

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ В НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ GPS

НЬЯН ЛИН ТУН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: tunn87585@gmail.com

Аннотация. Глобальная система позиционирования (GPS) стала важным инструментом в современной навигации, предоставляя точную информацию о местоположении для широкого спектра приложений. В этой статье рассматриваются сигналы GPS, приводятся результаты моделирования этих сигналов. Анализируется влияние факторов окружающей среды на распространение сигнала, воздействие шума и помех, а также алгоритмы, используемые в приемниках GPS. Описываются возможности использования инструментов моделирования и методов исправления ошибок для повышения точности позиционирования. Результаты моделирования сигналов могут быть использованы для улучшения технологии GPS и расширения ее приложений.

Введение

Сигналы GPS передаются созвездием спутников, вращающихся вокруг Земли. Каждый спутник передает уникальный сигнал, идентифицируемый кодами псевдослучайной последовательности (PRN). Эти коды PRN имеют решающее значение для различения сигналов от разных спутников, гарантируя, что приемники могут точно определять свои позиции. Описание этих сигналов является первым шагом в моделировании систем GPS.

Распространение сигнала

На передачу сигнала GPS от спутника к приемнику влияют различные факторы окружающей среды. Когда сигналы проходят через атмосферу, они сталкиваются со слоями, такими как ионосфера и тропосфера, которые могут повлиять на их скорость и точность измерений. Ионосфера может вызывать задержки сигнала из-за заряженных частиц, в то время как тропосфера может вносить ошибки из-за погодных условий, таких как влажность и температура. Для моделирования этих эффектов ученые используют сложные уравнения и симуляции. Эти модели помогают предсказать, как сигналы будут функционировать в различных атмосферных условиях, что позволяет получать более точные показания GPS спутника. Зная условия распространения сигнала, можно улучшить алгоритмы приемника GPS и повысить точность позиционирования.

Шум и помехи

Сигналы GPS не защищены от шума и помех. Атмосферные условия, здания и естественные препятствия могут вызывать ухудшение качества сигнала. Одной из распространенных проблем является многолучевая интерференция, когда сигналы отражаются от поверхностей, прежде чем достигнуть приемника, что приводит к ошибкам в расчетах местоположения. Еще одной проблемой является помеха сигналам от других электронных устройств и источников радиочастотного шума.

Моделирование этих эффектов помогает в разработке стратегий по смягчению их воздействия. Например, усовершенствованные алгоритмы могут отфильтровывать шум и исправлять ошибки многолучевого распространения, повышая надежность позиционирования GPS. Кроме того, понимая источники помех, инженеры могут проектировать более надежные системы GPS, которые сохраняют точность в сложных условиях.

Алгоритмы приемника

GPS-приемники используют сложные алгоритмы для обработки входящих сигналов и вычисления точного местоположения. Ключевые методы включают в себя фазовую автоподстройку частоты (PLL) и отслеживание кода, которые гарантируют, что приемник остается зафиксированным на спутниковых сигналах и точно декодирует коды PRN. Эти алгоритмы имеют решающее значение для поддержания сильной и стабильной фиксации сигнала, особенно в динамических средах, где условия сигнала могут быстро меняться. Моделирование этих алгоритмов имеет жизненно важное значение для

тестирования и повышения производительности приемника. Используя такие инструменты, как MATLAB и Simulink, инженеры могут создавать подробные симуляции, которые воспроизводят реальные условия. Эти симуляции позволяют тестировать различные методы обработки сигналов и выявлять потенциальные улучшения, что приводит к разработке более совершенных и точных GPS-приемников.

