

Сравнительный анализ мобильных телекоммуникационных технологий для управления транспортными средствами

В. Ю. Хараев, А.Ф. Ярославцев

В обзоре рассматриваются базовая архитектура и основные телекоммуникационные технологии Интеллектуальных Транспортных Систем (ИТС), перечислены международные инициативы по разработке ИТС. Особенное внимание уделено Европейской архитектуре, как наиболее приемлемой для России. Проведён сравнительный анализ мобильных телекоммуникационных технологий доступа и выявлены их преимущества и недостатки для работы различных приложений ИТС. Сделан вывод о необходимости применения интегрированного решения, включающего в себя работу разнообразных беспроводных технологий, которые могут быть адаптированы к региональным условиям.

Ключевые слова: ИТС, интеллектуальные транспортные системы, мобильные технологии, v2v, CVIS, архитектура, ad-hoc, IEEE 802.11p.

1. Введение

1.1. Назначение интеллектуальных систем управления транспортом

Развитие современного автотранспорта уже невозможно без применения Интеллектуальных Транспортных Систем (ИТС). Интеллектуальные Транспортные Системы, основанные на взаимодействии одного транспортного средства (Vehicle) с другим (V2V) и транспортного средства с дорожной Инфраструктурой (Infrastructure) (V2I), должны обеспечить высокую эффективность и безопасность дорожного движения. ИТС реально увеличивают "временной горизонт", качество и достоверность информации о непосредственной обстановке на дороге, о местоположении других транспортных средств и участниках дорожного движения для обеспечения большей безопасности и мобильности.

Другими словами, Интеллектуальные Системы предоставляют нам информацию о машинах и их расположении на дороге, информацию о дорожных условиях, позволяют оптимизировать и обезопасить движение в дорожной сети, а также ускорить реакцию на дорожные инциденты и аварии.

Интеллектуальная дорожная сеть адаптируется к фактическим изменениям обстановки в реальном режиме времени. Сообщения об интенсивности трафика, инцидентах и авариях становятся доступными для всей сети. На первом этапе ИТС в большей степени будут обеспечивать индивидуальное взаимодействие с машинами, чем управлять усреднённым групповым поведением. ИТС позволят сократить расходы топлива и уменьшить загрязнение окружающей среды за счёт уменьшения времени простоя в пробках и поиска места для парковки. Разработки в об-

ласти ИТС интенсивно ведутся в Европе, США и Японии на основе крупномасштабных национальных программ.

1.2. Зарубежный опыт развития интеллектуальных транспортных систем

В ЕС запущено несколько проектов реализации ИТС. Наиболее важными среди них являются CVIS (Co-operative Vehicle-Infrastructure Systems) [6], COOPERS (Co-operative Systems for Intelligent Road Safety) [2] и Safespot [2]. Для проведения единой политики в области создания и внедрения Интеллектуальных Транспортных Систем Европейский Союз инициировал программу дорожной безопасности – COMeSafety [2]. Крупнейшими интеграционными проектами в США являются CICAS (Cooperative Intersection Collision Avoidance System) [3] и VII (Vehicle Infrastructure Integration Consortium) [3], в Японии – AHSRA (Advanced Cruise-Assist Highway System Research Association) [13] и AVS3 (Advanced Safety Vehicle) [13].

1.3. Опыт развития интеллектуальных транспортных систем в России

В России началом процесса организации национальной ИТС можно считать проведение в апреле 2009 года Первого Российского Международного Конгресса по Интеллектуальным Транспортным Системам [3] при официальной поддержке Государственной Думы и Министерства транспорта РФ. В рамках национальной платформы предполагается системное развитие рынка ИТС в России и структурное взаимодействие с аналогичными международными ассоциациями: ITS-Europe [2], ITS-America [3], ITS-Japan [13] и др. До этого момента работы по разработке различных компонентов ИТС велись разрозненно. Наибольший интерес представляют разработки на базе Московского автомобильно-дорожного института [25] [26], Института безопасности дорожного движения Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета [27].

В ряде городов страны реализация более или менее комплексных ИТС уже ведётся. Однако опыт разработок и внедрения конкретных подсистем и целых ИТС показывает, что реализация аналогичных комплексов на Западе имеет куда большую эффективность, чем в России. Среди основных причин снижения эффективности следует выделить объективные специфические особенности менталитета российского участника дорожного движения. Именно поэтому необходимо говорить о сугубо российской модели (стандарте) построения ИТС.

Российский опыт построения интеллектуальных систем основывается на том, что в основе ИТС должны быть обязательно автоматизированные системы управления дорожным движением, т.е. – АСУДД [26]. Исполнительными элементами АСУДД являются светофоры и управляемые дорожные знаки, т.е. те технические элементы, которые принято относить к директивным методам управления транспортными потоками. Таким образом, основная работа при построении российских ИТС должна быть сосредоточена на снижении числа нарушителей на дорогах и только после этого возможны проектные работы по функциональным подсистемам ИТС. Иначе говоря, если не в основе, то одной из наиболее важных подсистем ИТС в России должна стать подсистема контроля за соблюдением правил дорожного движения.

