УДК 004.73

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

PHASE MODULE DATA TRANSMISSION SYSTEMS

Д.А. ЧИРКОВ – магистрант, Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра ВТиСУ, Группа ВТм-119, E-mail: painkiller77@mail.com

А.С. МЕРКУТОВ – научный руководитель, к.т.н., Институт информационных технологий и радиоэлектроники, Кафедра ВТиСУ, E-mail: merkutov2013@yandex.ru

D.A. CHIRKOV – undergraduate, Vladimir state university, E-mail: painkiller77@mail.com

A.S. MERKUTOV - candidate of technical sciences, Vladimir state university, E-mail: merkutov2013@yandex.ru

Аннотация: В данной статье описаны принципы и типы фазовой модуляции. Кроме того, рассмотрен ряд технологий беспроводной передачи данных и дана их сравнительная характеристика.

Abstracts: This article describes the principles and types of phase modulation. In addition, a number of wireless data transfer technologies are considered and their comparative characteristics are given.

Ключевые слова: Фазовая модуляция, «LTE», «NFC», «Bluetooth», «ZigBee», «LPWAN», «LORA», «СТРИЖ».

Keywords: Phase shift keying, «LTE», «NFC», «Bluetooth», «ZigBee», «LPWAN», «LORA», «STRIZH».

Фазовая модуляция – это довольно универсальный и часто использующийся метод беспроводной передачи данных. Принцип данного

метода заключается в представлении цифровых данных с помощью изменения фазы [1]. Этот метод называется фазовой манипуляцией (PSK, phase shift keying) и имеет несколько типов:

- двоичная фазовая манипуляция (BPSK) – это простой способ модуляции, который может передавать один бит на символ [2];

- квадратурная фазовая манипуляция (QPSK) более сложна, но она удваивает скорость передачи данных (или достигает той же скорости передачи данных при вдвое меньшей ширине полосы частот);

- квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом квадратур (OQPSK), частотная модуляция минимального фазового сдвига (MSK) – это схемы модуляции, которые смягчают эффекты изменения амплитуды комплексной огибающей напряжения сигнала несущей при переходе от символа к символу;

- дифференциальная фазовая модуляция (DBPSK, DQPSK) использует разность фаз между соседними символами, чтобы избежать проблем, связанных с отсутствием фазовой синхронизации между передатчиком и приемником [3].

Системой передачи данных называется совокупность средств, которые служат для передачи какой-либо информации.

В настоящее время в большинстве сфер повседневной жизни получили широкое распространение системы беспроводной передачи данных. Так, по сравнению с проводными – беспроводные системы обладают следующими качествами: мобильностью, низкой стоимостью, высокоскоростным доступом к сети Интернет, независимостью от кабельной инфраструктуры, простотой подключения и использования.

Развитие беспроводных систем передачи данных идет в трех основных направлениях: спутниковые системы, системы персональной сотовой связи, наземные СВЧ-системы.

К наиболее распространенным технологиям беспроводной передачи данных можно отнести: LTE, NFC, Bluetooth, ZigBee, LPWAN (LoRa, СТРИЖ) [4].

LTE представляет собой стандарт беспроводной передачи данных, преимущественно используемый для обмена информацией между мобильными телефонами, но в то же время приспособленный к работе и с другими устройствами обработки информации.

Основными целями разработки LTE являлось увеличение пропускной способности и скорости передачи данных с использованием OFDM модуляции, а также перестройка архитектур сетей и уменьшение задержек при передаче данных.

NFC - технология беспроводной передачи данных, которая дает возможность обмена информацией между устройствами в непосредственной близости друг от друга.

Bluetooth - производственная технология беспроводных персональных сетей. Данная спецификация позволяет обмениваться информацией между такими устройствами, как мобильные телефоны, персональные компьютеры (настольные, карманные, ноутбуки), гарнитуры и акустические системы на надёжной, бесплатной, повсеместно доступной радиочастоте ближней связи.

ZigBee - беспроводная технология, предназначенная для использования в системах сбора и управления данными. Из её основных особенностей выделяется то, что она обладает малым энергопотреблением, надежностью передачи информации и защищенностью данных. Так же её одним из основных плюсов является её совместимость с устройствами других производителей. ZigBee предназначена для передачи данных в тех системах, где не предъявляются жесткие требования к скорости и задержкам при передаче данных. Эта технология позволяет охватить

единой беспроводной сетью здания и другие крупные объекты с большим числом узлов.