Инструменты моделирования

Такие инструменты, как MATLAB и Simulink, часто используются для моделирования обработки сигнала GPS. Эти инструменты позволяют исследователям моделировать различные сценарии, тестировать алгоритмы приемника и выявлять потенциальные улучшения. Воссоздавая реальные условия, эти инструменты играют решающую роль в развитии технологии GPS. Например, можно моделировать поведение сигналов в городских условиях с высокими зданиями, густыми лесами или открытыми полями. Понимая, как на сигналы влияет различное окружение, инженеры могут проектировать приемники GPS, которые корректно функционируют в различных условиях, обеспечивая точное позиционирование для пользователей по всему миру.

Методы исправления ошибок

Для достижения высокой точности системы GPS используют методы исправления ошибок, такие как дифференциальное позиционирование GPS (DGPS) и позиционирование в реальном масштабе времени с помощью кинематики (RTK). DGPS повышает точность, используя сеть наземных опорных станций, которые предоставляют данные коррекции приемникам GPS. Этот метод может значительно уменьшить ошибки, вызванные атмосферными условиями и другими факторами. Позиционирование RTK обеспечивает точность на уровне сантиметра, исправляя ошибки сигнала в реальном масштабе времени. Этот метод особенно полезен в приложениях, требующих высокой точности, таких как геодезия, строительство и навигация автономного транспортного средства. Моделируя эти методы исправления ошибок, исследователи могут оптимизировать их реализацию и повысить общую точность систем GPS.

Результаты моделирования

Было произведено моделирование сигналов спутника GPS в среде MATLAB. На рисунке 1 показаны два графика, иллюстрирующие первые 30 символов кода спутника GPS. Эти графики демонстрируют один и тот же код спутника GPS в двух разных форматах: исходный двоичный формат и преобразованный формат с использованием +1 и -1. Преобразование в +1 и -1 особенно эффективно при обработке сигналов GPS, поскольку оно облегчает математические операции, связанные с кросс-корреляцией и другими задачами обработки.

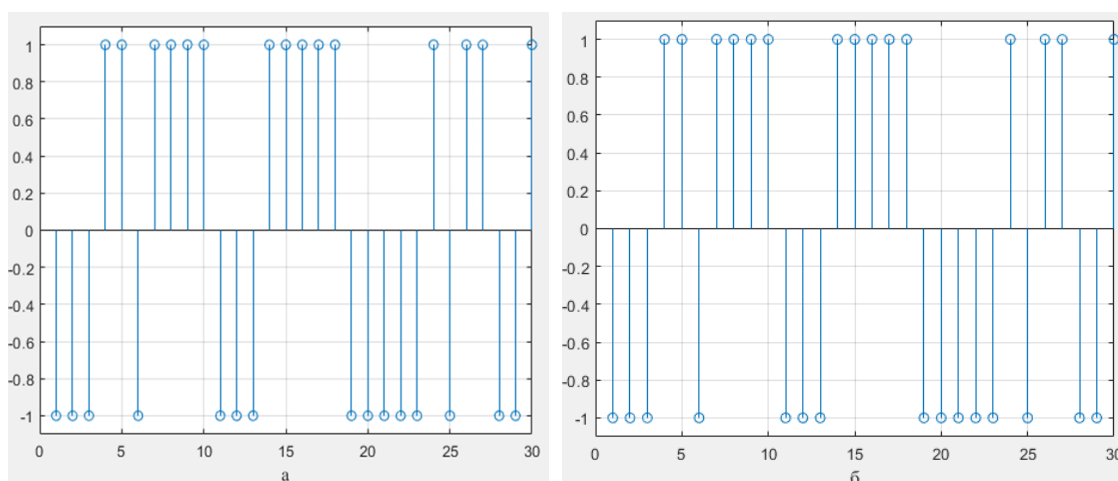


Рис.1. Графическое изображение 30 первых символов кода спутника GPS приведено
(а) Код GPS в двоичных символах (б) Код GPS в символах "1", "-1"

На рис.2 показаны различия между непрерывным сигналом GPS, передаваемым спутником, и дискретизированной версией сигнала, обрабатываемой приемником. Дискретизация является важнейшим шагом в обработке сигнала GPS, позволяя приемнику точно анализировать и декодировать сигнал.