Учитывая приведённый опыт исследований, необходимо сделать вывод о том, что в российской практике построения ИТС может применяться западное передовое оборудование, но для построения технологических интеллектуальных надстроек необходимо опираться на результаты изучения поведенческих особенностей участников дорожного движения как ответной реакции транспортного потока на работу подсистем ИТС. В противном случае существует риск низкоэффективного вложения больших денежных средств в заведомо неживую систему.

2. Базовая архитектура и телекоммуникационные технологии интеллектуальных транспортных систем

Существуют три основных базовых архитектуры: европейская, американская и международной организации стандартов (МОС). Для российских интеллектуальных транспортных систем по ряду практических соображений целесообразной является европейская архитектура (из Резолюции Первого Российского Международного Конгресса по Интеллектуальным Транспортным Системам [5]).

2.1. Европейская системная архитектура на примере проекта CVIS

Кооперативная автомобильно-придорожная система CVIS (Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems) [6] – это главный исследовательский проект в области ИТС в Европе. CVIS развивает проект создания автомобильного маршрутизатора, использующего разнообразные коммуникационные технологии, включая сотовую связь [10], технологию беспроводных локальных сетей (WLAN) [1], коротковолновую передачу на близкие расстояния (DSRC) [11] или инфракрасное излучение [9] для непрерывной связи транспортных средств с придорожным оборудованием и серверами.

Основные функциональные блоки системы CVIS. Платформа CVIS, позволяющая вынести интеллектуальные сервисы «на транспортную сеть», называется «платформой интеграции мобильных приложений» (reference execution platform) [6] и включает в себя 4 основных компонента:

1. COMM (COMMUNICATIONS AND NETWORKING) – Архитектура телекоммуникационной сети;
2. FOAM (FRAMEWORK FOR OPEN APPLICATION MANAGEMENT) – Архитектура открытой системы управления приложениями;
3. ROMA (POSITIONING, MAPS & LOCAL REFERENCING) – Подсистема позиционирования, картографирования и местного информирования;
4. COMO (COOPERATIVE MONITORING) – Подсистема мониторинга транспортных потоков.

Платформа CVIS строится по принципу кооперативных систем – совокупность подсистем, элементы которых для взаимодействия друг с другом в режиме реального масштаба времени самоорганизуются в соответствующие подсистемы. Число и состав подсистем динамически меняется в зависимости от характера решаемых задач.

Архитектура COMM составляет ядро интеграционного проекта CVIS. Каркас управления приложениями (FOAM), обеспечивающий подключение, поддержку и выполнение приложений, будет обеспечивать не только их полную совместимость, но и доступ к информации о точном месторасположении транспортного средства и локальные информационно-справочные сервисы (ROMA), которые необходимы для координации (кооперации) действий машин и придорожного оборудования в постоянно меняющейся сетевой топологии. Подсистема кооперативного мониторинга (COMO) является как частью базовой технологии, так и частью справочных приложений.

FOAM (FRAMEWORK FOR OPEN APPLICATION MANAGEMENT) – Архитектура открытой системы управления приложениями. Целью FOAM является создание открытой системы для работы приложений. FOAM будет определять архитектуру, объединяющую приложения бортовых устройств, придорожной инфраструктуры и внутренней (back-end) инфраструктуры для кооперативного управления транспортом. FOAM обеспечит связку специфических техноло-

гий для создания полнофункциональной системы. Главным претендентом для связки клиентский приложений является Java/OSGi [7], функционирующий на операционных системах UNIX, Linux.

POMA (POSITIONING, MAPS & LOCAL REFERENCING) – Подсистема позиционирования, картографирования и местного информирования. В подсистеме POMA определяется набор услуг по позиционированию и местонахождению на карте, которые присутствуют во всех элементах Корпоративной системы (транспортные средства, придорожное оборудование, сервисный центр и др.). POMA обеспечивает распространение картографической информации и интеграцию обновлений карт между элементами CVIS. В ней предполагается использование следующих технологий:

- позиционирования, интегрирующие различные технологии (GPS, EGNOS, Inertial sensors, RF signal triangulation, etc.);
- индикация общей целостности/достоверности описания местоположения;
- картографирования, предоставляющие расширенную информацию, программный интерфейс доступа к электронным картам, а также механизмы обновления карт;
- измерительные картографические средства, способные, например, высчитывать положение транспортных средств на дороге;
- базовые технологии, такие как «обнаружение объекта», основанные на AGORA-C и геоинформационном языке обмена данными между элементами сети.

COMO (COOPERATIVE MONITORING) – Подсистема мониторинг транспортных потоков. Подсистема COMO предусматривает размещение разнообразных придорожных и мобильных сенсоров и взаимодействие с ними комплекса распределённых приложений для хранения, обработки и слияния данных об транспортных потоках. Данная подсистема имеет 3 основных цели:

- Обеспечить кооперативные приложения интерфейсом связи, позволяющим им получить доступ к данным мониторинга везде и в любое время, обеспечив сбор детальной информации главной инфраструктурой мониторинга от машин и придорожных сенсоров. В проекте CVIS интерфейс приложений будет использоваться приложениями подпроектов: город - urban (CURB), за городом - inter-urban (CINT) и водный транспорт - fleet & freight (CF&F).
- Разработать стандартный интерфейс для сбора данных транспортным средством, также как и локальным сенсором инфраструктуры, которые потом могут быть использованы сервис-провайдером в нужных целях.
- Разработать распределённый алгоритм интегрирования и хранения данных, доступа к ним.

