

Проекты цифрового транспорта с глобальными навигационными спутниковыми системами - путь к построению интегрированных систем цифрового транспорта

И.А.Соколов, А.С.Мишарин, В.П.Куприяновский, О.Н.Покусаев, Ю.П.Липунцов

Аннотация— В статье приводится анализ проектов, связанных с применением глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS). Компьютерные сети, передача электроэнергии, радиовещание и телекоммуникации требуют высокоточного и синхронизированного времени в географически распределенной сети. Все они могут зависеть от времени, полученного от глобальных навигационных систем. Транспортные системы, цепи поставок и население в целом - все или кто-либо, кто движется, имеют значительные преимущества от позиционирования и навигационных возможностей. В работе рассматриваются существующие глобальные навигационные системы GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou. Описываются принципы измерения расстояний в GNSS. В портфеле проектов приложений для GNSS преобладают транспортные проекты, и среди них первое место занимала авиация. Вместе с тем, рассматриваются и другие применения. Преобразование европейских железных дорог в цифровые путем перехода на цифровую сигнализацию ERTMS/ETCS при повышении уровня их безопасности является одним из самых важных транспортных проектов ЕС. Однако, текущее решение, базирующееся, фактически, на физической разметке железнодорожного пути электронными устройствами (тегами) довольно дорого и не в достаточной степени вандаустойчиво. Переход к GNSS здесь - это одно из главных направлений работы с космосом ЕС. Множество начатых проектов по применению решений GNSS на железнодорожном транспорте, и попытки переноса этих решений из авиационного и автомобильного секторов только подчеркивают важность этого направления.

Статья получена 21 октября 2018.

И.А.Соколов - Национальный центр компетенций в цифровой экономике МГУ, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (email: isokolov@ipiran.ru)

А.С. Мишарин – ОАО РЖД (email: info@vsmexpert.ru)

В.П.Куприяновский - Национальный центр компетенций в области цифровой экономики, МГУ имени М.В. Ломоносова; Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: vpkupriyanovsky@gmail.com)

О.Н. Покусаев - Российская академия транспорта (РАТ); Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: o.pokusaev@rut.digital)

Ю.П. Липунцов - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: lipuntsov@econ.msu.ru)

Ключевые слова—спутниковая навигация, цифровой транспорт.

I. ВВЕДЕНИЕ. ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ЭКОНОМИКУ И ОБЩЕСТВО

В эпоху смартфонов мы можем взглянуть на их экран, чтобы проверить время, узнать нашу позицию или получить данные о том, как добраться от А до В по самому удобному маршруту. Около 20 000 км над нами, кружится над землей со скоростью несколько километров в секунду, несколько спутников, которые могут дать точное время с ошибкой в миллиардные доли секунды и положение с точностью до нескольких метров. Чипы-приемники в телефонах получают сигналы от этих спутников, избавляя нас от необходимости носить часы или иметь при себе карту.

Настолько эффективными являются глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS) при предоставлении двух основных услуг - времени и положения - точно, надежно и дешево, так что многие аспекты современного мира становятся зависимыми от них. Существуют альтернативные средства для определения времени и положения, но - для большинства пользователей, по крайней мере - они не могут конкурировать по цене или удобству с GNSS.

Каждый спутник оснащен серией высокоточных атомных часов. Когда четыре или более спутников находятся в зоне видимости, приемник может рассчитать расстояние до каждого спутника, измеряя время задержки между передачей и получением сигнала. Таким образом, встроенное в GNSS устройство может получать точное время и свое собственное положение с точностью до уровня метра, что позволяет осуществлять навигацию.

Компьютерные сети, передача электроэнергии, радиовещание и телекоммуникации требуют высокоточного и синхронизированного времени в географически распределенной сети. Все они могут зависеть от времени, полученного от GNSS. В дополнение к синхронизации, GNSS обычно

распределяет временные рамки, которые могут быть тесно связаны со скоординированным универсальным временем (UTC) в международной шкале времени. Прослеживаемое время - возможность постоянно проверять, когда происходят события и точное место - является основополагающим в таких контекстах, как торговли, так и финансов, обеспечение нормативного надзора и анализ аномалий рынка.

Транспортные системы, цепи поставок и население в целом - все или кто-либо, кто движется, имеют значительные преимущества от позиционирования и навигационных возможностей GNSS.

Аварийные службы, например, требуют как точного времени для взаимоувязки действий и связи, так и точного положения для определения местоположения ближайших ресурсов к инциденту и обозначение наиболее эффективного маршрута для их доставки. По аналогии, транспортные системы и цепочки поставок используют GNSS для навигации и время GNSS для коммуникаций.

Хотя некоторые технологии могут достичь большей точности, чем GNSS, на небольшой площади, но в сочетании с глобальным охватом GNSS выделяет ее как массовую технологию. Действительно, способность GNSS превысила требования многих самых требовательных технических приложений.

Многочисленные приложения получают время от спутников до гораздо большей точности, чем на самом деле требуют, используя доступность, относительную простоту развертывания и доступность - приемник стоимостью в несколько фунтов предлагает такую же точность, что и высокопроизводительные атомные часы стоимостью в десятки тысяч фунтов. Хотя затраты на запуск и эксплуатацию созвездия спутников значительны, инвестиции быстро возвращаются принося пользу обществу и поддерживая различные предприятия.



Рис. 1. Влияние GNSS на экономику и общество [1].

А. Критическая национальная инфраструктура

- **Коммуникации.** В большинстве приложений здесь используется GNSS для синхронизации и обеспечения работы опорных частот. К ним относятся стационарные телекоммуникационные линии (включая интернет-услуги), сотовые телекоммуникации, вещание цифрового видео и аудио, интернет-центров обработки данных и сетей беспроводной связи.
- **Аварийные службы.** Существует два основных приложения: использование данных GNSS с телефона вызывающего абонента, чтобы найти чрезвычайное положение; и быстро осуществить туда навигацию.
- **Энергетика.** GNSS поддерживает передачу электроэнергии по всей стране через национальную сеть. Требование заключается в синхронизации времени.
- **Финансы.** Финансовые операции, часто обусловленные алгоритмической торговлей, требуют отметки времени от миллисекундного до микросекундного уровней. Такая форма точного времени также требует отслеживания для аудита целей. Время, получаемое от GNSS, может использоваться для синхронизации и прослеживается как источников, так и для временной метки.
- **Продукты питания.** Точное земледелие позволяет значительно улучшить урожайность, но основная зависимость на национальном уровне - это цепочки поставок «точно в срок».
- **Транспорт.** Дорожный, железнодорожный,

воздушный и морской транспорт в значительной степени зависит от GNSS. В свою очередь, все жители зависят от сетей распределения товаров и возможностей путешествий, предоставляемых этими секторами.

- Новые приложения GNSS. Приложения GNSS все еще развиваются. На дорогах развиваются автономные транспортные средства, интеллектуальные пересечения, использование транспортных средств и биллинг услуг; в воздухе, управление воздушным движением следующего поколения и беспилотные приложения.

В. Системы систем

Поскольку приложения GNSS настолько распространены, они встречаются во многих системах, которые зависят одна от другой (рис. 2). Рассмотрим электрическую систему, которая управляет нашими домами, предприятиями и практически всеми современными услугами. Точное время от приемников GNSS позволяет сети определять, есть ли неисправность, где она, и где использовать автоматические выключатели. Поезда, самолеты, паромы, автобусы и грузовики используют GNSS, чтобы определить свою позицию и ориентироваться, а также использовать телекоммуникации для сообщения о своих местоположениях системам управления транспортным парком. Для обеспечения бесперебойной поставки требуется сложная логистика цепь, которая переправляет нашу пищу со всего мира, на наши дороги и в магазины и, в конечном счете, в наши дома; и каждый этап, от глобального к локальному, полагается на GNSS для времени или положения.

Когда одна из этих систем выходит из строя, инженеры, отправленные для устранения неисправности, также будут использовать GNSS.

Очевидно, что наша уязвимость к сбою GNSS увеличивается из-за таких системных взаимодействий. Если проблема с GNSS привела к серьезному отключению электроэнергии, наша способность координировать время и местоположение, полученное спутником как ответ, может быть уменьшена, наша способность к перемещению людей и товаров уменьшится, и наши реакции на чрезвычайные ситуации будут затруднены.

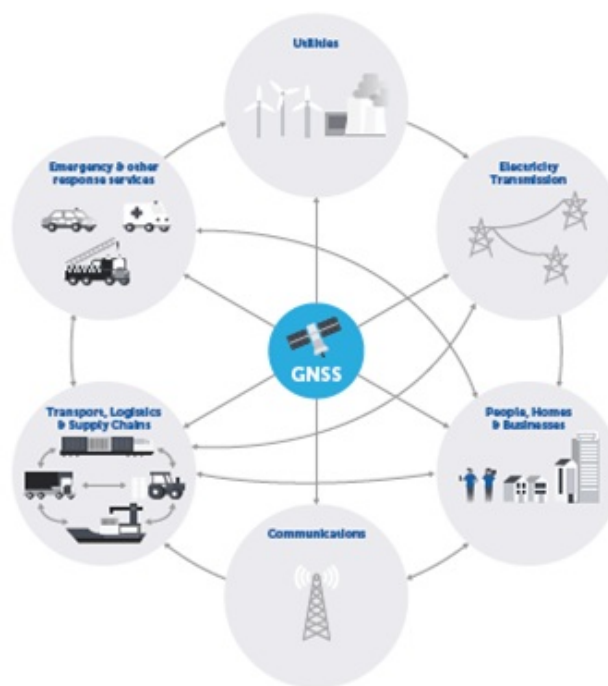


Рис. 2. Использование GNSS связано с образованием сложных систем систем (SoS) [1].

II. ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ (СИСТЕМЫ GPS)

A. GPS (Глобальная система позиционирования - ранее NAVSTAR GPS)

GPS (Глобальная система позиционирования - ранее NAVSTAR GPS) - это система, инициированная для военных целей в Соединенных Штатах Америки, но которая обеспечивает глобальное определение позиции и времени для всех своих пользователей, включая гражданское население. В GPS используется WGS (World Geodetic System с 1984 года) в качестве эталонной системы для географических координат (LAT, LONG). GPS, и она, как и другие GNSS, состоит из трех сегментов:

- Космический сегмент
- Контрольный сегмент
- Пользовательский сегмент

1) Космический сегмент

Основной космический сегмент номинально состоит из 24 спутников, вращающихся в шести орбитальных плоскостях, около 20200 км на высоте (т. е. на средней орбите Земли = MEO).

В настоящее время, однако, действует 31 активный спутник GPS сервиса [1]. Созвездие постоянно обновляется путем добавления новых спутников. Это означает, что в настоящее время существуют три типа спутников на орбите: блок IIR; блок IIR-M и Block IIF. Каждый из упомянутых блоков использует другой набор сигналов. Хотя Block IIR обеспечивает гражданских пользователей только с кодом C / A на частоте L1, Block IIR-M добавляет еще один гражданский сигнал: L2C на частоте L2 и блок IIF добавляет гражданский сигнал на

частоте L5 на вершине предыдущего.

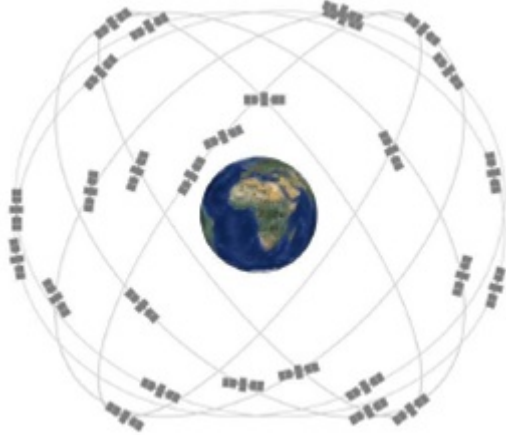


Рис.3: Спутниковая группировка спутников GPS [2]

2) Контрольный сегмент

Задачей контрольных сегментов является постоянный мониторинг и настройка спутников, а также контроль и корректировка содержания навигационных сообщений, отправляемых спутниками. Сегмент состоит из всемирной сети наземных объектов [35]:

- Мастер-станций управления (MCS) и станций резервного копирования.
- 12 наземных станций связи – четыре соединены вместе со станциями мониторинга и еще восемь, которые являются частью Air Force Satellite Control Network (AFSCN)
- 16 станций мониторинга - шесть станций BBC США и десять Агентства национальных геопространственных исследований (NGA).



Рис. 4. Контрольные сегменты GPS [3]

Однако контрольный сегмент не может информировать пользователей о возможных деградациях в течение нескольких секунд, как это необходимо, например, во время операций захода на посадку. Это одна из основных причин, требующих GNSS.

3) Пользовательский сегмент

Пользовательский сегмент состоит из большого количества различных приемников, которые используют сигналы от спутников для того чтобы вычислить их положение и синхронизировать соответствующие часы.

GPS предоставляет два типа услуг [4]:

- Стандартную службу позиционирования (SPS), свободно доступную всем пользователям
- Точную службу позиционирования (PPS), которая закодирована и доступна только для разрешенных пользователей.

Сигналы SPS - L1 C / A, L2C и L5 - передаются по частотам, которые соответствуют их именам. Они свободны и неограниченны для использования кем-либо 24 часа в день. Сигнал L2C улучшает ошибку, вызванную распространением излучений ионосферы, поскольку он передается на другой частоте. Сигнал L5 (иногда называемый Сигнал «Безопасность жизни») (SoL) предоставляется субъектам, безопасность которых важна, как например в авиации. Эта услуга отвечает высоким критериям непрерывности, целостности, доступности и безопасности для этих предметов.

Сигналы PPS передаются по частотам L1 и L2, зашифрованы и предназначены, главным образом, для военного использования. Они предоставляют информацию с высоким уровнем точности и надежности

В. ГАЛИЛЕО (GALILEO)

Единственная GNSS, которая разрабатывается для удовлетворения гражданских потребностей и в рамках гражданского проектирования – это европейский проект Galileo. Она разрабатывается Европейским союзом и его государствами-членами в партнерстве с Европейским космическим агентством и его партнерами и подрядчиками. Эта автономная система использует Наземную опорную рамку Galileo (GTRF Galileo Terrestrial Reference Frame) в качестве географической системы отсчета.

1) Космический сегмент

После полной готовности к эксплуатации Galileo будет состоять из 30 спутников (24 оперативных и 6 резервных), которые будут находиться на трех орбитальных плоскостях на 23222 км (MEO). На начало 2017 года на орбите находилось 10 действующих спутников и несколько других, проходящих внутриорбитную проверку (IOV).

2) Контрольный сегмент

Контрольный сегмент содержит два наземных контрольных центра (GCC). Каждый из них контролирует различные системы: первый GCC, называемый Galileo Control System, управляет созвездием спутников. Второй GCC, называемый Galileo Mission System, является ответственным за мониторинг навигационной функциональности системы и собирает данные со станций мониторинга разбросанных по всему миру [5].

3) Пользовательский сегмент

Приемники Galileo обрабатывают сигналы от спутников и декодируют навигационные данные для

определения позиции (как GPS и все остальные системы, и поэтому промышленность может производить приемники, способные обрабатывать сигналы GPS и Galileo). Galileo предоставит следующие услуги [6]:

- Открытый сервис или Open Service (OS), бесплатно, предоставляет информацию о положении и времени для всех пользователей
- Служба обеспечения безопасности жизни (SoL), предусмотренная для предметов, которым необходима безопасность. Этот сервис отвечает высоким критериям непрерывности, целостности, доступности и безопасности этих предметов. Ожидается, что гражданская авиация будет одним из наиболее релевантных пользователей SoL, в том числе для 3D-инструментального подхода и систем посадки.
- Коммерческое обслуживание (CS) для разработки приложений для профессиональных или коммерческих пользователей, использует более высокую производительность и более высокий стандарт, чем предоставляется Открытым Обслуживанием.
- Общественная регулируемая служба (PRS), посвящена только для пользователей, одобренных правительством, которые требуют высокого уровня непрерывное, ненарушенное обслуживание. Служба Public Regulated Service использует зашифрованные сигналы.
- Служба поддержки поиска и спасания (SAR) для COSPAS-SARSAT с приемом и пересылкой аварийных сигналов.

C. ГЛОНАСС

Система ГЛОНАСС контролируется Министерством обороны правительства России. Текущее созвездие состоит из 27 МЕО-спутников на трех орбитальных плоскостях на 19100 км. 24 из них полностью работоспособны, один проходит проверку обслуживания, один - резервный, а один проходит тестирование (по состоянию на начало 2017 года) [7].

Хотя GPS и Galileo используют сигналы расширенного спектра с различным кодированием для каждого передающего спутника, спутники ГЛОНАСС передают на разных частотах. Интегрированные приемники, способные декодировать сигналы ГЛОНАСС, являются, следовательно, более сложными.

