

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА

УДК 681.324:621.383.9

Даду Мотаз, асп.;

Г. Л. Лисенко, к. т. н., доц.

ОПТОЕЛЕКТРОННІ КОМУТАТОРИ НА ПРИЙМАЛЬНО- ВИПРОМІНЮВАЛЬНИХ МАТРИЦЯХ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ТИПУ АОН

Вступ

АОН є перспективним типом мереж з швидкістю передавання більше 40 Гбіт/с. Для ефективного функціонування мереж на основі АОН (АОН – повністю оптична мережа) необхідні оптичні комутатори. Для їх подальшого розвитку і вдосконалення необхідно розв'язати такі задачі: підвищення кількості каналів у комутаторах, зменшення геометричних розмірів та енергоспоживання. Методи волоконної та інтегральної оптики допомагають розв'язати ці задачі. Комбінацією приймально-випромінювальних матриць та оптоволоконним шлейфом (ОВШ) можна організувати інтерконекторні з'єднання для паралельної комутації каналів зв'язку у комп'ютерних мережах. Особливістю таких комутаторів є те, що для здійснення зв'язку між двома комірками різних матриць

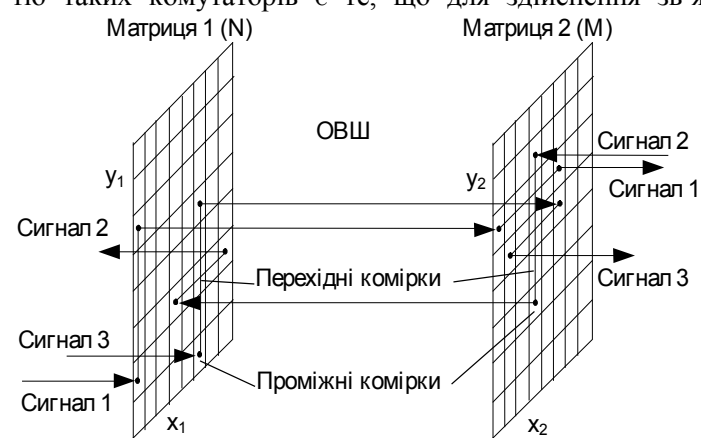


Рис. 1. Схема комутації сигналів

необхідно, щоб була вільна хоча б одна проміжна комірka, яка лежить у рядку першої матриці та стовпчику другої матриці (рис. 1). Тому актуальним буде розроблення алгоритму трасування зв'язків усередині комутатора.

Комірки у таких комутаторах можуть бути двонаправленими, але під час роботи буде використовуватись лише один із напрямків, причому кожна із комірок може передавати інформацію у одному із чотирьох напрямків, незалежно від того чи задіяні вони на поточний момент часу. Одним із прикладів реаліза-

ції таких комутаторів є MEMS (MEMS – мікро-електро-механічні сенсори) [1], але вони мають такі недоліки, як великий час перемикання (~10 мс), обмеженість реалізації великої кількості комірок (максимум ~ 128×128) та механічні переміщення елементів комутаторів.

Розв'язання задач

Існує ряд питань з якими потрібно визначитись в процесі побудови оптичних комутаторів на основі приймально-передавальних матриць: визначити архітектуру комутатора, провести математичне моделювання та визначити рекомендації до створення таких комутаторів на сучасному етапі розвитку мікро-оптоелектронних технологій.

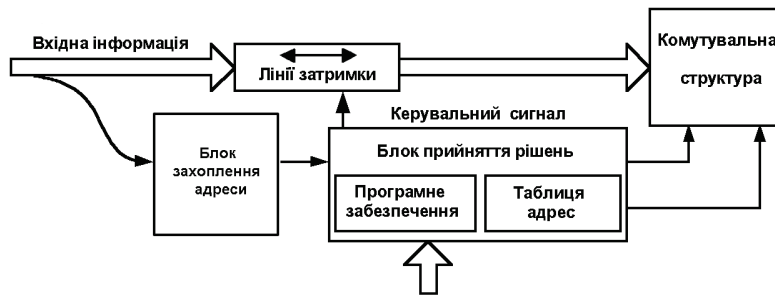


Рис. 2. Загальна структура комутатора AON

Загальна структура, яка застосовується з повністю оптичною комутацією каналів, показана на рис. 2. В процесі організації лінії затримки з'являється можливість (час) для зчитування адреси, електронного аналізу адреси та конфігурування комутатора. При цьому відбувається повністю оптичне передавання даних.

Під час аналізу адреси загальний інформаційний потік проходить через лінію затримки, яка є керуваною. При цьому справедливою є рівність

$$\tau_3 = l n_l,$$

де τ_3 – час на який затримується сигнал у лінії, причому $\tau_3 = t_{обр}$; де $t_{обр}$ – час за який адреса захоплюється та оброблюється у блокові прийняття рішень; l – довжина лінії затримки; n_l – показник заломлення лінії затримки.

