

Основним обмеженням умов використання системи є відстань передачі від сервера до клієнта, яка залежить від потужності Wi-Fi передатника/приймача.

Возможні місця застосування системи:

- в медичних закладах лікар може бути в курсі температури хворого, перебуваючи в межах відділення;

- контроль температури виробничих процесів в невеликих цехах і т.д.

Література

1. Программування КПК і смартфонів на .NET Compact Framework [Текст] / Клімов А. П. – СПб.: Пітер, 2007. –320 с.: іл. -ISBN 5-91180-270-8.
2. Автоматизація фізических досліджень і експерименту: комп'ютерні вимірювання і віртуальні прилади на основі Lab VIEW 7 [Текст] / Бутурин П.А., Васильовська Т.А., Каратаєва В.В., Материкін С.В. ; Під. ред. Бутуріна П. А. - М.: ДМК Прес, 2005. 264 с.: іл. - ISBN 5-94074-084-7.

□ □

Модифіковано метод підвищення швидкості передачі інформації на основі КАМ з використанням миттєвої фази як додаткового інформаційного параметру. Розроблено математичну модель сигналу на основі модифікованого методу

Ключові слова: КАМ, телекомунікації, фаза, завадостійкість, інформація

□ □

Модифіцирован метод повышения скорости передачи данных на основе КАМ с использованием мгновенной фазы качестве дополнительного информационного параметра. Разработана математическая модель сигнала на основе модифицированного метода

Ключевые слова: КАМ, телекоммуникации, фаза, помехоустойчивость, информация

□ □

The method of increasing the speed of information transfer based on the QAM using instantaneous phase as an additional information parameter is modified. The mathematical model of the signal based on the modified method is performed

Keywords: QAM, telecommunication, phase, noise immunity, information

□ □

УДК 681.376.6

МОДИФІКАЦІЯ КАМ З ПЕРЕКОМУТАЦІЄЮ СКЛАДОВИХ ЧАСТОТИ- НОСІЯ

А.А. Овчарук*

Контактний тел.: (0432) 69-13-78
E-mail: pendalf2008@inbox.ru

С.Т. Барась

Кандидат технічних наук, доцент, декан*
*Кафедра проектування комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури**
Контактний тел.: (0432) 59-85-38
E-mail: penalf2008@mail.ru

Т.І. Овчарук

Кафедра проектування медико-біологічної апаратури**
Контактний тел.: (0432) 43-57-68
E-mail: evaforlife@mail.ru
**Вінницький національний технічний університет
вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

1. Вступ

Традиційним підходом для підвищення швидкості передачі інформації на основі використання КАМ є збільшення кількості рівнів амплітуди і початкової фази сигналу [1].

Враховуючи те, що збільшення рівнів сигналу призводить до зростання міжрівневих спотворень, а, отже, і до збільшення кількості помилок, у роботах [2, 3, 4] було запропоновано альтернативні методи підвищення швидкості передачі інформації на основі КАМ.

При цьому у роботах [2, 3, 5] було розроблено моделі сигналів на основі запропонованих методів і проведено їх моделювання на ЕОМ, з результатів якого було виявлено, що дані методи дозволяють досягти кращої завадостійкості ніж використання традиційного методу підвищення швидкості передачі інформації на основі КАМ. Але в результаті комплексного розгляду цих робіт було виявлено, що запропоновані методи можуть частково доповнювати один одного, а в деяких з них (наприклад у [2, 4]) можна ввести ще один додатковий інформаційний параметр – час.

2. Постановка завдання

Метою даного дослідження є модифікація методу підвищення швидкості передачі інформації на основі КАМ з використанням миттєвої фази сигналу під час існування окремого імпульсу модулюючого сигналу як додаткового інформаційного параметру. Для цього вводиться ще один додатковий інформаційний параметр – час початку маніпуляції з миттєвою фазою сигналу.

