

1. **Голушкин А.** Нейрокомпьютеры в разработках военной техники США // Зарубежная радиоэлектроника. - 1995. - № 5. - С.
2. **Coates C.L., Lewis P.M. DONUT: A threshold Gate Computer** // IEEE Trans. on EL. Computers vol. EC-13. - 1964. - № 3. - P.
3. **Мкртчян С.О.** Проектирование логических устройств ЭВМ на нейронных элементах. - М.: Энергия, 1977. - с.

ՀՊԵՀ

19.12.1996

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. LI, № 1, 1998, с. 93 - 98.

УДК 621.396.49

**РАДИОТЕХНИКА**

Օ.Վ. ԲԱԳԴԱՏԱՐՅԱՆ, Օ.Ա. ԴՕՄՇՅԱՆ, Դ.Մ. ՄԵԳԱՎՕՐՅԱՆ

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОДОВОГО РАЗДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ В СИСТЕМАХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Կատարված է կապուղիների կողային բաժանումով կառլի միջոցների ժամանակակից մեթոդների վերլուծություն: 'Իրատված են ազդանշանի' ժամանակային տիրույթում կոդավորման և ոչ կոհերենտ օպտիկական աղբյուրի՝ հաճախակային տիրույթում կոդավորման դեպքերը: Ցույց են տրված տրադիցիոն մեթոդների օգտագործման ժամանակ գործող սահմանափակումները և եկատված է օգտագործողների թվի զգալի ավելացում՝ կոդավորման հաճախակականային տիրույթում կատարելու դեպքում:

Проведен анализ современных методов кодового разделения каналов в волоконно-оптической связи. Рассмотрены случаи кодирования сигнала во временной области и некогерентного оптического источника в частотной области. Показаны ограничения, накладываемые на традиционные методы. Отмечено значительное увеличение числа пользователей при кодировании в частотной области.

Ил. 3. Библиогр.: 9 назв.

An analysis of advanced methods of channel code division in fiber-optics communication systems is performed. Cases of signal coding in time region and incoherent optical source in frequency domain are examined. Constraints imposed on traditional methods are indicated. Considerable increase of the index number in coding and in frequency domain is noted.

Ил. 3. Ref. 9.

Среди множества схем многопользовательского доступа для использования в локальных сетях (LAN) областью интенсивных исследований в последнее время является кодовое разделение каналов (МДКР). В отличие от временного и частотного разделения каналов (где передаются все временные интервалы и частотные диапазоны вне зависимости от их занятия абонентом) системы МДКР полностью асинхронны, т.е. имеется возможность асинхронного доступа абонентов к ресурсам сети в любое время. В сетях, имеющих прерывистый трафик (например компьютерных), число активных пользователей намного меньше, чем соединительных

каналов, и резервирование временных интервалов не является эффективным. Параметры передачи в системах МДКР зависят в основном от текущего числа активных пользователей. К преимуществам таких систем можно отнести простоту увеличения новых пользователей, что требует прибавления нового квазиортогонального кода. Системы МДКР могут использоваться в комбинации с другими системами многопользовательского доступа для обеспечения большей емкости при использовании в оптических сетях.

Как известно, в системах с кодовым разделением каждому пользователю придана последовательность - код, который является его адресом. Для того чтобы приемник, в нашем случае оптический коррелятор, правильно выделил полезный сигнал при наличии шума и сигналов других пользователей, используемые коды должны быть ортогональны относительно друг к другу.

Конструирование кодов сводится к нахождению семейства таких последовательностей, которые удовлетворяли бы следующим двум условиям [1]:

- для любой последовательности:

$$\left| \sum_{i=0}^{F-1} X_i X_{i+\tau} \right| = \begin{cases} K, & \text{если } \tau=0, \\ \leq \lambda_a, & \text{если } 1 \leq \tau \leq F-1; \end{cases} \quad (1)$$

- для любой пары последовательностей:

$$\left| \sum_{i=0}^{F-1} X_i Y_{i+\tau} \right| \leq \lambda_c \text{ при } 0 \leq \tau \leq F-1, \quad (2)$$

где  $X_i$  и  $Y_i$  - периодические последовательности с периодом  $F=T/T_c$ ;  $\tau$  может принимать только целые значения в интервале  $(0, F-1)$ ;  $K$ ,  $\lambda_a$  и  $\lambda_c$  - константы.