Оскільки комутація каналів відбувається без проміжного зберігання інформації, то тип комутатора — без пам'яті. Але все ж таки тип комутатора є проміжним, за рахунок використання ліній затримки.

Для руху інформаційних потоків через комутатор потрібно визначити ймовірність вільного маршруту для передавання інформації.

Таким чином, події: $P(C)$ — ймовірність вільного каналу; $P(A)$ — ймовірність коли приймальна та передавальна комірки вільні (вільні точки входу та виходу комутатора); $P(B)$ – ймовірність, коли проміжні комірки вільні.

Загальний вираз буде визначатися із того, що події $P(A)$ і $P(B)$ – незалежні, а ймовірність одночасної їх появи — подія $P(C) = P(AB) = P(A) \cdot P(B)$.

Причому подія $P(A)$ є результатом настання залежних подій: $P(A_{xyM})$ (також для $P(A_{xyN})$), де x, y — координати комірки (точок входу та виходу комутатора) у матриці M (або N), а подія $P(B)$ є результатом настання залежних подій: $P(B_{xyM})$ (також для $P(B_{xyN})$), де x, y – координати проміжної комірки у матриці M (або N). Мають місце рівності (вирази для двох матриць та двох проміжних комірок):

$$P(A) = P(A_{xyN}) \cdot P_{A_{xyN}}(A_{xyM}), \quad P(B) = P(B_{xyN}) \cdot P_{B_{xyN}}(B_{xyM}),$$

де $P(A_{xyM}), P(A_{xyN}), P(B_{xyM}), P(B_{xyN})$ — ймовірності того, що приймальні, передавальні (A) та проміжні комірки (B) — вільні.

Можна припустити, що інтенсивність надходження заявок на обслуговування комутатора (λ) – не залежить від комутатора, а визначається місцем його включення у мережі. Інтенсивність обслуговування заявок комутатора (μ) є його внутрішньою характеристикою

$$\mu = NF \ln(R_{\Sigma}(C)),$$

де N – кількість елементів комутатора; F – частота роботи комутатора; $R_{\Sigma}(C)$ – сумарна ймовірність того, що комутатор буде вільним.

Тому, виходячи із класичного визначення коефіцієнта утилізації (зайнятості) комутатора ($\rho = \lambda/\mu$) [2], буде справедлива рівність (рис. 3) (початкові дані взяті для нормальних умов $R_{\Sigma}(C) = 0,2; 0,3; 0,4$ [2, 3])

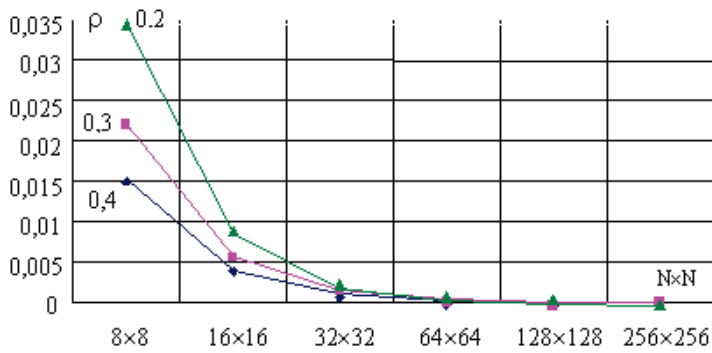


Рис. 3. Залежність коефіцієнта утилізації комутатора від кількості комірок та сумарної ймовірності

$$\rho = \frac{\lambda}{NF \ln(R_{\Sigma}(C))}$$

Таким чином, із графіка (див. рис. 3) видно, що граничне значення коефіцієнта утилізації наближається до теоретично можливого значення $\rho = 0$, з максимальною кількістю 128×128 елементів комутатора для всіх нормальних умов [1—5]. Тому, очевидно, що для таких початкових умов, кількість елементів 128×128 є оптимальною. Збільшення

кількості елементів більше ніж 128×128 не буде давати суттєвого приросту у зменшенні завантаженості комутатора.

Узагальнена послідовність дій комутатора:

1. Прийом перших байтів кадру.
2. Пошук адреси призначення у адресній таблиці.
3. Побудова комутаційного шляху.
4. Прийом заключних байтів кадру.
5. Пересилання усіх байтів кадру до вихідного порта через комутаційну матрицю.
6. Отримання доступу до середовища передавання.
7. Передавання кадру у мережу.

