

ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ

В. О. Щур, А. П. Романкевич

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220303, г. Минск, Беларусь, geo.schur@bsu.by*

В работе дана характеристика глобальных навигационных спутниковых систем. Проведен анализ применения глобальных навигационных спутниковых систем в различных сферах человеческой деятельности. Оценены перспективы развития глобальных навигационных спутниковых систем.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы; искусственный спутник Земли; спутниковые технологии; GPS; ГЛОНАСС; БЕЙДОУ; GALILEO.

С запуском первого искусственного спутника Земли началась новая эпоха в исследовании нашей планеты и космического пространства. В настоящее время основным применением спутниковых технологий является их использование при определении пространственного положения различных объектов, что представляет собой основу для создания и функционирования глобальных навигационных спутниковых систем.

Глобальная навигационная спутниковая система – это комплексная электронно-техническая система, состоящая из совокупности наземного и космического оборудования, предназначенная для определения местоположения, а также параметров движения различных объектов.

Количество глобальных систем позиционирования в мире постоянно растет, а все большее количество стран начинают создавать и разворачивать собственные региональные навигационные спутниковые системы.

История создания глобальных навигационных спутниковых систем берет свое начало с 4 октября 1957 года, когда в СССР был произведен успешный запуск первого в мире искусственного спутника Земли под названием «Спутник-1».

Следующее важное событие в истории глобальных систем позиционирования – старт разработки США в 1958 году первой в мире спутниковой навигационной системы «Транзит».

История же развития отечественных глобальных навигационных систем началась в 1963 году, когда была инициирована разработка первой советской спутниковой радионавигационной системы «Цикада». Уже 27 ноября 1967 года на орбиту был выведен первый навигационный спутник «Космос-192», обеспечивающий в течение всего времени своей активной работы излучение радионавигационного сигнала на частотах 150 и 400 МГц.

На данный момент времени в мире функционируют четыре глобальные навигационные спутниковые системы: GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), БЕЙДОУ (Китай) и GALILEO (Европейский союз). Помимо этого, введены в эксплуатацию такие региональные спутниковые системы, как QZSS (Япония) и IRNSS (Индия) [6].

Глобальные навигационные спутниковые системы строятся на основе использования односторонних методов измерения расстояний.

При реализации такого метода спутниковая радиодальномерная система распадается на две составные части: устанавливаемое на спутнике передающее устройство и находящийся в распоряжении наземного потребителя приемно-вычислительный комплекс [10].

Вместе с тем для достижения постоянного и высокоточного определения местоположения различных объектов в любой точке земной поверхности вне зависимости от погодных условий и времени суток в составе современных глобальных навигационных спутниковых систем функционируют три сегмента: космический сегмент (космическая группировка) с орбитальной группировкой навигационных спутников, сегмент управления, пользовательский сегмент.

Космический сегмент (космическая группировка) – часть глобальной навигационной спутниковой системы, которая состоит из группы навигационных спутников.

Главными функциями космического сегмента являются:

1. формирование и излучение радиосигналов, необходимых для определения местоположения объектов, а также контроля бортовых систем спутника сегментом управления;
2. постоянный контроль времени атомных часов;
3. получение, обработка и сохранность данных от станций сегмента управления [7].

Сегмент управления – подсистема контроля и управления глобальной навигационной спутниковой системы.

Основными задачами, которые решает сегмент управления, являются:

1. наблюдение за траекториями движения спутников, а также их контроль;
2. планирование работы всех элементов спутниковой системы, обработки и обмена данными между ее элементами;
3. контроль и диагностика состояния бортовой аппаратуры космических аппаратов;
4. программное и командное управление полетом спутников и обеспечение функционирования бортовых систем;
5. определение поправок бортовых шкал времени.

Для решения перечисленных и других задач в состав сегмента входят, как правило, следующие элементы:

1. станции слежения;
2. ведущая станция;
3. загружающие станции [8].

Пользовательский сегмент состоит из приемников спутниковых сигналов, предназначенных для приема и обработки сигналов космических аппаратов, расшифровки навигационных сообщений и преобразования полученной информации в значения координат, скорости и времени.

Данная подсистема объединяет в себе все компоненты, позволяющие пользователю спутниковой системы получать информацию о местонахождении пункта наблюдений, показаниях точного времени, а также о скорости и направлении перемещения движущихся объектов [2].

Как правило, типовой навигационный приемник состоит из четырех функциональных частей:

1. антенная система и связанная с ней электроника;
2. радиочастотная часть с контурами слежения;
3. цифровой блок корреляционной обработки;
4. навигационный процессор.

Классифицируют спутниковые приемники по:

1. числу принимаемых спутниковых систем; приемники могут принимать сигналы только одной, двух или даже трех систем;
2. числу принимаемых частот; выделяют одночастотные приемники, принимающие сигналы лишь на частоте L1, и двухчастотные, способные принимать сигналы на частотах L1 и L.

В настоящее время в мире насчитывается более 200 фирм, занимающихся разработкой и производством навигационной аппаратуры потребителей спутниковых систем. Наибольшую известность получили образцы фирм «Trimble», «Garmin» (США), «Furuno» (Япония), «Sersel» (Франция), «НАВИС», «РИРВ» (РФ) [7].

