

А. Я. КУЛИК, д-р техн. наук, проф. ВНТУ, м. Вінниця

СИСТЕМА ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦІЙ

Предложена передача информации с использованием ортогональных Вейвлет-функций. Это разрешает сохранить все преимущества метода передачи с использованием функций Уолша, но и позволяет сократить используемую каналом полосу частот, а также упростить используемое оборудование. Разработана структурная схема и алгоритмы работы для передающей и приемной частей.

It is offered to transmitting the information with use as the carrier orthogonal wavelets. It allows saving all advantages of a method of transfer with use of Walsh functions, but the strip of frequencies, borrowed by the channel, is reduced and the used hardware becomes simpler. The structure scheme and algorithms of functioning for the transmitter and receiver is developed.

Вступ. Реалізація методів широкосмугової модуляції в сучасних комп'ютерних системах і мережах базується на використанні метода прямої послідовності (DSSS) та метода частотних стрибків (FHSS). Перший з них є більш ефективним за параметрами і перспективним для подальшого удосконалення, хоча і відрізняється певною складністю побудови обладнання.

Аналіз попередніх досліджень. Використовувані для цього функції Уолша відрізняються тим, що кожна з кодових комбінацій, яка є функцією Уолша, фактично являє собою секвену, методи виділення якої хоча і відомі [1 – 3], але вимагають суттєвих апаратних витрат. Разом з тим, перспективність методу підкреслюється тим, що в теперішній час приділяється значна увага заміні кодувальних функцій Уолша на інші. Певні нароби є у використанні квазіхаотичних сигналів [4, 5]. Але сформовані послідовності уніполярні, що протирічить основним засадам передавання інформації, оскільки вони вміщують суттєву постійну складову і вимагають штучної біполяризації.

Метою досліджень є усунення сформульованих вище недоліків.

Матеріал і результати дослідження. З цієї точки зору більш ефективним є використання вейвлет-функцій, які них позбавлені. Одним з видів вейвлетів є функції Хаара, для формування яких використовується формула

$$H_l^n(\theta) = \begin{cases} 2^{l/2}, & (n-1)/2^l \leq \theta < (n-1/2)/2^l; \\ -2^{l/2}, & (n-1/2)/2^l \leq \theta < n/2^l; \\ 0, & \text{інші } \theta. \end{cases} \quad (1)$$

де $0 \leq l < N$;

N – кількість сформованих функцій;

$$1 \leq n < 2^l,$$

причому кожна із складових може виступати у вигляді ідентифікатора каналу, як цього потребує принцип асинхронно-адресового обміну інформацією. Зовнішній вигляд цих функцій поданий на рис. 1.

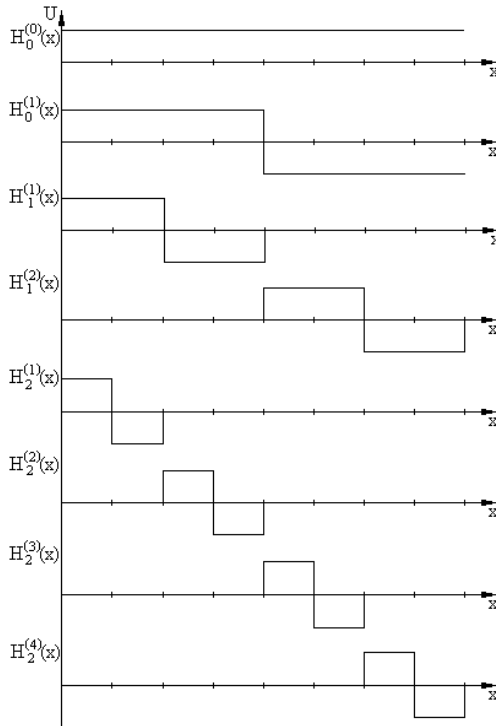


Рисунок 1 – Функції Хаара

Порівняно з функціями Уолша, функції Хаара є рівномірними, що спрощує побудову фільтрів, і біполярними, як цього вимагає побудова засобів передавання інформації. разом з тим, кожна з функцій Хаара реалізується імпульсами однакової тривалості, але в межах функції її складові зсунуті за часовою віссю. Тобто при використанні функцій Хаара для груп приймальних пристроїв можна використовувати однакові фільтри, в той час як при використанні функцій Уолша необхідно для кожної з них будувати окремий фільтр. За рахунок цього можна значно зменшити апаратні витрати без втрати переваг методу широкосмугової модуляції, оскільки функції Хаара також є ортонормованими і принцип розподілу сигналів зберігається повністю [6].