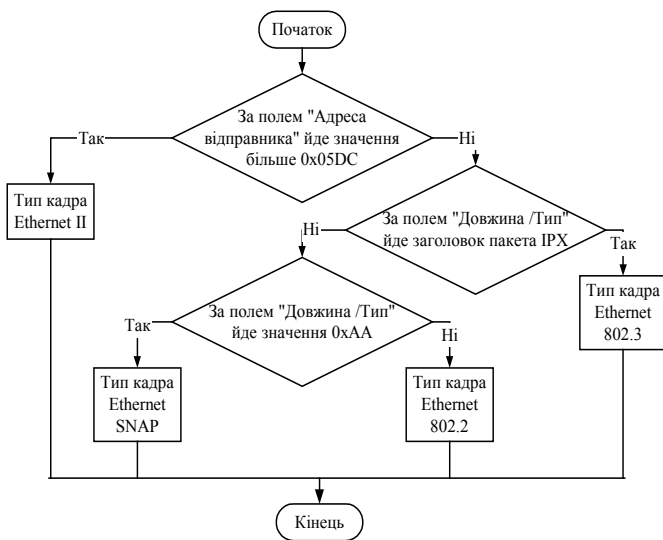


Рис. 4. Визначення типу кадру

Блок програмного управління такого комутатора аналізує та приймає рішення щодо виділення апаратних ресурсів для комутації у залежності від типу кадру, який проходить через комутатор (рис. 4).

Під час роботи комутатора виникає необхідність визначення вихідної точки у залежності від адрес відправника та отримувача. Звичайно це роблять побудовою дерева доставки [5—7] — структурованого деревоподібного набору деякої кількості шляхів. Існує багато алгоритмів формування дерева доставки, серед них: Flooding, Spanning Tree, Reverse Path Broadcasting, Truncated Reverse Path Broadcasting, Reverse Path Multicasting, Core-Based Tree та інші, які реалізовані у протоколах групової маршрутизації.

Під час роботи комутатор приймає ряд рішень щодо заповнення таблиці адрес (рис. 5).

Для того щоб програмне забезпечення комутатора працювало згідно з рис. 5, слід передбачити фізичне трасування каналів та пакетів усередині

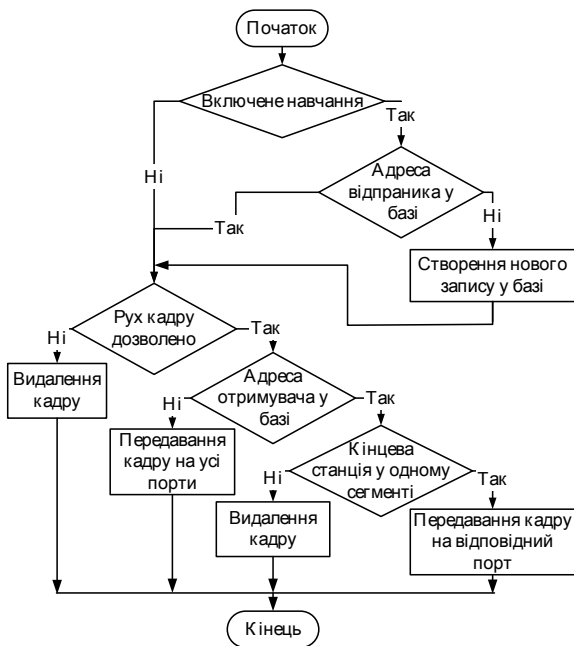


Рис. 5. Визначення точки виходу кадру із комутатора.

ні комутатора із використанням матриць та зв'язків між ними (рис. 6).

