

Формализация задачи повышения скорости передачи информации по каналам радиосвязи автоматизированных систем

Владимир Филатов, Виктор Сивов (Москва)

Развитие технических возможностей систем обработки информации на фоне ужесточения временных ограничений к информационному обеспечению вычислительных средств подчёркивает необходимость повышения скорости передачи информации по каналам радиосвязи автоматизированных систем управления (АСУ).

Качество выполнения возлагаемых на АСУ задач в большей степени обусловлено показателем скорости передачи информации в каналах радиосвязи. Однако возможностям повышения скорости передачи информации препятствуют заданные ограничения по мощности передающего тракта и диапазона частот. Это напрямую связано с несовершенством используемых на сегодняшний день в военных системах радиосвязи сигнально-кодовых конструкций (СКК).

Таким образом, очевидна задача повышения скорости передачи информации в системах радиосвязи, которая может быть решена за счёт следующих методов:

- развитие широкополосных радиоканалов, обладающих повышенной помехоустойчивостью;
- синтез и исследование шумоподобных псевдослучайных последовательностей, которые позволяют одновременно решать задачу синхронизации в условиях факторов замираний и многолучёвости радиосигнала;
- совершенствование видов модуляции, способных передавать несколько информационных бит в символе с учётом минимального расхода полосы частот и мощности передающего устройства.

На основании проведённого анализа общая задача повышения скорости передачи информации в каналах

систем радиосвязи формулируется следующим образом.

Дано: в перспективной радиолинии используется метод m -ичной модуляции из заданного множества возможных методов $\{M\}$; исходная вероятность ошибки на бит составляет 10^{-3} .

Ограничения:

- зафиксировано значение выделенной полосы частот радиоканала $2\Delta f$ Гц;
- зафиксировано значение отношения сигнал/шум $q, P_c/P_{ш}$.

Найти: структуру СКК, обеспечивающую требуемое значение скорости передачи информации бит/с при указанных ограничениях.

Для решения задачи по обеспечению высоких скоростей передачи информации существует два подхода в борьбе за повышение спектральной эффективности.

Первый подход характеризует собой многоканальность с кодовым разделением используемой полосы для перераспределения суммарного информационного потока между запросами абонентов сети. По всем параметрам кодовое разделение каналов наиболее предпочтительно в системах радиосвязи в силу высоких способностей в борьбе с помехами.

Второй подход состоит в использовании спектрально-эффективных видов модуляции. Увеличение скорости передачи информации требует дополнительных энергетических затрат. В современных системах связи наи-

более известны и применимы следующие спектрально-эффективные виды модуляции: M-PSK, M-FSK и M-QAM. При этом предлагается новый способ энерго-спектрально-эффективной модуляции сигналов.

В условиях значительной загрузки частотного ресурса существует проблема эффективного его использования при организации радиосвязи. Предельное значение пропускной способности в ограниченной полосе частот определено теоремой Шеннона:

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right), \quad (1)$$

где W – выделенная полоса частот, $P_c/P_{ш}$ – отношение мощности сигнала к мощности белого гауссового шума, C – скорость передачи двоичных данных.

Выражение (1) не объясняет способ кодирования передаваемых данных, чтобы достичь указанного значения пропускной способности. С ростом длины кода (см. рис. 1), скорость в каждом канале передачи информации будет неограниченно уменьшаться, а число каналов – пропорционально увеличивается в условиях фиксированной полосы выделенных частот. В этом случае общая скорость передачи информации не изменяется, а помехоустойчивость увеличивается пропорционально длине кодовой последовательности. Сегодня используются следующие способы ортогонального разделения каналов: временной, частотный и кодовый [1]. Способы временного и частотного разделения широко применяются в современных коммерческих системах связи, где не предъявляется высоких требований к помехоустойчивости и скрытности.

Показатель скорости передачи информации имеет вид функционала:

$$R = F(2\Delta f(\lambda_1), \bar{M}, q(\lambda_2)) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где, $\lambda_1 \leq 1$ – коэффициент эффективности использования выделенной полосы, при этом $\lambda_1 = 1$ с условием использования ортогональных

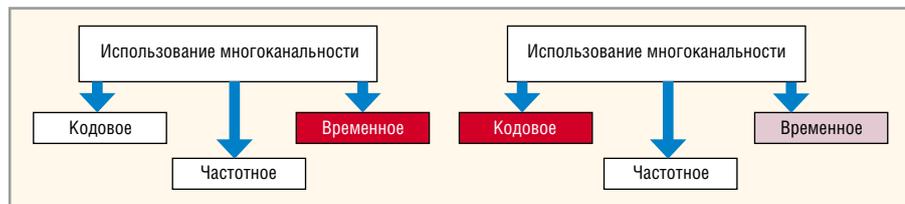


Рис. 1. Подходы при повышении скорости передачи информации в радиоканале

псевдослучайных последовательностей, λ_2 – коэффициент эффективности мощности передатчика, характеризующий эффективность вида модуляции ($\frac{1}{C \cdot B_T}$), $2\Delta f(\lambda_1) \leq F_{доп}(\lambda_1)$ – полоса частот, $M \in (PSK, FSK, QAM, КАИМ)$ – множество типов спектрально-эффективных модуляций сигнала, $q(\lambda_2) \leq q_{max}(\lambda_2)$ – отношение сигнал/шум на входе приёмника. Важно отметить, что при этом к помехозащищённости и скрытности предъявляются следующие требования: $P \geq P_{зад}$ – показатель помехозащищённости, $H \geq H_{зад}$ – показатель скрытности, где $P_{зад}$ и $H_{зад}$ – нижние границы этих показателей.

