

УДК 621.394

ГОРБАЧЕВ В.В., к.т.н., доцент,
КРЫЛОВА В.А., старший преподаватель (НТУ «ХПИ»)

Сигнально-кодовые конструкции для адаптивных методов кодирования в многоканальных системах

В данной статье рассмотрено построение сигнально-кодовой конструкции на основе адаптивных свёрточных кодов с объединением сигналов с гребенчатым спектром, обеспечивающие повышение удельной скорости передачи информации в сетях связи, при одновременном снижении энергетической эффективности.

Ключевые слова: цифровая связь, сигнал с гребенчатым спектром, свёрточные коды, помехоустойчивое кодирование.

Постановка задачи

Применение помехоустойчивого кодирования позволяет повысить энергетическую эффективность на 5-6 дБ за счет снижения удельной скорости в 2-3 раза. Переход от двоичных сигналов в радиоканале к многопозиционным сигналам приводит к повышению удельной скорости в 1,5-2 раза при одновременном существенном снижении энергетической эффективности. Сигнально-кодовые конструкции (СКК), в которых сочетаются оба упомянутых выше метода, позволяют повысить энергетическую эффективность без снижения удельной скорости, повысить скорость без снижения энергетической эффективности либо обеспечить повышение обоих показателей эффективности одновременно. При построении СКК важнейшей является проблема согласования систем модуляции и кодирования, при котором обеспечивается высокая удельная скорость и одновременно высокая помехоустойчивость.

Задача поиска наилучшей СКК является одной из наиболее сложных задач при построении сетей связи. Современные высокоскоростные протоколы модуляции (V.32, V.32 bis, V34) предполагают обязательное применение СКК. В настоящее время все используемые сегодня СКК используют высокоскоростные свёрточные коды $R = (n-1)/n$. [1] При построении многомерных СКК возникает проблема выбора манипуляционного кода поскольку известные методы его построения (правила построения кодов Грея и разбиения ансамбля на вложенные подансамбли Унгербоэка) не всегда позволяют согласовать евклидовы и Хемминговы расстояния. Именно с этим связаны многие проблемы построения многомерных СКК.

В многоканальных сетях связи с адаптивным помехоустойчивым кодированием и декодированием современные методы построения СКК не приемлемы т.к. в процессе эксплуатации системы меняются параметры кодера и декодера. При использовании методов адаптивного кодирования на основе синтеза множества гнездовых свёрточных кодовых [3] возникает необходимость в разработке новых способов построения СКК для обеспечения высокой помехоустойчивости и удельной скорости.

Целью данной статьи является проведение исследований по разработке построения сигнально-кодовых конструкции для адаптивных систем передачи на основе объединения сигналов с гребенчатым спектром.

Изложение основного материала исследования

Адаптивные методы кодирования на основе синтеза гнездовых свёрточных кодов основываются на разложении базового свёрточного кода со скоростью $R=1/n$ с длиной кодового ограничения m на множество вложенных кодов со скоростью $R=1/n$ и длиной кодового ограничения $m-l$. Использование в сетях связи гнездовых свёрточных кодов с процедурой перфорации позволяет получить высокоскоростные коды с различными значениями выигрыша за счет кодирования. При построении СКК на основе гнездовых свёрточных кодов необходимо учитывать тот факт, что параметры кодера и декодера меняются в процессе эксплуатации многоканальной системы передачи.

При реализации многоканальных систем передачи (МСП) с адаптивными методами кодирования, построение сигнально-кодовой конструкции необходимо осуществлять при помощи метода объединения сигналов с гребенчатым спектром [2]. Процедура объединения сигналов относится к классу линейных синхронных смешанных способов с разделением по частоте.

На рисунку 1 а, б показана структура групових спектрів для традиційного і пропонуваного способів об'єднання. При звичайному частотному ущільненні спектри індивідуальних сигналів локалізовані в певних областях, розділених захисними інтервалами $\Delta\omega_3$. При об'єднанні сигналів з гребенчастим спектром (СГС) кожен з індивідуальних сигналів розподілений по всій смузі групового каналу, а сумарна область захисних інтервалів може бути значно менше, ніж при традиційних способах частотного ущільнення.

