

УДК 651.1

А.Н. Дубик

Полтавський військовий інститут зв'язи, Полтава

## РОЛЬ И МЕСТО СРЕДСТВ СВЯЗИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ БУДУЩЕГО

*Проводится анализ перспективных проектов создания высокопроизводительных сетей передачи данных в ходе боевых действий. Дана оценка перспектив роста объемов передаваемых данных по радиоканалам. Приведены направления применения технологии ММО и цифровых антенных решеток в концепции создания мобильных базовых станций. Затронуты особенности систем ММО, выгодно отличающие их от других способов организации связи при реализации данной концепции. Также рассматриваются перспективы развития беспроводных технологий для реализации нужд тактической связи с учетом характеристик военной инфраструктуры.*

### **ММО, ЦАР, цифровая антенная решетка, ARMNNet, FORCEnet**

Информационная насыщенность современных боевых действий превратила информацию в такой же важный вид материального обеспечения войск, как и снабжение боеприпасами, горючим, продовольствием и другими материальными средствами. По взглядам зарубежных аналитиков, необходимость использования в перспективе все возрастающего количества роботизированных боевых средств и, в первую очередь, беспилотных разведывательных и ударных летательных аппаратов порождает серьезную проблему безошибочной передачи огромных информационных массивов. Согласно планам, заявленным в [1], к 2010 г. запланировано переоснащение трети авиапарка боевых самолетов ВВС США на беспилотные и дистанционно управляемые летательные аппараты, а к 2015 г. безэкипажными должны стать около трети применяемых на поле боя наземных боевых средств сухопутных войск США. Осуществляемый в вооруженных силах США переход от телеуправляемых систем к полностью автономным безэкипажным платформам в перспективе имеет целью замену таких автономных платформ на систему роботизированных систем.

С другой стороны, высокая динамичность и быстротечность боевых действий приводит к ускоренному старению собранной огромными усилиями информации, что выдвигает на первый план не менее важную задачу своевременной доставки информационных данных. Для преодоления эффекта “ножниц”, порождаемого несоответствием растущих объемов информационных потоков низкой скорости их доставки потребителям, зарубежные специалисты усиленно ищут новые методы организации тактических сетей телекоммуникаций.

Известно, по меньшей мере, несколько проектов создания высокопроизводительных сетей передачи данных в ходе боевых действий. Отличительной особенностью большинства из них является

широкое использование радиорелейных ретрансляторов сигналов на основе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутниковой связи. В частности, на рис. 1 представлен пример подобной архитектуры боевой сети ARMNNet, концепция которой была разработана университетом UCLA в рамках проекта Minuteman (Multimedia Intelligent Network of Unattended Mobile Agents) [2].

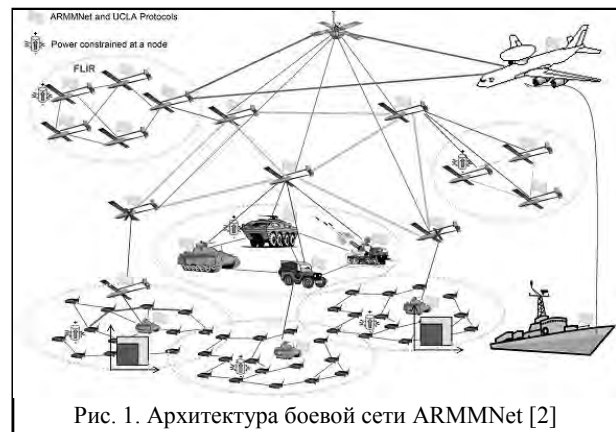


Рис. 1. Архитектура боевой сети ARMNNet [2]

Один из вариантов создания многофункциональной информационно-распределительной системы (Multi-function Information Distribution System, MIDS) в виде глобальной информационной решетки (Global Information Grid, GIG) базируется на интеграции совокупности объединенных тактических систем радиосвязи (JTRS), функционирующих в каждом виде вооруженных сил (рис. 2) [3]. В частности, ключевыми компонентами GIG являются океано-морская, сухопутная и воздушная сетевые группировки. GIG должна стать физической основой единой многофункциональной информационно-управляющей системы C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance), интегрирующей функции управления войсками, оружием, разведкой, радиоэлек-

тронной борьбой, а также связи, навигации, ориентирования и государственного опознавания.