D. Beidou

Спутниковая система BeiDou - BDS, или просто BeiDou (иногда также называемый «Compass»). В 2016 году система Народной Республики Китай установила 23 спутника на орбите. В полном составе система планирует иметь 5 геостационарных спутников (GEO орбиты на 36000 км над экватором), 27 спутников в трех орбитальных плоскостях на высоте 21500 км (МЕО) и 3

спутника на наклонных орбитах на 36000 км (т. е. всего 35 спутников). BeiDou предоставляет услуги для гражданских пользователей с 2012 года в Азиатско-Тихоокеанском регионе и достигла глобального охвата в 2015 году [8, 9].

E. Принцип работы GNSS. Справочная система

Глобальные навигационные спутниковые системы работают по принципу измерения расстояний, основанных на скорости распространения, которая является скоростью света. Для перевода расстояний от спутников в географические координаты необходима эталонная система. Эталонная система позволяет проецировать относительное положение на несколько спутников в систему координат Земли и таким образом определять LAT и LONG, но, будучи геометрией трехмерной, также высоту. По этой причине используются референтные геометрические тела, называемые эллипсоидами и которые аппроксимируют волнистую поверхность планеты. Ссылочные эллипсоиды грубо изображают форму Земли и создаются обширной геодезической съемкой. Они могут обновляться через определенный промежуток времени. Название системы обычно является аббревиатурой и включает год первого опроса. Каждая GNSS использует другую ссылку на систему. Если приемник хочет определить положение из нескольких систем, то эталонные системы должны быть математически преобразованы из одного в другое. В следующей таблице (таблица 1) показано, какая GNSS использует эту систему ссылок.

Таблица. 1: справочные системы GNSS

GNSS	REFERENCE SYSTEM	FULL NAME	YEAR OF THE FIRST SURVEY
GPS	WGS 84	World Geodetic System (adopted by ICAO as the standard horizontal reference system in 1994)	1984
Galileo	GTRF	Galileo Terrestrial Reference Frame	2007
GLONASS	PZ 90	Parametry Zemli	1990
BeiDou	CTRF 2000	China Terrestrial Reference Frame	2000

Ссылочный эллипсоид имеет собственную декартову систему координат с началом координат в центре эллипсоида. Точное распределение осей может варьироваться от системы к системе, например, WGS 84 имеет ось X, перехватывающую первичный меридиан, а ее ось Z перехватывает оба полюса. Ссылочный эллипсоид не представляет точной формы земли и не содержит географических понятий, таких как долины, низины или горы. Другими словами, GNSS измеряет расстояние от центра Земли, но ни высоту давления, ни высоту над землей. Это один из ограничивающих

факторов для использования GNSS для определения высоты и установления вертикального разделения.

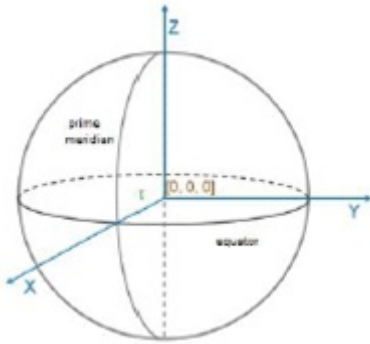


Рис. 5. Эллипсоид WGS

F. Метод определения позиции

Точный метод определения положения очень сложный и трудный для объяснения, поскольку он включает в себя передовые математические операции. Но его принципы довольно просты. Фактически, позиционирование основано на измерении расстояний, основанных на времени приема и скорости света. Это тот же принцип измерения расстояния используется в оборудовании (DME) или радарах. Однако в случае сигналов DME и радиолокаторов они движутся двумя путями, и поэтому время может быть точно измерено при совместном размещении передатчика и приемника. В случае GNSS сигналы перемещаются только со спутника на приемник, и поэтому для точного измерения времени требуется решить более сложную задачу. Каждый спутник GNSS передает сигнал, называемый псевдослучайным шумом (PRN), и приемник измеряет время приема. Разница во времени между передачей и приемом сигнала, умноженная на скорость света, дает расстояние (диапазон) от одного спутника относительно его / ее положения. Другими словами, пилот находится на поверхности сферы, центром которой является передающий спутник. Прослушивая два спутника, пилот находится на пересечении двух сфер (т.е. круга). Прослушивание трех спутников происходит в точке пересечения трех сфер. Если пилот знает относительное расстояние от трех спутников, можно вычислить его положение $[X, Y, Z]$.

Если часы приемника были точно синхронизированы со спутниками, то рассчитанная позиция была бы очень точной. Однако точность механизма кварцевых часов внутри обычного приемника GNSS не может конкурировать с точностью атомных часов спутников, поэтому измеренный диапазон (расстояние) неверен, поэтому он называется «псевдодиапазоном». Из-за того, что скорость света является таким большим числом, поэтому измеренная разница во времени настолько мала, что даже самая маленькая погрешность оказывает большое влияние на расчетную позицию. Например, разность данных на 20 наносекунд привела бы к погрешностям в вычислениях геолокации каждые пару минут, и эта ошибка накапливалась бы. К примеру, за день точность определения местоположения объектов

сбилась бы приблизительно на 10 км! В связи с этим приемник должен знать временную ошибку своих часов, которая становится четвертой неизвестной в математике. Таким образом, для определения всех четырех неизвестных (X, Y, Z и ошибки часов) пилот должен измерять псевдо диапазоны, по меньшей мере, из четырех спутников (в математических выражениях требуется четыре уравнения). После определения тактовой частоты приемник может вычислять три (или более) точных диапазона, определяя таким образом относительное положение трех (или более) спутников, которое затем пересчитывается относительно системы координат. Для многих критических приложений в ЕС есть требование 4 спутников (рисунок 6).

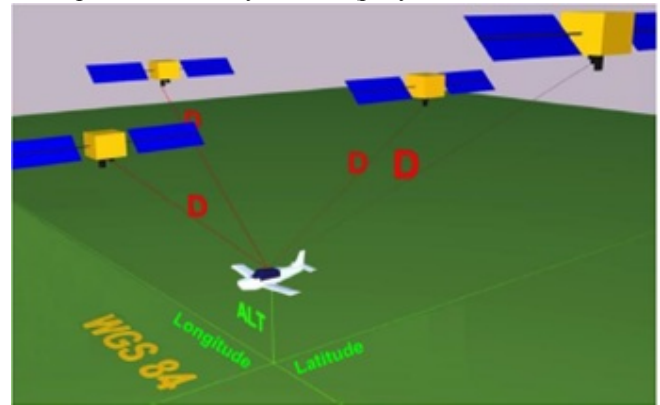


Рис. 6. Требование четырех спутников для определения точной позиции [10]

G. Сообщения для навигации

Навигационные сообщения являются неотъемлемой частью сигнала GPS-спутников. Чтобы определить позицию, должен быть получен хотя бы один кадр информации, который длится 30 секунд. Один кадр содержит пять подкадров, которые содержат следующую информацию:

- Ошибка синхронизации спутника;
- Эфемеридная информация (Совокупность данных навигационного сообщения);
- Время спутника - разность UTC и информация о статусе ионосферы;
- Часть альманаха (календаря);
- Сервисные параметры.

Время спутника (время GPS) меняется от UTC немного, и поэтому необходимо всегда знать разницу.

Альманах является одним из ключевых факторов, необходимых для работы GNSS; невозможно определить позицию без действительного альманаха. В альманахе содержится информация о полном созвездии всех спутников. Полный альманах делится на несколько кадров навигационного сообщения, и его получение занимает 12,5 минут в идеальных условиях. Обычно он меняется один раз в день.

Очень важный факт может быть определен из предыдущего абзаца: приемник GNSS, который был отключен на длительный период времени, потребует не менее 12,5 минут, прежде чем он сможет получить свое первоначальное положение!

Сервисные параметры используются для определения

неисправного спутника и исключения его из процесса позиционирования. Сервисные параметры определяются из мониторинга спутникового сигнала, который выполняется наземным контролем.

Н. Используемые частоты и сигналы

Спутники GNSS передают в диапазоне ультравысокой частоты (УВЧ). Сигналы передаются на нескольких разных частотах, поскольку ионосфера сильно влияет на скорость распространения сигнала, что значительно влияет на точность. Ионосфера по-разному влияет на сигналы разных частот. Благодаря этому явлению GNSS может определять фактическое состояние ионосферы и минимизировать влияние на точность.

Сигнал GNSS состоит из [11]:

- Волна несущей: точная частота, синусоидальный характер,
- Код для определения псевдодиапазона: последовательность двоичной информации, также называемая псевдослучайным шумом (PRN),
- Навигационные данные: также в двоичном формате, содержащие информацию о местоположении спутников, временной коррекции, статусе целостности альманаха и спутников.

И. Ошибки и повреждения

Точность приемника GNSS зависит от нескольких факторов и находится в радиусе нескольких метров более чем в 95% времени, что более чем достаточно для полетов VFR. Сигналы, передаваемые с высоты около 20000 км, очень малы, когда они достигают поверхности Земли (около -130 дБм) и поэтому уязвимы для различных типов помех. Другие факторы и ошибки, влияющие на производительность системы, также сохраняются. Некоторые из них [12]:

- Ошибка эфемерид; спутник передает свои эфемеридные данные каждые 30 секунд, однако эти данные не всегда точны
- Ошибка синхронизации спутников; ошибка часов спутника компенсируется, однако компенсация не всегда точна
- Многолучевой прием, вызванный отражениями сигнала, снижает точность
- Ошибка распространения ионосферы не может быть полностью компенсирована

III. ЕВРОПЕЙСКАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА (GNSS)

Глобальная европейская навигационная спутниковая система (GNSS) представляет собой совокупность спутников, обеспечивающих сигналы из космоса, которые передают данные позиционирования и синхронизации в приемники GNSS. Эти приемники затем используют эти данные для определения их

местоположения. Европейская GNSS (E-GNSS) состоит из спутниковых сигналов, отправленных созвездием Галилея и служб аугментации, предоставляемых EGNOS. Европейское агентство GNSS (GSA) отвечает за управление европейской системой GNSS. Он выполняет это через Сервисный центр GNSS (GSC), который поддерживает предоставление услуг и предоставляет единый интерфейс для пользователей Galileo. Операция EGNOS и предоставление услуг были переданы GSA Европейскому спутниковому провайдеру (ESSP), что позволяет также использовать один интерфейс для пользователей EGNOS через этот веб-сайт поддержки пользователей EGNOS.

А. EGNOS - Европейская служба геостационарной навигации

Европейская служба геостационарной навигации (EGNOS) - региональная спутниковая система спутниковой навигации (SBAS) в Европе, которая используется для повышения эффективности глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), таких как GPS и Galileo.

Исторически EGNOS - первое в Европе конкретное предприятие по спутниковой навигации является предшественником программы Galileo. Региональная спутниковая аугментационная система (SBAS) как и собственно EGNOS, может распространять информацию, полученную от GPS, Galileo или другой GNSS, в еще более точном виде, исправляя ошибки, связанные, например, с ионосферными возмущениями. Кроме того, EGNOS может проверить целостность полученной информации, путем предоставления сигнала тревоги в случае, если информация о местоположении ненадежна. Это фундаментальное для критически важных для безопасности приложений, таких как летающие самолеты или навигация кораблей через узкие каналы.

Зона действия EGNOS охватывает всю Европу, север Африки и небольшую европейскую часть России. Система EGNOS включает в себя 3 геостационарных спутника, принадлежащих двум компаниям Artemis и Inmarsat, каждая из которых имеет свою независимую сеть наземных станций. Первой компании принадлежит спутник под номером — 124, второй — спутники под номерами 120 и 126. Номера соответствуют GPS-приёмникам компании Garmin.

До недавнего времени система EGNOS функционировала в тестовом режиме, и это определяет частичную нестабильность её работы, несоответствие передаваемых данных заявленной спецификации и проблемы в использовании сигналов навигационной аппаратурой. Тем не менее, большинство времени система действительно выполняла свои функции для Европы.

1 октября 2009 года вице-президент Европейской Комиссии по транспортной политике анонсировал официальный старт службы EGNOS Сегодня EGNOS

предоставляет три услуги: «Открытый сервис», «Безопасность жизни» и «Служба доступа к данным EGNOS» (EDAS).

EGNOS использует измерения GNSS, выполненные точными локальными опорными станциями, развернутыми по всей Европе. Все измеренные ошибки GNSS передаются в центральный вычислительный центр, где вычисляются дифференциальные поправки и сообщения целостности. Эти вычисления затем транслируются по закрытой зоне с использованием геостационарных спутников, которые служат дополнением или наложением к исходному сообщению GNSS. В результате EGNOS повышает точность и надежность информации о местоположении GNSS, а также обеспечивает важное сообщение целостности относительно непрерывности и доступности сигнала. Кроме того, EGNOS также передает чрезвычайно точный универсальный сигнал времени.

Благодаря EGNOS впечатляющие уровни производительности могут достигнуты. Точность позиционирования улучшается до 1 и 2 м по горизонтали и между 2 и 4 метров по вертикали и точность информации о времени услуг улучшается до 10 наносекунд. Вот перечень услуг этой системы:

1. Услуга EGNOS OPEN SERVICE (OC) доступна с октября 2009 года и предлагается бесплатно любому, у кого есть приемник, совместимый со спутниковой системой аугментации.

2. СЕРВИС ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ EGNOS (SOL) - запущен в марте 2011 года для гражданской авиации, обеспечивая принудительную тревогу для пользователей в течение шести секунд в случае неисправности GPS или Galileo. Когда на карту поставлены жизни, такое предупреждение является обязательным.

3. СЕРВИС ОБСЛУЖИВАНИЯ ДОСТУПА ДАННЫХ EGNOS (EDAS):

Эта наземная служба коммерческих данных действует с 2012 года. Сигналы EGNOS доступны через выделенное Интернет подключение. Вся собранная информация и генерируемая EGNOS, также доступна через наземную сеть, что означает, что в ситуациях, в которых спутниковые сигналы блокируются или нарушаются, информация по-прежнему доступна. Это особенно важно в плотно населенных городах, где высокие здания могут блокировать сигналы EGNOS.

Области применения EGNOS:

АВИАЦИОННАЯ

Глобальные спутниковые навигационные системы не отвечают необходимым эксплуатационным требованиям установленными властями гражданской авиации. EGNOS была сертифицирована для использования в гражданской авиации и сегодня, в более чем 200 аэропортов почти 20 европейских стран, базируются на EGNOS процедурах захода на посадку и количество их увеличивается. Доступ к более мелким и региональным аэропортам также улучшается.

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Прецизионные методы ведения сельского хозяйства на основе EGNOS используются фермерами в Европе для сокращения использования удобрений и снижение затрат в то время как они приносят пользу окружающей среде.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ / ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

Пользователи наземных (дорожных / железнодорожных) путей могут воспользоваться преимуществами систем отслеживания EGNOS. Точность в локализации имеет важное значение, как для частных, так и для государственных секторов: это означает более экономичные маршруты, улучшенное управление логистикой и быстрый ответ на любой вид чрезвычайной ситуации местными службами скорой помощи.

МОРСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ВОДНЫХ ПУТЯХ

EGNOS может улучшить каждый аспект морских операций: от порта до побережья, охранные операции по разведке и управление рыболовством. Морские пользователи могут получить лучшую точность для навигации в гавани или внутреннего судоходства.

СОЗДАНИЕ КАРТ

Эффективная технология EGNOS способствует улучшению любых измерений GNSS с картографической информацией в режиме реального времени, и эти решения предоставляются бесплатно.

B. Галилео (Galileo)

Galileo - глобальная навигационная спутниковая система Европы, предоставляющая пользователям автономную навигацию, позиционирование и синхронизацию. В отличие от других систем, он находится под гражданским контролем и разработан в ответ на разнообразные потребности различных пользовательских сообществ. Четыре службы Galileo (Open Service, Commercial Service, Search and Rescue и Public Regulated Service) будут предлагать различные уровни точности, надежности, аутентификации и безопасности. Galileo объявила о предоставлении первоначальных услуг в конце 2016 года. Характеристики открытых сервисов Galileo в динамике их развития приводятся в таблице 2. На рисунках 7,8,9 приводятся основные характеристики Galileo, а на рисунке 10 - временной график развития сервисов GALILEO.

Приложения и сервисы, которые люди используют каждый день, от навигационного устройства в своих автомобилях до своих мобильных телефонов, пользуются повышенной точностью, которую предоставляет Galileo. Услуги, построенные на базе Galileo, сделают авиацию автодороги и железные дороги Европы более безопасными и эффективными.

Новые возможности развивают европейские инновации, способствуя созданию новых продуктов, услуг и рабочих мест, а также предоставлению Европе большей доли на глобальном рынке GNSS стоимостью 175 миллиардов евро (Источник: выпуск отчета по

рынку GSA V V).