В цьому випадку проблема ідентифікації сигналів полягає в ідентифікації частоти прийнятого сигналу і його фази відносно

базового значення часового інтервалу. Оскільки для асинхронного режиму передавання кожне інформаційне повідомлення починається зі стартового імпульсу, то алгоритм передавання сам вміщує в собі початок відрахунку, як це подано на рис. 2.

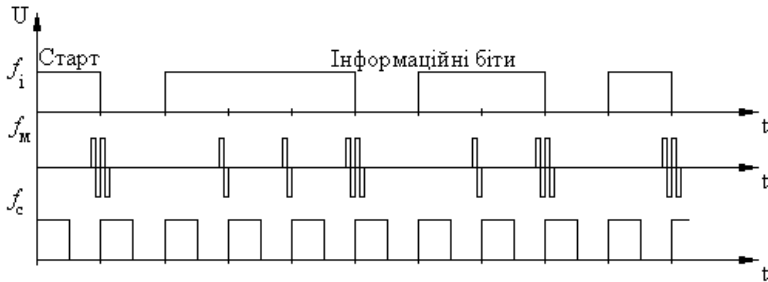


Рисунок 2 – Кодування бітів функціями Хаара в умовах широкосмугової модуляції

Для синхронного режиму передавання кожне інформаційне повідомлення починається з передавання синхросигналу, який теж може виступати початком відрахунку фази сигналу. Характерним для функцій Хаара є постійний зсув фази в кожній групі. Тому для даного випадку особливістю використання функцій є те, що для кодування нулів і одиниць по кожному каналу не можна використовувати функцій однієї групи, розташовані поряд, що може викликати неоднозначність ідентифікації, але використання в парі рівнозсунутих від границь функцій цілком можливе ($H_2^{(1)}$ та $H_2^{(4)}$ або $H_2^{(2)}$ та $H_2^{(3)}$).

Для реалізації вказаного принципу кодування потрібно здійснити певні дії [7, 8]:

на передавальному боці:

- дискретну інформацію по байтах зчитати з носія і перетворити на послідовний код;

- дані піддати кодуванню таким чином, що сигнали рівнів логічної “одиниці” і логічного “нуля” перетворити на комбінації, кожна з яких відповідає ортогональній функції Хаара, які виступають ідентифікаторами приймача;

- сформовані сигнали передати до каналу зв’язку;

на приймальному боці:

- прийняти сигнал з каналу зв’язку;

- ідентифікувати кодову комбінацію;

- у випадку співпадіння отриманої комбінації з ідентифікатором, перетворити її на одиницю чи нуль кодової комбінації і записати на носій;

- при цьому постійно фіксувати час надходження сигналів з лінії зв’язку і здійснювати додатковий контроль тривалості сигналів;

– при неспівпадінні отриманої комбінації з ідентифікатором, дані, що надійшли з каналу зв'язку, ігнорувати.

Такий порядок приймання сигналів з каналу зв'язку визначає асинхронно-адресовий режим обміну і дозволяє уникнути ситуації, коли заваду сприймають як інформаційний сигнал. Для забезпечення однозначності декодування інформації, передавання інформаційного слова розпочинають зі стартового імпульсу.

Для реалізації вищевказаних дій може бути застосована структура [8], наведена на рис. 3.

