивающей предоставление пользователям услуг с различными требованиями к QoS по рекомендациям [18, 19] консорциума 3GPP, выделяют 9 типов услуг, которые в зависимости от требований к ресурсам сети делятся на два класса:

- с гарантированной скоростью передачи данных (Guaranteed Bit Rate, GBR);
- без гарантированной скорости передачи данных (Non-GBR).

К услугам с гарантированной скоростью передачи данных относятся услуги реального времени, например, голосовая или видео телефония, игры в режиме реального времени, для которых определено значение минимальной скорости – гарантированная скорость (GBR). Однако при наличии в сети свободных ресурсов, передача данных может осуществляться со скоростью большей, чем минимально установленная. Такая скорость называется максимальной (Maximum Bit Rate, MBR) и зависит от технических характеристик сети и используемых абонентских устройств.

К услугам без гарантированной скорости передачи данных относят услуги, для которых не определено минимальное – гарантированное значение скорости (non-GBR). Скорость передачи может изменяться в зависимости от загрузки сети, поэтому в случае перегрузки происходит потеря пакетов данных. В данном случае управление доступом осуществляется при помощи введения суммарной максимальной скорости передачи данных (Aggregate MBR, AMBR), позволяющей дифференцировать услуги по приоритетам в обслуживании. При этом скорость передачи данных для одного пользователя не может превышать допустимую скорость, установленную, например, для его абонентского устройства (User Equipment AMBR, UE-AMBR), или скорость, определенную характеристиками используемой сети связи (Access Point Name AMBR, APN-AMBR). Примерами услуг без гарантированной скорости являются – электронная почта, просмотр веб-страниц, интерактивные игры.

Одной из важнейших характеристик услуг различных типов является приоритет в обслуживании (Allocation and Retention Priority, ARP), значение которого изменяется в пределах от одного до девяти и позволяет определить будет ли запрос на предоставление услуги принят на обслуживание или будет заблокирован. При этом прием и обслуживание запроса может осуществляться в соответствии с неко-

торыми правилами, зависящими от значения приоритета.

В зависимости от требования, предъявляемого к ресурсам сети, и значения приоритета каждому типу услуг присваивается порядковый номер, называемый идентификатором услуги (QoS Class Identifier, QCI), что позволяет обеспечить одинаковую обработку запросов на предоставление услуг в различных телекоммуникационных сетях [20].

Для услуг с гарантированной скоростью передачи увеличение или уменьшение скорости в пределах от минимального GBR до максимального MBR значения не влияет на среднее время передачи данных. В то время как изменение скорости предоставления услуг без гарантированной скорости передачи влечет за собой изменение среднего времени передачи данных. В связи с этим можно выделить два типа трафика, генерируемого при предоставлении услуг: потоковый и эластичный [21, 22]. Таким образом, услуги с гарантированной скоростью генерируют потоковый трафик, характеризующийся фиксированными скоростью и временем передачи, а услуги без гарантированной скорости генерируют эластичный трафик, характеризующийся фиксированным объемом передаваемых данных и изменяемым временем передачи.

Наличие различных типов услуг, требований, предъявляемых к качеству связи, доступных ресурсов сети у абонентов позволяет сформулировать задачу взаимодействия равнозначных станций в децентрализованной Ad-hoc сети. Целью такого взаимодействия является взаимовыгодный обмен радиоресурсами.

3. Теоретико-игровой подход к организации взаимодействия мобильных абонентов в беспроводных самоорганизующихся Ad-hoc сетях

Рассмотрим ситуацию, когда 2 и более мобильных абонента находятся в зоне взаимной видимости в любой из известных спецификаций беспроводных персональных сетей, например, Bluetooth или Wi-Fi. Предположим, что каждый абонент располагает доступом к глобальной сети (рис. 1).

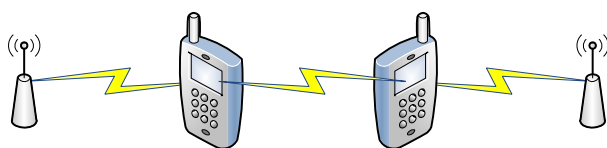


Рис. 1. Схема взаимодействия мобильных абонентов в беспроводных самоорганизующихся Ad-hoc сетях

На содержательном уровне решаемая задача формулируется так: существуют ли выгодные для всех абонентов схемы обмена радиоресурсами, когда выигрыш каждого абонента от доступа к новому каналу превышает затраты, необходимые для организации взаимодействия между абонентами?