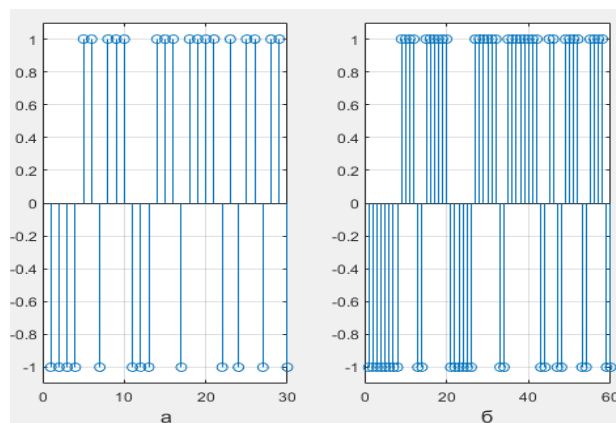


Рис.2. Тридцать символов кода спутника GPS: (а) без дискретизации, (б) частота дискретизации

На рисунке 3. показаны четыре диаграммы рассеяния, каждая из которых демонстрирует корреляцию между сигналом GPS и соответствующим ему зашумленным сигналом в различных шумовых условиях. Эти графики показывают, как возрастающие уровни шума влияют на способность точно коррелировать сигнал GPS с его копией без шума. По мере увеличения уровня шума пики корреляции становятся менее четкими, что затрудняет обнаружение сигнала. учет этой взаимосвязи имеет решающее значение для улучшения алгоритмов приемника GPS и обеспечения точного позиционирования даже в шумных условиях.

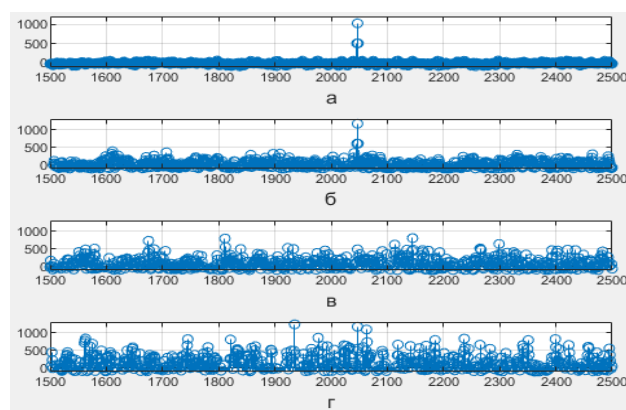


Рис 3. Корреляция сигнала с шумом и копии сигнала: (а) шум отсутствует; (б) шум в 4 раза выше уровня сигнала; (в) шум в 8 раз выше уровня сигнала; (г) шум в 12 раз выше уровня сигнала

Заключение

Моделирование сигналов в навигационных системах GPS — сложная, но важная и необходимая область исследования. Приложения для моделирования GPS выходят за рамки систем навигации и имеют решающее значение в таких областях, как геодезия, автономные транспортные средства и геопространственные науки. Например, точное моделирование GPS необходимо для создания подробных карт, управления беспилотными автомобилями и проведения научных исследований, которые опираются на точные данные о местоположении. По мере развития технологий можно ожидать дальнейшего повышения точности и надежности GPS, обусловленного продолжающимися исследованиями и инновациями в моделировании сигналов. Будущие тенденции могут включать интеграцию GPS с другими системами позиционирования, такими как ГЛОНАСС и Galileo, для предоставления еще более точной и надежной информации о местоположении.

Список использованных источников

1. Каплан, Э. Д. и Хегарти, К. Дж. (2006). Понимание GPS: принципы и приложения. Artech House.
2. Мисра, П. и Энге, П. (2010). Глобальная система позиционирования: сигналы, измерения и производительность. Ganga-Jamuna Press.