ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО СИСТЕМАМ СВЯЗИ

PROBLEMS OF TRANSMITTING INFORMATION VIA COMMUNICATION SYSTEMS

УДК 621.391

Никитина Т.В. Студентка 3 курс, Факультет Фундаментальной Подготовки ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» Россия, г. Санкт-Петербург

Белоус К.В., доцент, ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» Россия, г. Санкт-Петербург

Научный руководитель – Пиликина Е.А., старший преподаватель, ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» Россия, г. Санкт-Петербург

Nikitina T. V. nikitina1409@gmail.com

Belous K. V., nikitina1409@gmail.com

Pilikina E. A., helenarh@yandex.ru

Аннотация

В данной статье рассматриваются проблемы передачи данных через системы связи, такие как: затухание сигнала, теневые зоны, многолучевое распространение сигналов, замирания сигнала. Выделяются и описываются характерные особенности сигналов, передаваемые по связующим каналам. Затронуты такие системы как: технологии MIMO — метод

пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, в котором передача данных и прием данных осуществляются системами из нескольких антенн, стандарт GSM.

Annotation

This article discusses the problems of data transmission through communication systems, such as: signal attenuation, shadow zones, multipath propagation of signals, signal fading. The characteristic features of signals transmitted through the connecting channels are highlighted and described. Such systems are affected as: MIMO technologies — a method of spatial signal encoding that allows increasing the bandwidth of a channel in which data transmission and data reception are carried out by systems from several antennas, the GSM standard.

Ключевые слова: сигнал, затухание сигнала, теневые зоны, многолучевое распространение сигналов, замирания сигнала, временные задержки, связи стандарта UMTS, технологии MIMO, стандарт GSM.

Keywords: signal, signal attenuation, shadow zones, multipath propagation of signals, signal fading, time delays, UMTS communications, MIMO technologies, GSM standard.

1 Введение

Человек получает информацию от всего, что его окружает с помощью основных органов чувств: слуха, зрения, обоняния, осязания, вкуса. Наибольшее количество информации он получает через слух и зрение. Аудиосообщения воспринимаются звуковыми акустическими сигналами в непрерывной среде. Глаза воспринимают световые сигналы, передающие изображение предметов.

Информация может проходить, как с помощью природных каналов (атмосферный воздух, через который проходят звуковые волны, свет солнца, отраженный от наблюдаемых объектов), так и с помощью

искусственно созданных. Во втором, случаи речь идет о технических средствах связи.

2 **Технические системы передачи информации**

С незапамятных времен человечество использовало различные примитивные типы сигнализации и связи с целью сверхбыстрой передачи важной информации. Костры, зажженные на высокой почве, или дым от костров должны сигнализировать о приближении врагов или надвигающейся природной катастрофе. Этим методом до сих пор пользуются заблудившиеся в тайге люди или туристы, переживающие стихийное бедствие. Некоторые племена и народы использовали для этой цели определенные комбинации звуковых сигналов от барабана и духовых музыкальных инструментов, в то время как другие научились передавать определенные сообщения манипуляциями, отражая солнечный свет с помощью массивов зеркал.

Первым техническим средством передачи информации на расстояние был телеграф, изобретенный в 1837. На основе открытия электромагнитных волн немецким физиком Генрихом Герцем (1886), А. С. Поповым в России в 1895 году и почти одновременно с ним в 1896 году Г. Маркони в Италии было изобретено радио. Телевидение и Интернет появились в двадцатом веке.

Все эти технические способы передачи информации основаны на передаче физического сигнала дистанционно и подчиняются какому-то общему закону. Так что же такое сигнал?

3 **Виды сигналов**

Сигнал — код, созданный и переданный в пространство по каналу связи одной системой, либо возникший в процессе взаимодействия нескольких систем. [4].

Сигналы могут быть подразделены: **периодические** и **непериодические.**

Периодический сигнал - это сигнал, значения которого повторяются с определенными регулярными интервалами, называемыми периодом

повторения сигнала или просто периодом. Это условие не выполняется для непериодического сигнала. [2]

Самый простой периодический сигнал-это гармоническое колебание.

$$\boldsymbol{s(t) = S * \sin(\omega t)}, \quad (1)$$

где *S*, w – амплитуда и угловая частота колебания.

Другим примером периодического сигнала является последовательность прямоугольных импульсов. Как вы думаете, из чего состоит эта последовательность импульсов? Оказывается, из синусоид. В качестве начальной синусоиды выберите ту, период колебаний которой совпадает с периодом T прямоугольных импульсов

$$\mathbf{s(t) = S_1 * \sin(\omega_1 t)}, \quad (2)$$

где S_1 – амплитуда синусоиды, а ω_1:

$$\boldsymbol{\omega_1 = 2\pi/T}\ , (3)$$

Колебание заданной частоты ω_1 и амплитуды S_1 можно представить в виде графика: отметить значение ω_1 на частотной оси и провести вертикальную линию высотой, равной амплитуде сигнала S_1 .