Определим оптический ортогональный код  $(F, K, \lambda_a, \lambda_c)$  как семейство последовательностей  $(0, 1)$  длиной  $F$ , весом  $K$ , авто и кросс-корреляционными параметрами  $\lambda_a$  и  $\lambda_c$ . Условие полной ортогональности требует, чтобы  $\lambda_a$  и  $\lambda_c$  были равны нулю, однако рассмотрение производится для квазиортогонального случая, где они равны единице.

Для некоторого целого числа  $F$  и веса  $K$ , где  $K(K-1) \leq F-1$  и условия  $\lambda_a = \lambda_c = 1$ , возможно конструировать максимум  $N$  ортогональных кодов [1]:

$$N \leq \lfloor [F-1]/[K(K-1)] \rfloor, \quad (3)$$

где символ  $\lfloor X \rfloor$  обозначает целую часть величины  $X$ .

Для каждого импульса последовательности  $A$  существует  $K$  возможных совпадений с импульсами последовательности  $B$ , каждое с вероятностью  $1/F$ . Следовательно, максимальное количество совпадений равно  $K^2$ , а вероятность совпадения некоего импульса последовательности  $A$  с импульсом последовательности  $B$  равна  $K^2/F$ .

Подробный анализ семейства оптических ортогональных кодов для случаев синхронной и асинхронной передач приведен в [1-3]. На рис. 1 приведена зависимость вероятности цифровой ошибки (BER) от порога решающего устройства  $T_h$  при фиксированной длине кода  $F$ , различном числе пользователей  $N$  и весе кода  $K$ . При  $K=1$  мы имеем BER, равный  $2 \times 10^{-3}$ . С увеличением веса параметры системы улучшаются на несколько порядков.

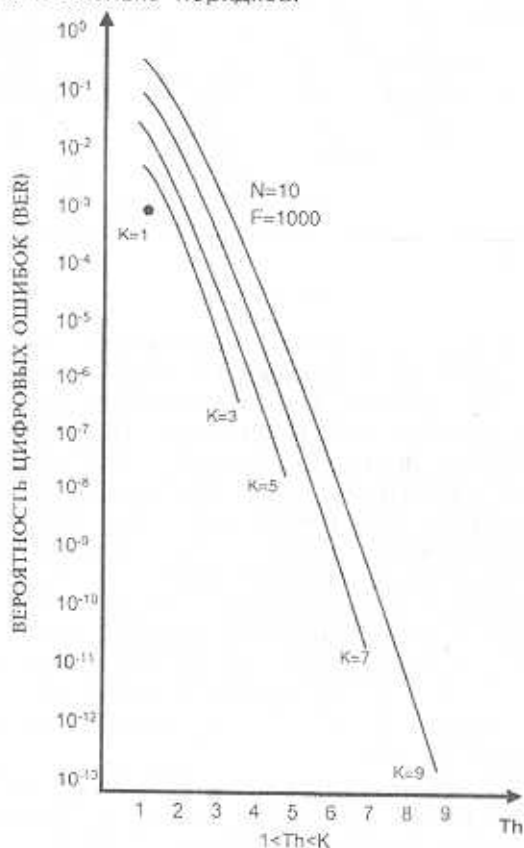


Рис. 1

В отличие от асинхронного кодового разделения его синхронные виды могут обеспечить большую пропускную способность и обслужить большее количество пользователей [4], [8]. Для этих целей более всего подходят модифицированные прайм-последовательности, пример которых для случая  $P=5$  имеет вид [4]

$$C_{00} = 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000 \ 10000$$

$$C_{44} = 01000 \ 10000 \ 00001 \ 00010 \ 00100$$

Здесь число пользователей, а также длина кода равны  $P^2$ , где  $P$  - число символов в базисном элементе кода (фактически вес кода). Зависимость вероятности цифровой ошибки от числа пользователей для различных значений  $P$  приведена на рис. 2.