Во взаимодействие вовлечены следующие типы структурных элементов: транспортные средства, элементы придорожной инфраструктуры и операционные центры. На первой стадии метод мониторинга используется для сборки данных, таких как факт обнаружения транспортного средства и его скорость. Транспортные средства поддерживают связь с инфраструктурой, посылая сообщения в сервисный центр. Инфраструктура – это только посредник, не применяющий какие-либо методы обработки данных. Главное требование подсистемы COMO – создать распределённую архитектуру, в которой максимум вычислительных процессов будет выполняться локально, индивидуально или группой оконечных устройств, и объём передаваемых данных мог бы изменяться в зависимости от содержания и контекста (например, передаётся большой объём информации в случае дорожного инцидента в отличие от вялотекущей дорожной ситуации).

COMM (COMMUNICATIONS AND NETWORKING) – Архитектура телекоммуникационной сети. Это подсистема связи, которая:

- доступна повсюду на дороге в любое время;

- может соединить транспортное средство с любым другим транспортным средством, а также и транспортное средство с придорожной инфраструктурой;
- освобождает приложения от необходимости заботиться об установлении соединений и их управлении;
- использует современные технологии Интернет и глобальные стандарты;
- обеспечивает применение широкого ряда коммуникационных технологий с разными скоростями передачи данных, дальностью связи, стоимостью и др. параметрами.

В последние три года заметны значительные успехи в разработке новых стандартов в этой области. ISO TC204 WG16 [4] предусматривает серию черновых стандартов под аббревиатурой CALM (Continuous Air interface for Long and Medium range – Непрерывный радио-интерфейс для дальних и средних расстояний) [8].

Разработки CVIS в основном базируются на существующих технологиях и компонентах. Новшество состоит в большей степени в новой архитектуре комбинирования различных технологий с протоколом IPv6 и в улучшении управления сетью. Здесь нет стремления создать конкретные продукты, так как это не соответствует философии разработки открытых систем. Проект CVIS предполагает использование следующих коммуникационных технологий:

1. инфракрасная световая связь (IR) [9];
2. радиосвязь (M5) [8] в диапазоне 5 ГГц;
3. радиосвязь (MM) [8] на частотах свыше 40 ГГц;
4. сотовые технологии 2G/3G [10];
5. беспроводная связь на близких расстояниях (DSRC) [11] в диапазоне 5.8 ГГц;

Наиболее важными проектами CVIS являются технологии связи M5, IR и MM.

M5 поддерживает всенаправленную связь между движущимися объектами на скорости 6 Mbps на удалении до 300 м. Эта технология предназначена для ненаправленной связи типа V2V и V2I.

IR дополняет её узконаправленной связью на скорости 2 Mbps в радиусе до 100 м.

MM позволяет передавать данные на гораздо большей скорости (порядка Gbps) в радиусе несколько сотен метров. Направленная связь используется в том случае, когда возможности других видов связи ограничены специфической ситуацией.

Архитектура COMM предусматривает два основных типа устройств:

- коммуникационный маршрутизатор, который выполняет функции связи и маршрутизации;
- сервер (хост-компьютер), выполняющий работу приложений.

2.2. Европейская коммуникационная архитектура ИТС

Европейская коммуникационная архитектура ИТС – это коммуникационная система, состоящая из 4-х компонентов [2] (рис.1): Бортовая подсистема, Придорожная подсистема, Центральная подсистема, Персональная подсистема.



Рис. 1. Европейская коммуникационная архитектура

Эти компоненты связаны между собой коммуникационной сетью. Коммуникационная сеть создана на основе опорной сети и сетей доступа. Связь представлена широким набором беспроводных и проводных технологий. Множество разнообразных устройств из каждой подсистемы может быть связано в единую сеть. Это могут быть бортовые компьютеры, ручные мобильные устройства, придорожные и центральные серверы и др. Таким образом, архитектура допускает все виды взаимодействия, как в режиме «машина с машиной» (vehicle-to-vehicle ad-hoc networks), так и взаимодействие с придорожной инфраструктурой и любые другие возможные комбинации.

Коммуникационная архитектура ИТС-станции основана на стеке протоколов взаимодействия, изображённом на рис. 2. Стэк протоколов состоит из 4-х горизонтальных уровней: технологий доступа, сетей и транспорта, услуг и приложений, – и соседствует с уровнями управления и безопасности.

