

# СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТУРБО ДЕКОДЕРА И МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ДЕТЕКТОРА В СИСТЕМАХ СВЯЗИ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Гармонов А.В., Гончаров Е.В., Жданов А.Э.

Воронежский НИИ связи  
394077, г. Воронеж, ул. Плехановская, 14

**Реферат.** Рассматривается алгоритм совместного подавления помех и декодирования в сотовых системах с кодовым разделением каналов третьего поколения. Оценивается выигрыш, который может быть получен от совместного алгоритма по сравнению с обычными.

## 1. Введение.

В последнее время специалисты отмечают увеличение темпов развития цифровых систем связи. Наибольший прогресс, достигнутый в этой области, заметен в двух основных [1] направлениях: подавление помех в системах связи со многими пользователями (многопользовательское детектирование) и итеративные алгоритмы декодирования кодов с перемежением (турбо декодер).

Следующим этапом развития радиотехники может стать появление и реализация в аппаратуре алгоритмов совместного декодирования и подавления помех (турбо многопользовательское детектирование) [2]. В данной статье анализируется один из таких алгоритмов, оценивается величина выигрыша, который может быть получен при переходе к совместному использованию многопользовательского детектора и турбо декодера.

2. Оценка характеристик помехоустойчивости алгоритмов подавления помех без учета кодирования информации. Из литературы известно несколько алгоритмов многопользовательского детектирования [3,4]. При этом наилучшими характеристиками обладает алгоритм максимального правдоподобия (оптимальный алгоритм) [5]. Главным недостатком этого алгоритма является сложность реализации, экспоненциально возрастающая в зависимости от количества пользователей. Поэтому для практического применения разработаны упрощенные субоптимальные схемы. Наиболее часто в качестве субоптимального решения используется параллельная схема подавления помех. Этот алгоритм обладает характеристиками, практически неотличимыми от потенциально достижимых. Характеристики различных схем многопользовательского детектирования можно найти, например, в [6].

3. Преимущества алгоритмов подавления помех с учетом кодирования. Исследование алгоритма турбо многопользовательского детектирования.

В 1993 была опубликована первая статья, посвященная турбо-коду [7]. Предложенный метод базировался на следующих принципах : итеративное декодирование с мягким входом / мягким выходом , параллельное объединение двух рекурсивных систематических сверточных кодов с псевдослучайным перемежением. В данном алгоритме используется следующее свойство турбодекодера: мягкое решение может быть вынесено не только на каждый информационный символ, но также и на каждый кодовый символ. Таким образом входная последовательность может быть восстановлена. Корректирующая способность турбодекодера показана на рис. 1. При моделировании использовался турбокод на 8 состояний, соответствующий стандарту 3GPP (образующие полиномы -  $13g/15g$ ). Скорость кодирования  $R=1/3$ .

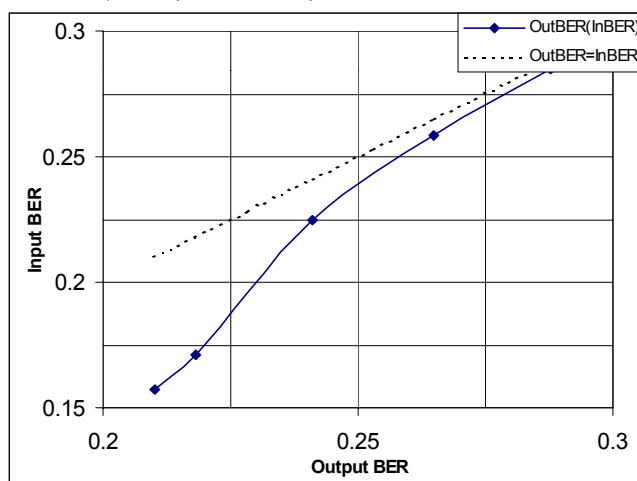


Рис. 1. Зависимость выходной вероятности ошибки 3GPP турбо декодера от входной при условии наличия ошибок в принятых блоках. Однолучевый канал с гауссовским шумом.

