



Издаётся с 1924 года

РАДИО[®]
"Радиоплатель" — "Радиопрофит" — "Радио"

10·2017

МАССОВЫЙ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. С. ЖУРАВЛЁВ, А. Н. КОРОТОНОШКО,
К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора),
Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН,
В. В. ФРОЛОВ

Выпускающие редакторы: С. Н. ГЛИБИН, А. С. ДОЛГИЙ

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счет 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 18.09.2017 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

по каталогу «Роспечати» — 70772;

по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;

по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт
рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последст-
вия использования опубликованных материалов, но принимает меры по ис-
ключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в изве-
стность автора. При этом редакция получает исключительное право на рас-
пространение принятого произведения, включая его публикации в журнале
«Радио», на интернет-страницах журнала, CD или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух
месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним
справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет
право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом мес-
те без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не воз-
вращаются.

© Радио[®], 1924—2017. Воспроизведение материалов журнала «Радио»,
их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично,
допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в АО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М»,
143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 17-09-00229.



Компьютерная сеть редакции
журнала «Радио» находится под
защитой Dr.Web — антивирусных
продуктов российского разработ-
чика средств информационной
безопасности — компании
«Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер
службы поддержки
в России:

8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>

НЕСПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И НАВИГАЦИИ

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

*"С жёнами спорить бесполезно.
С ними даже навигатор соглашается".*

(из памяти молодёжкам)

Прелюдия

Эта история началась не сегодня и не вчера. И не в России. Просто прошло время, и её плоды стали, как говорится, видны налицо.

Не так давно капитан американского судна, находящегося неподалёку от Новороссийска, обнаружил, что спутниковая система глобального позиционирования GPS неверно установила его местоположение и показывает, будто судно находится у шашлычной Жорика Вартанова, что в аэропорту Геленджика. Не найдя изъянов в работе навигационного оборудования, капитан связался с соседними судами и узнал, что все они также "в гостях" у Жорика. И вот уже New Scientist написал, что "сообщения о проблемах со спутниковой навигацией на Чёрном море наводят на мысль, что Россия, возможно, испытывает новую систему спуфинга (маскировки путём искажения данных)". Применительно к спутниковой системе спуфинг — это фальшивый сигнал с наземной станции, имитирующий работу спутника и вводящий в заблуждение абонентский приёмник. Далее было написано, что, по-видимому, "Россия экспериментирует с новой формой электронного оружия. В прошлом году GPS-спуфинг хаотически нарушал работу приёмников в приложениях для смартфонов в центре Москвы. Фальшивый сигнал, который, похоже, концентрируется вокруг Кремля, "перебрасывает" всех, кто оказывается неподалёку, на 32 км — в аэропорт Внуково. Вероятно, это делается в целях обороны, ведь многие управляемые бомбы, ракеты и беспилотники НАТО руководствуются GPS-навигацией, а успешный спуфинг не даст им поразить цели". Ну а Жорик, по-видимому, делает это в маркетинговых целях, расширяя виртуальную клиентскую базу.

Впрочем, если журналисты и "откопали" здесь что-то новое, то разве что "технологии концентрации сигнала вокруг Кремля". Не иначе, этому помогают рубиновые звёзды на башнях. В остальном же — ничего нового. Испытания систем, позволяющих подавать GPS-сигналы, уже проводились, и данная технология достаточно отработана для того, чтобы быть применённой на практике. В 2013 г., например, один из специалистов Техасского университета продемонстрировал, как GPS-спуфинг может сбить с курса яхту с новейшим оборудованием. Ну а если вы считаете, что можете запустить нечто прямо в чьё-то окно, то сегодня не стоит удивляться, если это нечто вдруг влетит прямо в то окно, из которого отдали приказ о его запуске.

Двойное применение системы GPS было заложено ещё в самом начале её развития. Во времена войн США с Ираком официальный представитель министерства обороны США заявил, что американские военные способны подавлять сигналы GPS гражданского диапазона регионально и от этой возможности отказываться не собираются, а подавление доступа к GPS в невоенном диапазоне в пределах театра боевых действий может существенно ослабить возможности вооружённых сил Ирака. Доступ гражданских пользователей во всём мире к высокоточным сигналам GPS, ранее доступным только военным и специальным правительственным службам США, открыл своим указом 1 мая 2000 г. президент США Билл Клинтон. До этого момента гражданские сигналы GPS намеренно загроублялись, чтобы снизить точность опре-

деления координат (примерно в пять раз). Гражданские сигналы системы GPS используют так называемый код **C/A** (coarse/acquisition). Военные — так называемый "высокоточный" код **P** (precise code), который передаётся в более широкой полосе частот, чем гражданский. Это позволяет поставить гражданскому сигналу узкополосную помеху, тогда как военный будет продолжать функционировать. Постановщики помех могут быть размещены на возвышенных участках местности, на высоких антеннах или на борту специализированных самолётов.