Решаемая задача относится к классу кооперативных игр, которые рассматриваются в тех случаях, если игроки (мобильные абоненты в рассматриваемой задаче) могут с целью увеличения выигрыша каждого игрока объединять свои усилия, договариваться между собой о совместных действиях и, таким образом, образовать единую коалицию.

Пусть N – множество всех игроков, $N = \{1, 2, \dots, n\}$, а коалиция S – любое его подмножество. Каждый из игроков может принять участие в любой из возможных коалиций. Образовав коалицию, множество игроков S действует как один игрок против остальных игроков (коалиций), и выигрыш этой коалиции зависит от применяемых стратегий каждым из n игроков. Очевидно, что общее количество коалиций, состоящих ровно из r игроков, равно числу сочетаний из n по r :

$$C_n^r = \frac{n!}{r!(n-r)!}, \quad (1)$$

а общее количество возможных коалиций, включая коалиции из одного игрока, равно:

$$\sum_{r=1}^n C_n^r = 2^n - 1. \quad (2)$$

Таким образом, в задачах анализа взаимодействия мобильных абонентов в беспроводных самоорганизующихся Ad-hoc сетях количество возможных коалиций экспоненциально растет при увеличении числа всех игроков в данной игре. При анализе кооперативной игры необходимо учитывать все возможные коалиции, поэтому трудоемкость экспоненциально возрастает с ростом n .

Характеристической функцией игры называется функция $v(S)$, ставящая в соответствие каждой коалиции S наибольший, уверенно получаемый ею выигрыш. Характеристическая функция $v(S)$ называется простой, если она принимает только два значения: 0 и 1. Если характеристическая функция $v(S)$ простая, то коалиции S , для которых $v(S)=1$, называются выигрывающими, а коалиции S , для которых $v(S)=0$, – проигрывающими.

Если при простой характеристической функции $v(S)$ выигрывающими являются те и только те коа-

лиции, которые содержат фиксированную непустую коалицию R , то характеристическая функция $v_R(S)$ называется простейшей.

Принцип оптимального распределения выигрыша между участниками коалиции основан на векторе Шепли [23]. Согласно данному принципу распределение оптимально, если выигрыш каждого игрока равен его среднему вкладу в благосостояние тотальной коалиции при определенном механизме ее формирования.

Для кооперативной игры рассмотрим некоторое упорядочение множества игроков N . Обозначим через K_i подмножество, содержащее i первых игроков в данном упорядочении. Вкладом i -го по счету игрока называется величина $v(K_i) - v(K_{i-1})$.

Вектором Шепли кооперативной игры называется такое распределение выигрыша, в котором каждый игрок получает математическое ожидание своего вклада в соответствующие коалиции K_i , при равновероятном возникновении упорядочений:

$$\Phi(v) = \frac{1}{n!} \sum_{\tau \in T} x_{\tau}, \quad (3)$$

где n - количество игроков, T - множество упорядочений множества игроков N , x_{τ} - распределение выигрыша, в котором игрок, стоящий на месте i в упорядочении τ , получает свой вклад в коалицию K_i (точка Вебера).

Реализация этого принципа приводит к рассмотрению С-ядра – множеству недоминируемых «вполне устойчивых» дележей кооперативной игры.

Вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, удовлетворяющий условиям индивидуальной и коллективной рациональности, называется дележем в условиях характеристической функции $v(S)$.

Условие индивидуальной рациональности состоит в том, что любой игрок должен получить выигрыш в коалиции не меньше, чем он получил бы, не участвуя в ней (в противном случае он не будет участвовать в коалиции):

$$\forall i \in N, x_i \geq v(i). \quad (4)$$

Условие коллективной рациональности состоит в том, что сумма выигрышей игроков должна соответствовать возможностям:

$$\sum_{i \in N} x_i = v(N). \quad (5)$$

Система $\langle N, v(N), X \rangle$, состоящая из множества

игроков, характеристической функции над этим множеством и множеством дележей, удовлетворяющих соотношениям (4) и (5), называется классической кооперативной игрой.

Дележ X доминирует Y , если существует такая коалиция S , для которой дележ X доминирует Y . Наличие доминирования $X > Y$ означает, что в множестве игроков N найдется коалиция S , для которой X предпочтительнее Y . Соотношение доминирования возможно не для всякой коалиции. Так, невозможно доминирование по коалиции, состоящей из одного игрока или из всех игроков.

Любой дележ из С-ядра устойчив, в том смысле, что ни одна из коалиций не имеет ни желания, ни возможности изменить исход игры.

