

О. В. СТАЛЬЧЕНКО
М. В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ
С. О. КИРИЛЮК
А. О. МЕГЛЕЙ

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ ДУПЛЕКСНИХ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто відомі методи організації дуплексних режимів роботи в системах передачі інформації (частотні, тимчасові і компенсаційні). Показано, що на нинішньому рівні розвитку цифрової обробки сигналів, саме компенсаційні методи поділу напрямків передачі стають основою для підвищення завадостійкості і ефективності використання каналних ресурсів дуплексних дротових і бездротових систем.

Ключові слова: *ехокомпенсатор, завадозахищеність, дуплексна система зв'язку.*

Abstract

Considered known methods for organizing duplex modes of work in information systems (frequency, time and compensation). It is shown that at the current level of development of digital signal processing, compensating methods of division of transmission lines become the basis for increasing noise immunity and efficiency of channel resources utilization of duplex wired and wireless systems.

Keywords: *echo canceller, noise immunity, duplex communication system*

Вступ

В даний час, з кожним роком істотно зростають інформаційні потоки, що передаються по каналах зв'язку. Дана обставина вимагає постійного збільшення швидкості і вірності передачі інформації. Це складне завдання вирішується комплексом заходів, таких як усунення надмірності в повідомленнях, завадостійке кодування, ефективні методи модуляції і так далі. З урахуванням того, що реальні канали є каналами зі змінними параметрами, в сучасних системах зв'язку, як правило, застосовуються адаптивні методи передачі і прийому.

Однак, в сучасних системах зв'язку найчастіше застосовується дуплексна передача, і оскільки реальні канали зв'язку, строго кажучи, слід вважати каналами зі змінними параметрами, то необхідність використання процедур адаптації очевидна і для дуплексних систем передачі, при цьому в дуплексних системах передачі існує специфічна проблема, обумовлена взаємним впливом зустрічних напрямків передачі. Ця «класична» проблема, яка здавна вирішувалася різними методами. У телефонії використовувалися диференціальні системи в поєднанні з ехозагороджувачем, в системах передачі даних - диференціальні системи в поєднанні з ехокомпенсаторами. З огляду на зміни параметрів каналу зв'язку в процесі сеансу зв'язку ехокомпенсатори повинні бути також адаптивними.

Теорія адаптації стосовно завдань зв'язку розроблялася вітчизняними вченими Я.З. Ципкиним, Р.Л. Стратановічем, В.В. Шахгільдяном, В.В. Лохвицьким, А.І. Фальком, С.А. Куріциним і іншими. Істотний внесок у розвиток цієї теорії внесли зарубіжні вчені М. Лохи, М.І. Сондхи, Б. Уїдроу, С. Стірнз і ін. Великий вклад в розвиток теорії і практики усунення впливу зустрічних напрямків передачі внесли М.К. Цибулін, А.Д. Снігова, С.С. Шаврин і ін.

Метою роботи є створення основ теорії дуплексних систем передачі повідомлень і розробка на їх базі методу і пристроїв інваріантної адаптивної ехокомпенсації.

Класифікація ехокомпенсаторів

Внаслідок зміни параметрів каналу під час сеансу зв'язку, що впливає на точність ехоподавлення, ехокомпенсатори повинні бути адаптивними. Серед відомих схем адаптивних ехокомпенсаторів найбільш широке поширення знайшли табличні і ехокомпенсатори на основі трансверсальних фільтрів. Однак при експлуатації такого роду ехокомпенсаторів було виявлено такі недоліки реалізації табличних ехокомпенсаторів: необхідний великий обсяг пам'яті, в якій зберігаються всі можливі заздалегідь обчислені зразки ехосигналів; в разі використання ехокомпенсаторів на базі трансверсальних фільтрів слід дотримуватися операцій типу згортки переданих сигналів і копії імпульсної реакції ехотракта, що вимагає великої кількості операцій множення і складання за інтервал дискретизації сигналів. Зазначені недоліки стимулюють пошук нових методів ехокомпенсації.

Один з таких методів використовує новий математичний апарат перетворення сигналів каналом зв'язку - теорію груп перетворень. Відповідно до цієї теорії, перетворення вхідних сигналів у вихідні можна розглядати як перетворення системи координат простору представлення сигналів, коли вхідні сигнали відображаються точками в одній системі координат, а вихідні сигнали - тими ж точками в іншій, реформованій системі координат. Операція перетворення систем координат має властивості груп. Зокрема, для лінійних систем, до яких відносяться лінійні канали зв'язку, перетворення систем координат сигнального простору є афінною групою перетворень. При цьому найважливішим моментом для передачі повідомлень є те, що групи перетворень мають інваріанти - особливі співвідношення між параметрами сигналів, які залишаються незмінними, незважаючи на спотворення самих сигналів каналом зв'язку. На базі цих інваріантів синтезовані інваріантні методи передачі, що забезпечують нечутливість переданих повідомлень до спотворень сигналів каналом зв'язку. Обґрунтуванню та реалізації інваріантних методів передачі на базі теорії груп перетворень присвячені роботи В.В. Лебедянцева.