Говорят, что локальное загробление сигналов GPS уже имело место в ходе боевых действий в Афганистане, чтобы вооружённые GPS-приёмниками силы Талибана подольше блуждали по горам. А во время иракских событий целая флотилия рыбаков не один день блуждала по Индийскому океану в поисках дороги к дому, удивляясь на свои GPS-приёмники. Южнокорейские рыболовные суда в последнее время всё чаще раньше времени возвращаются в порт, когда у них пропадает GPS-сигнал. Ответственность возлагают на Северную Корею, которая, предположительно, глушит сигнал, но этого не признаёт. Сообщалось также, что в 2014 г. и 2015 г. аналогичная проблема прервала операцию Береговой охраны США в двух портах, но компетентные лица не уточняли, в каких именно.

Как бы то ни было, вот вам и ещё один вид электронного оружия, о котором давно знают военные, а теперь и журналисты. А иногда в роли "оружия" выступает и сам абонентский приёмник. Впрочем, сама система или помехи не всегда виноваты. Однажды молодая девушка из канадской провинции Онтарио едва не погибла, доверившись указаниям GPS-навигатора, который ночью в дождь направил автомобиль к нужному пункту прямо через озеро. К счастью, погрузившись в него, девушка успела опустить стекло и выбраться наружу.

Смена концепции

Делать нечего, как GPS, так и другие глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС), вынуждены были сменить концепцию развития и подстраховываться системами, построенными на немного других принципах. И вся эта сегодняшняя доступность, высокая точность и низкая стоимость услуг ГНСС для потребителей имеют "обратную сторону медали" в лице уязвимости от помех. Для маломощных сигналов ГНСС (в частности, GPS передаёт сигнал со спутников, находящихся на расстоянии 20 тыс. км от поверхности Земли и, разумеется, имеющих ограничения по энергетике) возрастает опасность внешних атак с подменой сигнала и наведемием преднамеренных помех, а также снижения производительности в некоторых операционных средах.

Всё это подвело тех, кто принимает решения, а также представителей пользовательских сообществ к необходимости пересмотреть свои ожидания

по части использования GPS в сторону поиска APNT-ресурсов (APNT — Alternative Positioning, Navigation and Timing — альтернативное позиционирование, навигация и синхронизация). Как видно из названия, там ещё присутствует точное время, которое сегодня также часто берётся от ГНСС. А если в двух словах, то из-за угрозы кибератак судходная отрасль отказывается от GPS в пользу технологий Второй мировой войны. А ведь 90 % мировой торговли осуществляется по морю, и, в отличие от воздушного транспорта, корабли не имеют дублирующей навигационной системы. К тому же на оживлённых морских трассах велик риск посадки на мель или столкновения с другими судами, что, собственно, мы могли наблюдать в последнее время на примере серии инцидентов с кораблями 7-го флота США.

Кстати, в США ещё в 2004 г. директивой президента было утверждено создание резервной системы для GPS, чтобы обеспечить бесперебойное предоставление PNT-услуг. Это модернизированная система, основанная на импульсно-фазовой навигационной системе Loran (Long Range Navigation), которая была разработана в США в годы Второй мировой войны. Улучшенная система eLoran (enhanced Loran) будет дополнена цифровой обработкой сигнала. Не так давно Палата представителей Конгресса США одобрила законопроект, который предусматривает создание такой системы в США.

Первоначально система Loran предназначалась для навигационного обеспечения ударных сил авиации и военно-морского флота при решении ими боевых задач. Высокие тактико-технические характеристики этой системы предопределили её массовое применение гражданскими потребителями большинства стран мира для решения хозяйственно-экономических задач. В отличие от систем ГНСС, система Loran транслирует сигнал с наземных мачт, где потенциально мощность сигнала не ограничена. Однако и Loran — не первое в мире радиосредство позиционирования и навигации.

Что было до...

На заре авиации не было радаров, поэтому своё местоположение экипаж воздушного судна определял самостоятельно и сообщал о ней диспетчеру. Экипаж ориентировался на местности визуально по населённым пунктам, озёрам, рекам, холмам и находил своё место на карте. Подобный способ требовал постоянного визуального контакта с землёй, что попросту отсутствовало в тёмное время или плохую погоду, ограничивая возможность полётов.