3. Методика проведення досліджень

Звичайний КАМ-сигнал можна представити формулою [1, 6]:

$$Z_m(t) = I_m \cdot \cos(2\pi f_c t) + Q_m \cdot \sin(2\pi f_c t), \tag{1}$$

де I_m , Q_m – синфазний і квадратурний модулюючі імпульси;

f_c – частота-носії;

t – час, змінюється в діапазоні $\{(m-1) \cdot T_{im} \dots m \cdot T_{im} \}$;

$m = 1, 2, \dots, N_{im}$ – порядковий номер модулюючого імпульсу;

T_{im} – період модулюючого сигналу;

$\cos(2\pi f_c t)$ - синфазна складова частоти-носія;

$\sin(2\pi f_c t)$ - квадратурна складова частоти-носія;

N_{im} – кількість модулюючих імпульсів.

Демодуляція КАМ-сигналу відбувається відповідно до формул [7]:

$$y_1(t) = Z_m(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) = \tag{2}$$

$$= \frac{I_m}{2} + \frac{I_m}{2} \cdot \cos(4\pi f_c t) + \frac{Q_m}{2} \cdot \sin(4\pi f_c t);$$

$$y_Q(t) = Z_m(t) \cdot \sin(2\pi f_c t) = \tag{3}$$

$$= \frac{Q_m}{2} + \frac{Q_m}{2} \cdot \cos(4\pi f_c t) + \frac{I_m}{2} \cdot \sin(4\pi f_c t).$$

Після демодуляції відбувається низькочастотна фільтрація сигналів $y_1(t)$ та $y_Q(t)$, в результаті чого виділяються корисні складові Q'_m та I'_m :

$$Q'_m = \frac{Q_m}{2}; \tag{4}$$

$$I'_m = \frac{I_m}{2}. \tag{5}$$

У роботі [4] представлено метод підвищення швидкості передачі на основі КАМ у якому миттєва фаза сигналу змінюється за перекомутації складових частоти-носія під час існування окремого модулюючого імпульсу (позначимо цей метод як КАМФ). Суть цього методу полягає в наступному: якщо вузол «сузір'я» КАМ (рис. 1) знаходиться у 2-ій чи 4-ій чвертях, то завдяки проведенню перекомутації під час поточного модулюючого імпульсу можна передавати додаткові біти D за рахунок зміни фази сигналу [4, 5].

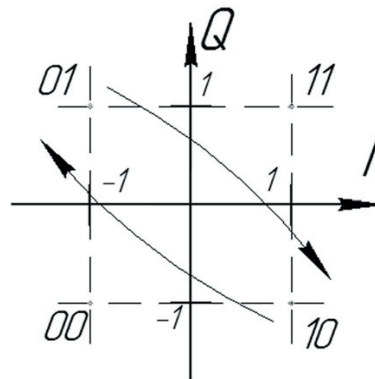


Рис. 1. Зміна положення вузла «сузір'я» в результаті перекомутації складових частоти-носія для алгоритму КАМ-4