Следующая синусоидальная волна имеет частоту в 3 раза выше, а амплитуда - в 3 раза меньше.

$$S_1 \sin \omega_1 t + (S_1/3) \sin 3\omega_1 t\ , \quad (4)$$

Сумма этих двух синусоид формула (4) все еще мало похожа на прямоугольные импульсы. Но если к ним добавить синусоиды с частотой колебаний в 5, 7, 9, 11 и т. д. раз больше и амплитудами в 5, 7, 9, 11 и т. д. раз меньше, то сумма всех этих колебаний:

$$s(t) = S_1 \sin \omega_1 t + \frac{S_1}{3} \sin 3\omega_1 t + \frac{S_1}{5} \sin 5\omega_1 t + \\ + \frac{S_1}{7} \sin 7\omega_1 t + \frac{S_1}{9} \sin 9\omega_1 t + \frac{S_1}{11} \sin 11\omega_1 t + \ldots, \quad (5)$$

$$S_1 = \left(\frac{4}{\pi}\right) * U = 1.27 * U\ , \quad (6)$$

где формула (6) не будет так сильно отличаться от прямоугольных импульсов. Таким образом, степень "прямоугольности" импульсов

определяется тем, сколько синусоид с все более высокими колебательными частотами мы суммируем.

Существует еще одна классификация сигналов: постоянный, дискретный или аналоговый.

Аналоговый сигнал – сигнал, который может быть представлен непрерывной линией из разных значений, определенных во все времена по отношению к оси времени. [3].

Если определенный сигнал принимает произвольные значения только в определенное время, то такой сигнал называется **дискретным.** Чаще всего на практике используются дискретные сигналы, расположенные в однородной временной шкале, шаг которой называется интервалом выборки.

Когда дискретный сигнал принимает только некоторые фиксированные значения, чтобы их можно было представить как количество квантовых величин, такой дискретный сигнал называется **цифровым**. То есть цифровой сигнал представляет собой такой дискретный сигнал, который количественно определяется не только временными интервалами, но и уровнем.

4 Проблемы передачи сигналов

Можно выделить следующие основные проблемы, возникающие при передаче сигнала: затухание сигнала, теневые зоны, многолучевое распространение сигналов, замирания сигнала. Рассмотрим их более подробно.

4.1 Затухание сигнала

Для передачи телекоммуникационных сигналов применяются различные среды: электрический или оптический кабель связи, воздушное пространство и т.д. Независимо от выбранного способа передачи исходная

энергия сигнала, которая находилась на выходе передатчика, будет постепенно уменьшаться. Другими словами, сигнал будет исчезать.

Для радиосигнала существует несколько причин затухания. Основной из них является рассеивание энергии сигнала на тепло, то есть радиопередатчик "нагревает" окружающее пространство. Однако данный вид потерь является довольно предсказуемым и имеет свойство линейности. Таким образом, зная, что ослабление сигнала для определенной частоты на единицу длины, можно заранее вычислить требуемую мощность излучения передатчика для передачи сигнала на заданное расстояние.

4.2 Теневые зоны

С распространением сигналов от базовой станции (BTS) сотовой связи на своем пути он сталкивается с различными препятствиями искусственного и естественного происхождения. Препятствиями искусственного происхождения являются многоквартирные дома, производственные здания, широкие мосты и виадуки и другие. Препятствия природного происхождения: горы, холмы, скалы, высокие леса и т.д. Таким образом, любой менее широкий объект, возвышающийся над поверхностью Земли, по крайней мере, на несколько метров может создать барьер. В зависимости от размера барьера возможны несколько вариантов: сигнал может просто обходить барьер, или за объектом образуется так называемая теменная зона с очень низким уровнем сигнала, или же сигнал вообще будет отсутствовать.

Обычно объекты, которые могут стать препятствием, известны еще до развертывания сети связи и проектирование осуществляется с самого начала с учетом возможных преград. Существует множество решений этой проблемы.

Во-первых, для закрытия крупных теменных зон с большим количеством потенциальных абонентов в этой сфере может быть установлена дополнительная базовая станция. В этом случае он может быть в конфигурации с малой емкостью. Если речь идет о малонаселенной

теменной зоне, то наиболее разумным решением является установка репитера. Принцип его работы заключается в том, что репитер принимает емкость другой базовой станции и излучает сигнал ячейки в заданном поле.