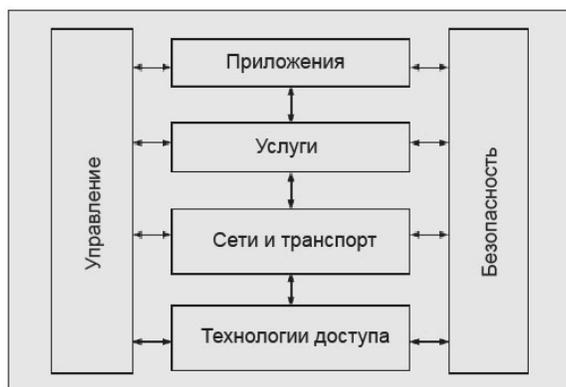


Рис. 2. Архитектура коммуникационных протоколов ИТС

Сценарии взаимодействия. Связь может быть установлена напрямую между оборудованием двух подсистем или в несколько этапов через промежуточные подсистемы. Например, машины могут передавать друг другу данные без помощи устройств других подсистем (ad-hoc type of communication); в других случаях, машины могут соединяться с серверами напрямую в пределах досягаемости или через придорожное оборудование или даже через другой автомобиль (Internet-based type of communication). В упомянутом выше сценарии взаимодействия в режиме ad-hoc все машины связываются друг с другом по воздуху в диапазоне 5.9 ГГц.

Поскольку сценарий ad-hoc связи и другие специфические сценарии не предусматривают

взаимодействие с серверами центральной подсистемы, все подсистемы должны быть способны обмениваться друг с другом такой информацией, как идентификаторы, сертификаты, ключи шифрования, обновления карт, сбор оплаты и др. Для этого необходимо, чтобы все подсистемные компоненты были связаны сетью, использующей единый протокол, т.е. Internet Protocol (IP).

3. Телекоммуникационные технологии интеллектуальных транспортных систем

3.1. Частотные диапазоны для развёртывания интеллектуальных транспортных систем

В США в 1999 году Федеральная Комиссия по Связи (FCC) выделила 75 МГц в диапазоне 5.9 (5.875 – 5.925) ГГц для «Беспроводных сетей малого радиуса действия» (Dedicated Short Range Communication (DSRC)) исключительно в целях безопасности дорожного движения [3]. Коммуникационные протоколы для V2X стандартизированы IEEE. Физический и MAC уровни опеределены в спецификации IEEE P802.11p (черновой стандарт) [1]. Верхние уровни описываются группой протоколов IEEE 1609.x [12], и вместе они образуют технологию под названием «Беспроводной Доступ для Транспортной Среды» (Wireless Access for the Vehicular Environment (WAVE)) [12].

Японский стандарт 5.8 ГГц DSRC [13] значительно отличается от американской технологии WAVE 5.9 ГГц, так как он используется только для взаимодействия автомобилей с придорожным оборудованием. Для V2V коммуникаций выделено 10 МГц в диапазоне 700 МГц.

В Европейском Союзе [14] выделено 30 МГц в диапазоне 5.9 ГГц (5.875 – 5.905). Также возможно использование 20 МГц в промышленной, научной и медицинской полосе частот ниже 5.875 ГГц. Дополнительно на будущее зарезервировано еще 20 МГц в диапазоне 5.9 ГГц (5.905 – 5.925). Согласованный стандарт EN 302 571 был принят ETSI (European Telecommunications Standard Institute) в соответствии с результатами, полученными СЕРТ по совместимости ИТС с другим оборудованием.

В России, согласно Таблице распределения полос радиочастот ФГУП «ГРЧЦ», телематические устройства на транспорте могут работать в 3-х диапазонах: 5725 – 5875 МГц, 63 – 64 ГГц и 76 – 77 ГГц [15].

3.2. Телекоммуникационная архитектура интеллектуальных транспортных систем

Для взаимодействия участников дорожного движения и дорожной инфраструктуры требуются телекоммуникационные технологии. На рис. 3 показаны участники взаимодействия и пути обмена информацией.

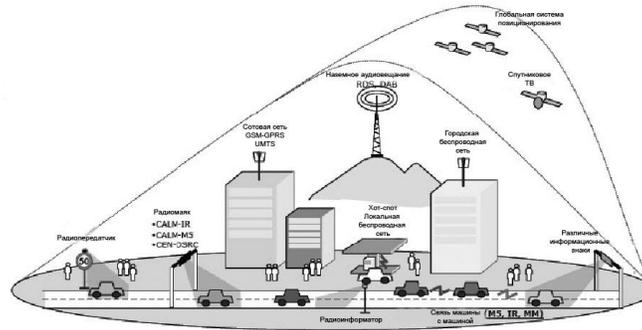


Рис. 3. Сценарии взаимодействия

Взаимодействие в ad-hoc системах может осуществляться в режиме «равный с равным» (peer-to-peer) или «главный-подчинённый» (master-slave communications), где «главный» назначается временно и через некоторое время опять становится «равным».

Short range systems (системы ближнего действия) часто работают (в течение некоторого времени) в режиме «главного» устройства и требуют процедуры установки связи. Связь чаще происходит между «главным» и его «подчинёнными», чем когда «главный» передает информацию между «подчинёнными». Ad-hoc системы работают в режиме прямой связи «равного с равным».

Сотовые системы WiFi [16] и WiMAX [17] работают на основе точек доступа (access points), а GSM [10] и UMTS [10] с базовыми станциями.