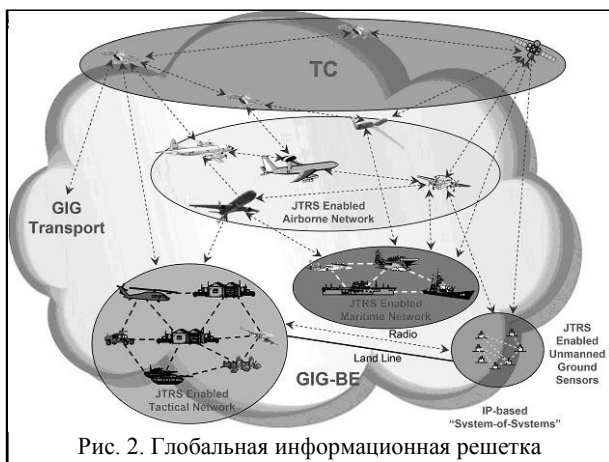


Рис. 2. Глобальная информационная решетка

Океано-морской сегмент глобальной информационной решетки получил наименование FORCEnet. Согласно определению, приведенному в [4], FORCEnet представляет собой операционно обусловленную по архитектуре организационно-техническую структуру, предназначенную для обеспечения ведения боевых действий на море в информационную эру, интегрирующую живую силу, сенсоры, командование и управление, платформы и оружие в сетевую, распределенную боевую силу. Принцип ее функционирования на концептуальном уровне пояснен на рис. 3 [5].

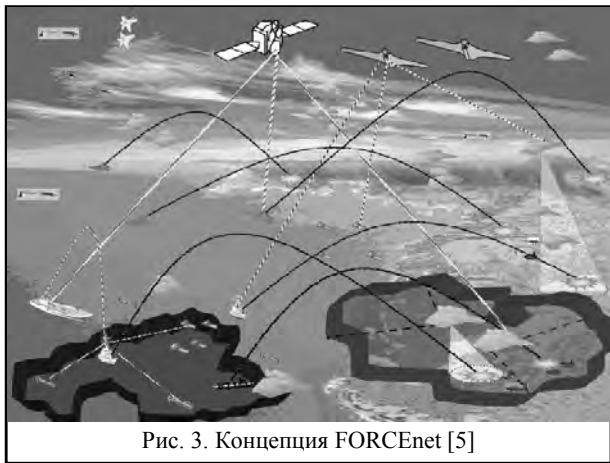


Рис. 3. Концепция FORCEnet [5]

Планом развертывания FORCEnet предусмотрено в 2007 г. удвоение полосы пропускания каналов связи [6], а в 2008 г. – внедрение протокола глобальной адресации IPv6 [7]. Полное же воплощение концепции FORCEnet предполагается поэтапно завершить к 2015–2020 гг., что позволит на тот момент революционно изменить возможности ВМС [8].

Сухопутный сегмент GIG в официальных документах военного ведомства США именуется как LandWarNet и включает интегрированные сети сухопутных войск, сил и средств армейского резерва и

национальной гвардии США. Большое внимание в его развитии уделяется обеспечению обслуживания перспективных боевых средств (Future Combat Systems, FCS), в том числе роботизированных, реорганизации дивизий в "компьютеризированные" соединения. Целью таких изменений является сокращение численности личного состава Сухопутных войск с одновременным ростом их боевой эффективности не только за счет повышения мобильности, но и достижения абсолютного превосходства в информационной сфере. Непременным условием последнего является внедрение протокола IPv6, технологии асинхронной передачи данных ATM (Asynchronous Transfer Mode), мобильных базовых станций, сочетающих радиорелейный режим работы с множественным радиодоступом. После 2010 г. каждый военнослужащий США получит возможность мобильного приема с помощью мультимедийного переносного или карманного компьютера, оснащенного радиотерминалом, видеоданных и графики в любое время суток, в любом месте земного шара.