Спутниковые технологии обеспечивают надежное и точное определение координат и времени в любой точке Земли, что позволяет эффективно решать различные задачи, связанные с местопределением, навигацией, а также синхронизацией времени. Помимо этого, у глобальных навигационных спутниковых систем существует целый ряд преимуществ, которые обуславливают востребованность данной технологии в мире:

1. расстояния между определяемыми пунктами могут составлять десятки километров;
2. наблюдения возможны в любую погоду и время;
3. измерения и обработка результатов практически полностью автоматизированы;

4. возможность получения координат геодезических пунктов в реальном масштабе времени и т. д.

Спутниковые системы глобального позиционирования успешно и массово применяются в различных областях хозяйства. Технологии спутниковой навигации используются в картографии и геодезии, сельском и лесном хозяйствах, геологоразведке, гидрометеорологии, транспортной отрасли, при предотвращении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, в военном деле, научных исследованиях, в том числе при изучении малодоступных территорий суши и акватории, при проведении горных, а также строительных работ и т. д. [1]

В настоящее время преимущественно идет процесс развития и расширения именно национальных навигационных сетей, систем и рынка аппаратуры пользователей. Вместе с тем уже сейчас назрела такая необходимость унификации технических и организационных решений с переходом на международные базы данных, рациональное перераспределение возможностей национальных сетей и средств, чтобы наилучшим образом реализовать концепцию глобальной навигации.

Однако для реализации в будущем данной идеи существует ряд проблем. Одними из них являются трудности построения эффективных алгоритмов контроля целостности спутниковых навигационных систем. Также есть затруднения, связанные с разрешением помех и искажений измерений при проведении синхронных измерений по сигналам спутников отдельных навигационных систем в рамках мультисистемных спутниковых приемников. Помимо всего, имеются трудности с «несостыковками» национальных подвижных систем координат, которые вызваны регулярным движением континентальных плит [1].

Помимо концепции глобальной навигации, к реализации которой стремятся все существующие на данный момент времени глобальные навигационные системы, можно выделить возможности совершенствования всех существующих систем по следующим ключевым направлениям:

1. Расширение орбитальной группировки путем запуска дополнительных спутников, а также проведение экспериментальных работ по изучению возможностей улучшения точности эфемерид, использования дополнительных частот и видов модуляции сигналов.

2. Модернизация частотно-временного и эфемеридного обеспечения. Прежде всего, для построения усовершенствованной опорной шкалы времени системы требуется использование новых и более точных стандартов частоты как наземным сегментом системы, так и опорными генераторами на борту спутников. Для улучшения точности эфемеридного обеспечения орбитальной группировки разворачиваются дополнительные средства беззапросных радиотехнических измерений и лазерных дальнометров,

также предполагается использование межспутниковых измерений и введение дополнительных радиоканалов для беззапросных дальномерных измерений.

3. Оптимизация частотного плана и выбор рабочих частот для будущих поколений орбитальных космических аппаратов.

4. Выбор спектрально-эффективных видов модуляции сигналов навигационных спутников, которые обеспечивают наилучшую помехозащищенность системы при оптимальном использовании частотного ресурса.

5. Дальнейшее улучшение технического обеспечения и расширение всех структурных сегментов глобальных навигационных спутниковых систем [4].

В заключение можно сказать, что несмотря на долгую историю развития, высокотехнологичность глобальных навигационных спутниковых систем, существует необходимость в их постоянном улучшении, а также решении существующих на данный момент проблем.

Библиографические ссылки

1. Антонович К. М. Тенденции в развитии ГНСС технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-v-razvitii-gnss-tehnologiy/viewer> (дата обращения: 23.03.2024).

2. Генике А. А., Побединский Г. Г. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии : учебное издание. М. : Картгеоцентр, 2004. 355 с.

3. Глобальные навигационные спутниковые системы : пособие для студентов фак. радиофизики и компьютерных технологий / С. В. Абламейко, В. А. Саечников, А. А. Спиридонов. Минск : БГУ, 2011. 147 с.

4. Демьянов В. В., Имарова О. Б. Тенденции развития технологий ГНСС и направлений их применения на транспорте [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-razvitiya-tehnologiy-gnss-i-napravleniy-ih-primeneniya-na-transporte/viewer> (дата обращения: 21.03.2024).

5. Загреддинов Р. В. Спутниковые системы позиционирования : конспект лекций. Казань : Каз. федер. ун-т, 2014. 148 с.

6. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения АО ЦНИИмаш / Прикладной потребительский центр ГЛОНАСС [Электронный ресурс]. Королев, 2009. URL: <https://glonass-iac.ru> (дата обращения: 15.03.2024).

7. Кравченко О. В. Системы глобального позиционирования в лесном хозяйстве : курс лекций для студентов специальности 1-75 01 01 «Лесное хозяйство». Минск : БГТУ, 2018. 60 с.

8. Куприянов А. О. Глобальные навигационные спутниковые системы : учебное пособие. М. : МИИГАиК, 2017. 76 с.

9. Навигация и лоция : учебное издание / В. С. Михайлов, В. Г. Кудрявцев, В. С. Давыдов. Киев, 2009. 618 с.