

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОСИГНАЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

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

Аксененко А.А

Титович Н.А. – к.т.н., доцент

В работе рассмотрены вопросы обеспечения надежности управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА). Повышение качества радиолинии управления БПЛА зависит главным образом от правильного выбора вида модуляции радиосигнала. В докладе рассмотрены сравнительные характеристики видов модуляции, особенности их применения для решения различных задач с помощью БПЛА.

Канал радиосвязи между БПЛА и наземным пунктом управления относится к авиационному каналу, который описывается многолучевой моделью с явлениями переотражения, рассеивания и дифракции [1]. Основным требованием при организации связи с БПЛА, является обеспечение возможности передачи данных с заданной скоростью и вероятностью ошибки при больших расстояниях между летательным аппаратом и наземным пунктом управления. При формировании радиосигнала можно использовать различные виды помехоустойчивой модуляции. Её выбор во многом зависит от особенностей задач, выполняемых авиационным комплексом

Для сравнения энергетической эффективности радиосигналов на рисунке 1 показаны сравнительные характеристики несколько видов модуляции [2].

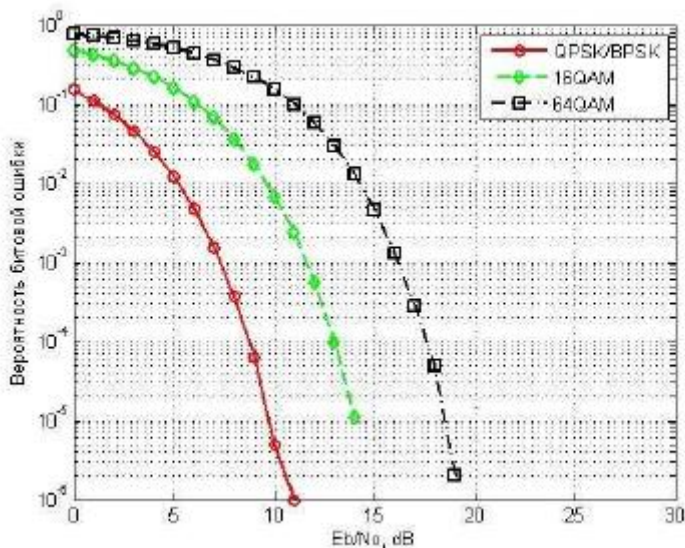


Рисунок 1-Энергетические характеристики радиосигналов

С увеличением позиционности модуляции вероятность битовой ошибки увеличивается, то есть для поддержания заданного уровня битовой ошибки необходимо увеличить отношение сигнал/шум на входе приемника. Поэтому целесообразным является использование многопозиционной модуляции, например 32QAM, 64QAM, только при малых расстояниях между летательным аппаратом и наземным пунктом управления для передачи большего объема информации без изменения ширины полосы частот. Для обеспечения максимальной дальности связи лучше использовать энергетически более выгодные виды модуляции, такие как двоичная фазовая манипуляция(BPSK) и квадратурная фазовая манипуляция(QPSK) [2].

BPSK является наиболее помехоустойчивой из всех видов фазовых манипуляций, однако скорость передачи информации при BPSK наименьшая, поскольку каждый символ несет только 1 бит информации.

Канал связи с беспилотным летательным аппаратом является частотно-селективным из-за многолучевости распространения сигналов. Для борьбы с многолучевостью сигналов была разработана технология мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) [3]. Идея OFDM заключается в том, что полоса пропускания канала разделяется на группу узких полос (субканалов) каждая со своей поднесущей. На всех поднесущих сигнал передается одновременно, что позволяет обеспечить практически сколь угодно большую общую скорость передачи информации при небольшой скорости в каждом отдельном канале (рисунок 2).