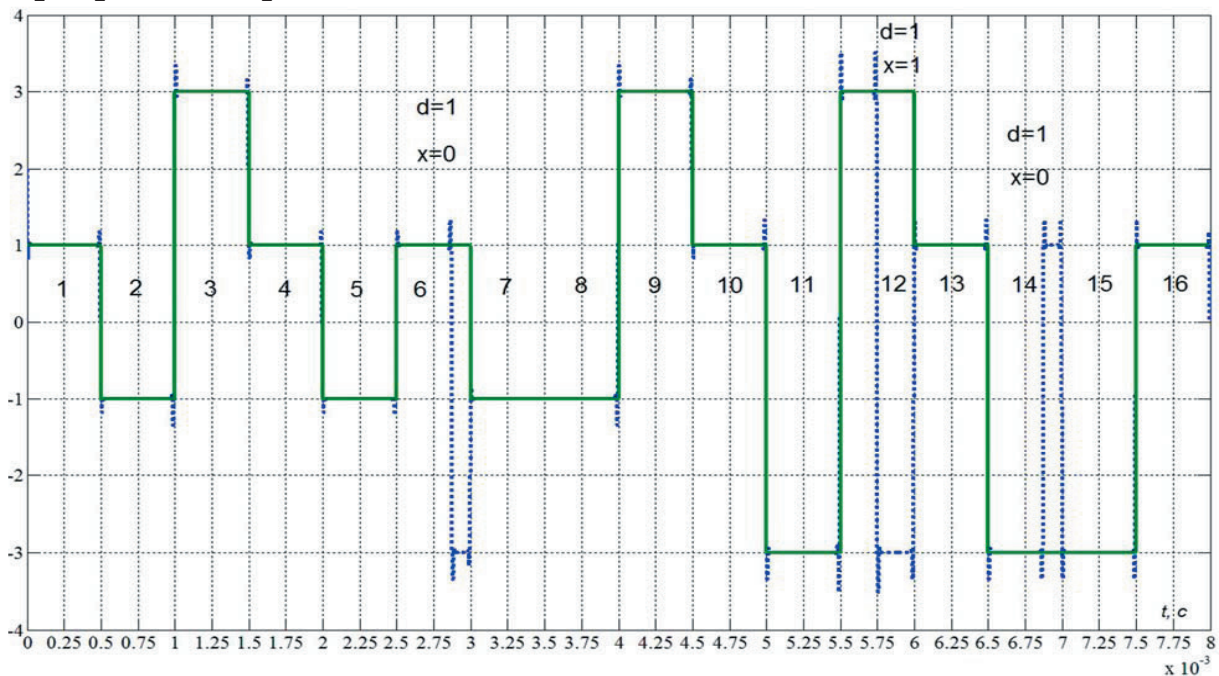


Рис. 2. Часове представлення модулюючого сигналу (суцільна лінія) та демодульованого сигналу КАМФ (штрихова лінія)

У [5] наведена математична модель сигналу, створеного на основі КАМФ. При цьому слід відмітити, що момент перекомутації складових частоти-носія t_1 обрано рівним половині тривалості модулюючого імпульсу. Але якщо цей момент поставити в залежність від певної послідовності модулюючих імпульсів X , то можна буде проводити передачі додаткових біт інформації.

На рис. 2 представлено такий сигнал, у якого момент перекомутації складових частоти-носія t_1 залежить від значення додаткового біту X .

Як видно з рис. 2, в імпульсах №6, 12 і 14 передається по 2 додаткових біти. Слід відмітити, що якщо додаткові біти D можуть передаватись лише при знаходженні вузла «сузір'я» КАМ в 2 чи 4 чвертях (рис. 1), то біти X можуть передаватись лише в разі проведення перекомутації. Враховуючи, що кожна перекомутація h – це передача одного додаткового біту інформації, приріст швидкості передачі інформації за рахунок додаткових бітів D буде визначатись [4]:

$$\Delta V_D(\%) = \frac{h}{N} \cdot L(\%), \quad (6)$$

де N – кількість основних бітів, що передаються у кожному імпульсі;

$L(\%)$ – статистична кількість інформації, що припадає на 2 і 4 чверті «сузір'я» КАМ у відсотках.

При цьому приріст швидкості передачі інформації за рахунок передачі бітів X буде визначатись:

$$\Delta V_X(\%) = 2^{N_x} \left(\frac{h}{N} \cdot L(\%) \right) \cdot P_1(D), \quad (7)$$

де N_x – кількість додаткових бітів послідовності X , які передаються в одному імпульсі;

$P_1(D)$ – імовірність випадання такого додаткового біту D , який спричинює перекомутацію.

При рівноймовірному розподілі основної інформації по чвертях «сузір'я» ($L(\%) = 50(\%)$) і при рівних ймовірностях проведення перекомутації чи ні ($P_1(D) = 0,5$) формули (6) і (7) перетворюються:

$$\Delta V_D(\%) = \frac{h}{N} \cdot L(\%) = \frac{h}{N} \cdot 50\%;$$

$$\Delta V_X(\%) = N_x \left(\frac{h}{N} \cdot 50\% \right) \cdot 0,5 = \frac{N_x h}{N} \cdot 25\%.$$