Алгоритм турбо многопользовательского детектирования выглядит следующим образом. После первоначального подавления помех с помощью параллельного подавителя для увеличения достоверности принятых решений информационные символы восстанавливаются путем итеративного декодирования. Восстановленные оценки информационных символов используются для повторного подавления мешающего влияния. Предлагаемая схема "параллельный подавитель" - "турбо декодер" используется несколько раз. Характеристики алгоритма для системы связи 3GPP TDD [8] представлены на рис 2,3.

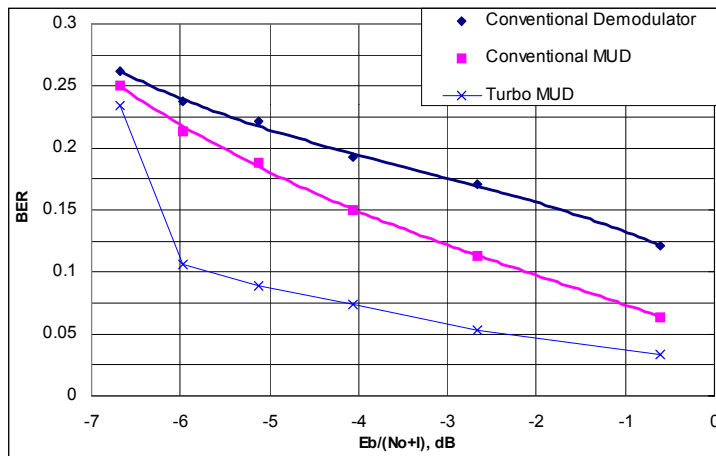


Рис. 2. Зависимости вероятности ошибки до декодера при приеме от отношения сигнал-шум плюс помеха.

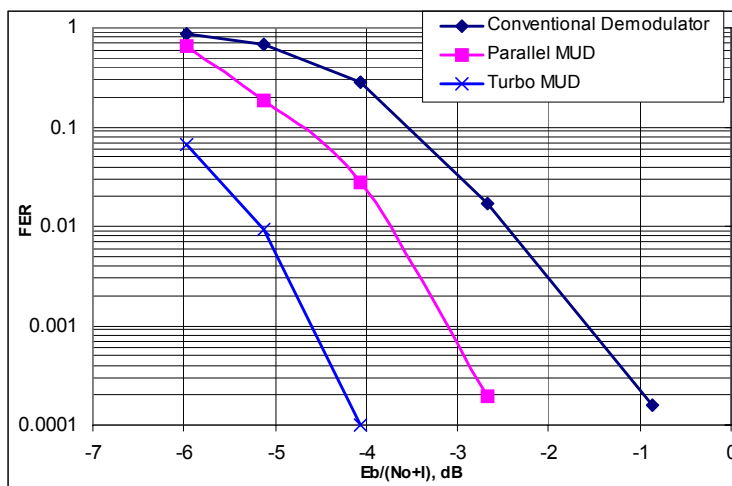


Рис. 3. Зависимости блочной вероятности ошибки после декодера от отношения сигнал-шум плюс помеха.

Алгоритмы протестированы в следующих условиях. Отношение мощности помех своей соты к мощности соседних 1:0.4. Частота релейских замираний 250 Hz, 2 луча равной мощности, амплитуды, фазы и задержки лучей априори известны.

4. Выводы. Из рисунков 2, 3 видно, что характеристики предлагаемого алгоритма существенно превосходят характеристики обычной параллельной схемы подавления помех. По уровню требуемой блочной вероятности ошибки = 0.01 использование совместного алгоритма означает более чем 1.5-кратное увеличение емкости соты. К недостаткам предлагаемого алгоритма стоит отнести увеличение сложности реализации и появление задержки в обработке сигнала на 1 блок кодированных данных.