Таблица 2. Характеристики открытых сервисов Galileo (источник – GSA)

Definition	Committed Target	March 2018
Ranging accuracy Dual Frequency (95%)	Worst Satellite month	< 7.0 m
	Constellation Average	0.78 m
Ranging accuracy Single Frequency (95%)	Worst Satellite month	< 7.0 m
	Constellation Average	0.50 m
Availability of Dual Frequency Ranging (global average)		> 87%
Per Satellite Availability of Signal in Space (monthly, OS, global average, healthy SF/DF)		> 98.75%
UTC Time dissemination uncertainty (DF, 95% over campaign period)		< 30 ns
Availability of UTC dissemination		> 87%
GST - GPS time offset uncertainty (95% over campaign period)		< 20 ns
GST - GPS time offset availability (over campaign period)		> 80%

The Galileo satellite navigation system

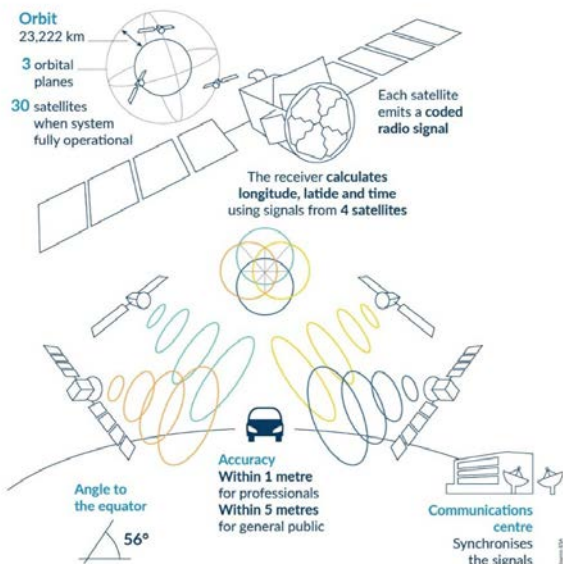


Рис. 7. Как работает навигационная система на базе GALILEO (источник – GSA)



Рис. 8. Сервисная инфраструктура GALILEO (источник – GSA)

– GSA)

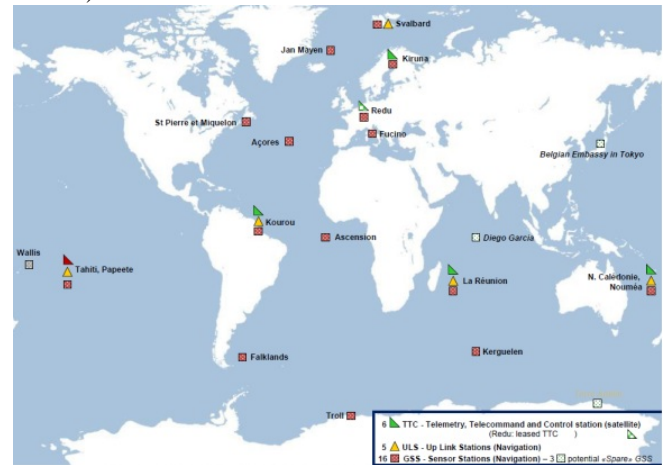


Рис. 9. Контрольные сегменты GPS GALILEO (источник – GSA)

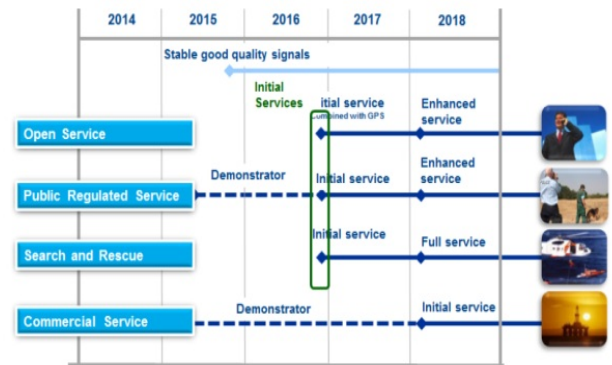


Рис. 10. Временной график развития сервисов GALILEO (источник – GSA)

Программы Galileo и EGNOS финансируются и принадлежат ЕС. Европейская комиссия несет общую ответственность за программы, управление и надзор за осуществлением всех программных мероприятий от имени ЕС. Развертывание, разработка и развитие нового, а также создание систем технической разработки инфраструктурных программ возлагается на Европейское космическое агентство (ЕКА). Оперативное управление Galileo и EGNOS осуществляются агентством ЕС, Европейским глобальным Агентством навигационных спутниковых систем (GSA).

С. Миссия GSA

Миссия GSA заключается в поддержке целей Европейского Союза и достижении максимальной отдачи от инвестиций в европейские GNSS с точки зрения преимуществ для пользователей и экономического роста и конкурентоспособности путем:

- проектирования и предоставления услуг, которые полностью отвечают потребностям пользователей, постоянно совершенствуя европейские службы GNSS и инфраструктуру;
- управления предоставлением качественных услуг, которые обеспечивают

удовлетворенность пользователей наиболее экономичным способом;

- привлечения участников рынка к разработке инновационных и эффективных приложений, услуг с добавленной стоимостью и пользовательских технологий, которые способствуют достижению полного европейского внедрения GNSS;
- обеспечения того, чтобы европейские службы и операции GNSS были полностью безопасными и доступными.

Спутниковая навигация сделала большой шаг во многих сферах жизни общества, все более и более влияя на бизнес, общественные услуги и поведение потребителей. Наряду с предоставлением экономических выгод инновационным поставщикам услуг и связанным с ними предприятиям, спутниковые навигационные устройства, которые теперь интегрированы в широкий спектр транспортных средств и транспортных систем, изменили то, как мы управляем мобильностью, безопасностью и безопасностью людей и товаров фундаментальными способами (сайт GSA далее без упоминаний).

Следующей логической разработкой для пользователей в целом будет интеграция точных устройств позиционирования в каждый мобильный телефон или аналогичное карманное устройство, что позволит сделать глубокую трансформацию того, как общество занимается измерениями времени и пространства.

Развивая новое поколение глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), Европа закладывает основы для развития новых высокотехнологичных отраслей промышленности, создания рабочих мест и экономического роста. Благодаря тому, что в Европе GNSS находится на ведущем месте, независимом и самодостаточном, GALILEO может стать ключевой частью глобальной коммерческой навигационной системы позиционирования будущего.

Европейский надзорный орган GNSS (GSA) был первоначально учрежден в качестве Агентства Сообщества 12 июля 2004 года по Регламенту Совета (ЕС) 1321/2004, с поправками, внесенными в 2006 году Регламентом Совета (ЕС) № 1942/2006. Европейский Совет сделал этот важный шаг из-за того, что он рассматривал как стратегический характер европейских программ спутникового позиционирования и навигации, которые включают как EGNOS, так и GALILEO, а также необходимость обеспечения адекватной защиты и представления основных общественных интересов в этой области.

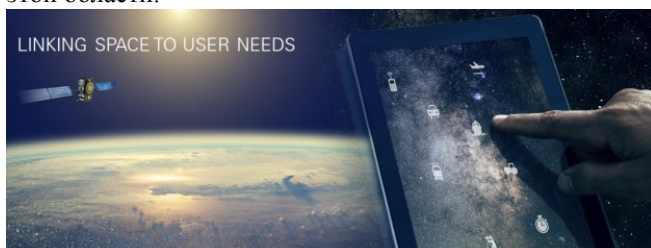


Рис. 11. Связать космос с потребностями пользователей (источник – GSA)

Нам представляется, что рисунок 11, изображающий как связать космос с потребностями пользователей, буквально разместив космические сервисы на смартфоне, очень удачно иллюстрирует цели и миссию GSA. Как нам представляется, GSA занимает сегодня очень правильную позицию в структуре полномочий и ответственности европейского союза (рисунок 12), отношения с которым регламентированы целым рядом технических документов [13 - 17], которые мы также использовали. Так как в цифровую эпоху далеко не все может оптимально организовать GSA, то чрезвычайно важна организация взаимоотношений с другими органами управления и финансирования в ЕС, позволяя онтологически связывать сложные системы систем, работу в реальном времени с требованиями безопасности и надежности [18-24]. Понимать пользователей и рынок, стимулировать спрос, создавать конкурентные предложения в ЕС, используя различные европейские программы, позволяют именно эти структурные связи (рисунок 13).

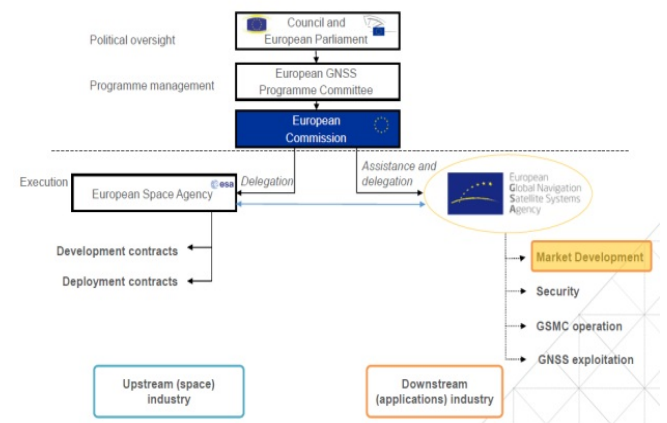


Рис. 12. Место GSA в структуре ЕС (источник – GSA)

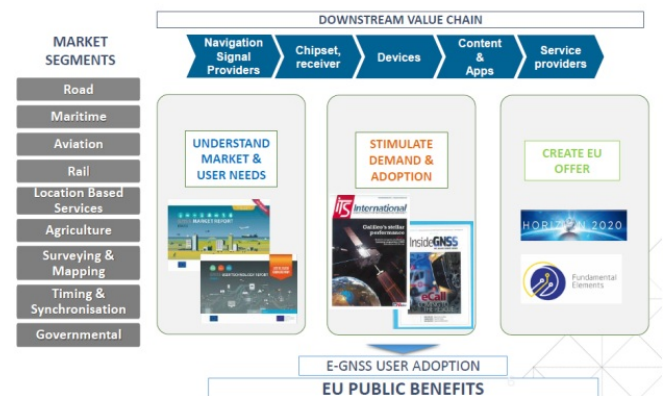


Рис. 13. Понимать пользователей и рынок (источник – GSA)

Усилиями этой кооперации внутри ЕС в декабре 2017 года прошла 1 конференция ассамблеи пользователей Галилео. У GNSS Европы намечилось явное признание, как у производителей смартфонов (рисунок 14), так и производителей профессионального оборудования (рисунок 15).

GALILEO-ENABLED PIONEERS



Рис. 14. Смартфоны, на которых доступен сервис GALILEO (источник – GSA, декабрь 2017 года 1 конференция ассамблеи пользователей Галилео)



Рис. 15. Совместимость мировых приемников спутниковых сигналов GALILEO достигла 40 % (источник – GSA, декабрь 2017 года 1 конференция ассамблеи пользователей Галилео)

IV. СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКОЙ GNSS

По состоянию на июнь 2018 года, в портфеле проектов приложений преобладали по числу транспортные, и среди них первое место занимала авиация. Другой значительной частью является работа с профессиональными направлениями и приборами (рисунок 16). На сайте GSA содержится следующее сообщение (сентябрь 2018 года) о том, как можно использовать результаты проектов и сколько их:

- Просмотрите многие проекты, связанные с EGNSS, из 7-й Рамочной программы исследований и разработок (FP7 и H2020), которая привела к 56 коммерческим продуктам и услугам, 125 прототипам, 18 зарегистрированным товарным знакам и 200 демонстрациям.
- Откройте обширные исследования, проведенные в рамках FP7 и H2020 во всех сегментах: от авиации до морского, сельского хозяйства и железнодорожного транспорта.

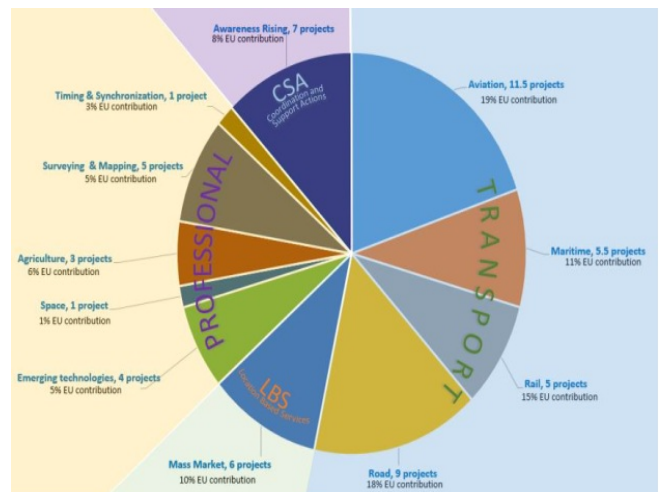


Рис. 16. Финансируемые проекты по сегментам рынка 20 июня 2018 года (источник – GSA)



Рис. 17. LC-SPACE-EGNSS-1-2019: приложения EGNSS GALILEO, способствующие зеленой, безопасной и умной мобильности (источник – GSA)

На рисунке 17 мы приводим направления транспортных проектов для создания новых приложений EGNSS GALILEO, способствующие зеленой, безопасной и умной мобильности. Действия в этих проектах должны предоставлять новые инновационные приложения, интегрирующие цифровые технологии, такие как Internet of Things (IoT), облачные вычисления, большие данные и робототехника.

А. Фундаментальные элементы в EGNSS GALILEO

Фундаментальные элементы (учреждены в 2013 регуляцией GNSS последовавшей за решениями парламента и совета ЕС (European Parliament and of the Council) от 11 декабря 2013 года – «on the implementation and exploitation of the European satellite navigation systems») - новый механизм финансирования НИОКР ЕС, поддерживающий разработку наборов микросхем, приемников и антенн с поддержкой EGNSS. Проекты «Фундаментальные элементы» являются частью общей европейской стратегии GNSS для поглощения рынка, возглавляемой GSA. Основные цели программ фундаментальных элементов можно резюмировать следующим образом:

- Упрощение принятия европейских систем GNSS, основанных на их инновационных услугах и дифференциаторах;
- Повышение конкурентоспособности

промышленности ЕС;

- Удовлетворение потребностей пользователя в адресных решениях на приоритетных сегментах рынка;
- Создание областей конкурентных преимуществ для европейских граждан.

Общий бюджет для всех проектов, которые будут осуществляться с 2015 по 2020 год, составляет 111,5 млн. евро.

1) Дополняемость и связь с программами исследований Horizon 2020 в ЕС (H2020)

Проекты фундаментальные элементы дополняют программу исследований Horizon 2020 в ЕС. Horizon 2020, с одной стороны, направлен на содействие принятию Galileo и EGNOS в основном посредством разработки контента и приложений и поддерживает интеграцию услуг, предоставляемых этими программами, в устройства и их коммерциализацию. Фундаментальные элементы, с другой стороны, сосредоточены на поддержке разработки инновационных технологий набора микросхем и приемников, которые промышленность еще не будет инвестировать в свою собственную инициативу, тем самым ускоряя интеграцию Galileo и EGNOS в готовые к продаже устройства.

Используя цепочку создания стоимости по GNSS, можно представить логику между двумя инициативами в области исследований и разработок, как показано на рисунке 18 ниже.

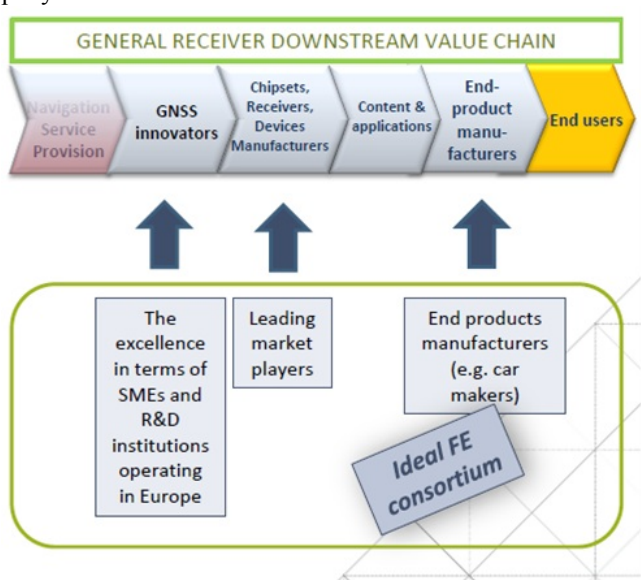


Рис. 18. Цепочка добавленной стоимости GNSS (источник – GSA)

Проекты «Фундаментальные элементы» нацелены на разработку готовых к использованию на рынке чипсетов, приемников и антенн. Рынки, ориентированные на эти конечные продукты, в разных пропорциях включают конечных пользователей из всех сегментов, в том числе: Авиация, LBS, сельское хозяйство, геодезия, железнодорожная, автомобильная, морская, синхронизация и PRS.

V. ПРИМЕРЫ ПРОЕКТОВ AV ЕС В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РЕШЕНИЙ GNSS

Описать весь объем проектов ЕС в автомобильной промышленности по применению решений GNSS представляется довольно сложным занятием, как для авторов, так и для читателей. Поэтому мы ограничились всего четырьмя проектами, сгруппированными вокруг огромной для любой экономики темы – производства нового поколения автомобилей без водителя или AV. Конечно, выбор этих проектов для изложения носил экспертный характер.

