

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ СИГНАЛОВ ДЛЯ РАДИОСЕТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М.В. Коробчинский
(Национальная академия обороны Украины, Киев)

В статье проведен анализ и предложены рекомендаций по выбору радиосигналов для сети передачи информации при организации связи на основе использования беспилотных летательных аппаратов.

выбор сигнала, радиосеть, беспилотный летательный аппарат

Введение. При создании мобильных телекоммуникационных сетей передачи информации на основе использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) возникает задача по выбору сигналов в радиосети [1]. Это связано с тем, что в БПЛА находятся в тропосферном слое, в котором происходит затухание радиосигнала [2]. Таким образом, возникает задача выбора радиосигналов для сети передачи информации при организации связи на основе использования беспилотных летательных аппаратов.

Анализ литературы. Основными характеристиками в любой системы передачи информации, являются приемо-передающие устройства, которые обеспечат минимальную вероятность ошибки на один бит информации, что в свою очередь зависит от выбора сигнала [2, 3].

Кроме этого необходимо учитывать особенности построения сети передачи информации [1].

Постановка задачи. Таким образом, возникает задача выбора оптимального сигнала с минимальной вероятностью ошибки в радиоканале передачи информации.

Решение задачи. Прежде чем произвести выбор радиосигналов в сети БПЛА необходимо определить требования, которым должны удовлетворять система передачи информации [1 – 3]:

- обеспечение случайного множественного доступа абонентов и БПЛА-узлов к абонентам и друг другу;
- унификация всей приемопередающей аппаратуры и работа в одном диапазоне частот;
- обеспечение идентификации абонентов и узлов;
- минимальный уровень взаимных помех;
- большой ансамбль сигналов;
- простота реализации устройств формирования и обработки сигналов;

– высокая защищенность радиолиний от преднамеренного воздействия помех, имитации и несанкционированного доступа к информации.

Анализ литературы [1 – 4] показал, что этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют сложные фазоманипулированные шумоподобные сигналы (ФМ ШПС) [3], формируемые на основе линейных и нелинейных псевдослучайных последовательностей [4]. При этом достижение большей части вышеперечисленных требований обеспечивается за счет кодового или частотно-кодового разделения радиоканалов с закреплением частот и кодов за приемниками.

При выборе псевдослучайных последовательностей для формирования сложных сигналов необходимо учитывать требования [3 – 5]:

- большой объем ансамбля – для обеспечения каждого абонента и каждого узла сети одним или несколькими кодами;
- оптимальные или близкие к ним авто- и взаимокорреляционные функции – для обеспечения минимума взаимных помех;
- высокая структурная скрытность – для предотвращения несанкционированного доступа к информации и сети.

Первым двум требованиям могут удовлетворять линейные ПСП, например, последовательности Голда, а последнему требованию – только нелинейные псевдослучайные последовательности.

В межузловых радиолиниях могут использоваться как двоичные, так и М-ичные сигналы, причем в последнем случае межузловая скорость передачи пакетов выше, но объем ансамбля сигналов увеличивается в $\log_2 M$ раз.

В двоичных каналах один символ информации, например “0”, передается сигналом S_0 , а второй символ, например, “1” – его инверсией. Тогда сигнал на выходе передатчика может быть представлен в виде

$$S(t) = A a(t) b(t) \cos(2\pi ft + \Theta), \quad (1)$$

где A – амплитуда сигнала; $b(t)$ – биполярная последовательность символов информации; $a(t)$ – ПСП, расширяющая спектр сигнала.

Сигнал (1) имеет значительно большую ширину спектра, чем необходимо для передачи информации, т.к. полоса частот сигнала $a(t)$ значительно больше полосы сигнала $b(t)$. Если форма импульсов сигналов $a(t)$ и $b(t)$ прямоугольна, то определяемый выражением [1] сигнал математически эквивалентен двоичной фазовой манипуляции (ФМн). Поэтому, несмотря на то, что сигнал [5] представлен в форме амплитудной модуляции, его относят к категории сигналов со спектром, расширенным путем двоичной ФМн при помощи ПСП.

Информационный сигнал $b(t)$, состоящий из положительных и отрицательных прямоугольных импульсов, можно записать в виде

$$b(t) = \sum_n b_n p_t(t - nT),$$

где $p_t(t)$ – прямоугольный импульс длительностью T ; \sum_n означает суммирование по всем номерам n , относящимся ко всем двоичным сигналам пакета

Двоичные информационные символы принадлежат последовательности $(b_n) = \dots, b_{-1}, b_0, b_1, b_2, \dots$. Двоичные числа b_n принимают значения $+1$ или -1 в зависимости от того, какой двоичный сигнал должен быть передан на n -й временной позиции. Сигнал, расширяющий спектр, также состоит из последовательности положительных и отрицательных импульсов

$$a(t) = \sum_i a_i \psi(t - iT_c),$$

где $\psi(t)$ – прямоугольный импульс длительностью T_c ; $(a_i) = \dots, a_1, a_0, a_1, a_2, \dots$ – псевдослучайная последовательность чисел, принимающих значения $+1$ или -1 .

В двоичных каналах в силу противоположности сигналов и любых их сегментов, для передачи одного информационного символа может быть использовано любое число символов ПСП, меньшее или большее, чем полный период ПСП, если энергия такого сегмента обеспечивает требуемую помехоустойчивость.

Вывод. Таким образом, в M -ичных каналах для передачи каждого символа из алфавита $0, \dots, M-1$ используется свой сигнал: S_0, \dots, S_{M-1} . Для формирования этих сигналов подбираются M ортогональных или квазиортогональных последовательностей $a_0(t), \dots, a_{M-1}(t)$. Для квазиортогональных сигналов характерно наличие боковых пиков в автокорреляционных функциях, которые увеличиваются при уменьшении длины сегмента используемой ПСП. В связи с этим для передачи одного информационного символа необходимо использовать не менее одного полного периода ПСП длиной 255 символов. Учитывая сложность реализации M -ичных радиоканалов в системе передачи информации на основе БПЛА, необходимо ограничиваться двоичных вариантов межузловых радиолиний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кутувий О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів.* – К.: Наука і оборона, – 2000. – № 4. – С. 39 – 47.
2. *Игнатов В.И. Теория информации и передачи сигналов.* – М.: Радио и связь, 1991. – 280 с.
3. *Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств.* – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
4. *Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник.* – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с.
5. *Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства.* – Х.: Конус, 2001. – 398 с.

Поступила 2.10.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор С.В. Котелков,
Национальная академия обороны Украины, Киев.