**Библиография**

1. Зубарев Ю.Б., Трофимов Ю.К., Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б. Пути повышения пропускной способности мобильных систем 3-го поколения. // М.: Электросвязь, 2001. № 3. С. 9-11.
2. Reed M.C., Schlegel C.B., Alexander P.D., Asenstorfer J.A. Iterative Multiuser Detection for CDMA with FEC: Near-Single-User Performance. // IEEE Transactions on Communications, December 1998.-Vol. 46.-№ 12.-P. 1693-1699.
3. Varanasi M., Aazhang B. Multistage detection in Asynchronous Code-Division Multiple-Access Communications // IEEE Transactions on Communications. April 1990.-Vol. 38.-№ 4-P. 509-519.
4. Kempf P. On Multiuser Detection Schemes for Synchronous Coherent CDMA Systems // IEEE. 1995.
5. Verdu S. Minimum probability of error for asynchronous gaussian multiple-access channels // IEEE Transactions on Communications and Information Theory. Jan. 1986.-Vol. IT-32.-P. 85-96.
6. Многопользовательское детектирование в системах связи CDMA / А.В. Гармонов, Е.В. Гончаров, В.Б. Манелис, А.Э. Жданов // Цифровая обработка сигналов и ее применение: Сб. докл. 2 Международной конференции, М., 1999.
7. C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshina . "Near Shannon limit error – correcting coding and decoding", IEEE Transactions on information theory 2/1993.
8. 3rd Generation Partnership Project. Technical Specification Group Radio Access Networks. UTRA (BS) TDD: Radio transmission and Reception (Release 4).



**JOINT DECODING AND DEMODULATION ALGORITHM DEVELOPMENT FOR THE CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS SYSTEM**

(Joint usage of Turbo Decoder and Multi-User Signal Detector)

Garmonov A., Gontcharov E., Zhdanov A.

1. Introduction. The estimation of characteristics of interference cancellation algorithms (Multi User Detection - MUD) in the code division multiple access (CDMA) system, without taking coding techniques into account is made.

1.1 Maximum likelihood algorithm (optimal algorithm).

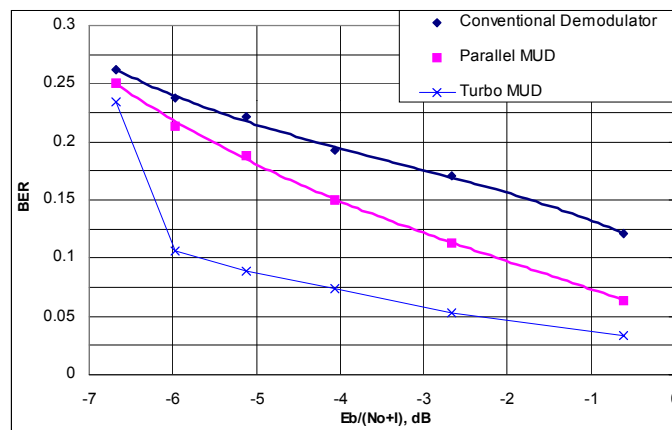
It provides the best quality of the reception (potentially achievable characteristics for the communication channel without coding). The main disadvantage is implementation complexity, which exponentially increases depending on the users amount. The suboptimal decisions that are of acceptable complexity are implemented in practice.

1.2 The review of the main suboptimal algorithms.

Successive and parallel interference cancellers are the mostly widespread schemes that possess the characteristics, which are practically indistinguishable from the potentially achievable.

2. The advantages of the interference cancellation algorithms taking coding into account are shown. The researches of Turbo MUD algorithm (joint usage of Turbo Decoder and parallel MUD) are carried out.

After the initial interference cancellation with the help of parallel canceller, for the made decisions reliable increase, info symbols are reconstructed by the method of iterative decoding Max-Log-Map algorithm. The reconstructed estimations of info symbols are used for the second cancellation of the interfering influence. The proposed scheme "parallel canceller" - "Turbo Decoder" is used several times. Algorithm characteristics are presented on the figure.



**Figure.** The dependences of error probability (BER) on the signal to interference plus noise ratio. The form of the signal is constructed in accordance with 3GPP communication system standard. Own cell interference power to other cells interference power ratio is 1:0.4. The frequency of Rayleigh fading is 250 Hz, two paths of the equal power, amplitudes, phases and path delays are a priori known.

The figure shows that the proposed Turbo MUD algorithm significantly exceeds the conventional parallel MUD algorithm more than 1.5 times (2 dB). The disadvantages of the proposed algorithm are the implementation complexity increase and the delay of the signal processing on 1 elementary decoding interval (1 frame).