Для того чтобы дележ X принадлежал С-ядру кооперативной игры с характеристической функцией $v(S)$, необходимо и достаточно, чтобы для любой коалиции S выполнялось неравенство:

$$v(N) \leq \sum_{i \in S} x_i. \quad (6)$$

С-ядро может оказаться пустым, например, когда есть слишком сильные коалиции. Если С-ядро пусто, то требования всех коалиций одновременно не могут быть удовлетворены.

Заключение

В статье решена задача формирования принципов взаимодействия мобильных абонентов в беспроводных самоорганизующихся Ad-hoc сетях. Необходимость такого взаимодействия объясняется наличием различных типов услуг, требований, предъявляемых к качеству связи, доступных ресурсов сети у каждого из абонентов. Целью такого взаимодействия является взаимовыгодный обмен радиоресурсами. Предложено рассматривать обменную схему, основываясь на коалициях теории кооперативных игр, а для распределения выигрыша игроков (мобильных абонентов) использовать вектор Шепли.

Дальнейшим развитием работы является разработка метода обмена радиоресурсами, учитывающего фактические показатели качества обслуживания и затрат на организацию взаимодействия.

Литература

1. Таненбаум, Э. Компьютерные сети [Текст] / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб. : Питер. 2012. – 960 с.
2. Rashvand, H. F. Dynamic Ad-Hoc Networks [Text] / H. F. Rashvand, H.-C. Chao. – London : The

Institution of Engineering and Technology, 2013. – 506 p.

3. AT&T Broadband - Business Edition Service Level Agreements and Terms of Service for Business AT&T U-verse Voice and TV [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.att.com/gen/general?pid=6622>. – 3.06.2015.

4. Герції, О. А. Математичне моделювання та оцінка параметрів якості зв'язку IP-мереж [Електронний ресурс] / О. А. Герції // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер.: Транспортні системи і технології. – 2013. – Вип. 22. – С. 144-151. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Znpdetut_tsit_2013_22_24.pdf. – 23.10.2015 р.

5. Интегрированные информационные системы обеспечения качества и защиты информации [Текст] / В. Н. Азаров, А. В. Вишнеков, Е. М. Иванова, Ю. Л. Леохин, А. В. Олейник, И. В. Прокофьев. – М. : Европейский центр по качеству, 2003. – 384 с.

6. Modeling and Understanding End-to-End Class of Service Policies in Operational Networks [Text] / Yu-Wei Eric Sung, Carsten Lund, Mark Lyn, Sanjay G. Rao, Subhabrata Sen // SIGCOMM'09 Proceedings. – August 2009. – Barcelona, Spain, 2009. – P. 219-230.

7. Ferrus, R. Interworking in Heterogeneous Wireless Networks: Comprehensive Framework and Future Trends [Text] / R. Ferrus, O. Salient, R. Agusti // IEEE Wireless Communication. – April 2010. – P. 22-31.

8. Wang, J. Challenges of CAC in Heterogeneous Wireless Cognitive Networks [Text] / J. Wang, X. Fu // 2012 International Conference on Solid State Devices and Materials Science. – Physics Procedia 25. – 2012. – P. 2218–2224.

9. Котов, В. И. Радиочастотный ресурс: измерение, ценообразование и определение эффективности его использования [Текст] / В. И. Котов // Информационные телекоммуникационные сети. – 2008. – № 3. – С. 23–27.

10. Котов, В. И. Динамическое управление радиочастотным спектром и оценка стоимости радиочастотного ресурса в перспективе перехода на новые технологии [Текст] / В. И. Котов // Информационные телекоммуникационные сети. – 2008. – № 5. – С. 31-35.

11. Massive live video distribution using hybrid cellular and ad hoc networks [Text] / N. M. Do, C. -H. Hsu, J. P. Singh, N. Venkatasubramanian // IEEE International Symposium on World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM). – June 2011. – Lucca, Italy, 2011. – P. 1–9.

12. Новиков, Д. А. Игры и сети [Текст] / Д. А. Новиков // Математическая теория игр и ее приложения. – 2010. – Т. 2, в. 1. – С. 107-124.

13. Papadimitriou, C. H. Worst-Case Equilibria [Text] / C. H. Papadimitriou, E. Koutsoupias // In Proceedings of the 16th Annual Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, Trier, Germany. – Vol. 1563 of Lecture Notes in Computer Sciences. – Berlin : Springer, 1999. – P. 404-413.

