



ОАО "Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем"

ОАО "Российские космические системы"



ЛИДЕР

КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

РОССИЯ, 111250, Г. МОСКВА
АВИАМОТОРНАЯ УЛ., Д. 53
ТЕЛ.: (495) 509-12-01, (495) 509-12-02
ФАКС: (495) 509-12-00

CONTACT@RNIKP.RU
WWW.RNIKP.RU

Платформа и прикладное ПО для смарт-терминалов телематических систем

Ключевые слова:

Телематические системы, смарт-терминалы, интеллектуальные транспортные системы.

Свириденко В.А., Будник Р.А.,
SPIRIT-Telecom

Термины "смартфон" и "умный автомобиль" начали широко использоваться в последние годы и прежде всего это означает повышение уровня интеллекта коммуникатора или автоэлектроники (в частности, бортового компьютера) на базе применения все более мощных процессоров и, главным образом, разнообразного программного обеспечения (системного и прикладного), решающего все более широкий круг задач в интересах пользователя или водителя и пассажиров автомобиля. Их спектр для более общего случая транспортного средства простирается от сбора данных о его состоянии до искусственного интеллекта (ИИ), помогающего водителю найти лучшее решение в любой дорожной ситуации. Однако понятно, что автономное решение для транспортного средства не может быть эффективным, если не рассматривать такое средство как элемент сложной и распределенной интеллектуальной транспортной системы (ИТС) или системы, решающей более ограниченный класс задач (например, службы спасения, службы розыска угнанных автомобилей или системы инфотеймента (IVI) и др.). Все это естественно приводит нас к телематическим системам (ТС).

Телематика — емкое, но не до конца еще четкое понятие из-за, возможно, попытки охватить многие области человеческой деятельности, в основе которых лежат информационные и коммуникационные технологии. Но определено, что телематические системы базируются на интеграции информации и связи. В последние несколько лет в связи с развитием рынка навигационной аппаратуры пользователей (НАП) для широкого круга потребителей можно говорить об интеграции информационных, комму-

Рассматриваются требования к терминалу телематических систем и предлагается решение для его универсальной аппаратно-программной платформы для реализации информационных, коммуникационных и навигационных функций. Делается акцент на автомобильные терминалы интеллектуальных транспортных систем, служб реагирования на ДТП на дорогах, систем инфотеймента (In Vehicle Infotainment) и др. Описывается логическая организация терминала с более детальным представлением прикладного программного обеспечения. Предлагается подход на основе программных движков для поддержки различных функций. Более детально описываются речевой и навигационный движки, которые спроектированы на основе проприетарных технологий от компании SPIRIT.

никационных и навигационных (ИКН) технологий в рамках географически распределенной ИКН-среды. Для пользователя обеспечивается удаленный доступ к ресурсам этой среды на базе компьютеризированного ИКН-терминала. Наиболее сложный вариант — это мобильный пользователь, которому доступ к ресурсам обеспечивается по радиоканалу. Таким образом, телематическая система — это сложная территориально-распределенная система сетевой структуры, предоставляющая ее пользователям набор разнообразных информационных услуг и поддержек на базе телекоммуникации и позиционирования. Примерами ТС являются системы безопасности, система ЭРА ГЛОНАСС, системы охраны транспортных средств, интеллектуальные транспортные системы, рассматриваемые проекты "Социальный ГЛОНАСС" и "Опекун" и др.

Далее основное внимание уделяется терминалам транспортных телематических систем (ТТС), специфика которых состоит в сочетании ИКТ-технологий с рациональной организацией транспортных потоков с целью эффективного использования пропускной способности транспортной инфраструктуры, повышения безопасности движения и психологического комфорта водителя и пассажиров транспортных средств (ТрС) [1].

В рамках указанных ограничений терминал ТТС может рассматриваться в качестве клиента информационно-управляющей системы, взаимодействующего с ее серверной частью (система "клиент-сервер"). С позиций пользователя такой терминал должен обладать собственными вычислительными ресурсами и большой памятью, чтобы самостоятельно решать ряд задач в его интересах, т.е. функционально это должен быть так называемый "толстый клиент". Если к этому добавить информационный комфорт для водителя и пассажиров ТС, обеспечиваемый, как правило, радиодоступом в интернет (ПО для мобильного офиса, поисковые системы, электронная почта, голосовая коммуникация, видеоконференсинг и др.) и мультимедиа (проигрывание аудио и видеофайлов), что имеет место в системах инфотеймента IVI (In Vehicle Infotainment), то требования к ресурсам бортового (автомобильного) компьютера сильно повышаются. В перспективных терминалах для автомобилей дополнительно предполагается повысить их интеллектуальность за счет подсистемы технического зрения, способного оценивать дорожную обстановку и принимать решение или выдавать оперативные подсказки водителю по управлению автомобилем, а также введения дополненной реальности (Augmented reality), способной оказать помощь водителю в условиях неопределенности.