A. Проект ESCAPE создание компонентов AV для будущего автомобиля

В [25,26] показана необходимость предоставления точной и надежной информации о позиционировании движущихся средств, которая явно проявляется в критически важных для безопасности приложениях, таких как перемещение людей и грузов. Среди этих приложений наиболее сложными являются приложения для автомобилей, которые развиваются в направлении беспилотных движущихся средств или AV [27], для которых считается необходимым разработать специализированный надежный и точный электронный движок, предназначенный для таких автомобильных критически важных приложений. Именно этим занимается проект ЕС ESCAPE (далее приводится информация с сайта этого проекта). Конечной целью ESCAPE является разработка европейской интегрированной системы определения местоположения GNSS, которая работает как «двигатель» для множества критически важных приложений. Этот движок также рассматривается как фундаментальный элемент.

К 2019 году консорциум ESCAPE завершит разработку этого инновационного механизма позиционирования, приспособленного для удовлетворения требований безопасности, выраженных теми приложениями автомобильного транспорта, которые будут включать автоматизацию и могут нанести вред или повредить людей и товары. Ожидается, что прогресс в области базовых технологий и прототипов, ориентированных на ЭСКАТО, принесет почти оперативный продукт с уровнем объема мирового рынка в 7 триллионов евро.

B. Движок ESCAPE

Первым мобильным приемником GPS + Galileo для массового рынка с многочастотной емкостью, адаптированной для автомобильного сектора, является ядро этого инновационного устройства позиционирования. Движок ESCAPE обеспечит высокую степень слияния данных и эксплуатацию ключевых технологических дифференциалов Galileo. Впервые движок ESCAPE обеспечит безопасную систему позиционирования (обеспечивающую целостность как наиболее подходящую характеристику), интегрируя GNSS, бортовые датчики, камеры и карты.

Основные нововведения, которые могут возникнуть в результате проекта:

- 1) дизайн мультисистемного / многочастотного набора микросхем GNSS / Galileo для дорожных применений;
- 2) эксплуатационные сервисы (также совместимая с услугой Galileo E6), которая будет использоваться для критических приложений безопасности дорожного движения;
- 3) потенциальное использование ионосферного моделирования Галилея для одночастотного устройства;
- 4) жесткая гибридизация камер, карт, датчиков транспортных средств и GNSS;
- 5) предоставление уровня целостности вышеупомянутой технологии. Использование «уровня целостности» имеет решающее значение: в критическом для безопасности приложении часто говорят, что более важно знать, является ли информация надежной или нет, чем сама точная информация.
- 6) интеграция всего вышеперечисленного в движок, близкий к коммерциализации.

Так как население Европы проживает в основном в городах (около 80%), то основным направлением разработки движка ESCAPE является надежная работа в городах (рисунок 19).



Рис. 19. Принцип 4 спутников при создании движка ESCAPE в городской среде (источник – ESCAPE)

ESCAPE длится три года, с осени 2016 года до осени 2019 года. За свою жизнь проект встречает семь этапов, выделенных синим цветом на следующем рисунке 20. Промежуточные достижения проекта между вехами отмечены как желтые элементы.

Первый образец прототипа движка ESCAPE, названный HW, выпущен и представлен общественности (февраль 2018 года) как образец аппаратной платы ESCAPE в феврале 2018 года публично дебютировал на Mobile World Congress 2018 в Барселоне на стенде STM. В производстве FICOSA были интегрированы все компоненты HW, а именно набор микросхем GNSS-приемника STM, блок измерения инерциальных измерений и основной процессор, а также все периферийные устройства, необходимые для связи с платой. Программирование ПО с использованием алгоритмов позиционирования и целостности GMV находится в стадии разработки. Прототип приемника GNSS # 1, то есть первые образцы приемника GNSS, доступные для интеграционных тестов были предъявлены в декабре 2017 г.

В конце первого года деятельности проектная группа ESCAPE объединила предварительный проект «ESCAPE GNSS Engine» или «EGE». Это инновационный механизм позиционирования, предназначенный для использования в качестве критического позиционирования в автономных транспортных средствах. Помимо современного состояния, EGE позволит транспортным средствам осуществлять навигацию в режимах высокой автоматизации (уровень SAE 4) в различных операционных средах.

Конструкция прототипа EGE затрагивает несколько основных компонентов: новую многочастотную многоспутниковую станцию, набор микросхем GNSS для автомобильной промышленности, аппаратные и программные архитектуры, алгоритмы для слияния данных, позиционирования и целостности, а также анализа безопасности всех элементов движка, включая позиционирование.

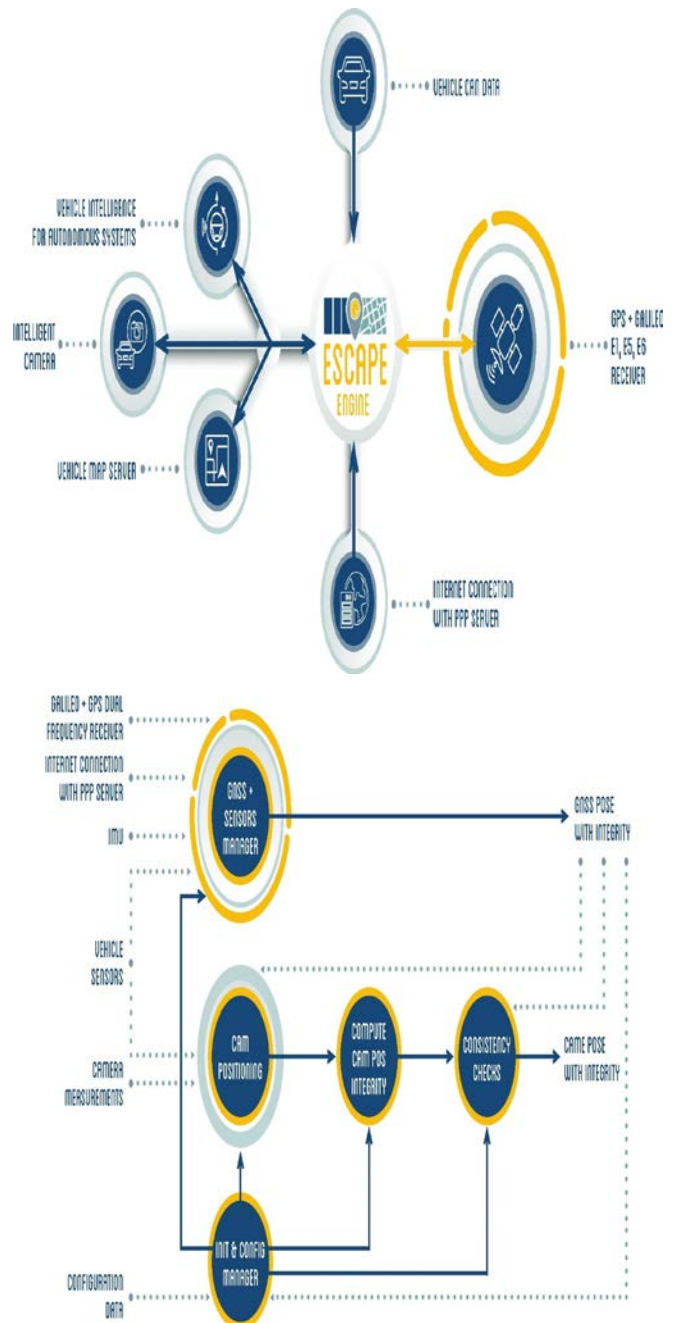




Рис. 20. Этапы развития проекта в трех представлениях (источник – ESCAPE)

Проект выходит на второй год, что предполагает выпуск первых образцов оборудования EGE и последовательность из трех шагов интеграции и тестов, распределенных в течение года. Второй и последний выпуск HW ожидается в течение третьего года.

Надежное и безопасное позиционирование для автономной и безопасной навигации автомобиля нуждаются в системах восприятия, которые распознают, идентифицируют, классифицируют и находят объекты, окружающие их. Чем сложнее навигационные функции, тем больше датчиков необходимо для достижения степени надежности, необходимой для безопасного перемещения в сложных условиях движения. Таким образом, потребность в абсолютных оценках местоположения на основе GNSS является основным требованием.

Возможность позиционирования EGE является результатом комплексного набора алгоритмов, фундаментом которого является датчик GNSS. Его измерения объединены с измерениями инерциальной единицы (IMU) для обеспечения базовой линии.

Стандартная функция позиционирования по точкам; второй уровень обслуживания позиционирования представлен точной точкой позиционирования, которая использует подключение к Интернету на удаленном сервере для получения наборов точных исправлений для измерения GNSS. Кроме того, функция позиционирования на основе обработки карт высокого разрешения с маркировкой полосы движения и объединением с другими датчиками транспортного средства, предлагает третий уровень позиционирования, который дополняет и улучшает предыдущие, чтобы достичь максимально возможной точности.

Каждая оценка местоположения, независимо от того, какой сервис используется для ее вычисления, обеспечивается уровнем защиты, в котором есть мера снижения неуверенности (целостности), привязанной к текущей оценке. Таким образом, разные возможности автономного вождения можно динамически активировать в зависимости от их целостности и защиты уровня требований.

С. Проект INFRAMIX - подготовка инфраструктуры для AV

INFRAMIX готовит дорожную инфраструктуру для поддержки переходного периода и сосуществования обычных и автоматизированных транспортных средств. Основной целью INFRAMIX является проектирование, обновление, адаптация и тестирование (в симуляции и в реальном мире) как физических, так и цифровых

элементов дорожной инфраструктуры, чтобы обеспечить совместное использование автоматических (AV) и обычных транспортных средств в конкретных сценариях, обеспечивая бесперебойную, предсказуемую работу, безопасный и эффективный трафик. Ключевым результатом будет «гибридная» дорожная инфраструктура, способная обрабатывать переходный период и стать основой для будущих автоматизированных транспортных систем.

Для достижения этой цели INFRAMIX будет использовать новые передовые модели микроскопического трафика, передовые методы моделирования, инновационные стратегии управления, а также соответствующие новые и адаптированные существующие физические и цифровые элементы инфраструктуры. Все это будет перекрестно проверено на фоне повышения оценки и безопасности пользователей, что, среди прочего, приведет к новой схеме классификации инфраструктуры.

В рамках внедрения INFRAMIX и тестирования конкретных минимально доступных адаптаций на гибридной инфраструктуре (физическом и цифровом) реальных автомагистралей, управляемых партнерами-консорциумами, а именно ASFiNAG и Autopistas, которые являются одними из наиболее технологически продвинутых и современных автомобильных инфраструктур в Европе и за ее пределами (мы советуем для понимания проекта посмотреть состав участников на сайте проекта). Между мероприятиями, которые предстоит исследовать, будут новые элементы сигнализации и визуализации для принятия мер и стратегий контроля движения, «читаемых» как автоматическими, так и обычными транспортными средствами. Кроме того, будут достигнуты успехи в отношении электронного горизонта для автоматизированных транспортных средств путем интеграции динамической информации с инфраструктурой, например транспортных потоков (см. в том числе ниже проект CODECS). Другие элементы, которые будут исследованы, включают физические и цифровые элементы сегрегации, новые стандарты для автоматической регистрации транспортных средств, стандартизированные сообщения V2I и т. д.

Основные цели INFRAMIX:

- подготовить дорожную инфраструктуру с конкретными доступными адаптациями и для поддержки ее новыми моделями и инструментами, для обеспечения поэтапного внедрения автоматизированных транспортных средств;
- разработка новых и модернизация существующих элементов физической и цифровой дорожной инфраструктуры;

- проектирование и разработка элементов для новой цифровой дорожной инфраструктуры, включая информацию, полученную автоматическими транспортными средствами; в свою очередь, эта цифровая инфраструктура станет основой для усовершенствованного электронного горизонта для автоматизированных транспортных средств;
- адаптация и обновление элементов существующей физической инфраструктуры, чтобы обеспечить поэтапную установку автоматических транспортных средств.

Одной из важнейших задач проекта является разработка совместной имитационной среды, которая включает новые модели потоков трафика (субмикро и микроскопические) в сочетании со зрелыми инструментами моделирования (например, VSimRTI, ICOS), объединяющими реальные алгоритмы транспортного средства для автоматического вождения и поведения водитель-водитель для изучения сценариев смешанного трафика при различных уровнях проникновения на различные уровни автоматизированных транспортных средств.

- Разработка и внедрение стратегий оценки, мониторинга и контроля трафика как, динамически адаптированных к различным уровням проникновения автоматизированных транспортных средств, оборудования инфраструктуры и общего состояния трафика также один из приоритетов.
- Разработать гибридную систему тестирования путем объединения элементов инфраструктуры и транспортных средств на реальных дорогах (или тестовых полосах автодорог) с виртуальной средой трафика, включая типичные ситуации смешанного трафика в трех predetermined сценариях это тоже одна из задач.
- Новые элементы сигнализации и визуализации как формы визуальных и электронных сигналов, которые будут интегрированы в «гибридную» инфраструктуру, делая их понятными как с помощью автоматических, так и обычных транспортных средств это часть INFRAMIX.
- Сделать оценку и принятие пользователей с точки зрения визуальных сигналов, сообщений и соответствующих контрольных действий ТМС, разработанных для сценариев смешанного трафика планируется осуществить в INFRAMIX как и оценку показатели безопасности в трех выбранных сценариях, для ситуаций со смешанным трафиком; собирать / отслеживать критические ситуации для

смешанных данных о трафике для определения новых критериев безопасности для дорожной инфраструктуры. В INFRAMIX есть так же планы разработать и создать консенсус в отношении схемы классификации дорожной инфраструктуры на «подходящие для автоматизации» уровни.

В проекте выполнено три исследования [44,45,46] и есть большие и серьезные планы на будущее. Для лучшего представления читателем работ в проекте приводим рисунки 21 и 22.

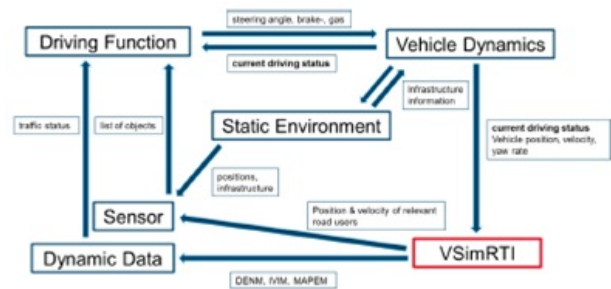


Рис. 21. Субмикроскопические модели и обмен параметрами [45]

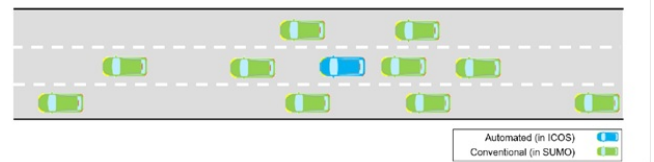


Рис. 22. Моделирование транспортных средств с помощью различных имитационных моделей (SUMO и ICOS) [45]

D. Проект CODECS развитие C-ITS

Проект CODECS, как развитие C-ITS, также представляет, по сути, подготовку инфраструктуры городов и автомобильных дорог для AV. C-ITS предоставляет широкий спектр информационных и предупреждающих услуг для безопасной, устойчивой и удобной будущей мобильности. Впереди развертывание транспортных средств, общающихся друг с другом и с дорожной инфраструктурой, первоначально продвигалось в проектах коридоров и пилотов по всей Европе. Координация между этими передовиками и согласованными планами развертывания для поэтапного развертывания неизбежно позволяет участникам трафика легко пользоваться преимуществами C-ITS.

CODECS действует как узловая точка, объединяющая заинтересованных сторон, участвующих в развертывании C-ITS, на последовательных этапах реализации. Действие координации и поддержки создает сеть заинтересованных сторон для стимулирования прозрачного потока информации и обмена извлеченными уроками из первоначального развертывания. Через семинары, вебинары и личные консультации CODECS проводит инвентаризацию по вопросам статуса и реализации в ранних мероприятиях по развертыванию (технологии, спецификации и

функции), роли и обязанности различных заинтересованных сторон, а также вопросы стратегического принятия решений. CODECS объединяет эти процедуры, интересы заинтересованных сторон, предпочтения и требования и воспроизводит их в сети. Благодаря интерактивному обсуждению, он развивается как профиль стандартов V2I / I2V, закрытие пробелов в технической документации и планах развертывания.

Эти результаты CODECS поддерживают функциональную совместимость систем и сервисов в горячих точках раннего развертывания, что позволяет конечным пользователям напрямую ознакомиться с совместным дорожным движением, что в свою очередь влияет на уровень проникновения. CODECS пропагандирует идею совместного дорожного движения широкой целевой аудитории для поддержки этого эффекта.

Чтобы дать руководство для будущего согласованного развертывания C-ITS также для более поздних этапов инноваций с соответствующими исследованиями, тестированием и стандартизацией, CODECS преобразует предпочтения заинтересованных сторон в согласованные дорожные карты и рекомендации по принятию стратегических решений.



Рис. 23. География проекта CODECS (источник – CODECS)

Проект CODECS охватывает практически все крупные города Европы (рисунок 23) и автомобильные трассы. Он гораздо более открыт, чем ESCAPE для внешних исследователей и имеет обширный перечень доступных выполненных работ [28-43].