Асимметричная двусторонняя связь между транспортным средством, придорожным оборудованием и пешеходом осуществляется через точки доступа или базовые станции (двусторонняя асимметричная связь: up-link and down-link), но точки доступа и базовые станции могут также использоваться для широковещания, хотя большинство сотовых стандартов имеют ограниченную поддержку этих услуг.

И наконец, Цифровые широковещательные системы (Digital broadcast systems) главным образом используют базовые станции для одностороннего широковещания (only down-link). В некоторых системах присутствует малый обратный канал up-link.

3.3. Архитектура телекоммуникационного блока станции интеллектуальных транспортных систем

Детали телекоммуникационного блока показаны на рис. 4. Здесь изображены как проводные, так и беспроводные технологии связи, используемые для связи станции с внешней средой и внутри автомобиля. Телекоммуникационный блок управляется посредством MI-SAP (платформа компании SAP для связи мобильных устройств и программного обеспечения с ядром системы). SI-SAP занимается вопросами безопасности и будет использовать динамическую MAC-адресацию, так же как и специальные ограничения прав доступа. И наконец, IN-SAP является интерфейсом к Сетевому и Транспортному блокам.

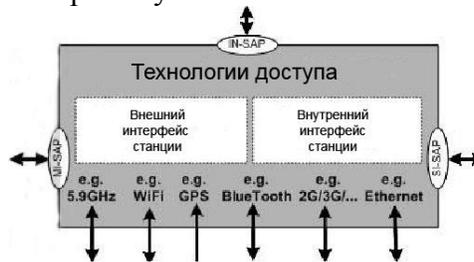


Рис. 4. Архитектура телекоммуникационного блока

3.4. Беспроводные технологии доступа ИТС

Технологии доступа функционируют на двух нижних уровнях модели ISO OSI, на физическом уровне (PHY) и канальном (DLL). Однако для некоторых технологий доступа, например 2G/3G или Bluetooth [18], используется весь стек коммуникационных протоколов. Ниже мы рассмотрим беспроводные технологии, используемые для взаимодействия участников дорожного движения и дорожной инфраструктуры. Радиосистемы рассматриваются по множеству параметров, имеющих важное значение для мобильных кооперативных систем (табл. 1).

Таблица 1. Сводная таблица технологий доступа

	CEN DSRC	Euro-pean 5,9 GHz ITS	WiFi	Infrared	WiMAX	GSM/GPRS	UMTS	DAB DMB	DVB-T DVB-H
Стандарт	CEN EN 12253-2004	IEEE 802.11p	IEEE 802.11a/b/g	ISO21214	IEEE 802.16	GMS	3GPP	TS 102 427 TS 102 428	EN 302 304
Частота (МГц)	5795-5805 5805-5815	(5855-5875) 5875-5905 (5905-5725) Доп.: 5470-5725	2.4 ГГц 5 ГГц	800-1000 нм	Поддерживает ряд диапазонов по выбору	890-960, 1710-1880	1920-2170 880-960	174-240, 1452-1492	170-230, 470-862, 1452-1492
Диапазон (м)	3-15	500	Зона покрытия точки доступа	1-100 (обычно 7)	Зона покрытия точки доступа до 50 км	Зона покрытия базовой станции	Зона покрытия базовой станции	до 35 км	16-67 км
Скорость передачи (Кбит/сек)	Приём 500 Передача 250	6000 Приём-передача	Приём 54000 Передача 54000	1000 (2000) Приём-передача	Приём до 70000, Передача до 70000	Приём 60-80 Передача 20-40 (GPRS)	Приём 384 Передача 384 HSDPA: 14400/5760	Приём 2400 Нет передачи	Приём 6750-39270 Нет передачи
Задержка (мс)	До 5	Регулируемая	Регулируемая	10	Регулируемая	500-700	200-300	До 100	6 с
Метод передачи	Направленная двусторонняя ширококвещательная передача	Всенаправленная двусторонняя ширококвещательная, равный с равным	Всенаправленная двусторонняя ширококвещательная	Направленная двусторонняя ширококвещательная, равный с равным	Всенаправленная двусторонняя, ширококвещание ограничено	Всенаправленная двусторонняя	Всенаправленная двусторонняя, ширококвещание ограничено	Всенаправленная односторонняя ширококвещательная	Всенаправленная односторонняя ширококвещательная
Требования	Придорожная станция	Нет	Точка доступа	Направленная антенна	Точка доступа	Базовая станция	Базовая станция	нет	нет

4. Сравнительный анализ преимуществ и недостатков беспроводных телекоммуникаций

4.1. Связь в режиме взаимодействия друг с другом на близком расстоянии

Технология CEN DSRC 5.8 GHz [11]. Эта радиосистема работает на близком расстоянии. Применяется для систем сбора оплаты (ETC – Electronic Toll Collection), в которых придорожная станция выступает в роли «главного» устройства, а транспортное средство или пешеход в роли «подчинённых». Также она хорошо подходит для сбора информации от проезжающих мимо автомашин и для их информирования об окружающей обстановке. Придорожная станция может быть подключённой к серверу или к Интернету.