Наконец, воздушный сегмент GIG, образованный сетевыми интегрированными пилотируемыми и беспилотными летательными аппаратами, спутниками и обслуживающей их наземной инфраструктурой, получил название ConstellationNet. Все три компонента глобальной информационной решетки: FORCEnet, LandWarNet, ConstellationNet тесно взаимосвязаны, имеют единое адресное пространство, взаимно проникают друг в друга, обеспечивая бесшовную проводку абонентов. Столь тесная интеграция в единые сети улучшает ситуативное понимание и взаимодействие сил, повышает эффективность совместного принятия решений и боевого планирования, ведет к лучшей синхронизации действий через увеличенную скорость и качество отдаваемых боевых приказов и распоряжений.

Следует отметить, что подобные ожидания не лишены оснований. Как показывают результаты имитационного моделирования, опыт учений и тренировок [9], применение интегрированных в сети боевых подразделений уже в настоящее время позволяет повысить эффективность выполнения ими своих миссий в 10 - 15 раз, по сравнению с традиционными по структуре войсками. При этом 10-кратно снижаются потери собственных сил и средств. Например, отношение потерь сетевыми интегрированными штурмовой бригады к потерям обороняющегося противника может быть снижено с величины 10:1 до 1:1. Соответственно, для решения задач наступления больше не будет требоваться создание 10-кратного превосходства в силах и средствах, поскольку достаточно обеспечить численность группировки, равную численности обороняющейся стороны.

По оценкам [9], в свое время оснащение истребителя F-15C в рамках проекта JTIDS радиоканалами передачи данных Link-16 в дополнение к голосовому управлению позволило более, чем на 250% увеличить количество уничтожаемых за полет целей. В [10] данная цифра конкретизирована применительно ко времени суток, в частности, выигрыш в количестве успешно атакованных целей составляет 2,61 раза днем и 2,59 раза ночью. Причины такого прироста проиллюстрированы на рис. 4 [9, 10]. Как видно, повышение пропускной способности каналов передачи данных позволило резко сократить время на принятие решения и высвободить его для многократного повторения циклов стрельбы по новым

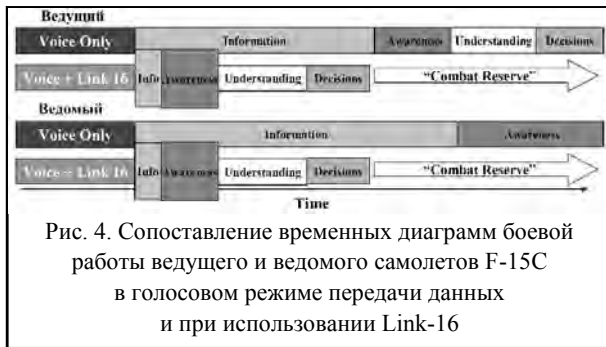


Рис. 4. Сопоставление временных диаграмм боевой работы ведущего и ведомого самолетов F-15C в голосовом режиме передачи данных и при использовании Link-16

целям. В результате беспрецедентно сокращается время боевого реагирования и повышается скорость маневра огнем. Техническое переоснащение бортовых средств связи, осуществляемое ВВС США в рамках создания физического уровня глобальной воздушной сети ConstellationNet, предполагает поэтапное повышение максимальной пропускной способности радиоканалов передачи данных в пределах прямой радиовидимости с запланированного на конец 2007 г. уровня 274 Мбит/с до 548 Мбит/с в 2008 г. и далее – до 2,5 Гбит/с к 2010 г. [11]. В первую очередь, такое повышение скорости передачи данных планируется в отношении радиолиний, связывающих БПЛА с воздушными пунктами управления.

Наглядным примером тенденций в развитии потребностей современных войск в повышении скорости передачи данных являются приведенные в [12] данные о фактических информационных потоках во время операции “Свобода Ирака”. Как видно из рис. 5, иллюстрирующего соответствующие изменения за период с сентября 2001 г. по май 2003 г., произошел скачкообразный рост услуг, предоставленных контингенту войск США, в частности, количество закрытых видеоконференций выросло в 22 раза (с двух до 44 на день), количество логистических запросов превысило 3100 в месяц, что в 17 раз больше первоначального уровня. Максимальные изменения произошли в сфере полевой оптоволоконной связи, где прирост ежесекундного трафика составил 138 раз. Объем потоков данных в единицу времени через каналы спутниковой связи

(SATCOM) поднялся на порядок (до 3,2 Гбит/с), передача данных каналами NIPR/SIPR возросла 6-кратно (до 130 Мбит/с), а суммарный объем переговоров превысил 750 тысяч минут на день, что почти в 40 раз больше уровня 2001 года.