Е. Проект inLane Новая, недорогая, система дорожной навигации

Позиционирование на уровне полосы и сопоставление карт - вот одна из самых больших проблем для навигационных систем. Нам нужны более точные и надежные системы позиционирования для удовлетворения растущего спроса на такие приложения, как повышенная осведомленность водителя, интеллектуальная система оповещения о скорости и простое распределение полос.

Существует также вопрос об адаптации навигационных систем к этим приложениям. Это во многом зависит от наличия точной общей ссылки для позиционирования (расширенная карта), а во-вторых, на уровне предоставленной оценки позиции (целостности).

Проект inLane предлагает новые, недорогие, линейные, точные пошаговые навигационные приложения посредством слияния технологий EGNSS и компьютерного зрения (Computer Vision). С помощью краудсорсинговых обновлений в реальном времени inLane предвидит создание локальных динамических карт (LDM), которые помогают приложениям ADAS с расширенной динамической информацией о сцене. Предоставление информации об уровне полосы в навигационную систему в автомобиле и объединение этого с возможностью обмена автотранспортными средствами между собой даст водителям возможность выбрать оптимальную дорожную полосу даже в случае плотного городского и внегородского трафика. Каждый водитель сможет выбрать подходящую полосу и сможет снизить риски, связанные с маневрами смены полос движения в последний момент.

Проект inLane - самый ранний из рассматриваемых, и его результаты, скорее всего, будут включены в другие проекты ЕС по этой тематике. Вместе с тем нам они представляются значимыми, как в опубликованных вариантах [47-58], так и в виде основных архитектурных решений (рисунки 24 - 28).

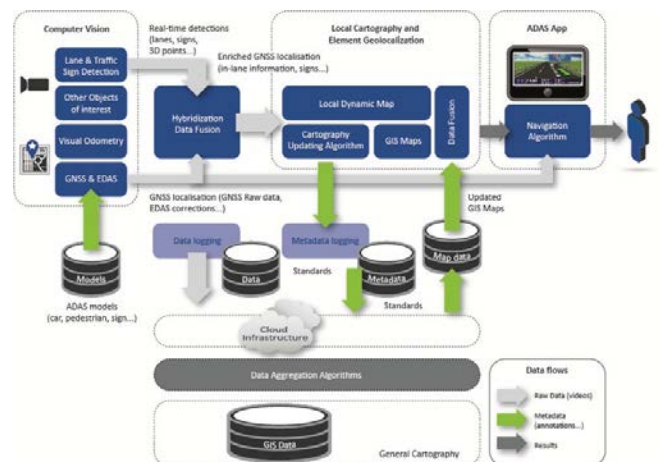


Рис. 24. Общая архитектура: Точность уровня полосы через алгоритмы слияния и гибридации для сигналов GNSS, IMU, Map и Computer Vision (источник – сайт проекта inLane)

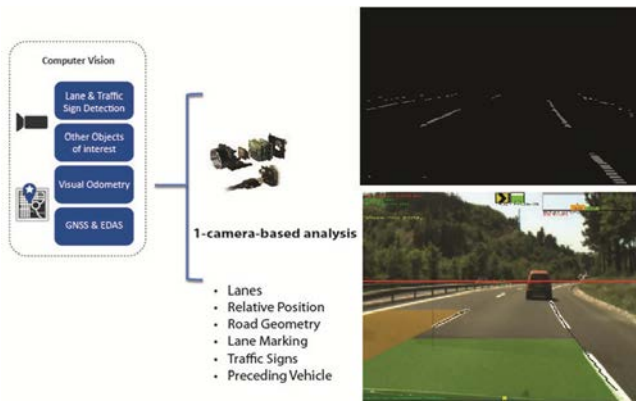


Рис. 25. Понимание сцены (источник – сайт проекта inLane)

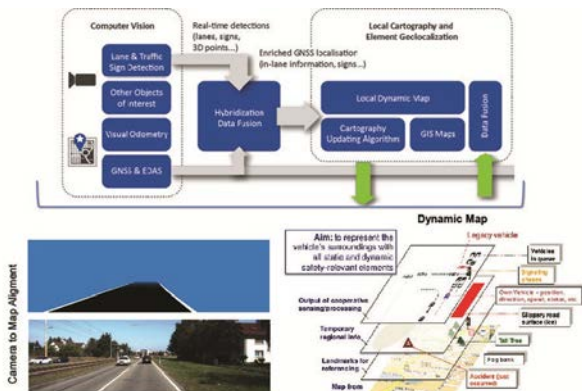


Рис. 26. Навигация и данные карты (источник – сайт проекта inLane)

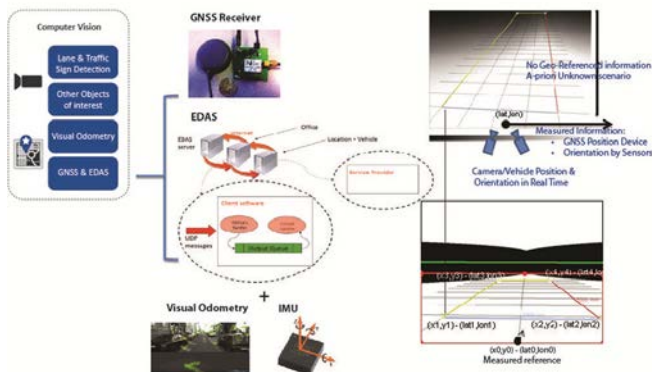


Рис. 27. Точное позиционирование (источник – сайт проекта inLane)

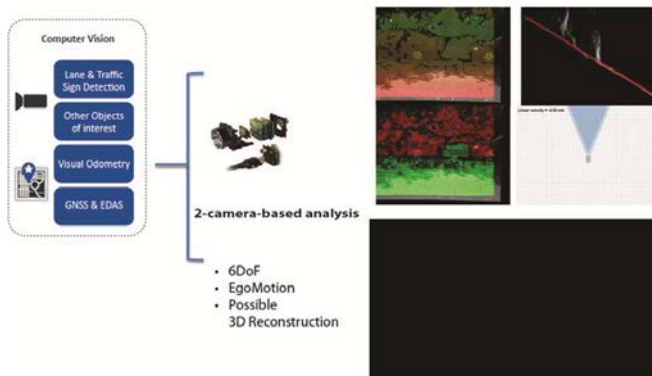


Рис. 28. Визуальная одометрия (источник – сайт проекта inLane)

VI. ПРОЕКТЫ ЕС В АВИАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РЕШЕНИЙ GNSS

Применение решений GNSS в авиационном секторе ЕС имеет более длительную историю, чем в автомобильной отрасли. Есть три направления важные с нашей точки зрения это текущее применение и расширение использования решений GNSS в авиации, развитие или будущие применения решений GNSS и дроны.

А. История и цели проекта GIANT

По состоянию на август 2018 года информацию о проекте GIANT удалось найти только на сайте GSA. В какой то мере это, как и в случае проекта ESCAPE, можно объяснить составом участников (промышленность).

В течение некоторого времени ИКАО (ICAO) заявила о своей рекомендации максимально широко использовать имеющиеся спутниковые технологии для навигации и связи. Концепция CNS / ATM понималась как технический (CNS) и оперативный (ATM) компоненты глобальной системы. Он предусматривает Глобальную навигационную спутниковую систему (GNSS) в качестве основной навигационной системы, включающей спутниковые группировки, приемники воздушных судов и мониторинг целостности системы, которые по мере необходимости дополняются необходимыми навигационными характеристиками (RNP) для конкретных этапов полета. Однако также признано, что у GNSS есть неотъемлемые уязвимости, которые необходимо исследовать, смягчать и решать. Следуя рекомендации ИКАО и выводов Совета относительно использования EGNOS в авиационном домене, EUROCONTROL включил введение APV операций на основе EGNOS в качестве одной из своих целей реализации (ECIP). Таким образом, проект GIANT продолжит некоторые из многих мероприятий, которые были начаты для Galileo на более ранних этапах (например, GALILEI, GALA, SAGA, GILT и GEM).

Основными результатами будут предложения и решения по оперативной реализации GNSS, юридическим аспектам и бортовым и наземным элементам GNSS, в частности вопросам, касающимся:

1. Определения и валидации нового подхода GNSS и процедур посадки, процедурам подхода LPV для Валенсии, Сан-Себастьяна и Болоньи аэропорты (для самолетов) и для вертолетов Лозанны и Северного моря.
2. Возможностей и планов действий по оперативной реализации GNSS, устранению открытых точек и смягчению рисков на краткосрочную и среднесрочную и долгосрочную перспективу.
3. Разработки инновационных приложений, которые могут быть поддержаны GNSS.
4. Необходимых технологических разработок (пользовательский терминал и локальные элементы), которые позволяют выполнять эти новые процедуры GNSS.
5. Оценки новых процедур подхода GNSS и их технически целесообразной реализации с точки зрения

эксплуатационных, безопасных, экологических и экономических выгод.

6. Демонстрации осуществимости и «возможности» изученных процедур подхода GNSS посредством летных испытаний, демонстраций полетов и симуляционных кампаний.

7. Изучения влияния этих новых методов GNSS на существующую правовую структуру и рекомендации по регламентным процедурам. В частности, технологии и концепции, задействованные в проекте GIANT, позволят осуществлять авиационные операции в районах с плохой навигационной инфраструктурой, а технологии и концепции, участвующие в проекте GIANT, также будут способствовать расширению операций по подходам с точки зрения: - ниже воздействие шума; - более эффективные маршруты и экономия топлива и снижение выбросов.

В. Проект CaBiAvi - создание потенциала для заинтересованных сторон в области текущего использования решений EGNOS в авиации

CaBiAvi - Создание потенциала для заинтересованных сторон в области авиации - это проект R & D, финансируемый ЕС, в рамках Horizon2020 для расширения возможностей заинтересованных сторон авиации во всей зоне покрытия EGNOS. Глобальные навигационные спутниковые системы - GNSS уже более 20 лет сопровождает нас в гражданской авиации, и они принципиально изменили методы навигации. На основе решений Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и Европейского агентства по безопасности полетов выходят прогрессивные законодательные процедуры для использования GNSS в гражданской авиации. В прошлом были разные подходы со стороны FAA и EASA, но в настоящее время они постепенно унифицируются. В этой области используется множество новых номенклатур и сокращений, которые должны быть правильно определены и четко разъяснены. На сегодняшний день только воздушные суда, выполняющие полеты IFR, регулируются в области использования GNSS. В настоящее время действуют новые правила для общей авиации. В 2008 году ИКАО решила на основе другого подхода с отдельными государствами-членами выпустить новое руководство по PBN (9613) по навигации на основе характеристик, которые в настоящее время осуществляются Европейским агентством по безопасности полетов для государств-членов Европейского союза. Внедрение PBN позволит более гибко использовать воздушное пространство, включая публикацию процедур для аэропортов, которые еще не оснащены необходимым оборудованием для приближения к приземлению летящего судна. Это, конечно же, связано и с дополнительным оборудованием самолетов и имитаторов полета. В этой области процедуры и учебные планы для дополнительного пилотного обучения PBN в учебных организациях определены в Руководстве EASA.

Цель проекта заключается в создании потенциала

практического их использования авиационными властями и аэродромами, а также авиационными операторами и пилотами. Пилот особенно важен для авиационных властей в странах, где осуществление процедуры EGNOS еще не является реальностью, особенно в балканских странах, которые в настоящее время находятся за пределами ЕС, но в зоне покрытия EGNOS организованы семинары EGNOS, и все элементы подготовлены для первой реализации процедуры.

В странах Восточной Европы, где авиационное управление объявило об ускоренном внедрении EGNOS в период 2015-2017 годов, таких как Чешская Республика, Словакия и Польша, основное внимание уделяется информационно-пропагандистской деятельности и повышению осведомленности о преимуществах EGNOS для пилотов VFR и авиационного сообщества в качестве правильного использования европейской спутниковой навигации чрезвычайно важно. Пилоты VFR могут использовать GNSS в качестве консультативного средства навигации в некоторых критических частях полета.

Для пилотов IFR требования и руководящие принципы для подготовки пилотов IFR включают в себя операции по летному RNP, которые включают использование процедур LPV и маршрута RNP на маршруте. Основное внимание уделяется правильному использованию RNP для обновленной подготовки пилотов IFR, а также национальных дорожных карт, чтобы обеспечить повышение квалификации существующего пилотного сообщества IFR, предлагая изменить текущие учебные планы обучения IFR.

На сайте проекта CaBiAvi можно найти подробные учебные пособия по IFR (GNSS для полетов по IFR. Учебный материал для студентов и преподавателей [59]).

Изменение, которое наиболее важно для пилотов, представляет собой концепцию навигации на основе характеристик (PBN), которая направлена на изменение диаметральной точки зрения на навигацию. PBN является логическим следующим шагом для описания навигации, чтобы в первую очередь обеспечить большую пропускную способность и гибкость воздушного пространства, а во-вторых, для использования нескольких навигационных датчиков и систем.

Ожидается, что пилотный летный IFR [59] (Правила полета по приборам) будет с использованием GNSS. Это связано главным образом с тем, что навигационная спецификация RNAV 5 является обязательной для FL095 практически во всем европейском воздушном пространстве. Сегодняшние знания для полетов по IFR недостаточны для безопасного и сохранного полета в среде PBN. Поскольку новое регулирование EASAs (EU 2016/539) разрешает этот вопрос, требуя положения PBN к рейтингу инструмента, оно будет действовать с 25 августа 2018 года.

Курс IFR [59] дает объяснение Целям обучения, определенным заинтересованным консорциумом

CaBilAvi (Построение потенциала для авиационных заинтересованных сторон) в качестве актуального и важного для полета PBN и отсутствия необходимых теоретических знаний пилотов. Предлагаемые Цели обучения предназначены для каждого экспериментального инструмента и за его пределами.

На сайте проекта CaBilAvi можно найти подробные учебные пособия по VFR (VFR GNSS для полетов - Учебный материал для студентов и преподавателей [60]).

Причиной для этого курса VFR [60] является предложение о новых учебных программах, как теоретических, так и практических, которые потребуют от пилотов более глубокого знания этих систем. Это законный шаг, поскольку приемники GNSS нашли свое отражение в подавляющем большинстве общей авиации в течение последнего десятилетия. Хотя эти приемники могут быть полезны во многих отношениях, пилоты всегда должны помнить, что эти устройства имеют свои ограничения.

Этот курс [60] структурирован в соответствии с предлагаемыми изменениями и дополнениями к теоретическим знаниям PPL (A), PPL (H) и LAPL, а именно AMC1-FCL.210 и FCL.215. Он берет каждый предложенный предмет, который должен быть добавлен в учебный план, и предоставляет ему базовую пояснительную информацию, в то время как он предназначен для краткости, четкости и прямолинейности.

Так же крайне интересен и GNSS в гражданской авиации - Учебный материал для зимнего обучения [61].

Проект предоставляет информацию о распространении информации об использовании глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS) в гражданской авиации ЕС на своем сайте. Авиационные эксперты подготовили для пилотов расширенные учебные материалы по отношению к базовым [59,60,61], посвященные теме GNSS. Эти интересные материалы были разработаны благодаря проекту под названием «CaBilAvi» (<http://cabilavi.gnss-centre.cz/>) - проект, одобренный в рамках 8-й рамочной программы исследований и инноваций Европейской комиссией (HORIZON2020) под номером 641627. Первая группа материалов - это учебники для пилотов VFR и IFR. Бесплатная версия учебников [59,60,61] доступна для загрузки на веб-сайте проектов CaBilAvi (<http://cabilavi.gnss-centre.cz/documentation-useful-links>) или непосредственно по ссылкам.

Другая группа материалов - это портал электронного обучения, который охватывает идентичное содержание текстовых книг, но структурирован в форме электронного обучения с включенным разделом знаний, в котором каждый студент может протестировать свои вновь приобретенные знания.

Третья группа представляет собой серию образовательных видео по GNSS, которая представляет собой серию 20-ти эпизодов, привлекательно

представляющих возможности использования GNSS в авиации для пилотов общей авиации VFR и IFR, а также ограничения, связанные с использованием таких технологических систем в авиации. Серия видеороликов публикуется через канал YouTube на английском и чешском языках.

В настоящее время на канале YouTube уже выпущено 20 эпизодов, в которых 10 эпизодов предназначены исключительно для пилотов VFR, и следующие 10 эпизодов посвящены пилотам IFR.

Содержимое приложения электронного обучения может быть открыто использовано и может быть включено в любое приложение электронного обучения.

С. Проекты ЕС по применению решений GNSS для дронов

С европейской GNSS, обеспечивающей точность позиционирования, все больше и больше приложений на базе беспилотных летательных аппаратов попадают на рынок. GSA выделила ряд этих инновационных услуг во время Mobile World Congress в Барселоне.

Интеграция EGNOS и Galileo в беспилотную технологию улучшает позиционирование и открывает двери для широкого спектра новых приложений и услуг. Фактически, согласно последнему изданию европейского отчета по рынку GNSS (GSA), к 2025 году установленная база устройств GNSS в беспилотных летательных аппаратах достигнет 70 миллионов - более чем в два раза больше других профессиональных сегментов рынка. Но с этим растущим рынком возникает растущая озабоченность по поводу того, как обеспечить безопасную работу беспилотных летательных аппаратов.