Технология European 5.9 GHz ITS [1]. Эта система основана на стандарте WLAN, но может обеспечить мобильную связь «между транспортными средствами» и «транспортным сред-

ством и придорожными станциями» с низкими временными задержками в режиме ad-hoc, т.е. не нуждается в центральных базовых станциях. Она хорошо подходит для систем дорожной безопасности и межмашинного взаимодействия при невысокой сетевой нагрузке.

Технология WLAN 5 GHz [1]. Эта радиосистема также основана на стандарте WLAN и может обеспечить мобильную связь между транспортными средствами с низкими временными задержками в режиме ad-hoc. Она предназначена для тех же целей, что и European 5.9 GHz ITS, но использует другой частотный канал. Хорошо подходит для систем оптимизации дорожного движения и межмашинного взаимодействия при невысокой сетевой нагрузке.

Технология Infrared [9]. Эта радиосистема обеспечивает направленную связь, хорошо подходит как для межмашинного взаимодействия на очень коротких дистанциях, так и для взаимодействия машины с придорожной станцией на близком расстоянии, особенно, если машины движутся по определённой полосе.

4.2. Сотовые технологии

Эти радиосистемы имеют сотовую топологию, включающую в себя базовую станцию или точку доступа, которые контролируют доступ к среде внутри соты и процесс передачи (заметим, что WiFi имеет ограниченную поддержку контроля передачи). Мобильные сети WiMAX работают, в основном, так же, как сотовые телефонные системы, в которых пользователь платит за подключение и получает доступ в Интернет.

Технология WiFi [16]. Эта радиосистема основана на стандарте WLAN и предназначена для высокоскоростной передачи данных. Она хорошо подходит для доступа в Интернет и высокоскоростной связи в случае, когда скорость машины ограничена.

Технология WiMAX [17]. WiMAX принадлежит к группе сетей, обозначаемых термином «Городские Сети (MAN)», покрывающих такие географические области, как город. Исторически, MAN обычно связывает несколько «Локальных Сетей (LAN)». WiMAX – это сотовая система, основанная на стандарте WMAN, предназначенная для высокоскоростного обмена данными. Она хорошо подходит для доступа в Интернет и для высокоскоростной связи в случае, когда скорость машины ограничена.

Технология GSM/GPRS [10]. Технология GSM была разработана для передачи голоса на основе коммутации каналов, в то время как её усовершенствованный вариант GPRS предназначен для передачи данных на основе коммутации пакетов. Однако голос до сих пор ещё имеет приоритет над данными в большинстве GSM сетей. Передача голоса требует низких задержек по времени, работы в реальном режиме времени, но относительно нетребовательна к ошибкам. Это означает, что лучше потерять несколько пакетов, чуть снизив качество передачи, чем иметь длительные задержки. Трафик данных, особенно когда передается сигнал о безопасности, требует передачи данных без задержек в реальном режиме времени, но не за счёт резкого снижения надёжности доставки данных. В этой технологии можно управлять временными задержками, скоростью связи между машинами, пешеходами и придорожными станциями (все взаимодействия проходят через базовую станцию).

Технология UMTS [10]. UMTS – это сеть пакетной коммутации с поддержкой разных классов качества обслуживания QoS. Эта технология в большей степени пригодна для приложений безопасности, чем GSM/GPRS, но так как многие приложения дорожной безопасности пока не востребованы пользователями сотовых телефонов, эта поддержка на данный момент отсутствует.

Например, скорость передачи данных постоянно увеличивается (например, технология HSPA), так как пользователи хотят смотреть TV по телефону. Но поскольку на данном этапе задержки менее важны, поэтому нет и реальных действий для её уменьшения. В будущих LTE системах ожидается это изменение. UMTS хорошо регулирует задержки, скорость связи между

бортовыми станциями, придорожным оборудованием и пешеходами (связь осуществляется через базовую станцию) и может изменять скорость передачи данных в зависимости от скорости движения.

4.3. Цифровое широковещание

Так как TV – это широковещательная технология, стандарты цифрового широковещания имеют ограниченную поддержку двунаправленной передачи, т.е. в основном только передачу в сторону абонента. С другой стороны, они обеспечивают широковещательное информирование множества объектов о произошедших событиях на большом расстоянии. Преимущество широковещания заключается в том, что все транспортные средства получают одну и ту же информацию о произошедших событиях в одно и то же время и могут действовать соответственно сложившейся обстановке.

Технологии DAB [20] и **DMB** [21]. Цифровое аудиовещание DAB (Digital Audio Broadcasting) также известно как Цифровое Радио (Digital Radio или Eureka 147). Цифровое мультимедиа-вещание Digital Multimedia Broadcasting (DMB) основано на стандарте DAB и имеет сходные характеристики с основным конкурирующим стандартом мобильного телевидения DVB-H. Это цифровая радиопередающая система для рассылки мультимедиа (радио, ТВ и данные) мобильным устройствам, например таким, как сотовый телефон. Технология DMB разработана в Южной Корее в рамках национального ИТ проекта как технология нового поколения для смены FM радио.