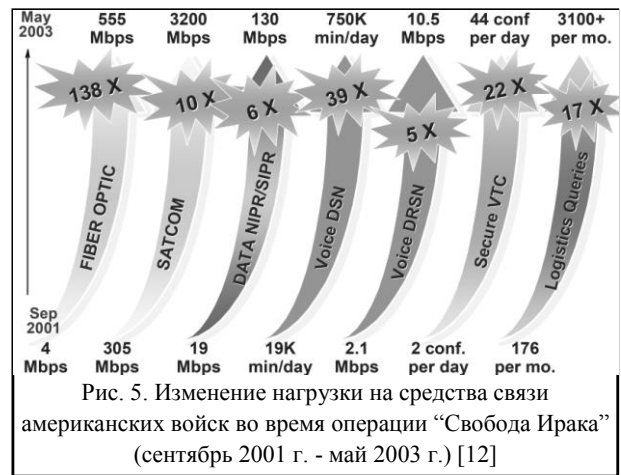


Рис. 5. Изменение нагрузки на средства связи американских войск во время операции “Свобода Ирака” (сентябрь 2001 г. - май 2003 г.) [12]

По прогнозу [13], в боевых действиях 2010 года, в случае возникновения таковых, объем передаваемых данных достигнет 1,5 триллиона слов в минуту, что эквивалентно содержанию всей библиотеки Конгресса США. Для сравнения во вьетнамской войне с появлением спутниковых терминалов SATCOM интенсивность радиообмена составила 100 слов в минуту, а в иракской кампании 1991 г. – около 192 тысяч (с учетом трафика объединенных в сеть компьютеров). Избыток циркулирующих в эфире данных позволит в ближайшем будущем решить задачу “информационного камуфляжа”, что не только затруднит извлечение критически важных данных противником в случае перехвата радиосообщений, но и лишит всякого смысла такой перехват в столь сложной цифровой какофонии.

Учитывая указанные тенденции, в [12] отмечается потребность в создании наземных радиорелейных средств связи, обеспечивающих скорость передачи данных более 100 Мбит/с, а по линиям “наземный терминал – спутник” – до 8 Мбит/с. Такой интенсивный путь развития предпочтительнее экстенсивного роста количества средств связи, имеющих низкую пропускную способность.

На рис. 2 ранее был представлен системный образ перспективной глобальной информационной сети, образованной совокупностью информационных решеток (сетей) театров боевых действий (Theater Grid) [3]. Каждая из них, в свою очередь, состоит из нескольких тактических решеток (Tactical Grid). В основании информационной пирамиды находятся фиксированные решетки (Fixed Grid) стационарной сетевой компоненты и мобильные поверхностные решетки (Surface Grid), реализованные на основе тактической Интернет и JTRS, объединенные в упомянутые тактические решетки,

посредством аэромобильных сетей Link 11, 16, 22. Сюда же входят информационные тактические сети необслуживаемых сенсорных датчиков.

Детальная конкретизация концепций создания мобильных радиосетей предусмотрена в проектах создания сетей типа MANET (mobile ad-hoc networks). В работе [14], к примеру, отмечается, что мобильные радиосети MANET – это динамичная архитектура построения самоорганизующихся боевых сетей случайной топологии, предполагающая отсутствие фиксированных маршрутов передачи информации (рис. 6). Все элементы такой сети могут быть мобильными, в ней реализуется децентрализованный принцип управления, а роль сетевого узла может выполнять любой подключенный к ней терминал, реализующий функции хоста и маршрутизатора информационных пакетов (переносной компьютер, КПК, сенсорное устройство, роботизированное боевое средство и др. объекты, оснащенные радиомодемом).