Чтобы безопасно работать, современные дроны все больше зависят от точной информации о местоположении и навигации, предоставляемой EGNOS и Galileo. В результате, беспилотные летательные аппараты и БПЛА используются для приложений и сервисов, охватывающих от поиска и спасения до обеспечения фотогальванического обслуживания. Они также являются перспективным рынком роста для европейской GNSS. «Высокоточное позиционирование является ключевым для работы беспилотных летательных аппаратов, и именно здесь Galileo и EGNOS могут реально изменить ситуацию - с одной стороны, повышают точность маневрирования дрона, а с другой - делают операции полета более безопасными» (GSA).

Эта растущая роль беспилотных летательных аппаратов была полностью отображена во время Mobile World Congress (MWC) в Барселоне, где GSA выделила ряд поддерживаемых Horizon 2020 проектов беспилотных летательных аппаратов (дроны или БПЛА), которые используют EGNOS и Galileo (GSA):

REAL

Исследователи проекта REAL разрабатывают

навигационные и охранные датчики на базе EGNOS для двух дистанционно пилотируемых авиационных систем (RPAS), один для срочного медицинского транспорта, а другой для проведения линейных проверок линий электропередачи. «REAL интегрирует позиционирование EGNOS в поддержку авиационных и надзорных функций для БПЛА», - объясняет исследователь проекта Сантьяго Солей. «Идея заключается в том, чтобы использовать позиционирование EGNOS и, что более важно, целостность, которую она предоставляет».

EASY-PV

Проект EASY-PV разработал экономичное и эргономичное техническое решение для фотогальванических установок. Используя беспилотный аппарат, оснащенный европейским приемником высокой точности GNSS, система пролетает над фотовольтаическим полем и собирает такие важные данные, как видимые и теплые изображения. «Эти данные затем автоматически привязываются и обрабатываются с географической привязкой, что дает подробный отчет о том, какие модули необходимо заменить» - объясняет координатор проекта Марко Ниси.

GAUSS

Чтобы лучше регулировать беспилотный трафик в Европе, ЕС запустил инициативу по управлению трафиком БПЛА. «GAUSS объединяет в эту инициативу услуги EGNOS и Galileo по навигации и размещению, чтобы обеспечить уровень точности, необходимый для безопасного размещения беспилотных самолетов в небе», - говорит координатор проекта Хименес Гонсалес.

GEOVISION

Чтобы увеличить время аварийного реагирования, GEO-VISION захватывает изображения и потоковое видео из БПЛА, которые затем отправляются пилоту и маршрутизируются в режиме реального времени в диспетчерскую. «В ситуациях экстренного поиска и спасения все идет о времени - чем быстрее вы знаете, что происходит, тем быстрее вы сможете реагировать на него», - говорит координатор проекта Харальд Скиннем. «Результаты GEOVISION - это повышенная эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации, что приводит к спасению жизней».

MARKITE

Этот проект, основанный на сопоставлении, объединяет беспилотные летательные аппараты с наземными мобильными картографическими системами для предоставления сурвейеров и карт с комплексным решением для трехмерного отображения коридора с высоким разрешением. «Для таких приложений, как MARKITE, EGNOS является стандартом точности, - объясняет координатор проекта Пере Молина. «Galileo также играет важную роль, добавляя больше спутников и предлагая некоторую устойчивость к взлому».

ARGONAUT

ARGONAUT сочетает в себе усовершенствованный приемник GNSS с несколькими созвездиями и мощную

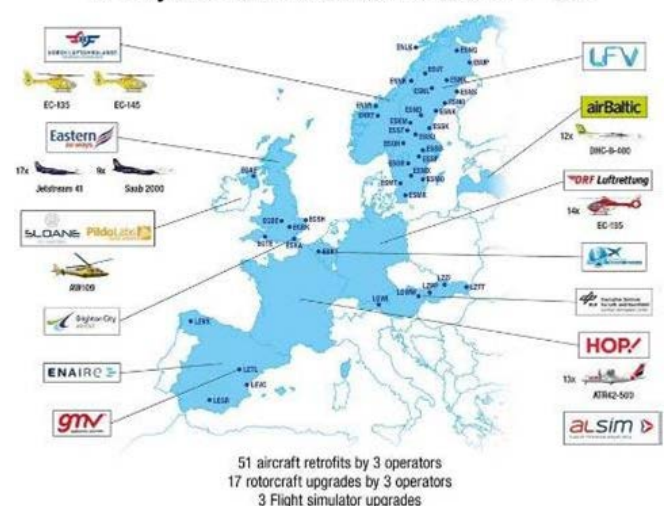
навигационную службу обработки данных для более точной и доступной геолокации. «Для нас использование Galileo в основном означает предоставление лучшего обслуживания», - говорит координатор проекта Хавьер Банке-Казановас. «Поскольку ARGONAUT - это решение с несколькими созвездиями, мы можем предложить беспилотным пользователям более надежное решение для преодоления таких неблагоприятных сценариев, как препятствия». Сайт GSA (<http://www.gsa.europa.eu>).

D. Развитие проектов ЕС по применению решений GNSS в авиации

Поддержка GSA на ближайший период в области авиационных грантов имеет следующие параметры (Сайт GSA <http://www.gsa.europa.eu>) и географию размещения в ЕС (рисунок 29):

- 12 миллионов € в первых двух траншах;
- более 100 процедурных подходов на основе EGNOS;
- STC для 5 типов воздушных судов с потенциальным модифицированным решением для более чем 260 самолетов в ЕС;
- более 15 операторов, оснащенных и сертифицированных для операций на EGNOS;
- 6 EGNOS-симуляторов;
- Более 20 поддерживаемых EGNOS процедур PinS для винтокрылых машин (вертолеты и мультикоптеры).

13 Projects selected to be funded in 1st Call



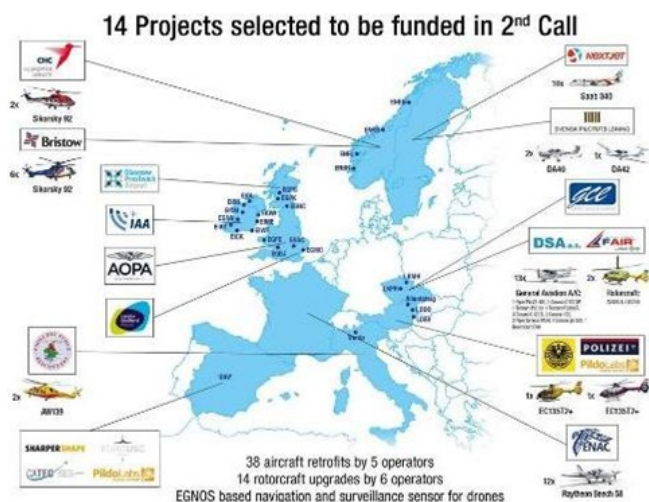


Рис. 29. География размещения двух траншей грантов GSA на ближайший период времени (источник – GSA).

VII. ПРОЕКТЫ ЕС НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РЕШЕНИЙ GNSS

Преобразование европейских железных дорог в цифру путем перехода на цифровую сигнализацию ERTMS / ETCS при повышении уровня их безопасности является одним из самых важных транспортных проектов ЕС [19,20,23,69]. Однако, текущее решение, базирующееся, фактически, на физической разметке железнодорожного пути электронными устройствами (LEU) довольно дорого и не в достаточной степени вандауустойчиво. Это одно из главных направлений работы с космосом ЕС. При этом существуют и ряд других применений, на которых мы остановимся в этом разделе.

Множество начатых проектов по применению решений GNSS на железнодорожном транспорте, и попытки переноса этих решений из авиационного и автомобильного секторов только усиливают правильность вот этой оценки:

«GSA считает, что железнодорожный транспорт может стать одним из крупнейших рынков сбыта EGNSS по объему, общему эффекту и вкладу в безопасность. Европейское агентство GNSS (GSA) подчеркивает, что европейская железная дорога стоит на краю технологического прорыва, где GNSS будет работать в тандеме с существующими технологиями для более безопасной и надежной европейской железнодорожной системы» (обновлено 17 августа 2018 г. Сайт GSA (<http://www.gsa.europa.eu>)).

A. Проект STARS новое поколение цифровой сигнализации на базе решений GNSS

Приложения Глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS) на железных дорогах становятся все более частыми. До сих пор основное внимание в основном уделялось приложениям, не связанным с безопасностью, такими как информационные системы для пассажиров и грузовая логистика, которые обычно не стандартизированы. При перемещении применений

GNSS в области безопасности, например, для систем управления поездами, необходимо гораздо лучшее понимание поведения GNSS в железнодорожной среде. Это особенно верно для использования GNSS в стандартизированных приложениях, таких как система управления трафиком на Европейских железных дорогах (ERTMS), где производительность приемников GNSS необходимо согласовать для достижения стандартизированной, гарантированной производительности и, следовательно, функциональной совместимости между бортовыми единицами поездов от разных поставщиков. Система ERTMS была разработана в течение последних двух десятилетий, чтобы в конечном итоге заменить все существующие национальные системы контроля поездов и радиосистем для поездов, которые значительно затруднили пересечение границ для беспрепятственного железнодорожного сообщения в Европе, а также открытие железнодорожных сетей для открытой конкуренции между операторами.

Основная цель проекта STARS - заполнить пробел между потребностями ERTMS для критически важных приложений и услугами GNSS через характеристики окружающей среды железной дороги и оценки характеристик GNSS в этой окружающей среде.

Чтобы охарактеризовать железнодорожную среду для будущих навигационных приложений GNSS, начиная с ERTMS, проект планирует:

- разрабатывать универсальный подход для прогнозирования достижимой производительности GNSS в железнодорожной среде, особенно для критически важных приложений и для определения необходимой эволюции ERTMS для включения услуг GNSS;
- определить экономические выгоды за счет сокращения стоимости, которая повысит привлекательность рынка ERTMS.

Логика исследования состоит, в основном, из трех последовательных фаз: первая приведет к разработке ссылок на данные и характеристики железнодорожной среды через измерительную кампанию, вторая будет оценивать производительность GNSS, достижимую в этой среде, а также возможные изменения европейских услуг GNSS и ERTMS / ETCS. На третьем этапе будут проанализированы экономические выгоды и возможные реализации дорожной карты.

Проект поможет улучшить ERTMS посредством приложений GNSS, что приведет к существенным экономическим выгодам за счет сокращения обслуживания оборудования, повышения доступности и производительности. Применение GNSS также должно сделать ERTMS более конкурентоспособным по сравнению с конкурирующими системами на мировом рынке, что привело бы к расширению возможностей для бизнеса Европы, как в железнодорожной сигнализации, так и в космической промышленности.

Результаты проекта будут напрямую передаваться в стандартизацию ERTMS, и станут частью предстоящего выпуска стандарта. Экономическая оценка

использование европейских услуг GNSS в ERTMS будет нацелена на демонстрацию существенных выгод, вытекающих из этого, не только в отношении сокращения инвестиций и снижения стоимости системы, но и в отношении открытия новых рынков.

Проект STARS основан на (но не ограничивается) теоретических работах, созданных предыдущими исследовательскими проектами, такими, как NGTC (www.ngtc.eu) или ERSAT-EAV. Его результаты будут эффективными и используемыми текущими и будущими связанными проектами НИОКР. Наиболее существенные из них те, которые предусмотрены в рамках Shift2Rail JU (www.shift2rail.org).

В участниках STARS находятся самые звонкие имена производителей железнодорожной техники Европы, проект очень уверенно развивается [62-68], многие объявленные этапы уже практически реализованы. Фактически, двумя подобными работами [66,67] подготовлен прототип технических требований для европейской системы решений GNSS, приведены возможные архитектуры на основе варианта 1 для использования GNSS / SBAS в ERTMS /ETCS (рисунок 31) и участники проекта уверенно прогнозируют сроки внедрения (рисунок 30).

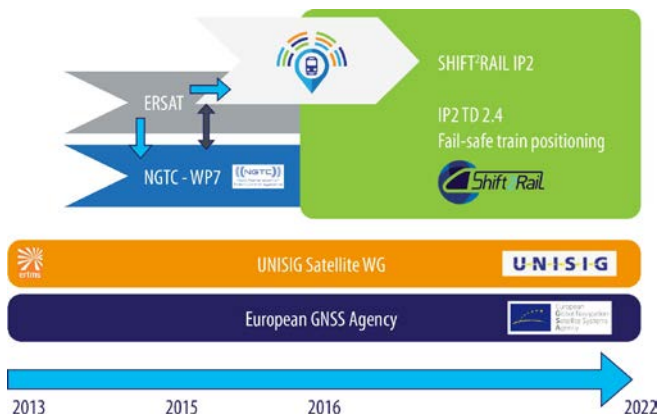


Рис. 30. Предполагаемый график внедрения на железнодорожном транспорте решений GNSS в ERTMS / ETCS (источник сайт проекта STARS)

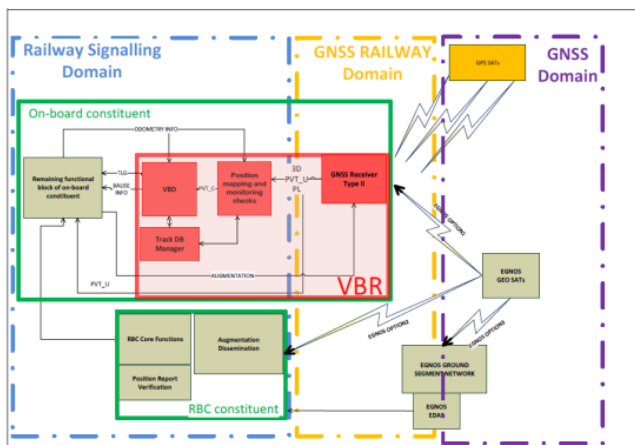


Рис. 31. Возможные архитектуры на основе варианта 1 для использования GNSS / SBAS в ERTMS /ETCS [63]

В. Проект ASTRail - применение опыта авиации к железным дорогам

В рамках новых рамках проектов Shift2Rail объявлен проект ASTRail. Основной целью ASTRail является повышение эффективности и безопасности в железнодорожном секторе. ASTRail будет способствовать усилению вклада сигнализации и автоматизации железнодорожной системы благодаря инновационным решениям, использующим новейшие технологии, которые уже используются в секторах, отличных от железнодорожных, таких как авиационный или автомобильный сектор (смотри материалы выше). Исследование таких технологий и оценка их повторного использования в железнодорожной отрасли будет осуществляться с особым вниманием к вопросам, связанным с безопасностью и эксплуатацией в железнодорожной системе.

В частности, ASTRail рассмотрит следующие конкретные цели:

- использование опыта авиационного сектора по технологии GNSS для улучшения локализации поездов; ASTRail определит, какие предположения и требования по технологии GNSS могут быть перенесены с авиационных стандартов на железнодорожную систему; ASTRail определит архитектуру, конкретные алгоритмы и определение программного обеспечения для целей тестирования, чтобы оценить минимально достижимую производительность по технологии GNSS в железнодорожной системе; общим результатом будет информированная настройка «Минимальные требования к производительности для технологии GNSS в системе сигнализации ERTMS»;

- определение модели системы сигнализации движущихся блоков и ее анализ рисков с учетом вариантов использования, которые будут определяться параметрами, такими как состояние системы (деградированная операция, фазы перехода), тип трафика, состояние окружающей среды (туннели, городские районы и т. д.) и Класс автоматизации;

- определение того, какие технологии автоматического вождения можно использовать повторно в железнодорожном секторе из автомобильного или других областей применения, таких как сектор морской и авиационной промышленности, или даже сельское хозяйство. ASTRail будет также способствовать развитию автоматической работы поезда, анализируя, какие характеристики и требования идентифицированных технологий могут быть применимы и к железнодорожному полю, и будет оценивать наиболее подходящие технологии, которые могут быть повторно использованы на железной дороге; все достигнутые результаты будут включены в доклад «Рекомендации по автоматическому вождению в железнодорожном секторе»;

- обзор и оценка основных формальных языков моделирования и проверки и инструментов, используемых в промышленных железнодорожных приложениях, а также наиболее перспективных из них, выделенных научной литературой; ASTRail продолжит

анализ, чтобы определить оптимальный набор языков и инструментов, и будет проверять их с помощью представительных компонентов, вытекающих из других задач проекта.

Пока по проекту никаких итогов не объявлено и приходится ограничиться рисунком 32.

