

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Інститут цифровізації освіти НАПН України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського
Вінницький національний технічний університет
Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Харківський національний університет радіоелектроніки
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України
Черкаський державний технологічний університет
Національний авіаційний університет

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

V Всеукраїнської науково-технічної конференції

Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення

м. Житомир, 01-02 грудня 2022 р.

Житомир
2022

УДК 621.396.946

Пятін І.С., к.т.н., доцент

Хмельницький політехнічний коледж НУ «Львівська політехніка»

Бойко Ю.М., д.т.н., професор

Хмельницький національний університет

СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ НА БАЗІ ПРОГРАМНО КЕРОВАНОГО РАДІО

Мобільний зв'язок дозволяє транслювати голосові та мультимедійні дані через робочу станцію у каналі зв'язку, а саме - вільному просторі, де виникає багатопроменеве поширення, затримка сигналу, зміщення частоти і фази несучої. Тому приймач цифрової системи зв'язку повинен містити кола синхронізації [1-2]. Структурна схема системи зв'язку приведена на рис. 1.

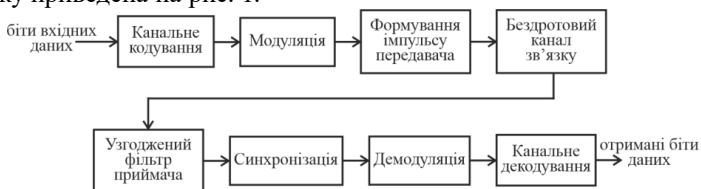


Рис. 1. Структурна схема системи зв'язку

Програмно кероване радіо (SDR) передбачає створення більшості фізичних блоків на основі алгоритмів цифрової обробки сигналів [2]. Аналогові каскади, такі як підсилення, фільтрація, модуляція, демодуляція, реалізуються у програмному забезпеченні. SDR складається з апаратного забезпечення на вході радіочастотного блоку, тобто антени та високошвидкісного АЦП, і програмного забезпечення, що працює з використанням FPGA і процесору обробки сигналів.

Важливою складовою є каналне кодування, яке підвищує завадостійкість системи зв'язку. На рис. 2 приведені результати дослідження коефіцієнту бітових помилок (BER) деяких кодів, що використовуються у телекомунікаціях. Кодова швидкість 2/3; Модуляція QPSK. Можна зробити висновок, що більшу енергетичну ефективність мають турбо коди, полярні, LDPC, які використовуються в сучасних телекомунікаційних пристроях.

Перевагою реалізації сучасних систем зв'язку на базі ПЛІС є високий рівень паралелізму обробки інформації, що значно підвищує продуктивність. Проведено дослідження спотворень сузір'я 64QAM на базі тестової плати ПЛІС Xilinx Zynq-7000. Для FPGA має бути

організована потокова передача даних – організація вхідних даних у послідовність відліків, які можна обробити за один прохід.

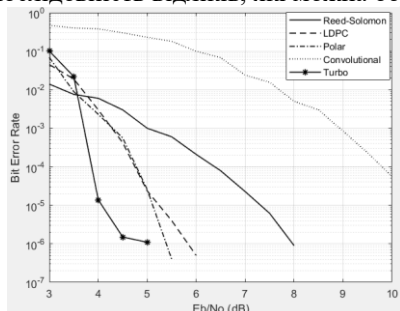


Рис. 2. Залежність коефіцієнту бітових помилок (BER) від відношення сигнал-шум для різних канальних кодів

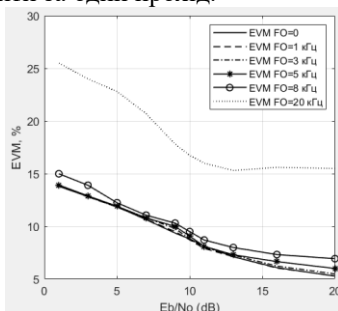


Рис. 3. Залежність Error Vector Magnitude (EVM) від відношення сигнал-шум для системи зв'язку з різним зміщенням частоти

Алгоритми потокової передачі мають доступ до обмеженого обсягу пам'яті та ресурсів ПЛІС. Блоки приймають та повертають дані у вигляді послідовних вибірок та керуючих сигналів. Сигнали керування вказують межі фрейму. Протокол імітує реальну систему, включаючи неактивні інтервали між вибірками та фреймами.

Проведене дослідження показників якості відтворення сузір'я цифрової модуляції на боці приймача. EVM (величина вектора помилок) є середньоквадратичним значенням, розрахованим і вираженим у відсотках по відношенню до еталонного значення EVM.

Модуль вектора помилки є довжиною вектора, який з'єднує вектор опорного сигналу з вектором виміряного сигналу.

З отриманих залежностей (рис. 3) можна зробити висновок, що для значень зміщення частоти від 1 до 8 кГц, величина вектора помилок знаходиться на прийнятному рівні з середнім значенням менше 10% при зміні відношення сигнал-шум від 1 до 20 дБ. Більш високі значення зміщення частоти приводять до збільшення спотворень сигнального сузір'я і високих значень величини вектора помилки.

Література

1. Proakis, J. G. Digital communications / J.G. Proakis, M. Salehi, 5th ed. - McGraw-Hill, 2001. – 1141 p.
2. Пятін І.С. Дослідження синхронізації цифрових систем зв'язку / Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. - №5. – С. 175-183.