Реализация терминала как "толстого клиента" с высоким уровнем интеллектуализации становится возможной благодаря прогрессу процессорных чипов (более продвинутые технологические нормы — 32 нм и менее, развитые архитектуры, многоядерность и др.). Возросшие ресурсы процессоров позволяют существенно расширить функциональность терминала ИТС, одновременно решать несколько задач, обеспечить предоставление разнообразных услуг в интересах мобильных пользователей. Это также позволяет не только ставить новые задачи в рамках развития ИТС, способствующих ее интеллектуализации, начиная с терминального оборудования, но и менять основные реализационные концепции при их разработке и производстве (например, использовать подход на базе программного радио (Software Defined Radio — SDR) при имплементации разнообразных радиointерфейсов или хост (host based) принцип при имплементации телекоммуникационной или навигационной функций).

В идеале концепция терминала должна выбираться в рамках системного решения для ИТС с учетом набора общих и специальных требований, специфики отдельных приложений и оценок вычислительных ресурсов и памяти для их поддержки. В качестве альтернативы служит универсальное решение, которое может быть адаптировано на каждый конкретный случай (от поддержки минимального (базового) набора функций до максимального набора (полная версия)). При этом аппаратная часть терминала может оставаться практически неизменной (в частности, при использовании процессоров одной линии, от младших моделей к старшим, и памяти разного объема) для терминалов разных возможностей, а расширение функциональности может быть обеспечено только программно.

Перечислим основные требования к функциональным и техническим характеристикам стандартных и продвинутых терминалов, а также к их коммерческим свойствам.

Функциональные требования к современным терминалам ИТС таковы:

- сбор информации от датчиков для оценки состояния подвижного объекта;
- регулярная оценка навигационных PVT-данных (P — позиция, V — скорость, T — время);
- регистрация событий из заданного списка;
- запись навигационных данных, зарегистрированных событий и состояния транспортного средства за выбранный интервал времени ("черный ящик");
- отображение текущей позиции транспортного средства на цифровой карте;
- прокладка маршрута с учетом состояния транспортной инфраструктуры и информации о трафике;
- коммуникация в ближней зоне (например, Bluetooth, RFID и др.);
- передача данных и речевая связь в дальней зоне (в зонах с радиопокрытием сотовой связью (GSM/GPRS, WiMAX/LTE и др.), в зонах с отсутствием такого радиопокрытия (спутниковая, КВ-радиосвязь и др.);
- регулярная передача собранных данных в центр мониторинга/диспетчеризации;
- охранные функции (передача данных об особых событиях, биометрика, тревожная кнопка и др.);
- доступ в интернет и сервис на основе местоположения (LBS);
- реализация Assisted-GNSS, поддержка системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ) и SBAS;
- обеспечение электронной оплаты на платной дороге;

- информационная поддержка;
 - проигрывание аудио- и видеофайлов.
- Дополнительные функциональные требования к перспективным терминалам:

- речевой интерфейс водителя с бортовым компьютером;
- речевое управление некоторыми подсистемами транспортного средства;
- видеоконференцсвязь в многоточечном режиме;
- видеозапись (видео- и термокамеры) и радиолокация среды вблизи транспортного средства;
- поддержка запроса по аудио- и видеосреду внутри транспортного средства при ДТП или при опасности;
- поддержка водителя подсистемой машинного зрения для повышения безопасности вождения и другие подсистемы на базе DSS (Driver Support System);
- оперативный выбор оптимального маршрута по информации о "пробках" и изменении дорожной ситуации;
- режим дополненной реальности для помощи водителю транспортного средства;
- распознавание состояния водителя и перевод управления транспортным средством в автоматический режим;
- система предупреждения столкновений.