ASTRAIL

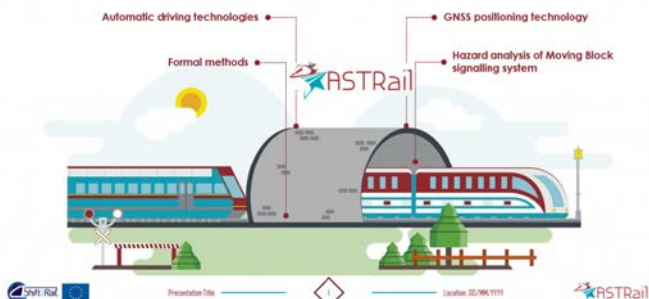


Рис. 32. Состав рассматриваемых технологий и подходов Shift2Rail ASTRAIL (источник - сайт Shift2Rail)

С. Международный проект RHINOS для железных дорог

Очень похож на проект Shift2Rail ASTRAIL международный проект RHINOS, который так же не активен в своем развитии (возможно, как и Shift2Rail ASTRAIL, ожидающий завершения проект STARS). Задачи проекта RHINOS заключается в разработке железнодорожной системы надстройки с высокой степенью целостности, которая будет использоваться сообществом железных дорог. Столбец RHINOS - это инфраструктура GNSS, реализованная для применения в авиации, с дополнительными слоями, которые отвечают требованиям железнодорожного транспорта в сложных железнодорожных условиях. Основными целями проекта являются:

Цель 1: Определить архитектуру системы определения местоположения поезда (LDS) и поддерживающей инфраструктуры со следующими свойствами:

- совместное использование GPS и GALILEO и широкомасштабных сетей мониторинга интеграции и расширения, таких как WAAS в Северной Америке и EGNOS в Европе;

- стандартного интерфейса (SBAS-R) для обеспечения услуг безопасности жизнеобеспечения для железных дорог через SBAS, региональных дополнений или гибридных систем SBAS / GBAS;

- соблюдение требований европейских европейских и американских железных дорог и правил;

- в максимально возможной степени поддерживать инфраструктуру поддержки (то есть увеличение) и обработку на борту, включая новые разработки, такие как автономный мониторинг целостности автономных приемников (ARAIM) с полем авионики;

- одновременно обеспечивая набор функциональных возможностей, отвечающих конкретным потребностям железнодорожного сектора.

Цель 2: Оценить производительность определенной архитектуры посредством:

доказательство концепции интеграции в

виртуализированном стенде, богатых наборах данных, собранных в реальной железнодорожной среде, исторические временные ряды, связанные с редкими событиями сбоя GPS SIS, касающимися как сбоя в работе спутников, так и аномального поведения атмосферы (например, ионосферных штормов), включая моделирование ошибки для нового созвездия GALILEO; соответствующие аналитические методы для проверки и безопасности доказательств определенной архитектуры в соответствии с соответствующими стандартами безопасности железных дорог (например, CENELEC EN 50129 и т. д.),

Задача 3: Содействовать отсутствующему стандарту в железнодорожном секторе о способе интеграции LDS на основе GNSS в существующие стандарты системы управления поездками (TCS) (например, ERTMS), опубликовав исчерпывающее руководство о том, как использовать в стоимости - эффективный способ, GNSS, SBAS и другие локальные инфраструктуры в связанных с безопасностью железнодорожных приложениях во всем мире, путем определения стратегической дорожной карты для принятия международного стандарта на основе того же руководства.

Программа работы RHINOS включает в себя исследование концепций кандидатов для обеспечения высокой целостности, необходимой для защиты обнаруженной позиции поезда, как того требует приложение системы управления поездом. EGNSS (GPS и GALILEO) плюс SBAS являются справочной инфраструктурой, доступной во всем мире. В дополнение к этому, местные элементы дополнений, методы ARAIM и другие датчики в поезде являются дополнительными конкретными активами для смягчения опасностей из-за воздействия на окружающую среду, которое доминирует над железнодорожным заявлением. Еще одна цель RHINOS состоит в том, чтобы внести вклад в определение стандарта для навигационной системы наложения на большие железные дороги. Стандарт является ключевым фактором успеха для распространения приложения GNSS в рельс.

RHINOS будет развиваться в рамках международного сотрудничества с исследователями Стэнфордского университета, которые участвовали в авиационной заявке с момента рождения GPS. Они имеют неоспоримые знания о производительности GNSS и приложениях с высокой степенью целостности. Амбиция - это позитивный шаг за пределы распространения платформ GNSS, в основном предназначенных для региональных приложений, в пользу глобального решения. RHINOS выпустит потенциальные преимущества EGNSS на быстрорастущем рынке цифровой сигнализации поездов. Соглашение о сотрудничестве между Европейским союзом и Соединенным Королевством по ARAIM является эталонной моделью, которая должна учитываться при разработке RHINOS. Ожидается, что это хорошо налаженное сотрудничество между ЕС и США в авиационном секторе будет включено в сферу применения железнодорожных перевозок. Мы надеемся

применить новое понимание приложений с высокой степенью целостности и повысить возникающую роль, которую Европа и США оказывают на развитие железнодорожного сектора.

Сертификация является ключом к оперативному использованию решения RHINOS. Железнодорожный интерфейс RHINOS GNSS предназначен для высоконадежных систем сигнализации целостности, где доказательства безопасности, безопасность и сертификация системы являются обязательными. Концепция безопасности решения RHINOS предназначена для удовлетворения самых высоких требований к безопасности на железной дороге, т.е. уровня безопасности 4 уровня безопасности (допустимая степень опасности - $THR < 10^{-9}$ в час на поезд), а также выполняет все требования, указанные в конкретных стандартах безопасности на железных дорогах, таких как EN 50126, EN 50128, EN 50129 и т. д. Задачи, связанные с жизненным циклом решения RHINOS, верификацией, валидацией, безопасным случаем и его сертификацией, должны решаться изготовителями и уполномоченными органами в ходе последовательных мероприятий.

Решение RHINOS стремится стать кандидатом на глобальный стандарт SBAS-R. Международная стандартизация интерфейса SBAS-R поможет заполнить существующий разрыв между авиационными SBAS и стандартами ETCS железных дорог. Этот новый мировой стандарт будет значительным, поддерживая интероперабельность в железнодорожной сигнализации на основе концепции Virtual Balise, особенно на длинных маршрутах в отдельных регионах, таких как Европа, Африка, Азия, Австралия или между регионами, такими как Восточная Азия-Европа.

D. Проект MOMIT - многомасштабное наблюдение и мониторинг угроз железнодорожной инфраструктуры

MOMIT относится к быстрым хорошо исполняемым проектам, которые грамотно ищут как технические [70], так и правовые [71] пути применения комбинированных технологий дронов (RPAS) и космоса и, в значительной мере, служат иллюстрацией много из сказанного выше. Проект MOMIT направлен на разработку и демонстрацию нового использования технологий дистанционного зондирования для мониторинга железнодорожных инфраструктур. Решения MOMIT будут в основном направлены на поддержку процессов обслуживания и предотвращения отрицательных процессов в течение жизненного цикла управления инфраструктурой. Общая концепция, лежащая в основе проекта MOMIT - это демонстрация преимуществ, обеспечиваемых наблюдением Земли и дистанционным зондированием, для мониторинга сетей железных дорог, как с точки зрения инфраструктуры, так и окружающей среды, где могут присутствовать мероприятия и явления, влияющие на инфраструктуру. MOMIT будет использовать новейшие технологии в области ИКТ и дистанционного зондирования на основе космического

пространства и RPAS, чтобы выполнять различные виды анализа благодаря широкому спектру датчиков, которые они могли бы оснастить.

Видение MOMIT распределяется по следующим целям:

1. Чтобы внедрить на передний край уровень технологии дистанционного зондирования, применяемый для мониторинга инфраструктуры железных дорог как для RPAS, так и для спутниковых решений.

2. Чтобы продемонстрировать добавочные возможности спутниковых данных, которые могут не только интегрировать стандартные технологии (в том числе данные на месте и мониторинг на основе RPAS), но и дополнять или заменять их в некоторых случаях, с очевидными преимуществами с точки зрения затрат, надежности, охват услуг.

3. Разработать новые независимые от платформы инструменты, поддерживающие анализ данных и процесс принятия решений. Ключевыми словами станут автоматизация и гибкость.

4. Определить оперативные критерии для эффективного и эффективного использования беспилотных технологий, выделяющих преимущества, взаимодополняемость и ограничения в отношении стандартных технологий мониторинга с учетом экономических и устойчивых критериев для принятия разработанных решений на основе четких данных, полученных в полевых условиях результаты демонстрантов.

5. Максимально охватить все потребности мониторинга в железнодорожных сетях в дополнение к проекту IN2SMART Shift2Rail JU с учетом как внутренних потребностей пользователя MOMIT, так и технологических пробелов проекта IN2SMART.

В соответствии со стратегическими целями и операционными инструментами Европейской железнодорожной системы Консорциум MOMIT по-настоящему убежден в том, что роль инновационных, стимулирующих технологий имеет основополагающее значение для поддержки технического обслуживания на основе аналитики на основе риска или состояния, для определения состояния реальных активов. Улучшенная информация об активах, основанная на мониторинге состояния удаленной инфраструктуры, с высокой степенью автоматизации, ведет к более широкому управлению активами, а также к конкретному мониторингу мостов и туннелей, железнодорожных путей. Согласованно с Интеллектуальным управлением активами Европейской железнодорожной системы и с проектом IN2SMART, многомасштабная и автоматическая обработка данных, предлагаемая в MOMIT, интегрируется с добавочными информационными продуктами инструментов дистанционного зондирования и мониторинга.

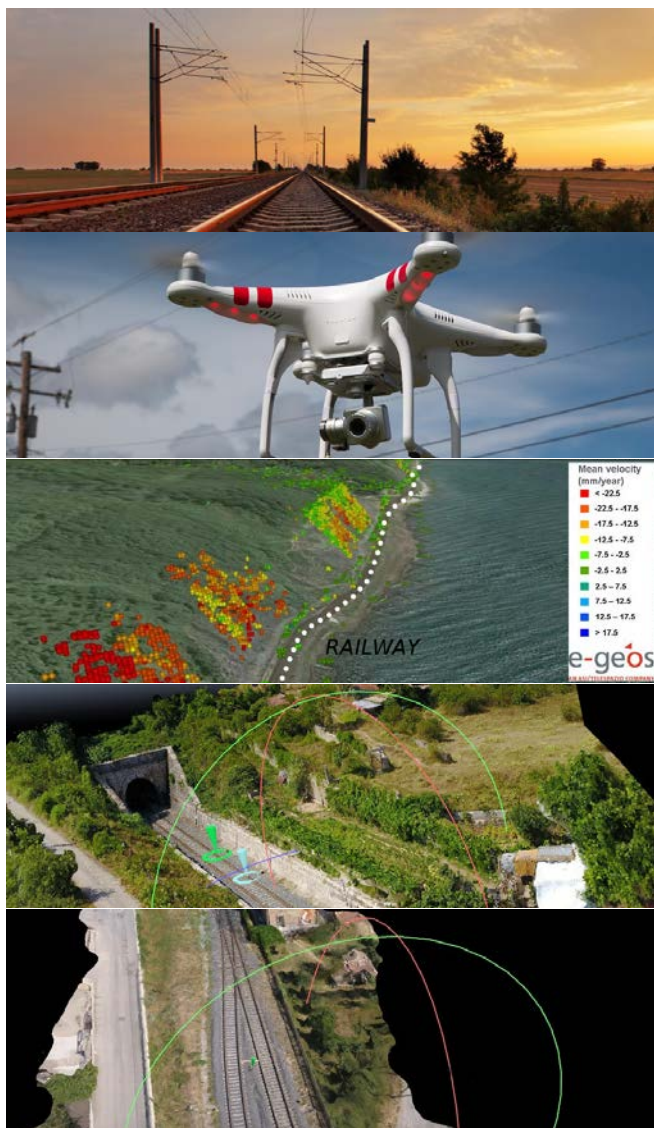


Рис. 33. Иллюстрации по результатам возможностей проекта MOMIT (источник – сайт MOMIT).

Проект MOMIT быстро развивается [70-73] с учетом своих потребителей. Так, сегодня показана возможность 50% сокращения затрат на эксплуатацию железных дорог в жизненном цикле [23]. Иллюстрации по результатам возможностей проекта MOMIT приведены на рисунке 33.

VIII. ПРОЕКТЫ ЕС НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РЕШЕНИЙ GNSS

Глобальный водный транспорт растет, а порты Европы и внутренние водные пути становятся все более перегруженными. Этот рост требует новых решений для повышения эффективности, безопасности и минимизации воздействия морского движения на окружающую среду. Точное и надежное позиционирование, обеспечиваемое системами глобальных навигационных спутников (GNSS), является ключевым элементом для целого ряда операций, улучшения безопасности и защиты морских и внутренних водных путей. Также разворачиваются новые спутниковые системы, которые существенно сокращают время отклика в случае чрезвычайной ситуации. Две европейские программы, EGNOS и Galileo, служат

основой для широкого спектра решений, для навигации в море и внутренних водных путях коммерческих и досуговых судов, деятельности по поиску и спасению, организации работы портов и охраны окружающей среды.

Спутниковые системы существенно изменили морскую навигацию. Для судов, начиная от небольших парусных лодок и до супертанкеров, теперь есть системы на борту, которые полагаются на спутники для позиционирования. EGNOS и Galileo способствуют тому, чтобы сделать навигацию более точной и безопасной. Многие системы, установленные на прогулочных судах, уже интегрируют поправки EGNOS. В европейских водах как прибрежные, так и внутренних водных путей, EGNOS уже дополняет существующие наземные береговые системы.

Развертывание Galileo еще больше улучшает позиционирование с добавлением дополнительных спутников в доступных созвездиях, повышающих отказоустойчивость вычисляемых позиций. Galileo признана IMO частью мира широкой радионавигационной системы и может использоваться для навигации в торговом судоходстве.

A. GALILEO для SAR

Операции поиска и спасения (SAR) включают в себя определение места и помощи людям, терпящим бедствие. В этом случае время имеет значение, и первый ответ является критическим.

Возможности SAR от Galileo интегрированы в международные программы КОСПАС-САРСАТ (COSPAS-SARSAT) SAR, размещенный на спутнике, является основой системы обнаружения предупреждений и распространения информации. Услуги SAR Galileo будут иметь значительное разнообразие по предложению в том числе:

- Быстрая локализация оповещений и обнаружение сообщений (сокращение от нескольких часов до нескольких минут);
- Более точная локализация маяка бедствия;
- Более высокая доступность к решениям для создания приложений.

Инфраструктура SAR / Galileo совместима с GPS и транспондерами SAR от Glonass. Кроме того, к концу 2018, люди, терпящие бедствие, получают подтверждение через обратную ссылку SAL Galileo, что их сигнал бедствия был локализован.

B. Эксплуатация портов

Многие порты перегружены и требуют от систем необходимой функциональности, обеспечивая при этом безопасность. Более того, увеличение размера и числа грузовых судов привело к необходимости чрезвычайно точное маневрирования. Одним из решений является переносные экспериментальные модули на основе EGNOS, которые обеспечивают повышенную уверенность и точность в позиционировании. Точное позиционирование повышает точность мониторинга и информационные системы движения судов (VTMIS),

которые управляют движением судов и повышают эффективность и безопасность.

Galileo уже вносит свой вклад в решение расширенной позиции, с точки зрения доступности спутников в перспективе и в терминах повышенной точности.

С. Охрана окружающей среды

Морская среда часто уязвима и требует защиты. Galileo является основой для целого ряда новых решений предназначенных для защиты ранимых морских сред, уменьшающих потребления топлива и обеспечивающих более эффективные меры по охране окружающей среды.

Повышенная точность может способствовать разработке инструментов, которые способствуют устойчивому рыболовству, и аутентифицированное позиционирование обеспечивает то, что Galileo предложит более эффективный контроль.

Эта аутентифицированная позиция также может служить основой для системы, предназначенной для защиты уязвимых морских мест, таких, как морские парки. Сайт GSA (<http://www.gsa.europa.eu>).