Перетворення переданих сигналів лінійним ехотрактом дуплексної системи зв'язку також можна розглядати як перетворення афінної групи з основним інваріантом у вигляді збереження відношень довжин векторів сигналів однакового спрямування. На базі цього інваріанта синтезований інваріантний ехокомпенсатор, що розраховує оцінки довжин векторів ехосигналів по їх попереднім реалізаціям, який за кількістю операцій економічніший ніж компенсатор на базі трансверсального фільтра і вимагає для своєї реалізації меншого обсягу пам'яті в порівнянні з табличним ехокомпенсатором [1,2]. Варіанти реалізації інваріантного ехокомпенсатора з атенуатором при обробці сигналів в частотній області досліджено в роботах В.Б. Малінкін та інших російських вчених. Однак інваріантний ехокомпенсатор не є адаптивним, оскільки після зміни параметрів ехотракта на його виході виникають ехосигнали, що поки не дозволяє використовувати такі компенсатори в реальних дуплексних системах зв'язку. Крім того, в даний час відсутня загальна теорія дуплексних систем зв'язку, що ускладнює розробку нових методів передачі повідомлень в умовах взаємного впливу зустрічних напрямків поширення сигналів.

Після розгляду основних принципів поділу напрямків передачі можна провести систематизацію способів поділу за допомогою відповідних ознак. Перша ознака являє собою характер включення ехокомпенсатора щодо компенсувального ехотракта. У відповідність з цією ознакою можна розрізнити паралельний, послідовний і паралельно- послідовний способи компенсації.

Друга класифікуюча ознака визначається наявністю управління роботою компенсатора з боку джерела ехосигналів. Залежно від, існує це управління або відсутнє, ехокомпенсатори діляться на керовані (з змінними параметрами) і некеровані (з постійними параметрами). Прикладом керованого компенсатора служить послідовний компенсатор на основі взаємно-зворотних структур, приклад некерованого компенсатора - компенсатор на основі лінійного фільтра з постійними параметрами.

Третя класифікуюча ознака - симетричність щодо змін параметрів ехотракта. Відповідно розрізняють інваріантні і неінваріантні способи компенсації [3]. Прикладом інваріантного компенсатора є послідовний компенсатор на взаємно-зворотних структурах [4]. До часткового інваріантного способу відноситься паралельно-послідовний компенсатор. Існують також назви компенсаційних методів: абсолютні і відносні. Неінваріантні методи компенсації називаються абсолютними, а інваріантні методи називаються відносними. В якості четвертої ознаки слід використовувати властивість адаптуватися до умов, що змінюються параметром ехотракта і відповідно розділяти компенсатори на адаптивні і неадаптивні [5]. Оскільки реальні параметри

ехотракта при роботі по комутуваних каналах можуть бути невідомими, а також змінюватися в часі, то проблема адаптації ехокомпенсаторів має велике значення.

На рис 1 наведена структура розробленої класифікації компенсаційних методів поділу напрямків передачі в дуплексних системах зв'язку.