Тоді сумарний приріст швидкості передачі складатиме:

$$\Delta V_\Sigma(\%) = \frac{h}{N} \cdot 50\% + \frac{N_x h}{N} \cdot 25\% = \frac{h}{N} (2 + N_x) \cdot 25\%. \quad (8)$$

На основі представленої у [5] математичної моделі сигналу КАМФ з ере комутацією складових частоти-

носія можна розробити нову, в якій момент перекомутації буде використовуватись в якості ще одного додаткового інформаційного параметру:

1) передавач:

- задаємо множину значень модулюючих імпульсів I_m та Q_m , а також множини значень додаткових бітів d_m та x_m ;

- Створюємо множину можливих моментів перекомутації T_1 враховуючі час t_0 необхідний для визначення початкового значення «сузір'я» [4]:

$$T_1(i) = \{t_0 + i \cdot \Delta t\}, \quad (9)$$

де Δt – крок часу між двома сусідніми можливими моментами перекомутації;

$$i = 1, 2, \dots, 2^{N_x}.$$

При цьому необхідно враховувати співвідношення:

$$t_0 + \frac{N_x}{2^{N_x}} \cdot \Delta t < T_{im} - \Delta t. \quad (10)$$

- визначаємо момент перекомутації t_1 з множини T_1 відповідно до додаткового біту x_m ;

- проводимо процес модуляції відповідно до формул:

$$I = \begin{cases} I_m \cdot \cos(2\pi f_c t), & \text{якщо } \frac{|Q_m|}{Q_m} = \frac{|I_m|}{I_m} \text{ або } d_m = 0; \\ \left[\begin{array}{l} I_m \cdot \cos(2\pi f_c t), mT_{im} < t \leq (t_1 + mT_{im}); \\ I_m \cdot \sin(2\pi f_c t), (t_1 + mT_{im}) < t \leq (m+1)T_{im}; \end{array} \right], & \text{якщо } \frac{|Q_m|}{Q_m} \neq \frac{|I_m|}{I_m} \text{ і } d_m = 1; \end{cases}$$

$$Q = \begin{cases} Q_m \cdot \sin(2\pi f_c t), & \text{якщо } \frac{|Q_m|}{Q_m} = \frac{|I_m|}{I_m} \text{ або } d_m = 0; \\ \left[\begin{array}{l} Q_m \cdot \sin(2\pi f_c t), mT_{im} < t \leq (t_1 + mT_{im}); \\ Q_m \cdot \cos(2\pi f_c t), (t_1 + mT_{im}) < t \leq (m+1)T_{im}; \end{array} \right], & \text{якщо } \frac{|Q_m|}{Q_m} \neq \frac{|I_m|}{I_m} \text{ і } d_m = 1; \end{cases} \quad (11)$$

$$Z_m(t) = I + Q.$$

2) приймач

- отримуємо сигнали $y_1(t)$ та $y_Q(t)$ за формулами (2) і (3);

- виділяємо де модульовані сигнали Q'_m та I'_m за допомогою пропускання через ФНЧ сигналів $y_1(t)$ та $y_Q(t)$:

$$\begin{aligned} I'_m &= \text{ФНЧ}(y_1(t)); \\ Q'_m &= \text{ФНЧ}(y_Q(t)). \end{aligned} \quad (12)$$

- відділяємо частину демодульованих імпульсів, яка відповідає проміжку часу до перекомутації:

$$\begin{aligned} I'_{m,1\text{пол.}} &= I'_m, \quad mT_{im} < t \leq (t_1 + mT_{im}); \\ Q'_{m,1\text{пол.}} &= Q'_m, \quad mT_{im} < t \leq (t_1 + mT_{im}). \end{aligned} \quad (13)$$

- відділяємо для кожного можливого моменту перекомутації з множини T_1 :

$$\begin{cases} I'_{m,2\text{пол.}i} = I'_m, & (t_1^i + mT_{\text{ім}}) < t \leq (m+1)T_{\text{ім}}; \\ Q'_{m,2\text{пол.}i} = Q'_m, & (t_1^i + mT_{\text{ім}}) < t \leq (m+1)T_{\text{ім}}; \\ t_1^i = T_1(i); \\ i = 1, 2, \dots, 2^{N_x}. \end{cases} \quad (14)$$