Технические требования к бортовому компьютеру и терминалу в целом:

- высокая производительность процессорного ядра и большой объем памяти;
- поддержка интерфейсов (CAN, MOST, USB и др.);
- малые массогабаритные параметры;
- низкое энергопотребление и возможность по его снижению;
- высокая точность навигации (PVT-данные) и малые значения времени старта (TTF);
- хорошее качество связи;
- высокое разрешение в видеопотоке;
- надежность для разных условий эксплуатации;
- ремонтпригодность;
- возможности по модернизации;
- простота инсталляции;
- масштабируемость ПО.

Коммерческие требования:

- стоимость приобретения и гарантии/поддержки терминального оборудования;
- стоимость его эксплуатации и обновления;
- стоимость ремонта;
- стоимость услуг.

Если рассматривать smart-терминал ИТС с позиций его системного и прикладного ПО с учетом обеспечения перечисленных выше требований соответствующими аппаратными средствами, то в этом случае имеется в виду компьютерная платформа с многоуровневой архитектурой. К ее аппаратной части относятся физические устройства, архитектура процессорного ядра, используемые шины и система команд на нижних уровнях, а программная часть включает связующее (middleware) и системное (прежде всего операционную систему) ПО, а также прикладное ПО вместе с библиотеками и интерфейсом пользователя (UI). Часто к программной части платформы предъявляется требование гибкости и открытости ее логической организации и базирование на открытых стандартах.

Понятие платформы применительно широкому классу компьютеризованных систем (в том числе и к интеллектуальным терминалам транспортных средств) используется широко. Для платформ автотерминалов известными западными компаниями разработан ряд решений. В качестве примеров можно указать Microsoft Auto, NXP ATOP, CSR SIRFprimaAuto, Intel IVI и другие [3-6]. Предложены и отечественные терминалы для систем мониторинга транспортных средств компаниями "М2М" и "РНТ". Планируется выбор платформы для терминала системы ЭРА ГЛОНАСС, ориентированной на повсеместное внедрение в РФ [2]. Авторы [7, 8] предложили универсальный вариант аппаратно-программной платформы терминала, которая адаптируется к конкретной телематической системе.

Подход в [7,8] далее развивается на основе концепции программного блока или программного движка (engine), представляющего собой центральную часть ПО для реализации конкретной прикладной задачи. Такой движок может быть относительно автономным и переносимым и наиболее часто он представлен в виде библиотеки или SDK. Использование готовых движков позволяет сократить время разработки ПО терминала и компоновать общее решение на базе конструирования архитектуры ПО для разнообразных терминалов. Применительно к транспортным ТС такими движками могут быть навигационный движок, движок речевой связи, видеодвижок, движок речевого интерфейса с пользователем, движок биометрики, телекоммуникационный движок, движок регистрации событий, движок сбора данных, движок машинного зрения и т.п. Такой блочный подход может сочетаться с готовыми программными решениями (например, с готовым ПО мобильного офиса, которое обеспечивает ин-