Технология DVB-T [22] и **DVB-H** [23]. DVB-T – это аббревиатура для Цифрового Наземного Видеовещания (Digital Video Broadcasting – Terrestrial). Это стандарт Европейского DVB консорциума для наземного широковещательного телевидения. Эта система передаёт в сжатом виде цифровое радио, видео и данные в формате MPEG. Стандарт DVB-T в дальнейшем развился в новые стандарты, такие как DVB-H (Personal Stations) с дополнительными функциями, удовлетворяющими специфическим требованиям персональных станций и приёмников на батарейках.

Технология GPS [19]. Глобальная система позиционирования (GPS) – это наиболее полнофункциональная Глобальная Навигационная Спутниковая Система (GNSS) в мире. GPS использует спутниковую группировку, передающую точные микроволновые сигналы, которые позволяют GPS приёмникам определять их текущее местоположение, время и скорость (включая направление). GPS создана Министерством обороны США.

5. Заключение

Совместимость технологий. Развитие V2X коммуникаций в каждом регионе показывает свои сильные и слабые стороны. Прогресс в Европе тормозится из-за большого числа участников, проектов и заинтересованных сторон, которые подчас вместо кооперации конкурируют друг с другом. В Японии и США, наоборот, все усилия сфокусированы в нескольких ключевых проектах.

Хотя разрабатываемые протоколы в разных странах и отражают их национальную специфику, в итоге можно заметить общее. Есть общая тенденция в том, что многие телекоммуникационные стандарты будут основаны на технологии, сходной с IEEE P802.11p. Это позволит создавать аппаратные средства на основе глобального стандарта. Например, единым является механизм обеспечения безопасности, который в общих чертах определён в стандарте IEEE 1609.2, правда, только для ограниченного набора V2X коммуникаций.

Основные выводы. В области ИТС рассматривается много приложений различной природы, поэтому их коммуникационные требования значительно различаются друг от друга. Это делает затруднительным выбор только одной беспроводной технологии для удовлетворения всех этих потребностей.

Приложения безопасности дорожного движения, например, требуют высокой надёжности, быстродействия и работы в реальном режиме времени.

Приложения, отвечающие за комфорт и эффективность трафика, имеют более низкие требования к задержкам по времени, в то время как голосовые и видеоприложения имеют менее высокие требования по надёжности.

Некоторые приложения требуют применения нескольких беспроводных технологий для обеспечения полной функциональности, в то время как другие требуют применения только одной.

Каждая технология доступа разрабатывалась для определённых целей и является лучшей именно в своей области. Такие сети передачи данных, как WiFi и WiMAX, созданы для высокоскоростных интернет-приложений и, соответственно, обеспечивают высокую скорость и надёжность, но не в режиме реального времени.

Другие телекоммуникационные сети, как GSM/GPRS и UMTS, разрабатывались для голосовых приложений и, следовательно, обеспечивают незначительные задержки по времени, передачу в реальном режиме времени за счёт снижения надёжности доставки данных.

Цифровые ширококвещательные системы DAB/DMB и DVB-T/DVB-H создавались для ширококвещательного радио, телевидения или видео и поэтому имеют отличные показатели для ширококвещания, но не поддерживают двустороннюю связь.

Радиосистемы CEN DSRC, European 5.9 GHz ITS и Infrared поддерживают специфические приложения и, если они используются в определенных для них условиях, они обеспечивают наилучшие результаты.

Если какая-либо из современных беспроводных технологий может обеспечить высокую достоверность передачи данных, надо понимать, что с возрастанием надёжности возрастают и задержки во времени.

Очевидно, что не существует единственной универсальной технологии. Выбор набора используемых телекоммуникационных технологий доступа всегда должен соответствовать требованиям приложений и окружающей среды. По этой причине необходима разработка интегрированного решения, включающего в себя необходимые телекоммуникации и скрывающего их разнородность. Такая коммуникационная платформа должна не только обеспечивать функциональность нижнего уровня для различных радиосистем, но и управление переходом из одной технологии в другую в изменяющихся условиях мобильной среды.

Литература

1. IEEE P802.11p/D3.0, "Draft Amendment to Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange between Systems-Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements -- Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications-Amendment 7: Wireless Access in Vehicular Environment," 2007.
2. R. Bossom et al., "D31 European ITS Communication Architecture - Overall Framework," COMeSafety System Architecture, Oct. 2008. [Электронный ресурс] URL: <http://www.comesafety.org> (дата обращения: 24.03.2010).