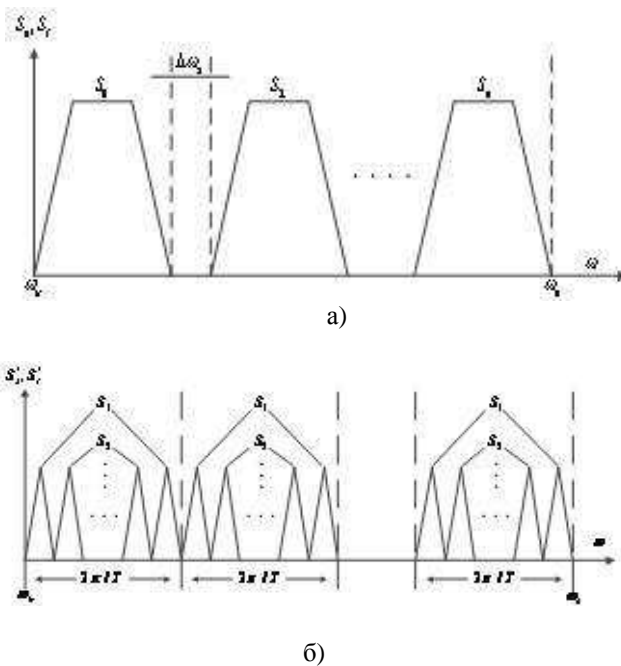


Рис. 1. Структура групових спектрів: а) звичайне частотне об'єднання; б) об'єднання гребенчастих спектрів

Основною задачею формування каналної форми індивідуальних сигналів при СГС є отримання гребенчастої структури спектра з заданим розташуванням смуг спектральних складових. Формування каналної форми індивідуального сигналу здійснюється за правилом вагового сумування відліків, відстоящих друг від друга на інтервали, кратні періоду фільтра τ :

$$x_j^i(t) = \sum_{k=0}^n a_k x(t - k\tau), \quad (1)$$

де x_j^i – i -ий відлік j -го індивідуального сигналу; n – порядок фільтра; a_k – коефіцієнт фільтра, τ – період цифрового фільтра.

Метод об'єднання сигналів з гребенчастим спектром передбачає "зжатие" по часу i -го індивідуального сигналу тривалістю T_c^i з ефективною шириною спектра $\Delta\omega_i$ в n раз ($i = \overline{1, n}$), в результаті чого його спектр розширюється к смузі групового каналу $\Delta\omega_k = \omega_n - \omega_0$ (функція $S^i(\omega)$), тобто всі сигнали мають спектри, які повністю перекриваються. При цьому тривалість "зжатого" по часу відрізка сигналу стає рівною T_k ,

$$T_k = \frac{\Delta\omega_i}{\Delta\omega_k} T_c^i, \quad (2)$$

но однаковою для всіх сигналів, які об'єднуються.

Структурна схема сигнально-кодової конструкції на основі сверточних кодів з змінними параметрами з процедурою об'єднання сигналів з гребенчастим спектром представлена на рис. 2. Формування СКК здійснюється в два етапи. На першому етапі інформаційна послідовність $\{a_i\}$ від джерела інформації згідно з алгоритмом сверточного кодування перетворюється в кодову послідовність $\{x_j\}$. З виходу кодера кодова комбінація (КК) $\{x_j\}$, представлена в вигляді вектор-строки, перетворюється в вектор-стовпець $\{x_j^T\}$ і подається на вхід формувача сигналів з гребенчастим спектром. Формується матриця $L_{p,n}$ (p – порядок фільтра, n – розряд КК) відповідності розрядів комбінації і коефіцієнтів цифрового фільтра. Кожному можливому значенню розряду кодової комбінації відповідає цифровий фільтр з певним набором коефіцієнтів, які вирізають по дві гребенки в спектрі сигналу. Коефіцієнти фільтра подобрані таким чином, щоб формувані гребенки не пересікалися. Виникає порозрядне читання КК і співставлення читанню розряду коефіцієнта матриці відповідності і наступна підстановка відповідних коефіцієнтів фільтра. Цей етап циклічно повторюється для кожного розряду КК, поки не будуть присвоєні коефіцієнти останньому розряду КК. Після цього отримані з n -виходів окремі сигнали сумуються, перетворюються в груповий сигнал, який передається по каналу зв'язу на прийнятну сторону.