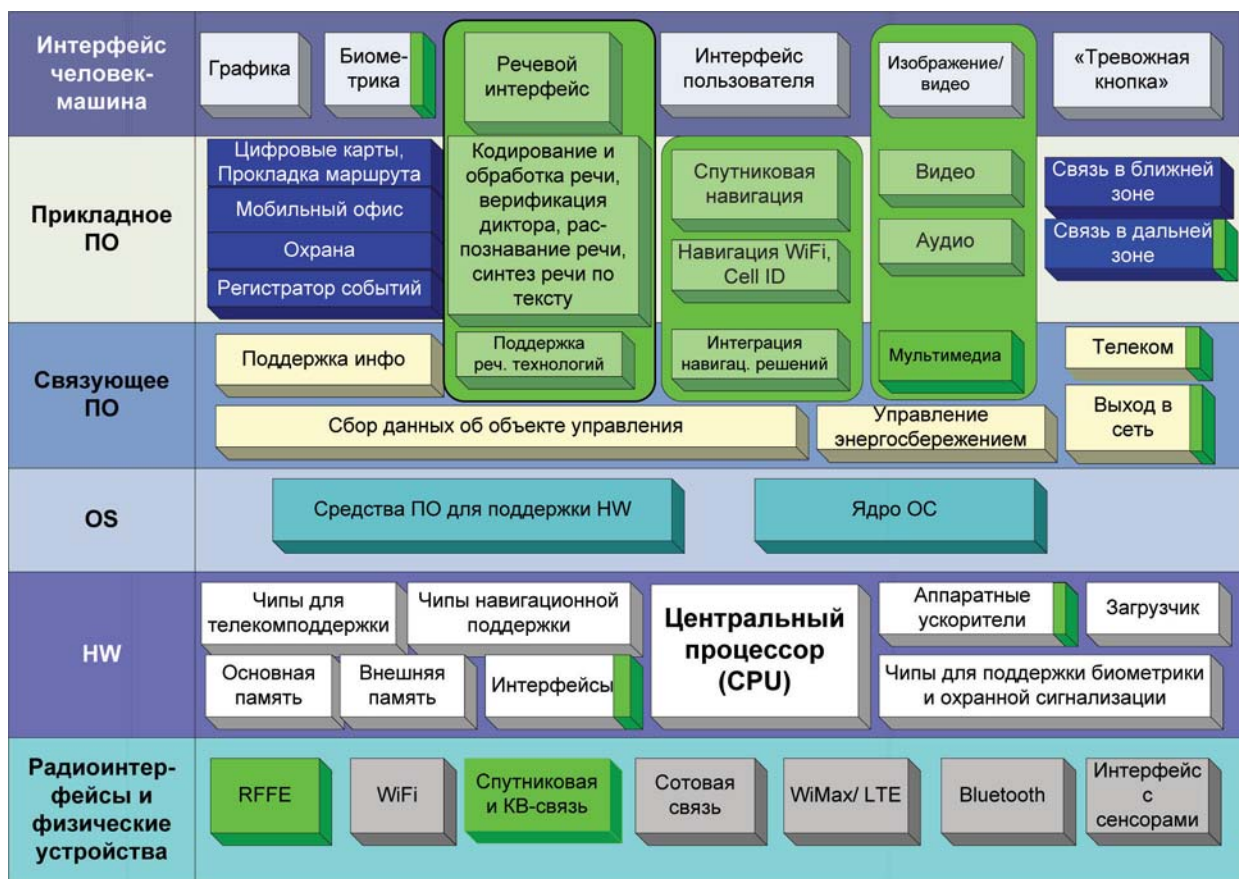


Рис. 1. Архитектура универсальной платформы ИКН-терминала (зеленым цветом полностью или частично окрашены компоненты, разработанные компанией SPIRIT)

формационную составляющую программной платформы).

Основная задача, которую ставят перед собой разработчики подобных платформ, — это относительная простота интеграции различных приложений от разных поставщиков. Подходы к выбору платформы во многих случаях связаны с тем, на какое процессорное ядро делать ставку и какую операционную систему, вокруг которой строится экосистема, взять за основу. Этот выбор, прежде всего, определяется набором функций, которые должен поддерживать терминал. Главные из этих функций: связь, информация, навигация, мультимедиа, экстренное реагирование на ДТП, охранная сигнализация с мониторингом через Интернет, обеспечение удобства и надежности управления, интеграция с внутренними подсистемами автомобиля.

Эти функции можно реализовать отдельно, но издержки и стоимость будет велика. Поэтому более эффективен путь интеграции в рамках платформы с многоуровневой структурой. В обобщенном виде она может быть представлена так, как показано на рис. 1.

Здесь представлена многослойная архитектура аппаратно-программной платформы,

включающая шесть уровней [7].

На нижнем физическом уровне, представленном двумя слоями, отдельно выделены телекоммуникационные радиоинтерфейсы и внешнее оборудование (первый слой) и аппаратная поддержка (второй слой — HW), обеспечиваемая разными вендорами. В их числе радиочастотный фронт-энд (RFFE) навигационного блока терминала и интерфейс к CPU (только часть компоненты "Интерфейс", связанная с RFFE, окрашена в зеленый цвет). Основные аппаратные элементы здесь обеспечивают радиосвязь в ближней и дальней зонах, а также подключение внешних сенсоров (микрофонов, камер, датчиков подсистемы сбора данных о состоянии TrC и подсистемы охранной сигнализации и др.) и, в специальных случаях, интерфейсов исполнительных устройств.

