

МОДЕМЫ ДЕКАМЕТРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Елизаров В.В., Кандрюцкий А.В., Путилин А.Н., Шаптала В.С.

Центр ЦОС С-Петербургского университета телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, info@dsp-sut.spb.ru

В Центре цифровой обработки сигналов Санкт-Петербургского Государственного университета телекоммуникаций им. М.А. Бонч-Бруевича разработаны два модема декаметровой радиосвязи. Первый выполнен на ЦПОС TMS320C31, второй - на TMS320C50.

Модем на TMS 320C31. Информационные скорости 1200 бит/с ($2400 \cdot 1/2$ – сверточный код), 2400 ($3600 \cdot 2/3$ – треллис код [1]), 4800 (без кодирования). Порт RS232 асинхронный (разъем 9 pin).

Модем на TMS 320C50. Модулятор и демодулятор, реализующие технические скорости – 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600 бит/с. Коды – сверточный с $R=1/2$, треллис с $R=2/3$, Хемминга (7,4), Голлея (23, 12). Информационная скорость формируется использованием любой технической скорости с любым кодом. Протокол коррекции ошибок V.42 в программном и аппаратном вариантах. Скорость 9600 бит/с ориентирована на применение в радиоканалах с открытым интервалом и проводных системах.

Разработанные модемы имеют следующие особенности. Они являются параллельными с длительностью посылок 20, 25 мс и разносом частот между подканалами 50, 75 герц, соответственно. Количество подканалов в канале тональной частоты (0,3 – 3,4 кГц) – от 10 до 60. Занимаемая полоса частот - от 300 гц до 3100 гц. Используется ОФМ-1, ОФМ-2, ОФМ-3, АФМ-4. Техническая скорость передачи определяется выбором числа подканалов и кратности модуляции. Частота дискретизации – 8 кГц. На посылке 200 отсчётов (25 мс). Посылки детектируются свёрткой с эталоном, который имеет длину меньшую, чем посылка (160 отсчётов). Грубая синхронизация по частоте и времени осуществляется путем вычисления свёрток через несколько отсчётов и герц (в зависимости от кратности модуляции) для последующего выбора положения наиболее коррелированной подставки. Для снижения вычислительной сложности алгоритма поиск данного оптимума производится последовательно на нескольких посылках. На TMS320C50 он осуществляется на 16 посылках – 0.4 с.

Некоторые выборочные характеристики модемов по помехоустойчивости приведены на рис. 1-3. Реализация протокола V.42 отличается от существующих ориентацией на применение в радиоканале. Её применение дает рекордно низкий коэффициент ошибок, но реализует асинхронный канал.

Модем имеет высокую устойчивость против искажений группового времени задержки (ГВЗ). Это свойство обеспечивается двумя способами. Во-первых, независимой синхронизацией по времени в различных подканалах. Начала оптимальных эталонных подставок в различных подканалах могут расходиться на время до 10 мс. Это обеспечивает компенсацию ГВЗ при наличии 5 ретрансляторов. Во-вторых, подключением фазового корректора. При большем числе переключений на выходе передатчика дополнительно подключается постоянный фазовый корректор. Достаточно реализовать две характеристики – на 6 и 12 переключений.

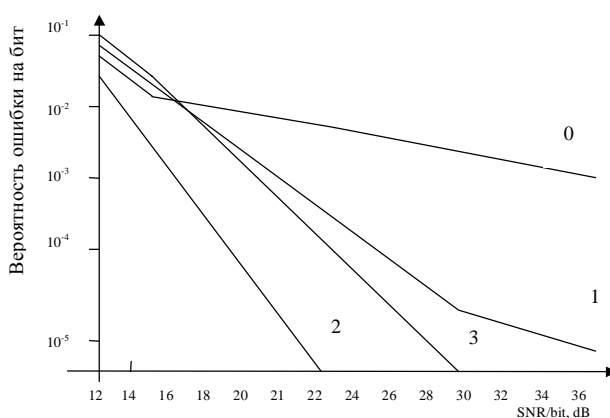


Рис.1 Зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум на бит модема на TMS320C31 в различных режимах функционирования для скорости 2400 бит/с для канала с 22 замираниями в секунду, кривая 0 – модем без кодирования, 1 – разнесенный прием, 2 – треллис - кодирование, 3 – сверточный код

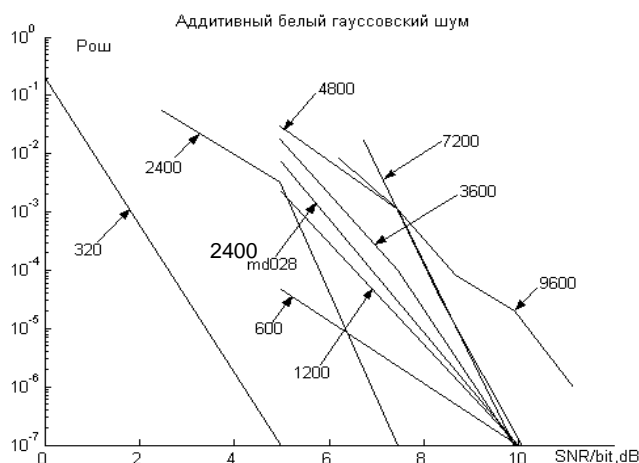


Рис. 2 Зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум на бит в аддитивном белом гауссовском шуме для различных скоростей без кодирования для модема на TMS320C50