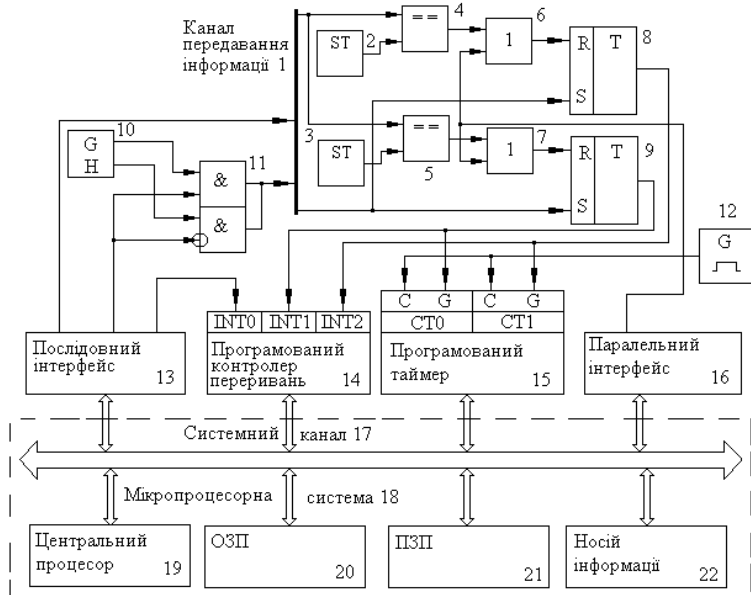


Рисунок 3 – Структура для реалізації метода широкосмугової модуляції в базисі функцій Хаара

Оскільки базові функції Хаара є ортогональними, то змішування інформації у спільній смузі частот не відбувається, і, хоча кожний з каналів використовує всю смугу частот, в результаті вона буде вузькою ніж за умови утворення окремих каналів. За рахунок порівняння прийнятої кодової комбінації з ідентифікатором та додаткового контролю відповідності тривалості надходження сигналів можна розрізнити інформативний сигнал, який діє протягом чітко визначеного проміжку часу, і заваду, яка діє випадково.

Робота пристрою ілюструється відповідними схемами для режимів передавача і приймача (відповідно рис. 4 та 5).

