

# ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

**Краснов А.А., Лавренчук С.А., Нистюк А.С.**

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

***Герасимович В.Ю.***

В данной работе рассматриваются вопросы, связанные со спутниковой навигацией. Спутниковая навигация GPS уже давно является стандартом для создания систем позиционирования и активно применяется в различных навигационных устройствах. Эта статья посвящена тому, как с помощью спутников можно установить местоположение пользователя, какие есть системы координат и как они помогают в определении позиции.

Сегодня быстрыми темпами развиваются и совершенствуются технологии для навигации с помощью систем глобального позиционирования. GPS предоставляет информацию о местоположении, скорости и времени, что позволяет эффективно использовать его во многих приложениях в повседневной жизни. Основной принцип, лежащий в основе всей системы GPS, прост и давно используется для навигации и ориентирования: если есть точная информация о местоположении какого-либо ориентира и расстояние до него, то можно начертить окружность, на которой должна быть расположена точка положения объекта (рисунок 1).

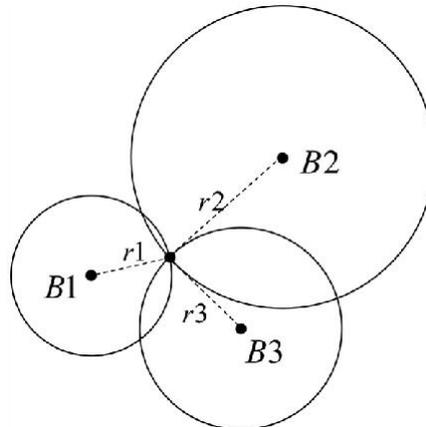


Рисунок 1 – 2D модель ранжирования TOA

GPS использует концепцию ранжирования TOA (Time of Arrival – TOA) для определения местоположения пользователя. Метод TOA основан на измерении задержки распространения радиосигнала между излучателем и приемником. Излучатель отправляет сигнал в точно известное для приемника время. Приемник измеряет временной интервал между отправкой сигнала излучателем и его получением. Этот временной интервал, называемый временем распространения сигнала, затем умножается на скорость сигнала (например, скорость звука или скорость света), чтобы получить расстояние от излучателя до приемника. Измеряя время распространения сигнала, передаваемого от нескольких излучателей (то есть навигационных средств) с известным местоположением, приемник может определить свои координаты. Минимальное количество измерений для определения местоположения пользователя равно трем.

Проводя измерения TOA для нескольких спутников, достигается трехмерное позиционирование. Метод аналогичен методу, описанному выше, за исключением того, что вместо окружностей, как показано на рисунке 1, используется пересечение сфер.

Для измерения и определения орбит спутников GPS удобно использовать Земле-центрированную инерциальную систему координат (Earth-Centered Inertial – ECI), в которой начало координат находится в центре масс Земли, а оси указывают в фиксированные направления относительно звезд. В данной системе координат предполагается, что  $xy$ -плоскость совпадает с экваториальной плоскостью Земли, ось  $+x$  постоянно зафиксирована в определенном направлении относительно небесной сферы, ось  $+z$  перпендикулярна  $xy$ -плоскости в направлении северного полюса, а ось  $+y$  выбрана так, чтобы сформировать правую систему координат.

Для расчета местоположения приемника GPS удобнее использовать систему координат, которая вращается вместе с Землей, известную как Земле-центрированная Земле-фиксированная система координат (Earth-Centered Earth-Fixed – ECEF). В такой системе координат проще вычислить параметры широты, долготы и высоты, которые отображает приемник. Также, как и Земле-центрированная инерциальная система координат (ECI), ECEF, используемая для GPS, имеет  $xy$ -плоскость, совпадающая с экваториальной плоскостью Земли. Однако в системе ECEF ось  $+x$  указывает в направлении долготы  $0^\circ$ , а ось  $+y$  указывает в направлении долготы  $90^\circ$ . В системе ECEF ось  $z$  выбирается перпендикулярно экваториальной плоскости в направлении географического северного полюса (то есть, где линии долготы встречаются в северном полушарии), тем самым завершая правую систему координат. Поэтому оси  $x$ ,  $y$  и  $z$  вращаются вместе с Землей и больше не описывают фиксированные направления в инерциальном пространстве.

Программное обеспечение для расчета орбит GPS включает преобразования между системами координат ECI и ECEF. Такие преобразования осуществляются путем применения матриц вращения к векторам положения и скорости спутника в системе координат ECI.