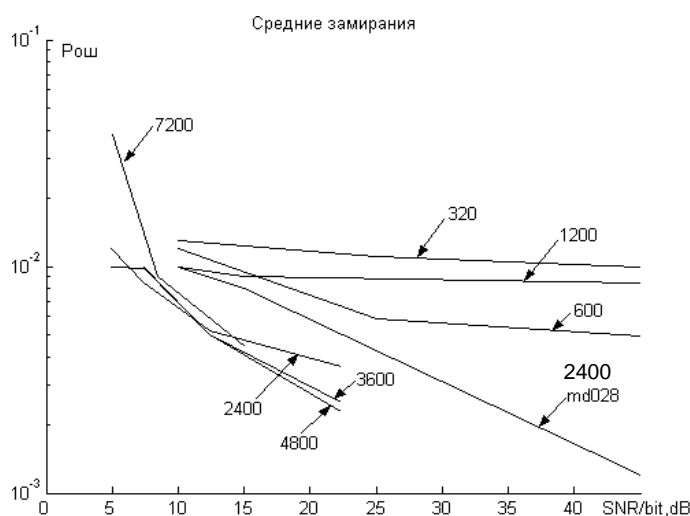


Рис. 3 Зависимость вероятности ошибки от отношения сигнал/шум на бит в канале декаметровой радиосвязи при средних замираниях (22 замирания в минуту, 2 луча, земная волна отсутствует, 1мс. задержка между лучами) для различных скоростей без кодирования для модема на TMS320C50

Модем обеспечивает устойчивость против быстрого фединга (5 - 10 мс) и импульсных помех за счет большой длины посылки. Модем устойчиво работает и при медленном фединге (сосредоточенном по частоте) и сосредоточенных помехах, благодаря применению помехоустойчивых кодов [2]. При исчезновении канала синхронизация сохраняется в течение 1 минуты. В настоящее время разрабатывается модем на TMS320C5000. Это повторение разработки на TMS 320C50 с добавлением:

- алгоритма разделения лучей Rake,
- автом. перестройкой режимов работы (скоростей и диапазонов) без разрыва соединения,
- расширенного диапазона технических скоростей,
- реализации сетевого протокола AX.25,
- процедуры автоматического установления соединения и выбора режима работы (см. [3,4]).

Литература

1. Кларк Дж.-мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. / Под ред. Б.С. Цыбакова. - М.: Радио и связь, 1987.- 392 с.
2. Proakis A. Digital communication. – New York: McGraw-Hill, 2001. – 952 p.
3. Путилин А.Н. Приемник сигналов фазоразностной модуляции цифрового модема декаметровой радиосвязи // Телекоммуникационные технологии, № 2, 1998. - С. 8-14.
4. Путилин А.Н., Варвус М.А. Метод приема двоичных сообщений с мягкими решениями в цифровом модеме с фазоразностной модуляцией // 51 научно-техническая конференция НТОРЭС им. А.С. Попова: Тезисы докладов. - СПб., 1996. - С. 13.
5. Ivanov V.N., Lanne A.A. Realization of vocoder and HF modem algorithms with use universal DSP module on base TMS320C31. Proceedings 1 European DSP E&R Conference. Paris, 1996.

MODEMS OF A DECAMETER RADIO COMMUNICATION

Elizarov W., Kandruzky A., Putilin A., Shaptala W.

Center of digital signal processing of the St.-Petersburg State University of Telecommunications
info@dsp-sut.spb.ru

At the Center of digital signal processing of the St.-Petersburg State University of Telecommunications two modems of a decameter radio communication are developed. The first development is executed on DSP TMS320C31, the second is executed on TMS320C50.

Modem on TMS 320C31 has information rates: 1200 bps (2400*1/2 - convolutional code), 2400 (3600*2/3 - trellis code), 4800 (without encoding). Port RS232 is asynchronous (connector 9 pin).

Modem on TMS 320C50. There are technical rates - 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200, 9600 bps. There are codes - convolutional with $R=1/2$, trellis with $R=2/3$, Hamming (7,4), Galley (23, 12). The information rates are formed by use of any technical rate with any code. There is the protocol V.42 in program and hardware variants. The realization of the protocol V.42 differs from existing by orientation to application in a radio channel. The rate of 9600 bps is focused on application in radio channels with an open interval and wire systems.

The modem has high positive stability against distortions of a group time delay (GTD). This property is provided with two ways:

- independent synchronization on time in various subchannels. The beginnings of optimum standard supports in various subchannels can miss on time up to 10 ms. It is provided compensation GTD in the presence of 5 repeater for standard voice channels.

- connection of a phase equalizer. The phase equalizer (digital filter with not varying characteristic) is additional connected on a transmitter output, if there is greater number of repeaters. It is enough to have two characteristics for 6 and 12 repeaters.

The modem provides positive stability against fast fading (5-10 ms) and pulse interference by means of large length of signals. The modem provides positive stability against slow fading (concentrated on frequency) and concentrated jamming by application of a noise proof code. The modem saves synchronization during 1 minute at disappearance of the channel.

The modem on TMS320C5000 now is developed. This recurrence of development on TMS 320C50 with addition:

- algorithm of separation of beams Rake,
- automatic retuning of mode of operations (rates and ranges) without a breaking of connection,
- the extended range of technical rates,
- realizations of the network protocol AX.25,
- procedures of an automatic call establishment and choice of a mode of operation.