Первыми навигационными средствами стали радиомаяки (NDB — Non-Directional Beacon), передающие во все стороны опознавательный сигнал (это две или три буквы латинского алфавита, которые передаются кодом Морзе) на определённой частоте. Ну а приёмник на воздушном судне указывает направление на такой радиомаяк. Для

определения точного местоположения необходимо не менее двух радиомаяков (двух азимутов от них), и самолёты стали летать от маяка к маяку. Так появились первые воздушные трассы для полётов по приборам, в том числе в облаках и ночью. Правда, точность определения координат скоро стала недостаточной. Тогда радиоинженерами был создан высокочастотный всенаправленный радиомаяк VOR (Very high frequency Omni-directional Radio range). VOR передаёт свой опознавательный индекс кодом Морзе из трёх латинских букв.

Необходимость знания двух азимутов для определения своего положения требовала слишком большого количества радиомаяков. Для решения этой проблемы было разработано так называемое дальномерное оборудование DME (Distance Measuring Equipment), и с помощью специального приёмника на борту стало возможным узнать удаление от DME. И если устройства VOR и DME расположить в одной точке, то по азимуту и удалению от них несложно рассчитать своё местоположение.

Однако, чтобы расставить маяки повсюду, их нужно слишком много, а зачастую необходимо ещё точнее определить свою позицию. Так появились так называемые точки (fixes, intersections), которые всегда имели известные азимуты от двух или более радиомаяков. То есть воздушное судно легко могло определить, что оно в данный момент находится именно над этой "точкой". Теперь воздушные трассы стали проходить между радиомаяками и "точками".

На современных воздушных судах установлены системы спутниковой навигации, инерциальные системы исчисления и полётные компьютеры, точность которых достаточна для того, чтобы находить точки, которые не связаны ни с VORDME, ни с NDB, а просто имеют географические координаты. В итоге в современном мировом воздушном пространстве на маршруте полёта продолжительность несколько часов может не быть ни одного VOR или NDB маяка. И вот выясняется, что это не всегда хорошо.

Loran-C

Когда использование ГНСС стало обрывать риски, тема создания чего-то альтернативного стала источником длительных обсуждений в APNT-сообществе, в котором пока ещё нет общего согласия по нескольким направлениям, гарантирующим надёжность, достоверность и точность (синхронизации или позиционирования). Но в целом общее направление движения уже понятно — модернизация системы Loran-C.

Упомянутая выше система Loran в своём развитии прошла несколько стадий развития. В частности, система Loran-C первоначально была разработана для предоставления военным пользователям радионавигационных служб США с большей степенью покрытия и точности, чем её предшественник (система Loran-A).



Loran-C была введена в эксплуатацию для гражданского применения в 1957 г. Система использовала радиосигналы от 24 вышек на берегу, управляемые Береговой охраной США, для позиционирования на море и в воздухе. В дальнейшем она была выбрана для использования в качестве радионавигационной системы гражданским флотом.

Радионавигационная система (РНС) Loran-C (отечественный аналог — "Чайка") относится к разностно-дальномерным РНС с синхронизацией моментов излучения и фазы импульсных сигналов, излучаемых наземными передающими станциями. Станции располагаются цепочками по 3...5 штук, которые осуществляют передачу сигналов на одной и той же частоте с одинаковым для группы периодом повторения, некоторые станции работают одновременно в двух цепях на двух периодах повторения. Каждая цепь РНС состоит из одной ведущей и ведомых станций, работающих с одинаковым, только этой цепи присвоенным периодом повторения серий импульсов. Этот период повторения служит отличительным признаком цепи. Сигнал станции содержит серию из восьми импульсов, следующих через 1 мс. Ведущая станция дополнительно излучает девятый импульс. Ведомые станции излучают сигналы с различной задержкой относительно сигналов ведущей. Задержка излучения служит отличительным признаком.

Для одновременного измерения не менее двух разностей расстояний система работает по принципу синхронизированного излучения сигналов (пачек импульсов) ведущей и ведомыми станциями на одной несущей частоте 100 кГц и общей для них частоте повторения. Излучение сигналов станциями производится с таким сдвигом по времени, чтобы в любой точке зоны действия системы обеспечивалось временное разделение сигналов. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы любая из ведомых станций начинала излучение своих сигналов после прихода на эту станцию последнего импульса предыдущей (по очереди работы) ведомой станции с учётом задержки этого импульса за счёт его многократного отражения от ионосферы. Ведущая станция синхронизирует своими сигналами (как по огибающей импульса, так и по высокочастотному заполнению) работу ведомых станций.