3. “National ITS Architecture Version 6.1”, © Copyright 2009 Iteris, Inc., [Электронный ресурс] URL: <http://www.iteris.com/itsarch/> (дата обращения: 24.03.2010).
4. ISO/TC 204 “Intelligent transport systems”, [Электронный ресурс] URL: http://www.tiaonline.org/standards/secretariats_tags/iso_tc204/(дата обращения: 24.03.2010).
5. NGO ITS-Russia, [Электронный ресурс] URL: <http://www.its-russia.net/> (дата обращения: 24.03.2010).
6. A. Schmid et al., “D.CVIS.3.2 High Level Architecture”, 2007, [Электронный ресурс] URL: <http://www.cvisproject.org> (дата обращения: 24.03.2010).
7. The dynamic module system for java, March 2009. [Электронный ресурс] URL: <http://www.osgi.org/> (дата обращения: 24.03.2010).
8. ITU-T, “Intelligent Transport Systems and CALM,” Technology Watch Briefing Report # 2, Nov. 2007; [Электронный ресурс] URL: <http://www.itu.int/oth/T3201000001/en> (дата обращения: 24.03.2010).
9. R. Ramirez-Iniguez, Optical Wireless Communications “IR for Wireless Connectivity”, Glasgow Caledonian University, Scotland, CRC Press, 2008.
10. Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), “Broadband Mobile Communications Towards a Converged World, Emerging Technology Scenario: What Are The Future Broadband mobile Services?”, © ITU, February 2004, [Электронный ресурс] URL: http://www.etri.re.kr/e_etri/index.php (дата обращения: 24.03.2010).
11. Transport Regulatory Uses of Telematics in Europe Volume 2, Transport Certification Australia Limited © 2008, [Электронный ресурс] URL: <http://www.tca.gov.au/> (дата обращения: 24.03.2010).
12. R. A. Uzcategui, G. Acosta-Marum, “WAVE: A Tutorial”, IEEE Comm. Magn., Vol. 47, No. 5, May 2009.
13. ITS Japan Website, [Электронный ресурс] URL: <http://www.its-jp.org/english/> (дата обращения: 24.03.2010).
14. Sören HessElissa, Status report “Frequency spectrum for ITS”, COMe Safety, July 2006.
15. Russian General Radio Frequency Centre, [Электронный ресурс] URL: www.grfc.ru (дата обращения: 24.03.2010).
16. Mike Weaver, Cisco Networking Academy, “802.11 and all that – what’s happening in the Wireless Networking world? Past, present and future...”, © 2006 Cisco Systems, Inc.
17. David W. Matolak, Ohio University, “Channel Modeling for Vehicle-to-Vehicle Communications”, IEEE Comm. Magn., May 2008.
18. J.Misic, V.Misic, “Wireless Personal Area Networks: Performance, Interconnection and Security with IEEE 802.15.4”, Hbk, January 2008.
19. Jay Farrell, Matthew Barth, “The global positioning system and inertial navigation, McGraw-Hill, 1999. ISBN 007022045X R.
20. C. Gandy, “DAB: an introduction to the Eureka DAB System and a guide to how it works,”BBC R&D White Paper, June 2003.
21. Eric Moon, “The Introduction of Digital Multimedia Broadcasting in Korea. Lessons Learned from Korea and Strategic Recommendations for Emerging Mobile TV Broadcasters in Europe and America”, Sloan Fellowship 2006, London Business School, 28 July 2006.
22. “A Guideline for the Use of DVB Specifications and Standards DVB”, Document A020 Rev. 1, DVB Project Office, 5th May 2000.

23. Final draft ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004-06) “Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H),”, ETSI, Sophia Antipolis Cedex - FRANCE
24. Tim Leinmüller, Elmar Schoch and Christian Maihöfer: “Security Issues and Solution Concepts in Vehicular Ad Hoc Networks”, Fourth Annual Conference on Wireless On demand Network Systems and Services (WONS 2007), Obergurgl, Austria, 2007.
25. Власов В.М. Интеллектуальная транспортная система для федеральной автомобильной дороги М-4 «Дон»// Сборник докладов восьмой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах»/ СПб гос. архит. - строит. ун-т. СПб., 2008. С. 270.
26. Жанказиев С.В. Российская специфика построения интеллектуальных транспортных Систем// Сборник докладов восьмой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах»/ СПб гос. архит. - строит. ун-т. СПб., 2008. С. 313.
27. Архестов Р. М., Плотников А. М. Системы управления движением транспортных потоков, реализующие Интернет-технологии// Сборник докладов восьмой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах»/ СПб гос. архит. - строит. ун-т. СПб., 2008. С. 327.

Статья поступила в редакцию 24.03.2010

Хараев Владимир Юрьевич

аспирант, преподаватель кафедры телекоммуникационных систем БФ СибГУТИ, (670005, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Трубочеева, 152) тел. (3012) 30-54-71, e-mail: sibintek_rb@mail.ru.

Ярославцев Александр Фёдорович

д.т.н., профессор кафедры «Беспроводные информационные системы и сети» СибГУТИ, (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. (383) 266-90-52, e-mail: afyar@list.ru.

Comparative Analysis of Mobile Telecommunication Technologies for Intelligent Transport Systems

V. Kharaev, A. Yaroslavtsev

This paper describes the ideas of basic architecture and the key technologies of Intelligent Transport Systems (ITS). The analysis of international initiatives, the survey of European architecture and comparative analysis of mobile access technologies have been given and the advantages and drawbacks of access technologies have been revealed. The conclusion is made about the necessity of the integral solution which will include various wireless communications adjusted to regional conditions. The most valuable thing is that IEEE 802.11p could be used all over the world.

Keywords: ITS, Intelligent Transport Systems, mobile technologies, v2v, CVIS, architecture, ad-hoc, IEEE 802.11p.