

## ОСОБЛИВОСТІ ДИСКРЕТНОЇ МОДУЛЯЦІЇ АНАЛОГОВИХ СИСТЕМ

С.Ю. Гайдаров, О.В. Курко, О.В. Мігура  
(подав д.т.н., проф. Л.Ф. Купченко)

*В статті розглянуті питання можливості використання дискретної модуляції для передачі голосової, відео, аудіоінформації в комп'ютерних мережах. Запропоновано механізм дискретизації аналогового сигналу.*

**Постановка проблеми.** При передачі дискретних даних по каналах зв'язку застосовуються два основні типи кодування – на основі синусоїдального несучого сигналу та на основі послідовності прямокутних імпульсів. Перший спосіб має назву модуляції або аналогової модуляції. В цьому випадку кодування виконується за рахунок зміни параметрів каналового сигналу. Другий спосіб називають цифровим кодуванням. Ці способи відрізняються шириною спектра результуючого сигналу та складністю апаратури, яка необхідна для їх реалізації.

При використанні прямокутних імпульсів спектр результуючого сигналу отримують занадто широким, застосування синусоїди призведе до спектра набагато меншої ширини при тій же швидкості передачі інформації. Однак для реалізації синусоїдальної модуляції необхідна більша складна та дорога апаратура, ніж для реалізації прямокутних імпульсів.

**Аналіз літератури.** На сьогодні в багатьох джерелах все частіше розглядаються питання застосування методів надання аналогової інформації в дискретній формі [1 – 6]. Розглядаються різні методи дискретної модуляції аналогових сигналів, які дозволяють представити заміри голосу в більш компактній формі, наприклад, у вигляді послідовності чотирьохбітних або двобітних чисел [7 – 8]. При цьому голосовий канал потребує меншої пропускної спроможності, наприклад, 32, 16 Кбіт/с або менше.

**Мета статті:** визначення механізму дискретизації аналогового сигналу та дослідження параметрів квантування цих сигналів.

**Викладення основного матеріалу.** Однією з основних тенденцій розвитку мережних технологій є передача в одній мережі як дискретних, так і аналогових даних. Джерелами дискретних даних є комп'ютери та

інші обчислювальні пристрої, а джерелами аналогових даних є такі пристрої як телефони, відеокамери, звуко- та відеовідтворююча апаратура. На різних рівнях рішення цієї проблеми в територіальних мережах всі типи даних передавались в аналоговій формі, при цьому дискретні за своїм характером комп'ютерні дані перетворювались на аналогову форму за допомогою модемів.

Однак по мірі розвитку техніки знімання та передачі аналогових даних виявилось, що передача їх в аналоговій формі не дозволяє покращити якість прийнятих на іншому кінці лінії даних, або вони суттєво спотворені при передачі.

Сам аналоговий сигнал не дає ніяких вказівок ні про те, що сталося спотворення, ні про те, як його виправити, тому що форма сигналу може бути якою завгодно, в тому числі і такою, якою зафіксував приймач. Покращення якості мереж потребує великих зусиль та фінансових затрат. Тому на зміну аналоговій техніці запису та передачі звуку і зображення прийшла цифрова техніка. Ця техніка використовує дискретну модуляцію неперервних по часу аналогових процесів.

Дискретні засоби модуляції засновані на дискретизації неперервних процесів як за амплітудою, так і за часом (рис. 1).

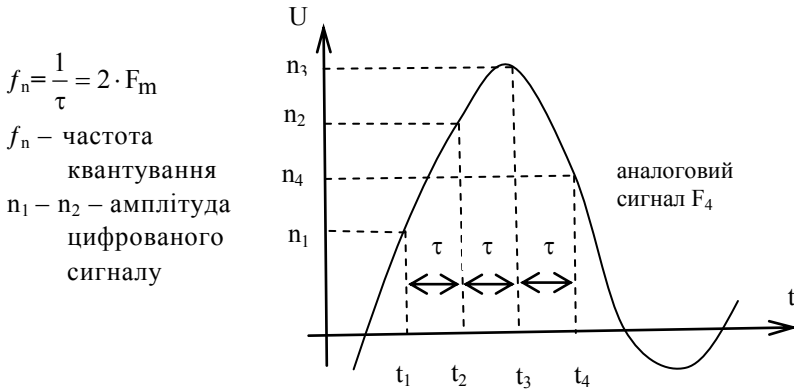


Рис. 1. Схема дискретизації неперервного процесу

Розглянемо принципи дискретної модуляції на прикладі імпульсно-кодової (ІКМ), яка широко застосовується в цифровій телефонії.

Амплітуда вихідної безперервної функції вимірюється згідно заданого періоду, за рахунок цього відбувається дискретизація за часом. Потім кожний замір подається у вигляді двійкового числа визначеної розрядності, що означає дискретизацію за значенням функції – безперервна

множина можливих значень амплітуди заміняється дискретними множинами його значень. Після цього заміри передаються по каналах зв'язку в вигляді одиниць та нулів. При цьому застосовуються ті ж методи кодування, що й у випадку передачі первісної дискретної інформації, наприклад методи засновані на коді B8ZS або 2B1Q.