Рис. 6. Традиционная централизованная структура сети (а) и сеть типа MANET (б)

Согласно [14], к ключевым особенностям современных тактических сетей связи можно отнести:

- чрезвычайно динамичную топологию (мобильные сетевые узлы подвергаются уничтожению и отказам из-за повреждений; каналы радиосвязи не стабильные, имеют переменную дальность связи и спорадическую пропускную способность из-за активного радиоэлектронного противодействия противника, взаимных помех, неблагоприятных условий распространения радиоволн и т.п.);

- ограниченные время выхода в эфир и мощность сигналов радиотерминалов, оснащенных аккумуляторными батареями, вынуждают сокращать время передачи данных, а следовательно, повышать скорость трафика;

- значительная размерность сетей (сотни или тысячи элементов, безотлагательно нуждающихся в одновременном доступе к каналам связи, к примеру, в "компьютеризированной" дивизии США будет насчитываться более 5000 компьютеров [14]).

Мобильные сетевые компоненты MANET призваны обеспечить информационный обмен в указанных специфических условиях в интересах всех войск, действующих в тактической зоне, независимо от их подчиненности и выполняемых задач. Предполагается, что архитектура MANET будет неоднородной, иерархически структурированной в четыре взаимодействующих уровня [14].

Основными из них являются три [14]: мобильные радиосети низшего звена управления; радиосети мобильных базовых станций (МБС), образующих опорную радиорелейную сеть; воздушно-космические магистральные лазерные и радиосети, для реализации которых могут использоваться беспилотные летательные аппараты (БПЛА), воздушные пункты управления, аэростаты и другие стратосферные платформы, а также спутники. Дополнительную нишу, так называемого нулевого уровня, образуют при необходимости сенсорные сети (сети телеметрии), обеспечивающие сбор и передачу разведывательной, радиолокационной и другой информации о противнике на пункты управления войсками и оружием. Как правило, сенсорные платформы будут представлять собой интегрированные устройства, объединяющие датчики-регистраторы множества параметров состояния окружающей среды (радиационных, химических, биологических, акустических, вибрационных, инфракрасных, тепловизионных и т.п.) с соединенными в беспроводную радиосеть микрокомпьютерами-коммутаторами. Нетрудно предположить, что в перспективе именно сенсорные сети будут поглощать львиную долю суммарного трафика в MANET.

В качестве магистрального направления развития физической основы таких сетей в зарубежной печати отмечается безусловное использование интеллектуальных антенных решеток (в отечественной литературе именуется как цифровые антенные решетки) и применение технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output, множественный вход – множественный выход).

Особенно органично данные технологии вписываются в концепцию создания сети мобильных базовых станций (МБС). Как отмечено в [14], функционирование развернутой совокупности МБС должно строиться по принципам мобильной радиосети, а не согласно канонам сотовой или транкинговой связи, при этом главное отличие МБС состоит в использовании направленных антенн. Поскольку именно такие антенны используются в радиорелейной связи, то несложно сделать вывод о том, что по сути сети МБС должны максимально использовать радиорелейный принцип передачи данных. Однако такое его использование предполагается на качественно новой основе, с учетом возможностей, предоставляемых технологиями цифровых антенных решеток (ЦАР).

Принципиально важной является необходимость реализации с помощью таких антенных систем одновременной связи как с наземными абонентами, так и с воздушными ретрансляторами, размещенными на БПЛА. В результате, за счет появления трехмерных альтернативных и независимых маршрутов передачи, может быть повышена надежность

связи между МБС в пределах одной зоны. Именно такой эффект используется в системах ММО, правда за счет пассивных переотражений от естественных предметов, а не активной ретрансляции с помощью БПЛА, которая в этом смысле ранее никем не рассматривалась.

Дальнейшее развитие беспроводных технологий предусматривает интеграцию сетей MANET в качестве составной части гибридных сетей связи четвертого поколения (4G). Дело в том, что опережающее развитие коммерческих сетей и необходимость сокращения бюджетных ассигнований в оборонной сфере ставят на повестку дня в развитых странах мира вопрос внедрения гражданских коммуникационных технологий в военную область. Однако, согласно [14], анализ существующих стандартов и протоколов соговой и транкинговой связи, беспроводных локальных сетей показывает, что их непосредственное применение в тактических системах военной связи было бы крайне неэффективным. Основная причина этого в ориентации гражданских систем на детерминированную структуру сетей, стационарные базовые станции, не приспособленные к обслуживанию сетей с динамической топологией. Поэтому актуальной задачей современной науки является адаптация коммерческих стандартов под нужды тактической связи и поиск новых путей построения их физической основы с учетом уникальных характеристик военной инфраструктуры.