14. Ошмарин, Д. В. Распределение канальных ресурсов в сетях когнитивного радио на основе теории игр [Текст] / Д. В. Ошмарин // Бизнес-информатика. – 2010. – № 4(14). – С. 38-45.

15. Cesana, M. Game Theoretic Analysis of Wireless Access Network Selection: Models, Inefficiency Bounds, and Algorithms [Text] / Matteo Cesana, Nicola Gatti, Ilaria Malanchini // In Proceedings of the 3rd International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools, October 20-24 2008, Athens, Greece. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering). – October 2008. – 6 p.

16. Базенков, Н. И. Динамика двойных наилучших ответов в игре формирования топологии беспроводной Ad-hoc сети [Текст] / Н. И. Базенков // Управление большими системами : сб. тр. – М. : ИПУ РАН, 2013. – Вып. 43. – С. 217-239.

17. Парилина, Е. М. Кооперативная игра передачи данных в беспроводной сети [Текст] / Е. М. Парилина // Управление большими системами. Специальный выпуск 31.1 "Математическая теория игр и ее приложения". – М. : ИПУ РАН, 2010. – С. 191-209.

18. 3GPP TS 36.300: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2: Release 11. – 3GPP. – 2012.

19. 3GPP TS 23.401: General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access mode: Release 11. – ETSI 3GPP. – 2012.

20. Media coding for the next generation mobile system LTE [Text] / K. Jarvinen, I. Bouazizi, L. Laaksonen, P. Ojala and A. Ramo // Elsevier Computer Communications. – 2010. – Vol. 1. – P. 1916–1927.

21. Гудкова, И. А. К анализу вероятностных характеристик простейшей модели с потоковым и эластичным трафиком [Текст] / И. А. Гудкова, Е. В. Маркова // Т-Comm – Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – №7. – С. 55-58.

22. Modelling and analysing a dynamic resource allocation scheme for M2M traffic in LTE networks [Text] / V. Y. Borodakiy, I. A. Buturlin, I. A. Gudkova, and K. E. Samouylov // Lecture Notes in Computer Science. – 2013. – Vol. 8121. – P. 420–426.

23. Петросян, Л. А. Теория игр [Текст] / Л. А. Петросян, Н. А. Зенкевич, Е. В. Шевкопляс // СПб : БХВ – Петербург, 2012. – 432 с.

Поступила в редакцію 23.10.2015, рассмотрена на редколлегии 18.11.2015

ВЗАЄМОДІЯ МОБІЛЬНИХ АБОНЕНТІВ У БЕЗДРОТОВИХ САМООРГАНІЗОВАНИХ AD-HOC МЕРЕЖАХ ЯК КООПЕРАТИВНА ГРА

В. М. Вартанян, В. В. Туркіна

Розглянуто принципи побудови бездротових мереж, обґрунтовано вибір самоорганізованих, децентралізованих Ad-hoc мереж як предмета вивчення. Показано, що підвищення якості обслуговування мобільних абонентів в Ad-hoc мережах досягається при інтеграції різномірних технологій бездротового доступу. Виконано аналіз публікацій, що використовують теоретико-ігровий підхід в задачах побудови Ad-hoc мереж. Розв'язано задачу формування, заснованих на коаліціях теорії кооперативних ігор, принципів взаємодії мобільних абонентів в Ad-hoc мережах.

Ключові слова: бездротові мережі, якість обслуговування, кооперативна гра, мобільний абонент, ресурси мережі, пріоритет обслуговування.

INTERACTION OF MOBILE DEVICES IN THE WIRELESS SELF-ORGANIZING AD-HOC NETWORKS AS COOPERATIVE GAME

V. M. Vartanjan, V. V. Turkina

The principles of wireless networks construction are described. The choice of self-organizing, decentralized Ad-hoc networks as a subject of study are grounded. It is shown that improved quality of service of mobile devices in the Ad-hoc networks achieved by integration of heterogeneous wireless access technologies. The analyses of publications, using game-theoretic approach to the problems of constructing the networks Ad-hoc, are performed. The problems of the formation of the principles of the mobile devices interaction in Ad-hoc networks, which are based on coalitions of cooperative game theory, are described. It is proposed as a method of distributing the total gains to the players (mobile devices) using a Shapley value.

Keywords: wireless networks, quality of service, cooperative game, mobile device, network resources, priority of service.

Вартанян Василь Михайлович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. маркетинга, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: vartanyan_vm@ukr.net.

Туркіна Вікторія Валентиновна – аспірант каф. маркетинга, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: viki1361@mail.ru.