На приймальному боці лінії коду перетворюються на первісну послідовність бітів, а цифро-аналоговий перетворювач виробляє демодуляцію цифрованих амплітуд безперервного сигналу, відновлюючи початкову безперервну функцію часу.

Дискретна модуляція заснована на теорії відображення Найквіста–Котельникова. Згідно неї, аналогова безперервна функція, яка передається у вигляді послідовності її дискретних за часом значень, може бути точно відновлена, якщо частота дискретизації була в два або більше разів вище, ніж частота самої високої гармоніки спектра початкової функції.

Якщо це не виконується, то відновлена функція буде суттєво відрізнитись від початкової. Перевагою цифрових методів запису, відтворення та передачі аналогової інформації є можливість контролю достовірності зчитаних з носія або отриманих по лініях зв'язку даних. Для цього потрібно використовувати методи, які застосовують для комп'ютерних даних – вирахування контрольної суми, використання самокорегуючих кодів, повторну передачу спотворених кадрів. Для можливості реалізації дискретної модуляції аналогових систем необхідно провести оцінку мінімальної частоти квантування аналогового голосового сигналу, яка дозволить отримувати найбільш імовірну дискретну інформацію.

Згідно теореми Найквіста–Котельникова достатньо вибрати частоту дискретизації, яка в два рази перевищує саму найвищу гармоніку безперервного сигналу, тобто для телефонії:  $2 \times 3,4 = 6,8$  кГц (в зв'язку з тим, що в аналоговій телефонії для передачі голосу вибраний діапазон від 0,3 до 3,4 кГц).

Частоту квантування для якісної передачі голосу за допомогою ІКМ можливо застосовувати як 8000 Гц. Вибрана частота дискретизації 8 кГц забезпечує необхідний запас якості при передачі голосового сигналу.

Передача безперервного сигналу в дискретному вигляді потребує від мереж чіткого дотримання часового інтервалу в 125 мкс між сусідніми замірами, тобто вимагає синхронної передачі даних між вузлами мережі.

На якість сигналу має вплив похибка дискретизації амплітуд замірів. За теоремою Найквіста–Котельникова припускається, що амплітуда функції вимірюється точно, на той час використання їх для зберігання двійкових чисел з обмеженою розрядністю трохи спотворює ці амплітуди.

Відповідно, спотворюється відновлений безперервний сигнал. Це явище має назву шум дискретизації за амплітудою.

**Висновки.** Для покращення показників якості передачі голосової інформації її бажано перетворити у цифровому вигляді. Надані в цифровому вигляді безперервні дані легко можна передати через комп'ютерну мережу. Для цього необхідно помістити декілька замірів в кадр стандартної мережної технології та відправити їх адресату. Адресат виділяє з кадру заміри та подає їх з частотою квантування (8 кГц) на цифро-аналоговий перетворювач. При отриманні наступних кадрів із замірами голосу операція повторюється. При синхронному прибутті кадрів якість голосу буде достатньо високою.

Для якісної передачі цифрованих безперервних сигналів голосу, зображення на сьогодні доцільно використання спеціальних цифрових мереж ISDN, ATM та мереж цифрового телебачення [9].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – СПб., 1998. – 246 с.
2. Сетевые средства Microsoft Windows NT Server 4.0. – СПб., 1997. – 548 с.
3. Олифер В.Г. Компьютерные сети. – СПб., 1999. – 744 с.
4. Ромашкова О.Н. Обработка пакетной нагрузки в информационных сетях. – М.: МИИТ, 2001. – 244 с.
5. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов. – Севастополь: Изд-во СевГТУ, 1999. – 398 с.
6. Дэвис Д., Барбер Д. Вычислительные сети и сетевые протоколы. – М.: Наука, 1975. – 508 с.
7. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
8. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. – М.: Сов. радио, 1969. – 400 с.
9. Современные высокоскоростные цифровые ТС. Ч. 2. Основы технологии ATM / В.Н. Гордиенко, С.Н. Ксенофонтов и др. – М.: МТУСИ, 1998. – 65 с.

Надійшла 14.01.2004

**ГАЙДАРОВ Сергій Юрійович**, начальник НДЛ ІОЦ ХВУ. У 1980 році закінчив Харківське ВВКІУ. Область наукових інтересів – обробка інформації.

**КУРКО Олександр Вікторович**, старший науковий співробітник наукового центру при ХВУ. У 1975 році закінчив Харківське ВВКУ. Область наукових інтересів – обробка інформації.

**МІГУРА Олена Вікторівна**, науковий співробітник наукового центру при ХВУ. У 1992 році закінчила мехмат ХДУ. Область наукових інтересів – обробка інформації.