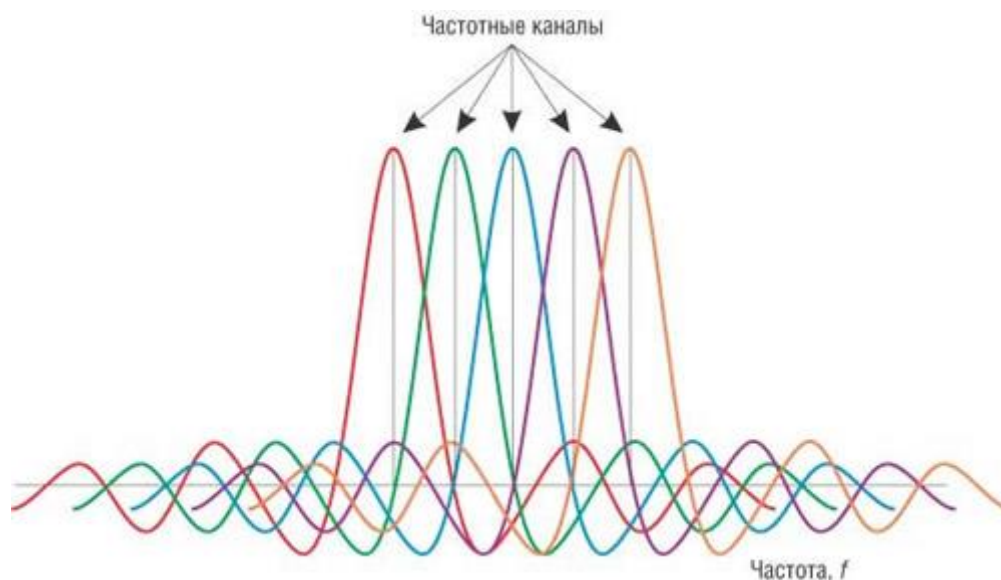


Рисунок 2– Разделение частотных каналов при OFDM

Высокая спектральная эффективность OFDM модуляции обеспечивается достаточно близким расположением частот соседних поднесущих колебаний, которые генерируются совместно так, чтобы сигналы всех поднесущих были ортогональны [4].

Анализ нарастающего рынка БПЛА показывает, что большинство производителей авиационных комплексов ориентируются на высокие технические характеристики. Для передачи данных (фотоснимков, видеоизображений) с беспилотного летательного аппарата на наземный пункт управления в реальном времени, требуется большая скорость передачи данных. Поэтому наиболее эффективна OFDM модуляция. По такому пути пошли российские компании ZALA AERO (БПЛА 421-16E, ZALA 421-16EM), "Системы Скот" (БПЛА Skat Avatar), израильская Mobilicom (Skyhopper Pro). Компания МИКРАН ориентируется также и на более высокую помехоустойчивость канала связи и выпускает аппаратуру, которая работает в режиме OFDM (QAM, QPSK, BPSK) и в режиме DSSS(QPSK, BPSK).

Следует предположить, что требования к помехоустойчивости аппаратуры связи в ближайшем будущем возрастут. Это во многом связано с несанкционированными действиями многих пользователей и мелких производителей БПЛА. В связи с этим холдинг «Росэлектроника» Госкорпорации Ростех представил на Международном форуме «Армия-2018» систему радиоэлектронного подавления малых БПЛА «СЕРП», которая в комплексе с пассивным когерентным локатором обеспечивает автоматическое сопровождение и подавление бортовой аппаратуры дронов на расстоянии до 20 км [5]. Поэтому разработчикам БПЛА приходится строить каналы связи с учетом возможного действия данной системы.

Список использованных источников:

- 1 Крухмалёв В.В. Цифровые системы передачи: учеб. / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов. – М.: Горячая Линия -Телеком, 2007. – 352 с
- 2 Методы модуляции сигнала в цифровых системах связи. [Электронный ресурс] / М. гос. ун-т им. Ломоносова, фак. Радиофизики.
- 3 Richard V.N., Prasad. OFDM wireless multimedia communication. Artech House Boston London 2000.260p
- 4 Методы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровой радиосвязи: учеб. пособие / В. А. Варгазин, И. А. Цикин. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. — 352 с
- 5 Ростех представил радиоэлектронную пушку «СЕРП» для выведения из строя беспилотников/ 23-08-2018. <https://rostec.ru/news/rostekh-predstavil-radioelektronnuyu-pushku-serp-dlya-vyvedeniya-iz-stroya-bespilotnikov/>