4.3 Многолучевое распространение сигналов

Сигнал может быть поглощен препятствием или отражен от него. После этого этот сигнал снова может быть отражен в сторону получателя. В этом случае этот сигнал будет поступать к приемнику, но это произойдет с запаздыванием. С другой стороны, остальная часть энергии сигнала может достигнуть приемника без переотражения в течение более короткого времени или пропускать большее количество отражений, что приведет к еще большей задержке. Этот эффект возникает, когда существует несколько способов доставки сигнала между источником и приемником. При этом энергия сигнала будет распределяться между образцами сигнала неравномерно, что в конечном итоге может привести к ситуации, когда приемник не может получить достаточную энергию, по крайней мере, в одной из копий для одного приема сигнала.

Однако эта проблема имеет другое преимущество, которое не лежит на поверхности. При многолучевом распространении сигнала приемник получает сразу несколько копий сигнала. Сравнивая эти копии между собой, вы можете обнаружить и даже исправить ошибки, возникающие при распространении сигнала. Данный принцип положен на основании работы Rake-приемника в мобильном оборудовании сети сотовой связи стандарта UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Энергия от этих приемников затем сравнивается и добавляется. Таким образом, для приемника Rake лучшая среда-это просто распространение многолучевое сигнала, а не беспрепятственное.

В технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output) многолучевое распространение является необходимым элементом работы приемопередатчика. Принцип этой технологии основан на том факте, что поток информации из одного источника делится между несколькими

приемопередатчиками. На приемной стороне есть также набор одного и того же числа приемопередатчиков. Таким образом, организуется не один, а много каналов связи, и для них желательно, чтобы были разные способы прохождения сигналов. Практические тесты показали, что чем меньше препятствий между приемопередатчиками MIMO, тем ниже была достигнута общая скорость передачи данных в тоге. Эта технология получила распространение в сетях UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) и LTE (Long Term Evolution).

4.4 Замирания сигнала

Сигнал на радио интерфейсе сотовой системы редко распространяется по прямой. На пути распространения обычно существуют различные преграды, которые приводят к отражению сигнала и изменению его пути. В результате ситуация может произойти, когда приемник не получит одну, а несколько временных копий исходного сигнала с различными амплитудами. И энергия исходного сигнала будет распределяться неравномерно между копиями. Это так называемое явление множественного распространения сигнала. Само по себе это явление не приводит к большим проблемам, существуют достаточно эффективные методы борьбы. Однако может возникнуть ситуация, когда две копии сигнала попадают в противофазу. Это означает, что копия сигнала может быть сохранена на временном интервале нескольких периодов сигнала. В этом случае в приемнике могут развиться два пучка сигналов и нейтрализовать друг друга. Если окажется, что эти два луча в сумме несут значительную энергию сигнала, это может привести к увеличению количества ошибок и снижению качества канала связи. Это явление получило название "замирания" сигнала, т.е. сигнал вроде как перестает на время поступать между источником и приемником.

Существует два основных способа разновидности замирания, в зависимости от эффекта оказываемого ими и их причины: быстрое и медленное замирание.

Медленные замирания вызваны, как правило, плохими погодными условиями и существуют достаточно эффективные методы борьбы с ними.

Быстрые замирания вызваны преимущественно движением приемника или препятствиями, тесно связанными с получателем сигнала. Этот тип частоты затухания является избирательным, то есть изменение частоты, на которой он передается, может либо уменьшить этот эффект, либо полностью удалить его.

Таким образом, замирание сигнала является одной из самых важных проблем в сотовой связи. Однако многолетний опыт и большое количество разработок в этой области позволяют в настоящее время довольно эффективно бороться с замиранием.

5 Заключение

Некоторые из этих проблем проявляются практически в любой системе радиосвязи (затухание сигнала, теневые зоны), и поэтому уже есть варианты решения этих проблем. Но другие (замирания, многолучевое распространение сигналов) потребовали от разработчиков стандартов внедрить новые методы борьбы. Проблема по-прежнему заключается в том, что голос, передаваемый в системах связи в реальном времени, не может допустить передачу при длительных задержках.

Использованные источники:

1. Назаров М.В., Кувшинов Б.И., Попов О.В. Теория передачи сигналов. Методические указания – 1981.- 367 с
2. Френкс Л. Теория сигналов / Пер. с англ. под ред. Д. Е. Вакмана.. — М.: Сов. радио, 1974. — 344 с
3. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов. — М.: ООО "Бином-Пресс", 2006. — 656 с.
4. Интернет ресурс: Википедия — свободная энциклопедия— https://ru.wikipedia.org/wiki/Сигнал

Sources used:

1. Nazarov M. V., Kuvshinov B. I., Popov O. V. Theory of signal transmission. Guidelines-1981. - 367 s
2. Franks L. Theory of signals / TRANS. from English. ed. by D. E. Wakman.. - M.: Sov. radio, 1974 — - 344 s
3. Richard Lyons. Digital signal processing, Moscow: OOO "Binom-Press", 2006, 656 p.
4. Internet resource: Wikipedia-free encyclopedia—https: / / ru. wikipedia. org/wiki / Signal