Основным компонентом аппаратной поддержки является центральный процессор (CPU), ресурсы которого должны быть достаточны для одновременного выполнения ряда задач (например, отображения на цифровой карте текущей позиции TrC и речевой радиосвязи). Под его управлением могут быть специализированные сопроцессоры (СБИСы, реализующие телекоммуникационные функции и радионавига-

цию, аппаратные ускорители, СБИСы внешней памяти и др.). В [7,8] рассмотрены требования к CPU, который служит аппаратным ядром ИКН-терминала. Отметим лишь, что вычислительные ресурсы и память, которыми обладают современные процессоры Intel Atom, Intel Core iX и ARM Cortex Ax, могут считаться достаточными для построения на их основе перспективных терминалов.

Системное ПО представлено слоями операционной системы (OS) и связующего (middleware) ПО. Целесообразно использовать ОС реального времени для терминалов ИТС (в частности, могут быть использованы RTOS для встроенных систем). Связующее ПО поддерживает, в частности, стеки протоколов мобильной радиосвязи в дальней зоне и ближней (Bluetooth и пр.).

Наиболее явная часть платформы представлена слоем прикладного ПО. Его интерфейс API может быть структурирован так, как это сделано для персональных компьютеров, что с одной стороны привычно для разработчиков прикладного ПО, а с другой — удобно для пользователя. Поэтому информационное и мультимедийное ПО в составе прикладного ПО может быть организовано в соответствии с известными принципами.

Верхний слой архитектуры представлен человеко-машинным интерфейсом (ЧМИ), который в данном случае относительно автономен по отношению к прикладному ПО. Это прежде всего речевой интерфейс и графический интерфейс пользователя.

Далее уделим основное внимание некоторым важным движкам/блокам в составе прикладного ПО, которые весьма специфичны для терминального оборудования ИТС. В их число входит речевой движок, обеспечивающий качественную речевую связь (особенно в режиме громкой связи) в цифровой форме между водителем (или пассажиром) и диспетчером транспортной телематической системы. Важность повышенного качества речевой связи подчеркнута в [2]. Для этого необходимо обеспечить не только кодирование речи с высоким качеством (фактор MOS должен быть на уровне 3.8...4.5, что обеспечивает высокий уровень разборчивости и узнаваемости), но и подавления акустического эха и шумов. Примерно также ставится задача при разработке речевого движка в системах VoIP и видеоконференсинга.

Кратко опишем речевой движок SPIRIT, отвечающий указанным требованиям и ориентированный именно на использование в подобных условиях. Движок реализован на разных платформах, включая и мобильные устройства, и лицензирован многим известными компаниями в мире, предлагающими рынку системы ВКС. В их числе и компания "Видеомост", предоставляющая программный ВКС для отечественного и внешнего рынка [9]. Такой движок включает набор стандартных и проприетарных речевых кодеков для разных скоростей передачи (4,8 ... 32 кбит/с), включая специально спроектированный масштабируемый многоскоростной кодек IP-MR для сетей IP, обеспечивающий наивысшее качество передачи речи с учетом реальной текущей пропускной способности виртуального канала в такой сети. В состав речевого движка с API входит также подсистема улучшения качества речи, включающая адаптивный подавитель акустического эха (АЕС), нелинейный процессор (NLP), подавитель шума (NS) на базе проприетарной технологии RealDuplex, подсистема нейтрализации таких проблем как задержки, "дрожания", потери пакетов, неизменно присутствующих в сетях пакетной коммутации, на базе технологии NetJet, а также АРУ для регулировки уровня сигнала, детектор активности речи (VAD), генератор комфортного шума (CNG) и модуль DTX, снижающие нагрузку виртуального канала в речевых паузах. Специальный модуль Wizard и синхронизатор тактовых частот Clock Drift Control на разных концах речевого канала обеспечи-

вают наилучший набор параметров подавителя эха для согласования тактовых частот и создания наилучших акустических условий в режиме громкой связи, что важно для водителя и пассажиров TrC.

Такой движок входит в состав комплексного программного продукта TS Voice & Video Engine в виде SDK, отвечающего за передачу речи и видео в рамках многоточечной системы ВКС [10].

Навигационный движок может быть в своей основной (baseband) цифровой части реализован программно на основе SDR-принципа или на базе host based подхода, когда наиболее ресурсоемкая (корреляционная) обработка сигнала выполняется аппаратно. СВЧ-часть движка (радиоинтерфейс) выполняется аппаратно всегда в силу своей специфики.

