

КОХАНОВ А. Б., ЗАХАРОВ В. В.

## ОРТОГОНАЛЬНАЯ МНОГОТОНОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ

Рассмотрено использование преобразования Хартли при передаче информации с помощью ортогональной многотоновой модуляции. Показано, что это имеет ряд преимуществ по сравнению с общепринятым преобразованием Фурье, а именно — возможность снижения вычислительных и аппаратурных затрат в связи с вычислениями только в рамках действительной арифметики. Кроме того, это позволяет использовать одинаковые алгоритмы как для приемного так и передающего трактов. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании радиорелейных, спутниковых каналов связи, а также при использовании таких передовых сетевых стандартов как HiperLAN/2, IEEE802.11a.

Ортогональная многотоновая модуляция (ОММ, или OFDM-Orthogonal Frequency Division Multiplex) нашла широкое применение для передачи данных в современных системах связи благодаря возможности раздельной обработки сигналов в связи с использованием большого числа ортогональных между собой несущих [1, 2]. Применение ОММ открывает возможность передачи потоков информации с высокими скоростями через радиоканал в радиорелейных и спутниковых системах связи.

ОММ была впервые предложена в [3, 4] и впоследствии получила широкое отражение в [5—7]. Сущностью ОММ является частотное разделение каналов с ортогональными несущими частотами. Ключевым звеном ОММ является обратное преобразование Фурье (ОПФ) в передающем тракте и прямое преобразование Фурье (ППФ) в приемном тракте [3—7].

Если входной сигнал представить в виде дискретной комплексной последовательности данных  $c_n$ , тогда ОПФ над сформированным комплексным сигналом имеет вид

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Radio broadcasting systems: Digital audio broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers, ETS 300401.— European Telecommunications Standards Institute.— Valbonne. : France.— 1995.

2. IEEE P802.11D3, Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications, IEEE Standard Department.— 1996.

3. *Chang R. W., Gibby R. A.* A theoretical study of performance of an orthogonal multiplexing data transmission scheme // IEEE Trans. on Comm. Tech.— 1968.— Aug.— P. 529—541.

4. Orthogonal Frequency Division Multiplexing, U.S. Patent No. 34884555, 1970.— 5.

5. *Bingham J. A.* Multicarrier modulation for data transmission: An idea whose time has come // IEEE Comm. Mag.— 1990.— No. 5.— P. 5—14.

6. *Aldinger K. M.* A Multi-carrier scheme for HIPERLAN. Wireless Personal Communications.— NY. : Kluwer Academic Publisher, 1997.

7. *Bahai A. R., Burton R. S.* Multi-Carrier Digital Communications: Theory and Applications of OFDM.— NY. : Kluwer Academic/Plenum Publishers, 1999.

8. *Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Коржик В. И., Назаров М. В.* Теория электрической связи: Учебник для вузов.— М. : Радио и связь, 1999.— 432 с.

9. *Lathi B. P.* Modern digital and analog communication systems.— NY. : Oxford University Press, 1998.— 781 p.

10. Применение цифровой обработки сигналов / Под ред. Э. Оппенгейма.— М. : Мир, 1980.— 552 с.

11. *Hartley R. V.* A more symmetrical Fourier analysis applied to transmission problems // Proc. of IRE.— 1942.— Vol. 30.— No. 3.— P. 144—150.

12. *Брейсуэлл Р.* Преобразование Хартли. Теория и приложения.— М. : Мир, 1990.

13. *Сабанин Б. П.* Дискретное преобразование Хартли и его приложение // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Математическое моделирование физических процессов.— 1997.— Вып. 4.— С. 75—84.

14. *Брейсуэл Р.* Быстрое преобразование Хартли // ТИИЭР.— 1984.— Т. 72.— №8.— С. 19—27.

15. *Шихов М. С.* Дискретное преобразование Хартли для систем автоматизации эксперимента // Препринт АН БССР.— 1982.— №22.— 61 с.

16. *Коханов А. Б., Захаров В. В.* Эффективное вычисление цифровой свертки на основе быстрого преобразования Хартли // Радиоэлектроника.— 2004.— №4.— С. 41—46. (Изв. вузов).

Политехнический ун-т Порто-Рико.

Поступила в редакцию 06.04.04.