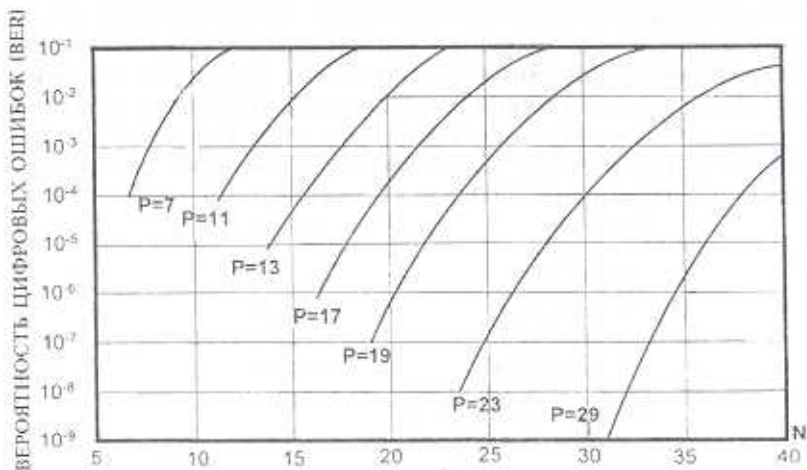


Рис. 2

Описанные выше алгоритмы основаны на кодировании информационного сигнала во временной области псевдослучайной последовательностью. Однако вне зависимости от метода такие системы имеют существенные ограничения. Например, увеличение числа пользователей ведет к увеличению длины кода, а следовательно, к увеличению тактовой частоты (уменьшению длительности импульса), что имеет некоторый предел. При этом возникает необходимость найти такие алгоритмы кодового разделения, где увеличение емкости множественного доступа, т.е. длины кода, не приведет к увеличению тактовой частоты. Одним из решений этой проблемы является использование различных "областей" для кода и информации. В [5], [9] предложен алгоритм, основанный на кодировании в частотной области некогерентного оптического источника (диоды с поверхностным излучением или суперлюминесцентные диоды).

На рис. 3 показан частотный кодер для оптического источника. Первая дифракционная решетка пространственно разделяет оптические компоненты входного оптического сигнала с некоторым разрешением. Кодировочная маска расположена в точке между линзами, где спектральные компоненты имеют максимальное разделение. После маски компоненты спектра посредством второй линзы и второй дифракционной решетки собираются в единый оптический луч и далее после оптического объединителя поступают в линию. Маска может изменять частотные компоненты по фазе и/или амплитуде. Число полос частот диктует длину кода и, следовательно, число пользователей в системе. Последний параметр, как показано в [5], приблизительно равен

$$N \approx 0,5[\delta\lambda / \lambda] [\pi\omega / d\cos(Q)], \quad (4)$$

где  $\lambda$  - центральная частота оптического источника;  $\delta\lambda$  - спектр, который должен быть закодирован;  $\omega$  - входной радиус луча;  $d$  - период решетки;  $Q$  - угол преломления центральной длины волны. Для случая  $\delta\lambda=50$  нм,  $\lambda=1,55$  мкм,  $\omega=3$  мм,  $1/d=1200$  лин/мм и  $Q=68^\circ$  (конфигурация Литроу) можно обслужить  $N \approx 490$  пользователей.

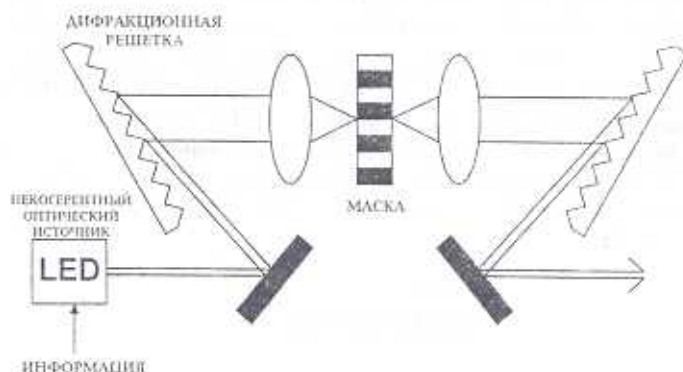


Рис. 3

Ввиду многих причин в недавнем прошлом широкополосные некогерентные оптические источники (светодиоды) не нашли широкого применения в технике связи. Лазеры вводят больше энергии в волокно, могут функционировать при большей тактовой частоте, позволяют осуществлять многие виды модуляции. Однако последние эксперименты показали, что светодиоды могут заменить лазеры и успешно применяться на коротких и средних расстояниях. По сравнению с лазерами диоды имеют преимущества в большей надежности, пониженной температурной чувствительности, меньших требованиях к электронным цепям и значительно меньшей цене. На данный момент вполне доступны суперлюминесцентные диоды с выходной мощностью 5 дБм на волне 1480 нм и с уровнем вводимой в волокно мощности 6 дБм. Все эти факторы указывают на то, что широкополосные оптические источники в будущем будут представлять серьезную альтернативу лазерам в сетях локального значения (LAN) с кодовым разделением. Емкость множественного доступа таких систем не основана на разнице интенсивностей кодированного и некодированного сигналов, поэтому применима новая стратегия конструирования кодов. Пусть  $X$  и  $Y$  - две последовательности (0,1). Функция кросс-корреляции выглядит как