• приймаємо значення демодульованих імпульсів рівним подвоєнному значенню й половини:

$$\begin{aligned} I'_m &= 2 \cdot I'_{m,1\text{пол.}}; \\ Q'_m &= 2 \cdot Q'_{m,1\text{пол.}} \end{aligned} \quad (15)$$

• визначаємо значення додаткового біту d'_m (якщо він передавався):

$$d'_m = \begin{cases} \emptyset, & \text{якщо } \frac{|Q'_m|}{Q'_m} = \frac{|I'_m|}{I'_m}; \\ 0, & \text{якщо } I'_{m,1\text{пол.}} = I'_{m,2\text{пол.}N_x} \text{ і } Q'_{m,1\text{пол.}} = Q'_{m,2\text{пол.}N_x}; \\ 1, & \text{якщо } I'_{m,1\text{пол.}} \neq I'_{m,2\text{пол.}N_x} \text{ або } Q'_{m,1\text{пол.}} \neq Q'_{m,2\text{пол.}N_x}. \end{cases} \quad (16)$$

• визначаємо значення додаткового біту x'_m (якщо відбувалася перекомутація) шляхом порівняння $I'_{m,1\text{пол.}}$ та $Q'_{m,1\text{пол.}}$ з кожним значенням $I'_{m,2\text{пол.}i}$ і $Q'_{m,2\text{пол.}i}$ отриманим з системи (14). Те значення i при якому

рівність $\frac{|Q'_{m,1\text{пол.}}|}{Q'_{m,2\text{пол.}i}} = \frac{|I'_{m,1\text{пол.}}|}{I'_{m,2\text{пол.}i}}$ порушується відповідає потрібному моменту перекомутації.

5. Висновки

Отже запропонований у [4, 5] метод КАМФ може бути модифікований за рахунок використання моменту перекомутації як додаткового інформаційного параметру. Формула (7) характеризує приріст швидкості передачі інформації внаслідок запропонованої модифікації. Так, якщо у випадку КАМ-16 використовувати два можливі моменти перекомутації, тобто $N_x = 1$, і здійснювати одну перекомутацію, тобто $h = 1$, то згідно до (8) можна передавати на 18,75(%) інформації більше за той самий час. При цьому як було показано у [5] розширення спектру сигналу внаслідок таких маніпуляцій не відбувається. Також варто відмітити, що така модифікація методу КАМФ не потребує введення додаткових елементів у структурну схему приймача і передавача сигналу КАМФ [4, 5]. Всі зміни у роботу приймача і передавача вносяться на програмному, а не схемотехнічному рівні, що підтверджується розробленою математичною моделлю (9) – (16).

Література

1. Голуб, В. С. Квадратурные модуляторы и демодуляторы в системах радиосвязи [Текст] / В. С. Голуб // Электроника: НТБ: науч.-техн. жур. – 2003. – № 3. – С. 28 – 32.
2. Барась, С.Т. Підвищення швидкості передачі інформації на основі використання алгоритму квадратурної амплітудної модуляції [Текст] / С. Т. Барась, А. А. Овчарук, Т. І. Овчарук // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010. – №2. – С. 242 – 249.
3. Овчарук А. А. Квадратурна амплітудна модуляція зі змінним значенням частоти-носія [Текст] / А. А. Овчарук, С. Т. Барась, Т. І. Овчарук // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №4. – С. 47–51.
4. Овчарук А. А. Оптимізація алгоритму квадратурної амплітудної модуляції [Текст] / А. А. Овчарук, С. Т. Барась // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – №4. – С. 196–200.
5. Овчарук А. А. Модель КАМ-сигналу з перекомутацією складових частоти-носія [Текст] / А. А. Овчарук, С. Т. Барась, Т. І. Овчарук // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №5
6. Бакланов, И. Г. Технология ADSL/ADSL2+ теория и практика применения [Текст] / И. Г. Бакланов. – М.: Метротек, 2007. – 384 с.
7. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А. Б. Сергиенко. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.