Дальность действия системы Loran-C на суше и на море — 1400...1800 км и 1800...2000 км соответственно. Мощность излучения передающих станций — 200...1000 кВт. Надёжность — 99,7 %. Скорость определения местоположения — 10...20 засечек/с. Погрешность синхронизации станций внутри цепи — 30...50 нс. Точность местопредопределения — 10...50 м в радиусе до 150...200 км.

В целом радионавигационным полем 25 станций Loran-C США и четырёх станций Канады в своё время была покрыта территория Северной Америки площадью 9,6 млн км².

Десятилетиями Loran-C была стандартной навигационной системой для коммерческого рыболовства, малотоннажного флота и других морских судов, а также для многих самолётов. Систему использовали от 1,2 до 1,5 млн пользователей. Рабочие зоны цепей Loran-C также расширялись, перекрывая территории США и Канады, почти всё побережье Североамериканского континента, Северную Атлантику, Скандинавию и Западную Европу, Северное и Норвежское моря, Атлантическое побережье Франции и Восточную Атлантику, Средиземное море, центральный и северо-западный районы Тихого океана, весь Аравийский полуостров, районы Ближнего и Дальнего Востока, Красного моря, Персидского залива, залив Аден, часть побережья Индии. Общая площадь рабочих зон цепей Loran-C превышала 95 млн м². В настоящее время на территории Северной Европы зона покрытия системы Loran-C составляет 100 морских миль от передающих станций.

Хорошо забытое старое

Введение в эксплуатацию и быстрое развитие ГНСС GPS логично привело к постепенному отказу моряков и лётчиков от услуг Loran-C. К тому же технологии GPS быстро развивались, становясь дешевле и доступнее, а система Loran-C морально старела. В результате длившихся несколько лет дискуссий, исходя из интересов национальной безопасности США, было принято решение о необходимости модернизации системы Loran-C и её замены на улучшенную цифровую eLoran, которая будет дополнять GPS в случаях её отключения или нарушения функционирования. По словам разработчиков, сигнал в eLoran будет в 1,3 млн раз мощнее GPS-сигнала, и его, разумеется, тоже можно заглушить, но для этого соответственно нужна очень большая мощность передатчика вкупе с большой антенной, что проще отследить. Кроме поддержки резервной рабочей зоны, интенсивности сигнала и проникающей способности системы eLoran может обеспечить работу служб оперативного реагирования и прочих операторов в условиях, не поддерживаемых в GPS. В системе предполагалось использовать модернизированные передающие станции и сеть связи. На разработку системы были потрачены 160 млн долларов США, однако в октябре 2009 г. Береговая охрана объявила, что система Loran-C не требуется для морской навигации, что оставляло дальнейшее существование Loran и eLoran в США на усмотрение Министерства национальной безопасности. В 2009 г. президент США подписал законопроект, который фактически заморозил программу создания резервной системы eLoran с консервацией системы Loran-C. Береговая охрана США прекратила передачу всех сигналов Loran-C 8 февраля 2010 г., а пользователям рекомендовала использовать систему GPS.

Однако в апреле 2014 г. Палата представителей Конгресса США одобрила закон, запрещающий Береговой охране США демонтировать законсервированного оборудования наземных станций Loran-C.

26 марта 2015 г. на рассмотрение Конгресса США был внесён проект закона "Акт по обеспечению помехозащищённости и безопасности работы Национальной системы позиционирования, навигации и времени в 2015 г." (National Positioning, Navigation and Timing Resilience and Security Act of 2015). В нём предлагалось потребовать от министра обороны США совместно с комендантом Береговой охраны и министром транспорта принять окончательное решение по развёртыванию системы навигации и позиционирования наземного базирования, которая должна использовать все возможности существующей инфраструктуры Loran и выступит в качестве надёжного резерва для GPS и будет использоваться как в военных, так и в гражданских целях. Эта система, как отмечается в законопроекте, должна использовать все возможности существующей инфраструктуры Loran.

Резервная система будет базироваться на сигналах 19 мачт eLoran, расположенных на территории США с радиусом действия около 1000 миль каждая. Финансирование резервной системы по сравнению с текущими затратами на поддержание GPS будет в несколько раз ниже.

Навигационный и связной сигнал eLoran обладает чертами, которые дополняют GPS, затрудняя его нарушение, и кроме того, он мог бы стать важной составляющей для обеспечения безопасности полётов беспилотных средств в воздушном пространстве.