LPWAN - (Low-Power Wide-Area Network) - подход в радиосвязи, применяемый для устройств и крупных распределенных беспроводных сетей телеметрии. Его особенность заключается в его концепции – маленькое энергопотребление (low-power) и широкий охват территории (wide-area). Технология LPWAN обеспечивает энергоэффективную передачу данных на большие расстояния.

В настоящее время при передаче данных в LPWAN –системе используются два подхода:

- сужение полосы спектра с целью снижения уровня помех на приемнике - узкополосный подход, который использует «СТРИЖ»;

- использование широкополосного кодирования на более высоких битовых скоростях для борьбы с повышенным уровнем шума в приемнике — подход LoRa.

LPWAN LoRa - технология цифровой беспроводной передачи данных, разработанная во Франции [5].

LoRa - это протокол беспроводной связи на большие расстояния, способный конкурировать с другими беспроводными сетями с низким энергопотреблением. По сравнению с ними LoRa достигает чрезвычайно большой дальности связи за счет понижения скорости передачи данных. Поскольку скорость передачи данных низкая, на практике данная технология подходит только для приложений, не работающих в режиме реального времени, и используется только в случаях когда поставленная задача допускает задержки [6].

Технология LoRa использует метод модуляции, который основывается на технике расширения спектра, а также вариант линейной

частотной модуляции, кодирующей данные широкополосными импульсами.

Такое решение, в отличие от технологии прямого расширения спектра, делает приемник устойчивым к отклонениям частоты от номинального значения и упрощает требования к тактовому генератору, что позволяет использовать недорогие кварцевые резонаторы.

LPWAN «СТРИЖ» - IoT-платформа на базе беспроводных LPWAN-сетей, использующая фазовую модуляцию типа DBPSK. Применение LPWAN технологии в электроэнергетике позволило упростить процесс централизованный сбора информации с электросчетчиков и создания автономной системы контроля в пределах населенного пункта [7]. Данная технология обеспечивает весьма эффективную передачу данных на большие расстояния с учётом потребления энергии. Устройства сбора и передачи информации системы «СТРИЖ» способны передавать информацию на десятки километров, работая несколько лет без замены батареи электропитания за счет низкой скорости передачи (десятки бит/с) и высокого КПД передатчика.

Ниже представлена таблица с сравнением характеристик этих технологий, на основе которой можно определить какой подход лучше применить.

Таблица 1 – Сравнение характеристик технологий

	NFC	Bluetooth	ZigBee	LPWAN «LoRa»	LPWAN «СТРИЖ»
Частота	13,56 МГц	2,40 - 2,48 ГГц;	2,40 ГГц;	433, 868 МГц	868 МГц
Ширина полосы пропускания	2 МГц;	1 МГц	0,3 - 2 МГц	125 кГц.	100Гц.
Скорость связи	106, 212, 424 Кбит/с	1 Мбит/с.	250 Кбит/с	1 Мбит/с.	100 бит/с
Дальность связи	20 см	70 см	500 м	50 км	70 км

Список используемой литературы:

1. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации. Основы теории и технологии беспроводной связи. – М.: Техносфера, 2011. – 904 с., ISBN 978-5-94836-176-5.

2. Цифровая фазовая модуляция: BPSK, QPSK, DQPSK [Электронный ресурс] URL: https://radioprog.ru/post/404 (дата обращения: 08.11.2019).

3. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра: Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. - 520 с., ISBN 5-256-01444-7.

4. Современные технологии беспроводной передачи данных [Электронный ресурс] URL: https://studopedia.org/13-119951.html (дата обращения: 19.11.2019).

5. Сравнение технологий «СТРИЖ» и LoRa [Электронный ресурс] URL: https://strij.tech/publications/tehnologiya/lpwan-strij-lora.html (дата обращения: 07.11.2019).

6. Коммуникационные серверы USR IOT [Электронный ресурс] URL: https://usriot.ru/lpwan/lora (дата обращения: 22.02.2020).

7. Сети LPWAN [Электронный ресурс] URL: https://energybase.ru/news/articles/seti-lpwan-kak-optimalnaa-sreda-dla-peredaci-dannyh-iot-v-energetike-2018-02-14 (дата обращения: 17.03.2020).