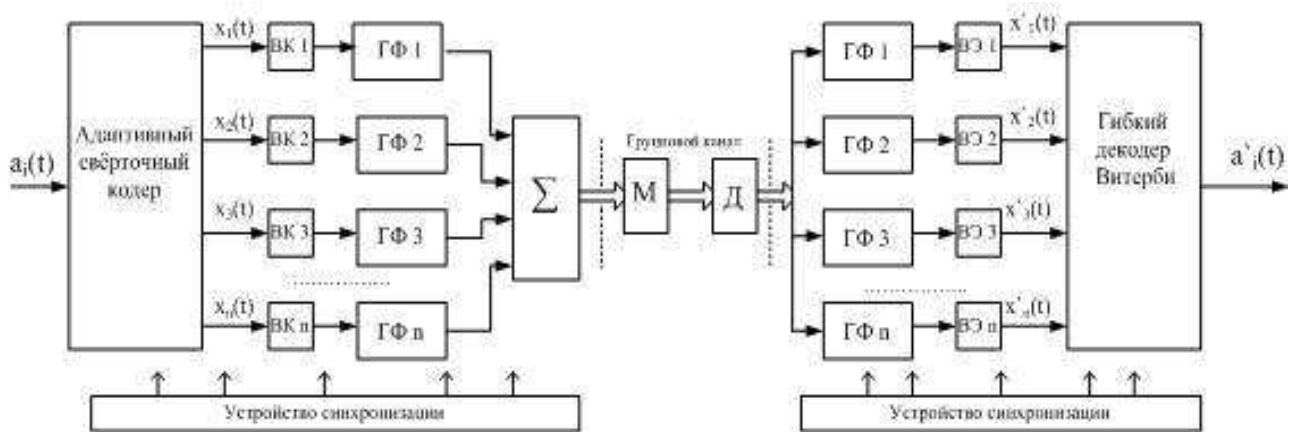


Рис. 2. Структурная схема сигнально-кодовой конструкции

Литература

1. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс» 2003. – 1104 с.
2. Рассомахин С.Г. Способ объединения сигналов с гребенчатым спектром. Изд. Вузов. Радиоэлектроника. – 1994. – 37, №11. С 19-27.
3. Крылова В.А. Метод синтеза гнездовых сверточных кодов с переменными параметрами. Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – Харьков.: НТУ «ХПИ», 2011, -№11, 80 с.

Произвольный i -ый индивидуальный сигнал $x_i(t)$ с эффективной шириной спектра $\Delta\omega_i$, проходя через временной компрессор (ВК), подлжит преобразованию путем "деления" на отрезки T_c^i и выдачи со скоростью в $\Delta\omega_k/\Delta\omega_i$ раз выше сравнительно с первичной. При этом длительность "сжатого" по времени сигнала на выходе компрессора определяется согласно (2). Выделение индивидуальных сигналов из группового выполняется набором гребенчатых фильтров, тождественных формирующим, которые в данном случае реализуют как частотную, так и согласованную фильтрацию путем свертки отсчетов формирующих гребенчатых фильтров в один временной отрезок T_k с максимальной амплитудой. Для возобновления первичной формы сигналов $x_i(t)$ используется временная декомпрессия, которая осуществляется набором ВЭ 1, ВЭ 2, ВЭ n. На следующем этапе кодовая комбинация $\{x'_i(t)\}$, декодируется в соответствии с алгоритмом работы декодера Витерби и формируется информационная последовательность $\{a'_i(t)\}$.

Выводы из данного исследования

Таким образом, в процессе проведения комплексных исследовательских работ, установлена возможность построения сигнально кодовых конструкций для многоканальных систем передачи на основе адаптивных гнездовых сверточных кодов с объединением сигналов с гребенчатым спектром. Предложенная конструкция позволяет эффективно использовать частотный диапазон группового канала без снижения удельной скорости и помехоустойчивости системы передачи.

Горбачов В.В., Крылова В.А. Сигнально-кодові конструкції для адаптивних методів кодування в багатоканальних системах зв'язку. У статті розглянуто побудову сигнально-кодової конструкції на основі адаптивних згортальних кодів з об'єднанням сигналів з гребінчастим спектром, який забезпечує підвищення питомої швидкості передачі інформації в мережах зв'язку, при одночасному зниженні енергетичної ефективності.
Ключові слова: цифровий зв'язок, сигнал з гребінчастим спектром, згорткові коди, завадостійке кодування.

Gorbachov V.V., Krulova V.A. Signal-code sequences for adaptive coding methods in multichannel communication systems. This article considers the construction of signal-code sequence based on adaptive convolutional codes with multiplexing signals and comb spectrum, providing the increase in specific rate of information relay in communication networks, while reducing the energy efficiency.
Key words: digital communication, signal with comb spectrum, convolutional codes, antinoise coding.

Рецензент Качанов П.А., д.т.н., профессор, зав. кафедри АУТС (НТУ «ХПИ»)

Поступила 06.02.2014г.