Федеральный радионавигационный план США предписывает не быть зависимыми от единой системы в местопредопределении, навигации и службе времени в качестве цели национальной политики. План специально указывает на тестирование eLoran, как важного шага к достижению этой цели.

Развёртывание системы, альтернативной GPS, происходит и в других странах. По данным представителя Министерства океанов и рыболовства Южной Кореи, уже к 2019 г. планируется оборудовать три площадки для испытания eLoran, а потом пойти дальше. Южнокорейское правительство надеется на дальнейшее расширение зоны покрытия eLoran на территории всей Северо-восточной Азии, для чего будет сотрудничать с Россией и Китаем. Правда, не обошлось без проблем. Власти уже столкнулись с сопротивлением жителей острова, на котором планируется развернуть антенны. Собственно, для них потребовалась большая территория с мачтами высотой более 120 м, и это не всем нравилось.

Генеральная администрация маяков Великобритании и Ирландии (GLA) опубликовала стратегический документ "2020 — The Vision" (Перспективы до 2020 г.), в котором делается вывод о том, что система Loran-C должна

быть модернизирована для её использования в качестве резервной системы морской навигации. Королевский институт навигации высказал убеждение, что европейская Logan-C должна поддерживаться и модернизироваться с целью превращения её в систему eLogan.

Наиболее активно используют систему Великобритания и Ирландия, успешно внедряющие в эксплуатацию eLogan. Тесты показали, что по координатно-временным характеристикам eLogan не уступает GPS и предлагает морским судам точность позиционирования не хуже 10 м, что удовлетворяет международным эксплуатационным требованиям для судов на подходе к порту. Вместе с тем будущее сети Logan в Северной Европе в настоящее время остаётся неопределённым, поскольку если передачи французских и норвежских станций eLogan будут прекращены (есть такие планы с целью экономии средств, разумеется), все возможности для морской навигации в водах Великобритании также будут потеряны.

Китай, Корея и Япония продолжают работы по совершенствованию наземных передающих станций Logan-C. Серьёзный интерес к их модернизации и дальнейшему развитию eLogan на территории своих государств высказали Саудовская Аравия и Индия. По некоторым данным, планы развития собственной помехоустойчивой наземной РНС

также имеются у Ирана. Продолжается взаимодействие государств участников FERNSS (Россия, Корея, Китай, Япония) по созданию объединённых радионавигационных служб.

Дискуссии о будущем

Тем не менее продолжается дискуссия о будущем APNT. Хотя очевидно, что она должна отработать в случае отказа ГНСС, не достигнут консенсус в отношении длительности их работы и ширины охвата, с точки зрения выбора регионов, где она будет функционировать. Ведь уже было несколько крупных инцидентов глушения ГНСС или подмены сигналов. К тому же различные заинтересованные стороны имеют в виду различные временные горизонты для APNT. К примеру, ряд целей и угроз в 2035 г. будут сформулированы иначе, чем те, которые есть сегодня или будут в 2025 г. Да и круг перспективных систем APNT отнюдь не ограничивается eLogan. К тому же, чтобы создать, ввести в эксплуатацию или изменить уже существующую инфраструктуру системы PNT, потребуется значительное время. С точки зрения потребительских устройств (приёмников) или программного обеспечения, навигационная аппаратура потребителей APNT не похожа на аппаратуру ГНСС, и тут нельзя рассчитывать на быстрый рост продаж или регулярные обновления ПО.

Однако необходимо думать и планировать на будущее, иногда далёкое, и добиться консенсуса относительно того, что требуется. Например, в соответствии с требованиями FAA (Федеральное Авиационное Агентство США), APNT в настоящее время должна обеспечить точность определения местоположения около одной морской мили. Однако в дальнейшем (с 2025 г.) появится необходимость улучшения точности от 0,3 до 0,5 морской мили. Специалисты полагают, что подобные вопросы возникнут и в телекоммуникационной области, где сегодня является достаточной точность временной синхронизации на уровне микросекунды, но уже завтра может понадобиться 100 нс.

Что касается абонентского оборудования, то люди уже привыкли к постоянному обновлению смартфонов, поэтому в случае необходимости новые технологии могут быть быстро применены при возникновении проблем с PNT. Ну а стимулировать развитие APNT может развитие даже таких потребительских устройств, как, например, роботы-газонокосилки, способные в случае помех для сигнала GPS косить цветочную клумбу вашей супруги.

По материалам internavigation.ru, insidegnss.com, SecurityLab.ru, vestnik-glonass.ru, radioscanner.ru, airspot.ru, CNews.ru.