$$Q_{XY}(\tau) = \sum_{t=0}^{T-1} X_t Y_{t+\tau} \quad (5)$$

Определим  $\bar{X}$  как полученную из  $X$  последовательность, чьи элементы определяются в виде  $\bar{X}_t = 1 - X_t$ . Кросс-корреляционная функция для последовательностей  $\bar{X}$  и  $Y$  определяется аналогично (5). Нас интересуют только последовательности, где

$$Q_{XY}(\tau) = Q_{\bar{X}Y}(\tau) \quad (6)$$

Приемник определяет отношение  $Q_{XY}(\tau) - Q_{\bar{X}Y}(\tau)$  и отвергает мешающие сигналы, идущие от пользователя ( $Y$ ). В частотном кодовом разделении условию (6) соответствуют М-последовательности, биполярные коды и коды на основе матрицы Адамара. Подробный анализ этих кодов для применения в частотном кодовом разделении приведен в [5-7].

Таким образом, системы МДКР с кодированием в частотной области некогерентного оптического источника могут обеспечить большее число активных пользователей (используя M-последовательности длиной 127, можно передать одновременно 70-100 активных абонентов) с уровнем BER, равным  $10^{-9}$  [5,9]. Описанная система может найти широкое применение в сетях ATM (асинхронный вид передачи) в качестве основного элемента передачи ячейки ATM, краткое описание которого также представлено в [5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Salehi J.A. Code division multiple-access techniques in optical fiber networks. Part 1: Fundamental principles // IEEE Trans. Commun. - 1989. - V. 37. - P. 824-833.
2. Salehi J. A., Brackett C. A. Code division multiple-access techniques in optical fiber networks. Part 2: System performance analysis // IEEE Trans. Commun. - 1989. - V. 37. - P. 834-842.
3. Chung F. R. K., Salehi J. A., Wei V. K. Optical orthogonal codes: Design, analysis and applications // IEEE Trans. Inform. Theory. - 1989. - V. 35. - P. 595-604.
4. Wu Jyh-Horng, Wu Jingshown. Synchronous Fiber-Optic CDMA Using Hard-Limiter and BCH Codes // Jour. of Lightwave Technology. - 1995. - V. 13. - P.1169-1176.
5. Kavehrad M., Zaccarin D. Optical code-division multiplexed systems based on spectral encoding of noncoherent sources // Jour. of Lightwave Technology. - 1995. - V. 13. - P. 534-545.
6. Peterson R. L., Ziemer R. E., Borth D. E. Introduction to Spread-Spectrum Communications - New York: Prentice Hall, 1995. - 689 p.
7. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - М.: Радио и связь, 1985. - 384 с.
8. Holmes A. S., Syms R. R. All-optical CDMA using quasi-prime codes // Jour. of Lightwave Technology. - 1992. - V. 10. - P. 279 - 286.
9. Zaccarin D., Kavehrad M. Performance evaluation of optical CDMA systems using non-coherent detection and bipolar codes // Jour. of Lightwave Technology. - 1994. - V.12. - P. 96-105.

ГИУА

01.02.1997

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. 11, № 1, 1998, с. 98 - 104.

УДК 551.49

ГИДРАВЛИКА

С.С. КАЗАРЯН

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНОЙ ТОЛЩИ ПО ДАННЫМ ОПЫТНЫХ ОТКАЧЕК ЧЕРЕЗ ЛИНЕЙНЫЙ РЯД СКВАЖИН

Դիտարկվում է հիդրավիկական կապի մեջ գտնվող անսահմանափակ ջրատար նոսրաշերտերի հիդրոդինամիկական պարամետրերի որոշման խնդիրը: Փոքր ժամանակների համար յիստացված ծծանցման խնդրի ստացված վերլուծական լուծումներով սնվելով՝ սնվելով է քաղցրահամ ծծանցող միջավայրի հիդրոդինամիկական պարամետրերի որոշման մեթոդ: