

СИНТЕЗ OFDM-АЛГОРИТМУ БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Макаренко А.О.

Державний університет телекомунікацій

E-mail: makarenkoa@ukr.net

Synthesis of OFDM-algorithm wireless of the telecommunication systems

Conducted development of algorithms of control program of direct and reverse rapid transformation of Fourier for the off-wire modem of communication of data on 1024 input-output counting out. Hardware representation of modem is oriented to application of modern and powerful digital alarm processors, that allows considerably to decrease time of calculation of operations and rev up communication of data of the off-wire system.

Важливим інструментом для підвищення фізичної швидкості та вірогідності передачі даних у безпроводних мережах є розширення смуги пропускання спектральних каналів. В [1 - 3] показано, що найбільша ефективність передачі даних здійснюється в каналах з ортогональним частотним мультиплексуванням (ОЧМ;OFDM).

В представленій доповіді показано розробку алгоритмів ОЧМ-модуляторів/демодуляторів із застосуванням сучасних та потужних цифрових сигнальних процесорів (ЦСП) серії ADSP-21160 фірми Analog Devices. Запропоновані алгоритми дозволяють значно зменшити час обчислення операцій, смугу частот, що займає сигнал та збільшити швидкість передачі даних в безпроводних системах орієнтованих в першу чергу для передачі даних. Для створення керуючої програми модему використано програмне середовище Analog Devices VisualDSP++ [2, 4 - 6], яке призначене для розробки і відладки цифрових сигнальних процесорів серії ADSP-21160.

Блок-схема безпроводного OFDM-модему на основі ОЧМ із використанням прямого (ШПФ) та зворотного (ЗШПФ) швидкого перетворення Фур'є представлена в [1, 2, 8].

Спосіб ОЧМ характеризується рядом переваг, а саме [3]:

- велика спектральна ефективність модуляції завдяки максимально близькому розташуванню субканалів;
- висока завадостійкість інформаційного сигналу завдяки використанню великої кількості несучих в широкому діапазоні частот;
- можливість реалізації повністю цифрових високоефективних алгоритмів модуляції-демодуляції, оснований на використанні дискретного перетворення Фур'є (ДПФ).

Всі вищенаведені переваги ОЧМ стали можливими завдяки апаратній реалізації ЗШПФ та ШПФ. Переваги системи ОЧМ проявляються при великій кількості несучих. Без такого кроку неможлива реалізація ОЧМ, адже в іншому випадку пряме апаратне формування ОЧМ-сигналу вимагало б величезних схемотехнічних витрат у вигляді тисяч генераторів і модуляторів в передавачі і

такого ж числа детекторів в приймачі. Маловірогідно, що така схема була б реалізована.

Реалізація ЗШПФ та ШПФ [1, 5] базується на формулах (1) і (2), відповідно:

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} X(m) e^{j2\pi nm/N}, \quad (1)$$

$$X(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j2\pi nm/N}, \quad (2)$$

де m – індекс ДПФ в частотній області; n – індекс ДПФ в часовій області; N – кількість вхідних/вихідних відліків ДПФ.

Однак, оскільки значення $e^{j2\pi n/N}$ з (1) та $e^{-j2\pi n/N}$ з (2) є постійними для заданого числа N , то вираз $X(m) = \sum_{n=0}^{(N/2)-1} x(2n) (W_{N/2})^{nm} + (W_N)^m \sum_{n=0}^{(N/2)-1} x(2n+1) (W_{N/2})^{nm}$ можна обчислити і використовувати готові значення при створенні програмного забезпечення конкретного МІМО-модему передачі даних ($W_N = e^{j2\pi/N}$). Використання даної можливості та розбиття N вхідних/вихідних відліків ДПФ на дві та більше частини дозволяє зменшити кількість обчислювальних операцій до $(N/2)\log_2 N$ [7].

У загальному випадку, вимоги по використовуваній пам'яті для N -точкового ШПФ такі: N комірок для дійсних та N комірок для уявних даних і N комірок для коефіцієнтів повороту.

Для забезпечення функціонування в реальному часі повний розрахунок ШПФ повинен виконуватися в проміжку, що відповідає часу накопичення одного пакету даних. Передбачається, що, поки робиться обчислення ШПФ поточного пакету даних, ЦСП накопичує дані для наступного пакету. Безперервне отримання даних полегшується завдяки можливостям гнучкої адресації даних в ЦСП у поєднанні з використанням різних каналів прямого доступу до пам'яті.

Розглянемо ЦСП процесор ADSP-21160, який обчислює 1024-точкове 32-розрядне комплексне ШПФ з плаваючою точкою за 90 мкс. Очевидно, що максимальна частота дискретизації дорівнює 11,38 Мо/с. Тут сигнал має ширину смуги частот менше 5,7 МГц. Також передбачається, що немає додаткових витрат процесорного часу, пов'язаних з ШПФ, або обмежень, пов'язаних з передачею даних.

Наведений приклад дає оцінку максимальної ширини смуги сигналу, який може бути оброблений даним ЦСП з урахуванням характеристик реалізованого на ньому ШПФ. Число точок ШПФ також визначає мінімальний рівень шуму ШПФ відносно рівня широкопasmового шуму, і це також має бути враховано при виборі числа точок ШПФ.

Як вже говорилося вище, інтегроване середовище VisualDSP++ є основним засобом розробки і відладки додатків для процесорів компанії Analog Devices і підтримує процесори типу TigerSHARC, SHARC і Blackfin. Середовище VisualDSP++ може бути завантажено з веб-сайту компанії та після закінчення

реєстрації користувачеві висилається серійний номер, що дає можливість працювати з пакетом в тестовому режимі впродовж 90 днів [4].

В доповіді показано удосконалення алгоритму функціонування безпроводного модему передачі даних на 64 відліки [3, 8], а саме: розроблено підпрограму реалізації ЗШПФ та ШПФ з кількістю вхідних/вихідних відліків, рівною 1024. В якості пристрою обробки даних застосовано ЦСП ADSP-21160, що має кращі характеристики в порівнянні з мікроконтролером ATmega128. Частотний діапазон, який займають сигнали згідно виразів (1) і (2) складає 8 МГц. Ця смуга частот найбільш наближена до параметрів стандарту передачі даних 802.16e. Тому дослідження проводились в цій смузі частот і показали ефективність обраного шляху реалізації програмного забезпечення та схемотехнічних рішень.

Література

1. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. - London: ELSEVIER, 2010. - 431 p.
2. Jeffrey G. A., Arunabha G., Rias M. Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking. - Washington: Pearson Education, Inc., 2007. - 478 p.
3. Макаренко А. О. Багатоканальна телекомунікаційна система на основі мережі електроживлення: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі / А. О. Макаренко. - К., 2011. - 156 с.
4. VisualDSP++ Development Software Release 5.0 [Електронний ресурс] // – Режим доступу : <http://www.analog.com>
5. Проектирование с использованием процессоров Analog Devices [Електронний ресурс] // - Режим доступу : <http://kit-e.ru>
6. Вальпа О. Д. Разработка устройств на основе цифровых сигнальных процессоров фирмы Analog Devices с использованием Visual DSP++ / О. Д. Вальпа. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 270 с.
7. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс ; пер. с англ. ; [2-е изд.]. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.
8. Гринкевич, Г.О., Макаренко, А. О. Розробка імітаційної моделі та алгоритмів функціонування МІМО-системи / Г. О. Гринкевич // Зв'язок. - 2012. - №2. - С. 29-33.