В результате процесса вычисления декартовы координаты  $(x, y, z)$  пользователя определяются в системе ECEF. Эти декартовы координаты преобразовываются в широту, долготу и высоту приемника. Однако, чтобы осуществить это преобразование, необходимо иметь физическую модель, описывающую Землю [1].

Стандартной физической моделью Земли, используемой для приложений GPS, является

Всемирная геодезическая система Министерства обороны 1984 года (World Geodetic System (WGS) 84). WGS 84 представляет эллипсоидальную модель формы Земли [2].

Как описано выше, пользователю требуется точная информация о позициях спутников GPS для определения положения, поэтому важно понимать, как вычисляются орбиты GPS. За вычисление орбиты отвечают Кеплеровы элементы орбиты. Кеплеровы элементы орбиты – это шесть параметров, определяющих положение небесного тела в пространстве. Первые два определяют форму орбиты, третий, четвертый и пятый – ориентацию плоскости орбиты по отношению к базовой системе координат, шестой – положение тела на орбите.

Спутниковые передатчики GPS используют метод прямой последовательности для расширения спектра (Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS). Этот метод формирует широкополосный радиосигнал для передачи дальномерных сигналов и основных навигационных данных, таких как спутниковые координаты и состояние спутников. Дальномерные сигналы - это коды PRN (Pseudo Random Noise – PRN), которые с помощью двоичной фазовой манипуляции BPSK (Binary Phase Shift Key – BPSK) модулируют несущие частоты спутника. Эти коды выглядят и имеют спектральные свойства, схожие со случайными двоичными последовательностями, но на самом деле являются детерминированными.

**Список использованных источников:**

1. Understanding GPS: principles and applications/[editors], Elliott Kaplan, Christopher Hegarty.—2nd ed., // Artech house, 2006. – P. 723.
2. World Geodetic System [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/World\\_Geodetic\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System).

## **ДЕТЕКТОР ЗАИКАНИЯ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОУБЧЕНИЯ**

*Лукашик Р.В.*

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

*Лихачёв Д.С. – доцент, канд. тех. наук*

Распознавание и классификация речевых дефектов, таких как заикание, является сложным процессом. Данная работа описывает процесс обработки речевого сигнала и выявление акустических параметров для распознавания и классификации заикания. Были сделаны выводы об использовании комбинации временных и частотных акустических параметров речи.

В настоящее время существует большое количество исследовательских работ, направленных на автоматическое распознавание речевых дефектов, таких как заикание. Большинство из них базируется на одном из трех классификаторах: искусственные нейронные сети, скрытые марковские модели и метод опорных векторов. Точность определения заикания, используя различные классификаторы, отличается у различных исследований из-за объема базы данных заикающей речи, использования искусственного или естественного заикания и др. параметров. Используя скрытые марковские модели исследователи добились 96% точности определения заикания [1].

При распознавании заикания стояла задача выбора акустических параметров речи, анализ которых должен быть дать наилучшие результаты в определении заикания.

Иногда при заикании возникают спонтанные мышечные спазмы речевого аппарата, которые блокируют произношение определенных звукосочетаний. Блокировку можно легко наблюдать, анализируя речевой сигнал во временной области, получая данные для статистического анализа. Анализируя речевой сигнал по временным параметрам, можно определить длительность сигнала, т.е. продолжительность звука.

Однако, анализируя речь только лишь по временным характеристикам, нельзя добиться высокой точности распознавания заикания. В этом случае может быть полезен анализ речевого сигнала в частотной области. Расчет мел-кепстральных характеристик (MFCC) может помочь в определении гласных звуков и обнаружении речевых нарушений, связанных с повторением гласных, а также их удлинением. Удлинение гласных является одной из значимых особенностей, характеризующих заикание. Из-за относительно большой продолжительности артикуляции гласных звуков их легче анализировать с использованием кепстрального анализа.

Повторение гласного или всего слога анализировать сложнее, чем продление. Это связано с тем, что продолжительность их артикуляции значительно короче, и по этой причине объем информации, получаемой из анализа отдельных фреймов значительно меньше. Однако эта проблема решается частотой встречаемости повторений, которая значительно выше, чем в случаях продления.

Исходя из этого были сделаны выводы о необходимости использования комбинации как временных, так и частотных акустических параметров речи для возможности более точного