С учётом требуемых показателей скрытности и помехоустойчивости, решение задачи представляется в виде проекции семейства векторов на ось R с началом в нулевой координате. Конец вектора, как показано на рисунке 2, должен находиться вне области снижения показателей P и H .

Решая многокритериальную задачу (2) методом декомпозиции относительно скорости передачи информации R , скрытности H и помехозащищённости P , минимизации энергетических затрат $P_{прд}$ при заданных ограничениях на отдельные параметры, необходимо определить или выбрать типы используемых кодов для ортогонального разделения каналов многоканального передающего устройства, выбрать и обосновать численные значения длительности кодовых последовательностей, задающих максимальное число информационных каналов передающего устройства и определяющих помехозащищённость канала связи [2]. Кодовые последовательности оказывают влияние на оценку скрытности структуры используемых сигналов и вида их модуляции.

Поскольку ресурсными параметрами, определяющими ограничения, в данном функционале являются $2\Delta f$ и $P_{прд}$, то показатель R можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} R(\lambda_1, \lambda_2) = \lambda_1 2\Delta f + \lambda_2 q \\ 2f(\lambda_1) \leq F_{доп}(\lambda_1) \\ q(\lambda_2) \leq q_{max}(\lambda_2) \end{cases} \quad (3)$$

Поскольку $\lambda_1 \rightarrow 1$ при условии использования ортогональных последовательностей, то решение задачи по разработке способа построения СКК определяется условием: $\sum(P_1 \oplus P_2) = 0$, где P_1 и P_2 – модулирующие последовательности. Коэффициент λ_1 характеризует

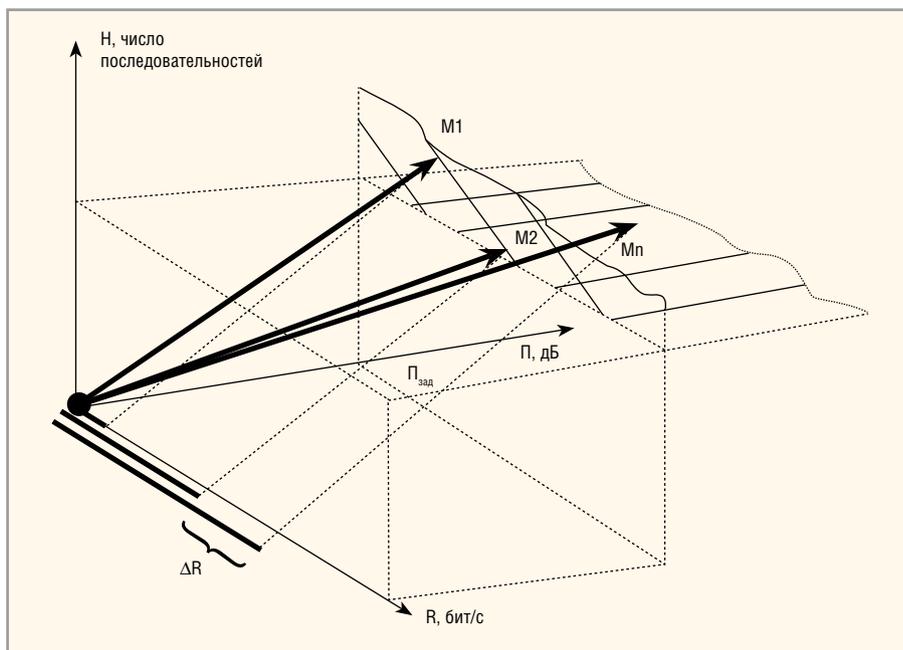


Рис. 2. Графическое решение задачи повышения скорости передачи информации

затрачиваемую энергию передатчика на информационную составляющую в заданной полосе частот и эффективность применяемого вида модуляции. Он функционально связывает отношение сигнал-шум с количеством передаваемых бит в символе и может быть определён с помощью численного моделирования.

Для повышения скорости передачи информации в каналах радиосвязи наиболее разумно применять ортогональные последовательности больших ансамблей в совокупности со

спектрально эффективными способами модуляции СКК. Такая конструкция сигнала позволит обеспечить заданный уровень помехоустойчивости и структурной скрытности сигнала с учётом требования максимума скорости передачи информации в радиоканале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томаси У. Электронные системы связи. Техносфера. М. 2007 г. 1360 с.
2. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. М. Мир. 1983. Том 2. 256 с.