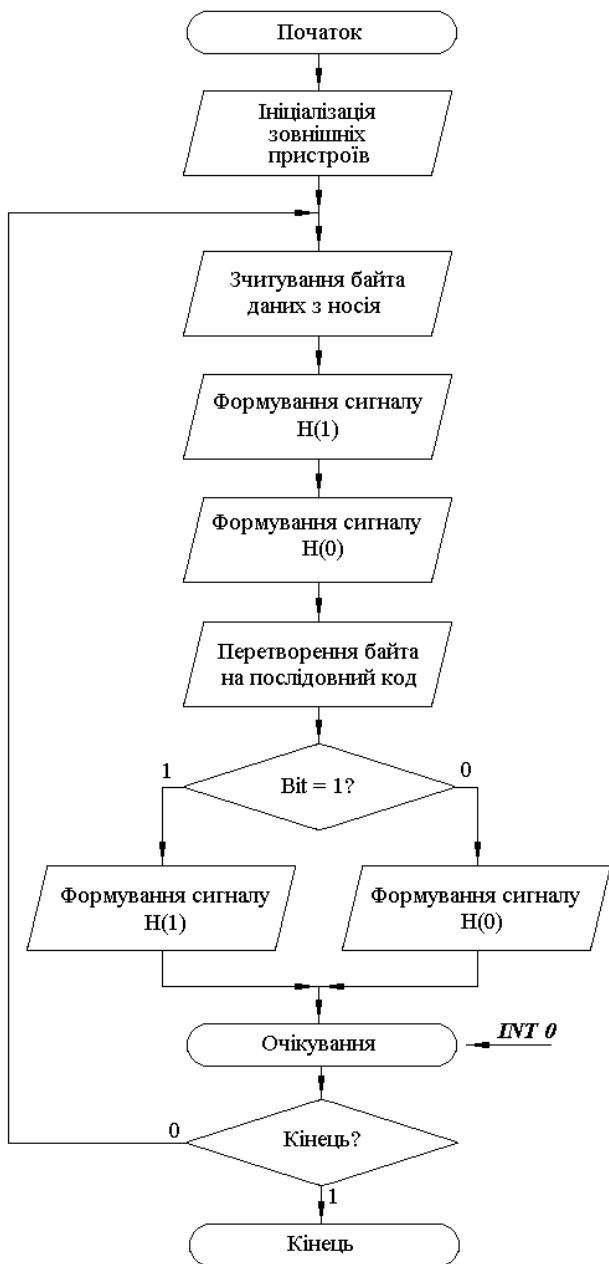


Рисунок 4 – Схема роботи пристрою в режимі передавача

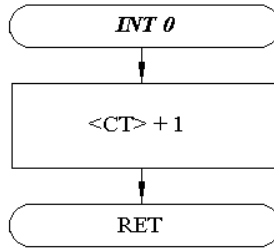


Рисунок 4 – Продовження

При увімкненні живлення центральний процесор 19 персонального комп'ютера 18 здійснює ініціалізацію послідовного інтерфейсу 13, програмуючи його на необхідний режим роботи і швидкість передавання, а також програмованого контролера переривань 14, визначаючи адреси підпрограм оброблювання переривань. Після цього з носія інформації 22 центральним процесором 19 зчитується байт інформації і пересилається до послідовного інтерфейсу 13, який перетворює його на послідовний код і передає до схеми «Д» 11, яка замінює сигнали логічної “одиниці” функцією Хаара, що виступає адресовим ідентифікатором даного конкретного приймача, за допомогою генератора 10.

Логічний «нуль» замінюється іншою функцією Хаара, аналогічно поданому вище. Сформована кодова комбінація пересилається до каналу передавання інформації 1 разом з синхросигналом послідовного інтерфейсу 13. Завершення перетворення байта інформації на послідовний код інтерфейсом 13 і його пересилання до каналу зв'язку 1 супроводжується формуванням сигналу переривання *INT0*, який надходить на контролер 14. Відповідно до алгоритму роботи, центральний процесор 19 переходить до підпрограми оброблювання переривання за вектором 0 і фіксує у програмно реалізованому лічильнику циклів передавання одного байта. Процес повторюється до тих пір, поки всі байти, що знаходяться на носію інформації 22 не будуть передані до каналу зв'язку 1.

На приймальній частині при увімкненні живлення центральний процесор 19 здійснює ініціалізацію програмованого таймера 15, програмованого контролера переривань 14 та паралельного інтерфейсу 13. Лічильники *CT0* та *CT1* програмованого таймера 15 налаштовуються на режим рахування імпульсів (переривання термінального рахування). Після цього приймальна частина пристрою переходить до режиму очікування стартового адресового сигналу з каналу передавання інформації 1. Кожний синхросигнал, що надходить з каналу 1,

переводить тригери 8 та 9 до стану логічної одиниці, дозволяючи тим самим роботу лічильників СТ0 та СТ1 програмованого таймера 15.

Якщо з каналу 1 надходить комбінація, що характеризує одиницю, то компаратори 4 та 5 фіксують сигнали позитивної та негативної амплітуди, формуючи на виходах імпульси скидання тригерів 8 та 9 через схеми "АБО" 6 та 7.

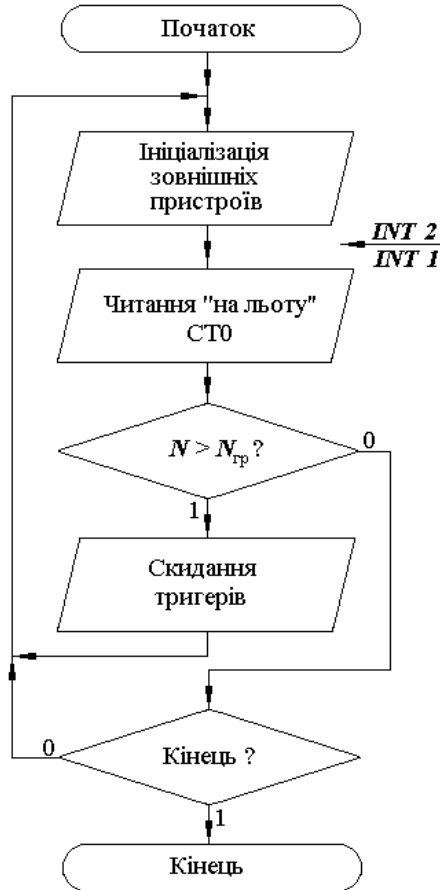


Рисунок 5 – Схема роботи пристрою в режимі приймача

Рівнем логічного “нуля” на входах *GATE* лічильників СТ1 та СТ0 програмованого таймера 15 їх робота забороняється, і в них фіксуються поточні значення:

$$N_{CT1} = T_{z1} / T_0, \quad (2)$$

$$N_{CT0} = T_{z0} / T_0. \quad (3)$$

де T_{z1} – час затримки позитивного імпульсу функції Хаара відносно синхроімпульсу;

T_{z0} – час затримки негативного імпульсу функції Хаара відносно синхроімпульсу;

T_0 – період генератора опорної частоти 12.

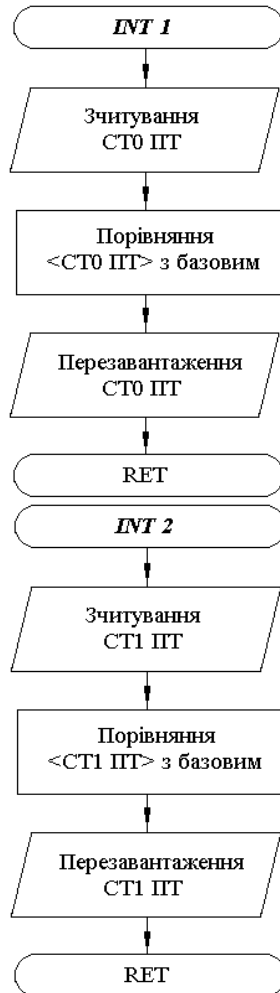


Рисунок 5 – Продовження

Одночасно зі скиданням тригерів 8 та 9 формуються сигнали переривань відповідно по векторах INT2 та INT1 програмованого контролера переривань 14, за якими зчитуються значення, зафіксовані

у лічильниках СТ0 та СТ1 програмованого таймера 15 і здійснюється їх перезавантаження.

Вказані часові показники однозначно характеризують кожну функцію Хаара і дозволяють її повністю ідентифікувати. Якщо визначена функція відповідає присвоєній даному приймачу (для випадку співпадіння адрес), то замість неї до носія інформації записується одиниця. Перша з отриманих одиниць завжди є стартовим імпульсом, після якої надходить нуль та вісім інформативних бітів, причому кожна одиниця передається такою самою функцією Хаара.

Якщо визначена функція не відповідає присвоєній даному приймачу, то передавання ігнорується. Якщо після надходження стартового імпульсу не надходить друга належна функція Хаара, то, після завершення можливого часу для надходження імпульсів відтворення належної функції, через паралельний інтерфейс 16 тригери скидаються.

Процес продовжується до тих пір, поки вся інформація не буде прийнята з каналу 1, після чого центральний процесор 19 переходить до оброблювання зареєстрованих значень.

Виходячи з вищевикладеного можна фіксувати протягом якого часу надходив сигнал з каналу передавання інформації 1. Якщо тривалість часової позиції (час, протягом якого надходив сигнал з каналу 1) не відповідає встановленій тривалості передавання позитивного та негативного імпульсів, то інформація прийнята помилково і зберігати її непотрібно. Якщо інформація прийнята правильно, то ідентифікована кодова комбінація записується на носій 22.

Метод пройшов апробацію під час впровадження у ВНТУ, а також на підприємствах «Інтехсервіс-В» та «Пожежне спостереження – Вінниця». Результати експериментальної перевірки наведені на рис. 6.