### Список литературы

1. National Defense Authorization Act for Fiscal Year 2001. H.R. 4205, Sec. 220 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dod.mil/dodgc/olc/docs/2001NDAA.pdf>.
2. Mario Gerla. Robust, reliable, adaptive Network and Transport Protocols. The Minuteman Project [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.path.berkeley.edu/PATH/Research/ONR/AUG2001/files/gerla.ppt>.
3. Len Schiavone. Joint Program Executive Office Joint Tactical Radio System (JPEO JTRS). JTRS Overview for CCEB Spectrum Task Force. – 03 May 2006 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://enterprise.nosc.mil/getfile.cfm?contentId=1488&type=R>.
4. Bobby Junker. Future Naval Capability: FORCENet. // 7th Annual Science and Engineering Technology Conference/DoD Technology Exposition. 18 – 20 April 2006. Lake Buena Vista, Florida [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dtic.mil/ndia/2006science/junker.pdf>.
5. Ken Birman. Using Self-Regenerative Tools to Tackle Challenges of Scale. // January 2005 PI Meeting [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tolerantsystems.org/SRSPProgram/SRSPI\\_MeetingPresentations/Ken%20Birman%20Public%20Release.ppt](http://www.tolerantsystems.org/SRSPProgram/SRSPI_MeetingPresentations/Ken%20Birman%20Public%20Release.ppt).
6. Craig Madsen. FORCENet Triad Brief. Acquisition. // FORCENet Engineering Conference. – 15-17 November, 2005 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://enterprise.spawar.navy.mil/getfile.cfm?contentId=512&type=C>.
7. Mark Evans. Navy IPv6 Transition. // FORCENet Engineering Conference. – 28-30 June, 2005 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://enterprise.spawar.navy.mil/getfile.cfm?contentId=345&type=C>.
8. About FORCENet [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://enterprise.spawar.navy.mil/body.cfm?Type=C&category=23&subcat=45>.
9. Fighting the Networked Force: Insights from Network Centric Operations Case Studies. NDIA SE&T Conference Charleston, SC 20 Apr 2005. – Jack “Ripper” Forsythe OSD Office of Force Transformation [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dtic.mil/ndia/2005science/forsythe.ppt>.
10. Kimberly A. Holloman. Network Centric Operations Conceptual Framework. // IT Value in the Netcentric Organization: Integrating Commercial and Military Perspectives, December 9-10, 2003 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://forcenet.navy.mil/concepts/metrics/netcentric-metrics/briefing\\_316\\_holloman-presentation.ppt](http://forcenet.navy.mil/concepts/metrics/netcentric-metrics/briefing_316_holloman-presentation.ppt).
11. Charlie Murray. Leading Airborne Data Comms to the GIG [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: [http://www.tidewaterafcea.org/archives/2006/AFCEA\\_luncheon\\_10Mar06.pdf](http://www.tidewaterafcea.org/archives/2006/AFCEA_luncheon_10Mar06.pdf).
12. Dawn Meyerriecks. NetCentric Warfare: Technology Driven Agility. // Interoperability & Systems Integration Conference. – 22-25 March, 2004 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dtic.mil/ndia/2004interop/Tues/meyerricks.ppt>.
13. Brig. Gen. Marc “Buck” Rogers. Joint Battle Management, Command & Control (JBMC2) Overview. // NDIA-AIAA Interoperability and Systems Integration Conference. – 2004 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dtic.mil/ndia/2004interop/Wed/aiaaj8.ppt>.
14. Романюк В.А. Напрямки розвитку тактичних систем зв'язку // II Науково-технічна конференція ВІТІ. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2004. – С. 23-33.

Поступила в редколлегию 19.03.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.И. Слюсар, Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники Вооруженных Сил Украины, Киев.