Когда речь идет о позиционировании TrC, то, как правило, имеют в виду спутниковое позиционирование на базе спутникового приемника. Но надежность такой навигации может быть недостаточной в сложных условиях окружающей среды (затенения, городские каньоны, эстакады и пр.) и наличия помех. В условиях ДТТП возникают дополнительные трудности. Повышение надежности спутникового позиционирования в таких условиях возможно путем повышения чувствительности приемника, что является актуальной задачей на протяжении уже двух последних десятилетий, использованием двух и более спутников созвездий (сейчас это GPS и ГЛОНАСС) и, наконец, интеграцией разных технологий навигации (спутникового,

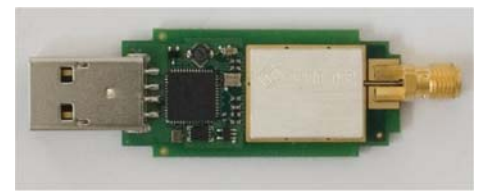


Рис.2. G3-донгл для программного приемника SPIRIT (на фото удален пластмассовый корпус)

по Wi-Fi, по вышкам сети сотовой связи, добавлением инерциальных средств). Но основной составляющей при этом является многосистемный спутниковый навигационный приемник с высокой чувствительностью.

Такой приемник был разработан SPIRIT-Telecom на основе принципов когерентного накопления слабого радиосигнала и подавления электромагнитных помех. Его реализация может быть выполнена на основе SDR- или host based подхода. Последний требует специально спроектированной аппаратной поддержки. Поэтому был выбран первый подход для демонстрации работоспособности разработанной технологии: программный приемник в цифровой части, а радиочастотная часть реализована в виде радиочастотного адаптера (G3-донгла; G3=GPS+Glonass+Galileo), состоящего из RFFE и USB-контроллера (рис.2).

Программная часть приемника реализована на процессоре Intel Atom в составе нетбука. Сверхчувствительный программный приемник на базе нетбука и G3-донгла представлен на рис.3. Его технические характеристики таковы:



Рис.3. Сверхчувствительный программный приемник (к USB-порту подключен G3-донгл в корпусе и антенна; на переднем плане рядом с нетбуком показан G3-донгл без корпуса; в левой части монитора нетбука на круговой диаграмме показаны в желтых кружках видимые спутники GPS, а в кружках с флажками РФ — видимые спутники ГЛОНАСС; в правой части монитора в таблице представлена информация о радиосигналах, принимаемых со спутников

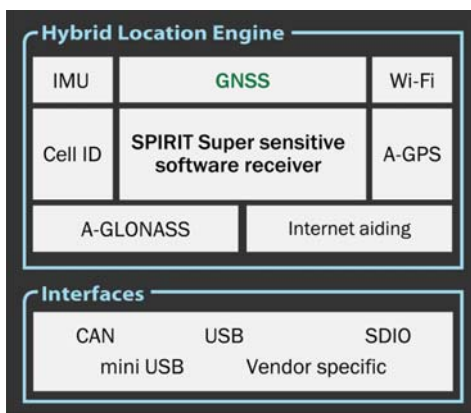


Рис. 4. Интегрированный навигационный движок, поддерживающий разные интерфейсы в автомобиле

- 32 канала и более;
- TTFF < 2с в режиме Assisted GNSS;
- точность позиционирования: 3 м (СЕР) в автономном и 1 м в дифференциальном режиме;
- чувствительность в режиме холодного старта до -159 dBm;
- чувствительность в режиме горячего старта (< 1 сек.) и в режиме A-GNSS до -164 dBm;
- чувствительность в режиме поиска сигнала до -165 dBm;
- чувствительность в режиме слежения до -170 dBm;
- возможные режимы: ГЛОНАСС+GPS, только GPS, только ГЛОНАСС;
- поддержка Internet aided Assisted GNSS.
- возможное обеспечение приема сигналов Galileo.

Высокая чувствительность и подавление помех нужны в сложных дорожных условиях, для которых характерна относительно низкая динамика TrC, а в условиях прямой видимости достаточного числа спутников чувствительность можно снизить без потери качества приема радиосигналов и точности позиционирования и при этом можно не ограничивать динамику TrC.