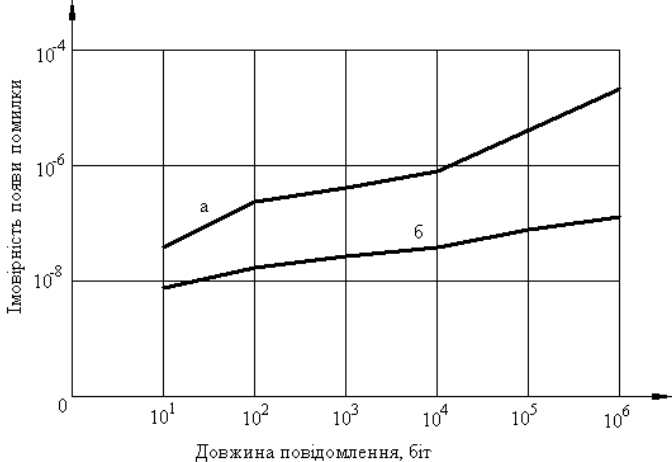


Рисунок 6 – Характеристики стандартного та розробленого пристроїв:
а – стандартний пристрій; б – розроблений пристрій

Висновки. Оскільки до каналу передавання надходить інформація, перекодована за умовами широкопasmової модуляції з використанням ортогональних функцій Хаара, то при цьому досягається значний позитивний ефект, який полягає у звуженні смуги частот, яку займають канали багатоканальної системи, що в свою чергу підвищує ефективність експлуатації лінії. Крім цього, додатковий контроль супроводження інформаційних сигналів дозволяє уникнути ситуації, коли завада сприймається як інформаційне повідомлення, що збільшує вірогідність її приймання.

Побудова багатоканальної системи з використанням ортогональних функцій Хаара в умовах широкопasmової модуляції дозволяє для вказаних умов скоротити смугу частот у 4,46 рази. Відповідно у 4,46 рази зростає ефективність використання лінії.

Список літератури: 1 *Harmuth H. F.* Applications of Walsh function in communications / *H. F. Harmuth* // IEEE Spectrum. – 1969. – Nov. – PP. 82 – 91. 2 *Harmuth F. H.* Sequence filters based on Walsh functions / *H. F. Harmuth* // IEEE Trans. – 1968. – June. – EMC-10. – № 2. – PP. 293 – 295. 3 *Хармут Х. Ф.* Передача информации ортогональными функциями: Пер. с англ. / *Х. Ф. Хармут.* – М. : Связь, 1975. – 272 с. 4 Пакетная передача информации при ее маскировке многомодовым хаосом: тр. 5-й Междунар. конф. “Цифровая обработка сигналов и ее применение (DSPA-2003)” [Електронний ресурс] / *Э. В. Кальянов.* – С. -Пб. : ЗАО АВТЭК. – 2003 – Режим доступа: <http://www.autex.spb.ru> 5 Новые подходы к решению проблем в системах связи и компьютерных сетях: динамический хаос [Електронний ресурс] / *А. Дмитриев, С. Старков* // Компьютерра. – 2001. – № 46 (423). – Режим доступа до журн. : <http://www.kinnet.ru/cterra/423/14434.html> 6 *Kulyk A.* Use of Wavelet-Functions in Techniques of Telecommunications and Computer Networks / *A. Kulyk, O. Zralko* // Internet – Education – Science: Forth International Conf. Vinnytsia, Septtmbler 28 – October 16, 2004. – Baku (Azerbaijan) – Vinnytsia (Ukraine) – Veliko Turnovo (Bulgaria). – 2004. – Vol. 2. – P. 673 – 675. 7 Пат. 5439 України, МПК⁷ Н03М 13/00. Спосіб передачі дискретної інформації в умовах широкопasmової модуляції / *Кулик А. Я., Зралко О. Г., Кривогузченко Д. С.* (Україна); ВНТУ. – № 20040604294; заявл. 03. 06. 2004; опубл. 15. 03. 2005; Бюл. № 3. – 3 с. 8 Пат. 9071 України, МПК⁷ Н03М 13/00. Пристрій для передавання дискретної інформації в умовах широкопasmової модуляції / *Кулик А. Я.* (Україна); ВНТУ. – № 20041209950; заявл. 06. 12. 2004; опубл. 15.09.2005; Бюл. № 9. – 3 с.

Надійшла до редакції 03.10.2010