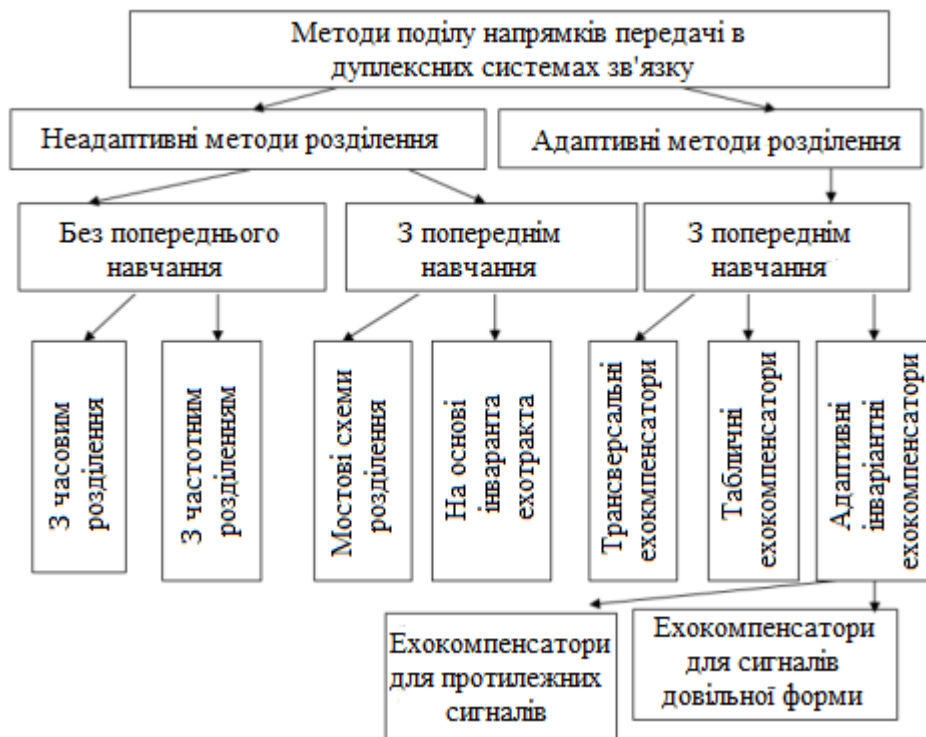


Рисунок – 1. Класифікація компенсаційних методів поділу напрямків передачі в дуплексних системах зв'язку

Підводячи підсумки виконаної роботи, слід зазначити, що питання підвищення завадозахищеності дуплексних систем зв'язку завжди були і залишаються найбільш актуальною проблемою реалізації телекомунікаційної і радіоелектронної техніки найрізноманітнішого призначення [6].

Нова класифікація існуючих методів усунення електричного еха в дуплексних системах передачі повідомлень, яка дозволяє виявити безліч варіантів реалізації компенсаційних пристроїв, проводити аналіз, будувати і досліджувати різні структури компенсаторів ближнього і далекого відлуння в системах дуплексної передачі інформації [7,8]

Висновки

1. Для дослідження двосторонніх систем, з метою виявлення основних елементів, що впливають на якість передачі інформації, розглянута типова структурна схема дуплексної передачі повідомлень.
2. Розглянуто різні методи ехокомпенсації в дуплексних системах передачі інформації. На основі порівняльного аналізу методів поділу напрямків передачі повідомлень, можна вибрати ехокомпенсатор для застосування в апаратурі електрозв'язку.
3. Наведено принципи адаптації в системах двосторонньої передачі повідомлень.
4. Проведено аналіз і порівняння паралельних і послідовних адаптивних ехокомпенсаторів.
5. Розроблено класифікацію принципів поділу напрямків ехокомпенсаторів. На підставі розробленої класифікації можна будувати і досліджувати різні структури компенсаторів ближнього і далекого відлуння в системах дуплексної передачі інформації.
6. На основі проведеного огляду наукових робіт поставлено завдання дослідження актуальних питань сучасної радіотехніки і телекомунікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов С.С. Инвариантный адаптивный эхокомпенсатор с квадратурными каналами обработки информации / Фундаментальные исследования, № 6, 2014. – С. 909 - 913.
2. Абрамов С.С. Анализ качества функционирования инвариантного эхокомпенсатора в условиях изменения параметров канала связи / Фундаментальные исследования. № , 2015. – № 7 (часть 4). – С. 736-740.
3. Абрамов С.С. Дробно-интервальный корректор. / Материалы российской научно-технической конференции «Современные проблемы телекоммуникаций» - Новосибирск, 2014. - С.205. 167.
4. Абрамов С.С. Линейные трансверсальные корректоры/ Материалы российской научно-технической конференции «Современные проблемы телекоммуникаций» - Новосибирск, 2014. - С.206.
5. Абрамов С.С., Апханова Е.Б. Алгоритмы адаптивной фильтрации и особенности реализации. / Материалы российской научно-технической конференции «Современные проблемы телекоммуникаций» - Новосибирск, 2015. Том 1 - С.454-456.
6. Абрамов С.С., Гусельников А.С. Тензорная модель эхотракта и его инварианты. / Материалы российской научно-технической конференции «Современные проблемы телекоммуникаций» - Новосибирск, 2015. Том 1 - С.457-459.
7. С.С. Абрамов, В.В. Лебедев, А.С. Гусельников, А.А. Калачиков, И.И. Павлов. Устранение межсимвольных помех на выходе эхотракта в инвариантном эхокомпенсаторе с квадратурными каналами. // Фундаментальные исследования. 2015, №10, ч.1. С.36-42.
8. Лебедев В.В. Обобщенный инвариантный метод передачи сообщений и оценка его информационной защищенности. // Инфокоммуникационные технологии. Том 12, №3, 2014, С.28-32.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Стальченко Олександр Володимирович – канд. тех. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Кирилюк Сергій Олександрович – студент групи ТКС-18м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Меглей Артем Олегович – студент групи ТКТ-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Vasylykivskiy Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Stalchenko Alexandr Vol. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kyrylyuk Serhii - group TKS-18m, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Megley Artyom - student of the group TKT-17ms, faculty of infocommunications, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.