Как отмечалось выше, надежность позиционирования повышается, если обеспечена интеграция различных технологий. Один из примеров такой интеграции показал на рис.4. Здесь гибридный навигационный движок (Hybrid Location Engine), ядром которого является спутниковый программный приемник, включает в себя радиопозиционирование по Wi-Fi и Cell ID, позиционирование с использованием инерциальной подсистемы IMU и поддержку через интернет в режиме Assisted-GPS и Assisted-Glonass.

Отметим, что в состав прикладного ПО могут быть также включены разработанные SPIRIT телеком-движок (обеспечение спутниковой и КВ-связи в районах, где нет радиопокрытия со-

товой системой радиосвязи), движок голосовой биометрики (верификация диктора), движок речевого интерфейса (распознавание речевых команд и компилятивный синтез речи), аудиодвижок (аудиокодеки MP3, AAC, AAC+, OGG, WMA, эквалайзинг и др.) и видеодвижок (видеокодеки H.263, H.264, MPEG 2, MPEG 4, видеопроцессинг).

Очевидно, что разработка терминалов для телематических систем, включая ИТС, пойдет по пути расширения состава функций, наращивания вычислительных ресурсов процессорного ядра, увеличения объемов внутренней и внешней памяти, интеграции ИКН-технологий, высокого уровня гибкости, акцента на программное обеспечение, повышение интеллектуальности терминального оборудования.

Литература

1. П.Пржибл, М.Свитек. Телематика на транспорте. Прага-Москва, 2004 г.
2. Домарацкий Я.А. Автомобильные терминалы "ЭРА- ГЛОНАСС" — основные функции и требования к программно-аппаратной платформе. Матери-

алы конференции "Оборудование спутниковой навигации, модули и электронные компоненты. Производство и технологии", ChipExpo-2010, 26.10.2010.

3. Microsoft Corporation, MS Auto Platform Overview, 2008.

4. NXP Automotive Telematics On-board unit Platform (ATOP).

5. CSR launches SiRFprimaAuto location platform SoC. <http://johndayautomotivelectronics.com/?p=4199>.

6. Suresh Marisetty at al. Low Power Intel Architecture Platform for In-Vehicle Infotainment. Intel Technology Journal, v.13, 2009.

7. Р.А.Будник, В.А.Свириденко. Универсальная компьютерная платформа для информационно-коммуникационно-навигационных терминалов и ее программная составляющая для различных приложений. Материалы конференции "Оборудование спутниковой навигации, модули и электронные компоненты. Производство и технологии", ChipExpo-2010, 26.10.2010.

8. В.А.Свириденко. Аппаратно-программная платформа для ИКН-терминалов. "Встроенные системы", №1, 2011.

9. <http://www.videomost.com/about>.

10. <http://www.spirit.ru/datasheets>.

Platform and application software for smart-terminals of telematic systems

V.Sviridenko, R.Budnik

In the paper requirements to a terminal of telematic systems are considered and a solution for its universal hardware-software platform for realization of information, communication and navigation functions is proposed. An accent is done on car terminals of intellectual transport systems, eCall services, in vehicle infotainment systems et al. Logical organization of the terminal is described with an accent on application software details. Software engines based approach for different functions support is proposed. Speech and navigation engines which are developed by SPIRIT on base of its proprietary technologies are described in details.

References

1. P.Przhibl, M.Svitec. Telematika na transporte. — Praga-Moscow, 2004.
2. Domorackiy Ya.A. Avtomobilnie terminali "Era-GLONASS". Material konferencii ChipExpo-2010.
3. Microsoft Corporation, MS Auto Platform Overview. 2008.
4. NXP Automotive Telematics On-board unit Platform (ATOP).
5. CSR launches SiRFprimaAuto location platform SoC. <http://johndayautomotivelectronics.com/?p=4199>.
6. Suresh Marisetty at al. Low Power Intel Architecture Platform for In-Vehicle Infotainment. Intel Technology Journal, v.13, 2009.
7. R.A. Budnik, V.A. Sviridenko. Universalnaya kompiuternaya planforma dlya kommunikacionno-navigacionnih terminalov i programmaya sostavlyayushaya dlya razlichnih prilozheniy. Material konferencii, ChipExpo-2010.
8. V.A. Sviridenko. Apparato-prigrammnaya planforma dlya IKN-terminalov. — "Vstroennye sistemi", №1, 2011.
9. <http://www.videomost.com/about>.
10. <http://www.spirit.ru/datasheets>.