IX. ВЫВОДЫ

Европейская GNSS строится так, что она становится универсальным способом для транспортников получать точные позиции и время. Общие принципы и стандарты позволяют создавать GNSS блоки, как в части электронных компонент, так и программного обеспечения. Это создает комфортную среду для создания прозрачных сервисов и приложений и реальных возможностей построения мобильности, как товаров, так и людей наиболее оптимальным экономическим способом.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Satellite-derived Time and Position: A Study of Critical Dependencies © Crown copyright 2018
- [2] Civil Aviation Authority: Flying RNAV (GNSS) Approaches in Private and General Aviation Aircraft. CAP 773. 2014. [On-line]. Available at: <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP773FINAL.pdf>
- [3] The Global Positioning System [official web-page]: Space Segment. 2017. [On-line]. Available at: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [4] The Global Positioning System [official web-page]: Control Segment. 2017. [On-line]. Available at: <http://www.gps.gov/systems/gps/control/#elements>
- [5] European Space Agency [Navipedia]: Galileo Ground Segment. September 2014. [On-line]. Available at: http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_Ground_Segment
- [6] European Organisation for the Safety of Air Navigation: Communications, Navigation and Surveillance. At the heart of the future ATM system. In: Skyway magazine No. 54, Winter 2010. [On-line]. Available at: http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/2010_winter-skyway54.pdf
- [7] Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing: Glonass. [On-line]. Available at: <https://www.glonassiac.ru/en/GLONASS/>
- [8] The Global Positioning System [official web-page]: Space Segment. 2017. [On-line]. Available at: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [9] European Space Agency [Navipedia]: SNAS. September 2014. [On-line]. Available at: <http://www.navipedia.net/index.php/SNAS>
- [10] Jün, F.: Učebnica na lety podľa prístrojov, 1. vydanie, Bratislava DOLIS, 2015. 191 s. ISBN 978-80-8181-049-7
- [11] European Space Agency [Navipedia]: GNSS signal. May 2014. [On-line]. Available at: http://www.navipedia.net/index.php/GNSS_signal
- [12] Oxford Aviation Training: Joint Aviation Authorities Airline Transport Pilot's Licence Theoretical Knowledge Manual. Navigation 2 - Radio Navigation, Jeppesen GmbH, Ltd. 2001. ISBN 0-88487-288-2
- [13] Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD) Version 1.2 published end 2015, EU © European Union 2015
- [14] Galileo OS Service Definition Document .First version in 2016 with Initial Service performance .Updated version in 2017-18 with more consolidated FOC performance, EU © European Union 2016
- [15] Galileo NeQuick Ionospheric Model Version 1.2 published in Sept 2016, EU © European Union 2016
- [16] Galileo SIS Operational Status Definition Version 1.1 published in July 2016 ,EU © European Union 2016
- [17] Ionospheric Correction Algorithm for Galileo Single Frequency Users 2016,EU © European Union 2016
- [18] Sokolov, Igor, et al. "Modern EU research projects and the digital security ontology of Europe." International Journal of Open Information Technologies 6.4 (2018): 72-79.
- [19] Соколов, И. А., et al. "Цифровая экономика Западной Австралии-умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии." International Journal of Open Information Technologies 6.6 (2018).
- [20] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Formalized ontologies and services for high-speed and digital railways." International Journal of Open Information Technologies 6.6 (2018): 69-86.
- [21] Волокитин, Ю. И., et al. "Проблемы цифровой экономики и формализованные онтологии." International Journal of Open Information Technologies 6.6 (2018).
- [22] Куприяновский, В. П., et al. "Технологии трансграничных цифровых сервисов в ЕС, формализованные онтологии и блокчейн." International Journal of Open Information Technologies 6.7 (2018).
- [23] Климов, А. А., et al. "BIM и инженерные формализованные онтологии на цифровой железной дороге Европы в объединении EULYNX-экономика данных." International Journal of Open Information Technologies 6.8 (2018).
- [24] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On the effects of formalized ontologies in the data economy-the EU experience." International Journal of Open Information Technologies 6.8 (2018): 66-78.
- [25] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems." International Journal of Open Information Technologies 6.2 (2018): 54-100.
- [26] Kupriyanovsky, Yulia, et al. "Smart container, smart port, BIM, Internet Things and blockchain in the digital system of world trade." International Journal of Open Information Technologies 6.3 (2018): 49-94.
- [27] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Intellectual mobility and mobility as a service in Smart Cities." International Journal of Open Information Technologies 5.12 (2017): 77-122.
- [28] CODECS D2.6 Deployment guidance – final version April 2018
- [29] CODECS D2.5 Webinar documentation – Profiles: lessons learned and perspectives April 2018
- [30] CODECS D3.4 Update of harmonised use case road map April 2018
- [31] CODECS D4.6 Website report on aligning open strategic issues from corridor-projects and pilots April 2018
- [32] CODECS D4.5 Website report on aligning open strategic issues April 2018
- [33] CODECS D4.4 Updated website report on state-of-the-art strategy for C-ITS deployment April 2018
- [34] CODECS D2.4 Deployment Guidance – Draft Version March 2018
- [35] CODECS D2.3 Workshop Documentation – Platforms, Pilots, Progress May 2017
- [36] CODECS D4.3 Feasibility study on common technical specifications for interfacing the vehicle and urban traffic management system December 2016
- [37] CODECS D4.2 Requirements of urban transport authorities regarding cooperative V2I and I2V systems and their strategic policy implications December 2016

- [38] CODECS D2.2 State-of-the-Art Analysis of C-ITS Deployment November 2016
- [39] CODECS D2.1 Workshop Documentation – Deployment Status July 2016
- [40] CODECS D3.1 Workshop perspectives in functional roadmapping February 2016
- [41] CODECS D4.1 Website report on state-of-the-art strategy for C-ITS deployment in Europe November 2015
- [42] CODECS D5.2 Project Folder August 2015
- [43] CODECS D1.1 General Project Presentation July 2015
- [44] INFRAMIX D2.1 Requirements catalogue from the status quo analysis 12.02/2018
- [45] INFRAMIX D2.2 Architecture and interface specification of the co-simulation environment 21/03/2018
- [46] INFRAMIX D6.1 Communication strategy and Plan (incl. periodic updates) 27.12.2017
- [47] inLane D2.1 Sensor Data Fusion v1 30.12.2016
- [48] inLane D2.3 Report on Developed Vision-Based Software Modules v1 30.12.2016
- [49] inLane D2.5 Report on Sensor-to-Map Data Alignment v1 30.12.2016
- [50] inLane D3.1 Report on Lane Level Navigation Application and Enhanced Maps v1 30.12.2016
- [51] inLane D4.1 Report on Prototype Integration, Validation and Testing Protocols v1 30.12.2016
- [52] inLane D5.1 Report on User Trials v1 30.12.2016
- [53] inLane D6.2 Analysis of Strategic Communication Priorities and Dissemination Plan v 2 08.12.2017
- [54] inLane D6.3 Marketing Materials 03.08.2016
- [55] inLane D6.4 Report of Annual Dissemination Activities v1 30.12.2016
- [56] inLane D6.9 Standardisation Plan v1 20.07.2017
- [57] inLane D7.3 Periodic Report 30.06.2017
- [58] inLane D7.7 Quality Assurance Plan 01.05.2016
- [59] GNSS for IFR flights. Supporting learning material for students and instructors (CaBilAvi - Deliverable D9.1) © GSA 2017
- [60] GNSS for VFR flights. Supporting learning material for students and instructors (CaBilAvi - Deliverable D17.1) © GSA 2017
- [61] GNSS in civil aviation. Learning material for “winter training” (CaBilAvi - Deliverable D18.1) © GSA 2017
- [62] STARS D2.1 Specification of the Measurement Information 09.11.2018
- [63] STARS D2.2 Measurement Procedures Specification 25.12.2017
- [64] STARS D2.3 Identification of the Representative Railways Lines / Sites 10.01 2017
- [65] STARS D4.1 Description of methodology for data record sorting and saving 27.02.2017
- [66] STARS D5.1 State of the art on EGNSS system for the rail application 02.03.2017
- [67] STARS D5.3 EGNSS Target Performance to meet railway safety requirements 07.07.2017
- [68] STARS D6.1 Definition of economic model, scenarios and case 10.04.2018
- [69] Куприяновский, Василий Павлович, et al. "ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА-ERTMS, BIM, GIS, PLM И ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ." Современные информационные технологии и ИТ-образование 13.3 (2017).
- [70] MOMIT D1.1 Technologies and challenges report 2018-01-30
- [71] MOMIT D1.3 RPAS regulatory gaps-barriers analysis 2017-11-30
- [72] MOMIT D5.2 Dissemination And Communication Strategy And Action Plan 2018-02-28
- [73] MOMIT D5.3 Project Website 2017-10-31

Digital Transport Projects with Global Navigation Satellite Systems - the road to building integrated digital transport systems

Igor Sokolov, Alexander Misharin, Vasily Kupriyanovsky, Oleg Pokusaev, Yuri Lipuntsov

Abstract— The article provides an analysis of projects related to the use of global navigation satellite systems (GNSS). Computer networks, power transmission, broadcasting, and telecommunications require high-precision and synchronized time in a geographically distributed network. All of them may depend on the time received from the global navigation systems. Transportation systems, supply chains, and the general population — everyone or anyone who moves has significant advantages in positioning and navigation capabilities. The paper considers the existing global navigation systems GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou. The principles of measuring distances in GNSS are described. In the portfolio of GNSS application projects, transport dominates, and among them, the first place was occupied by aviation. However, other uses are also being considered. Transforming European railways into digital by switching to ERTMS / ETCS digital signaling while improving their security is one of the most important EU transport projects. However, the current solution, based, in fact, on the physical marking of a railway track by electronic devices (tags) is quite expensive and not sufficiently anti-vandal-proof. The transition to GNSS here is one of the main areas of work with the EU space. The many projects launched on the application of GNSS solutions in railway transport, and attempts to transfer these solutions from the aviation and automotive sectors only underline the importance of this direction.

Keywords— GNSS, transport systems.

REFERENCES

- [1] Satellite-derived Time and Position: A Study of Critical Dependencies © Crown copyright 2018
- [2] Civil Aviation Authority: Flying RNAV (GNSS) Approaches in Private and General Aviation Aircraft. CAP 773. 2014. [On-line]. Available at: <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP773FINAL.pdf>
- [3] The Global Positioning System [official web-page]: Space Segment. 2017. [On-line]. Available at: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [4] The Global Positioning System [official web-page]: Control Segment. 2017. [On-line]. Available at: <http://www.gps.gov/systems/gps/control/#elements>
- [5] European Space Agency [Navipedia]: Galileo Ground Segment. September 2014. [On-line]. Available at: http://www.navipedia.net/index.php/Galileo_Ground_Segment
- [6] European Organisation for the Safety of Air Navigation: Communications, Navigation and Surveillance. At the heart of the future ATM system. In: Skyway magazine No. 54, Winter 2010. [On-line]. Available at: <http://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/2010-winter-skyway54.pdf>
- [7] Information and Analysis Center for Positioning, Navigation and Timing: Glonass. [On-line]. Available at: <https://www.glonassiac.ru/en/GLONASS/>
- [8] The Global Positioning System [official web-page]: Space Segment. 2017. [On-line]. Available at: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>
- [9] European Space Agency [Navipedia]: SNAS. September 2014. [On-line]. Available at: <http://www.navipedia.net/index.php/SNAS>
- [10] Jün, F.: Učebnica na lety podľa prístrojov, 1. vydanie, Bratislava DOLIS, 2015. 191 s. ISBN 978-80-8181-049-7
- [11] European Space Agency [Navipedia]: GNSS signal. May 2014. [On-line]. Available at: http://www.navipedia.net/index.php/GNSS_signal
- [12] Oxford Aviation Training: Joint Aviation Authorities Airline Transport Pilot's Licence Theoretical Knowledge Manual. Navigation 2 - Radio Navigation, Jeppesen GmbH, Ltd. 2001. ISBN 0-88487-288-2
- [13] Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD) Version 1.2 published end 2015, EU © European Union 2015
- [14] Galileo OS Service Definition Document .First version in 2016 with Initial Service performance .Updated version in 2017-18 with more consolidated FOC performance, EU © European Union 2016
- [15] Galileo NeQuick Ionospheric Model Version 1.2 published in Sept 2016, EU © European Union 2016
- [16] Galileo SIS Operational Status Definition Version 1.1 published in July 2016 .EU © European Union 2016
- [17] Ionospheric Correction Algorithm for Galileo Single Frequency Users 2016, EU © European Union 2016
- [18] Sokolov, Igor, et al. "Modern EU research projects and the digital security ontology of Europe." *International Journal of Open Information Technologies* 6.4 (2018): 72-79.
- [19] Соколов, И. А., et al. "Цифровая экономика Западной Австралии-умные горнорудные и нефтегазовые предприятия, железные дороги, морские порты и формализованные онтологии." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018).
- [20] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Formalized ontologies and services for high-speed and digital railways." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018): 69-86.
- [21] Волокитин, Ю. И., et al. "Проблемы цифровой экономики и формализованные онтологии." *International Journal of Open Information Technologies* 6.6 (2018).
- [22] Куприяновский, В. П., et al. "Технологии трансграничных цифровых сервисов в ЕС, формализованные онтологии и блокчейн." *International Journal of Open Information Technologies* 6.7 (2018).
- [23] Климов, А. А., et al. "BIM и инженерные формализованные онтологии на цифровой железной дороге Европы в объединении EULYNX-экономика данных." *International Journal of Open Information Technologies* 6.8 (2018).
- [24] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On the effects of formalized ontologies in the data economy-the EU experience." *International Journal of Open Information Technologies* 6.8 (2018): 66-78.
- [25] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems." *International Journal of Open Information Technologies* 6.2 (2018): 54-100.
- [26] Kupriyanovsky, Yulia, et al. "Smart container, smart port, BIM, Internet Things and blockchain in the digital system of world trade." *International Journal of Open Information Technologies* 6.3 (2018): 49-94.
- [27] Kupriyanovsky, Vasily, et al. "Intellectual mobility and mobility as a service in Smart Cities." *International Journal of Open Information Technologies* 5.12 (2017): 77-122.
- [28] CODECS D2.6 Deployment guidance – final version April 2018
- [29] CODECS D2.5 Webinar documentation – Profiles: lessons learned and perspectives April 2018

- [30] CODECS D3.4 Update of harmonised use case road map April 2018
- [31] CODECS D4.6 Website report on aligning open strategic issues from corridor-projects and pilots April 2018
- [32] CODECS D4.5 Website report on aligning open strategic issues April 2018
- [33] CODECS D4.4 Updated website report on state-of-the-art strategy for C-ITS deployment April 2018
- [34] CODECS D2.4 Deployment Guidance – Draft Version March 2018
- [35] CODECS D2.3 Workshop Documentation – Platforms, Pilots, Progress May 2017
- [36] CODECS D4.3 Feasibility study on common technical specifications for interfacing the vehicle and urban traffic management system December 2016
- [37] CODECS D4.2 Requirements of urban transport authorities regarding cooperative V2I and I2V systems and their strategic policy implications December 2016
- [38] CODECS D2.2 State-of-the-Art Analysis of C-ITS Deployment November 2016
- [39] CODECS D2.1 Workshop Documentation – Deployment Status July 2016
- [40] CODECS D3.1 Workshop perspectives in functional roadmapping February 2016
- [41] CODECS D4.1 Website report on state-of-the-art strategy for C-ITS deployment in Europe November 2015
- [42] CODECS D5.2 Project Folder August 2015
- [43] CODECS D1.1 General Project Presentation July 2015
- [44] INFRAMIX D2.1 Requirements catalogue from the status quo analysis 12.02/2018
- [45] INFRAMIX D2.2 Architecture and interface specification of the co-simulation environment 21/03/2018
- [46] INFRAMIX D6.1 Communication strategy and Plan (incl. periodic updates) 27.12.2017
- [47] inLane D2.1 Sensor Data Fusion v1 30.12.2016
- [48] inLane D2.3 Report on Developed Vision-Based Software Modules v1 30.12.2016
- [49] inLane D2.5 Report on Sensor-to-Map Data Alignment v1 30.12.2016
- [50] inLane D3.1 Report on Lane Level Navigation Application and Enhanced Maps v1 30.12.2016
- [51] inLane D4.1 Report on Prototype Integration, Validation and Testing Protocols v1 30.12.2016
- [52] inLane D5.1 Report on User Trials v1 30.12.2016
- [53] inLane D6.2 Analysis of Strategic Communication Priorities and Dissemination Plan v 2 08.12.2017
- [54] inLane D6.3 Marketing Materials 03.08.2016
- [55] inLane D6.4 Report of Annual Dissemination Activities v1 30.12.2016
- [56] inLane D6.9 Standardisation Plan v1 20.07.2017
- [57] inLane D7.3 Periodic Report 30.06.2017
- [58] inLane D7.7 Quality Assurance Plan 01.05.2016
- [59] GNSS for IFR flights. Supporting learning material for students and instructors (CaBilAvi - Deliverable D9.1) © GSA 2017
- [60] GNSS for VFR flights. Supporting learning material for students and instructors (CaBilAvi - Deliverable D17.1) © GSA 2017
- [61] GNSS in civil aviation. Learning material for “winter training” (CaBilAvi - Deliverable D18.1) © GSA 2017
- [62] STARS D2.1 Specification of the Measurement Information 09.11.2018
- [63] STARS D2.2 Measurement Procedures Specification 25.12.2017
- [64] STARS D2.3 Identification of the Representative Railways Lines / Sites 10.01 2017
- [65] STARS D4.1 Description of methodology for data record sorting and saving 27.02.2017
- [66] STARS D5.1 State of the art on EGNSS system for the rail application 02.03.2017
- [67] STARS D5.3 EGNSS Target Performance to meet railway safety requirements 07.07.2017
- [68] STARS D6.1 Definition of economic model, scenarios and case 10.04.2018
- [69] Куприяновский, Василий Павлович, et al. "ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА-ERTMS, ВМ, GIS, PLM И ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ." Современные информационные технологии и ИТ-образование 13.3 (2017).
- [70] MOMIT D1.1 Technologies and challenges report 2018-01-30
- [71] MOMIT D1.3 RPAS regulatory gaps-barriers analysis 2017-11-30
- [72] MOMIT D5.2 Dissemination And Communication Strategy And Action Plan 2018-02-28
- [73] MOMIT D5.3 Project Website 2017-10-31