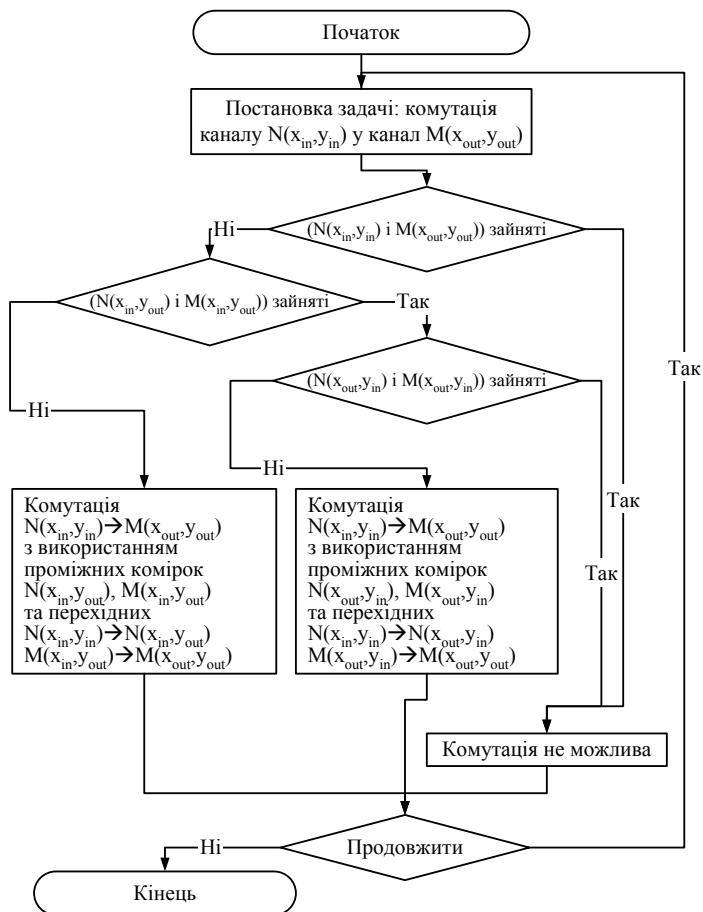


Рис. 6. Блок-схема алгоритму трасування зв'язків у комутаторі

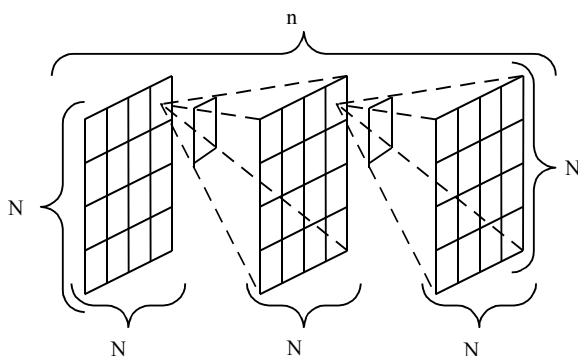


Рис.7. Комутаційний пристрій

128×128. Згадані переваги можна отримати лише за рахунок використання VCSEL. Показано, що набори комутаторів можна використовувати для проведення обчислень з організацією багатозв'язкового оптоелектронного процесора.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисенко Г. Л., Суприган В. А. Секціоновані паралельно-послідовні оптоелектронні інтегральні схеми // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 1998. — № 2. — С. 55—58.
2. Суприган В. А. Схемотехнічні засоби побудови оптоелектронних інтегральних схем обробки зображень. Автореф. дис.. канд. техн. наук: 05.13.05 / Вінницький держ. техн. ун-т. — Вінниця, 2000. — 19 с.
3. Семенов А. С., Смирнов В. Л., Шмалько А. В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. — М.: Радио и связь, 1990. — 224 с.
4. Кожемяко В. П. и др. Оптоэлектронные параллельные вычислительные устройства. — Тбилиси, 1985. — 248 с.
5. Ивченко И., Каштанов В. Теория массового обслуживания. — М.: Высшая школа, 1982. — 285 с.

З урахуванням того, що комутатор може передавати інформацію на подібні пристрої, його можна впроваджувати як елемент обчислювальної техніки — комутаційний пристрій оптоелектронного процесора (рис. 7) [7].

Слід зазначити, що під час динамічної роботи комутатора потрібно враховувати час переходу в робочий режим (латентність).

Для спрощення включення матриць у комутатор та підключення до волоконно-оптичних шлейфів (колекторів), слід використовувати матриці з вертикальним вводом-виводом сигналів — матриці з вертикально випромінювальними лазерами (англійською — VCSEL), де введення сигналів здійснюється через фотоприймачі, а виведення — через VCSEL. Технологія VCSEL дає ряд переваг у порівнянні із традиційним горизонтальним розташуванням н/п лазерів, а також виключає необхідність створювати оптичні елементи для вертикального виведення випромінювання. З цього випливає, що бажано використовувати тільки оптоелектронні матриці із VCSEL та новітні способи укладення оптичних волокон у ОВШ [11].

Висновки

У статті запропоновано принцип комутації з наскрізним проходженням комірок у межах одного кристалу, розроблено блок-схему алгоритму трасування зв'язків у комутаторі, розраховано оптимальну кількість елементів комутатора —

6. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения: Пер. с фран. / Под ред. И. Н. Коваленко. — М: Мир, 1965. — 295 с.
7. Васюра А. С., Суприган В. А., Абудайя Усама Фаузй Моделювання мережі з випадковим методом доступу на основі теорії масового обслуговування // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2001. — № 2. — С. 183—185.
8. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия. — СПб: Издательство «Питер», 2000. — 704 с.
9. Гриффилд Д. Оптические сети. — К.: ООО «Тид «ДС», 2002. — 256 с.
10. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высш. школа, 1972. — 369 с.
11. Багатоканалний роз'ємний волоконний з'єднувач: Рішення про встановлення дати подання заявки на винахід № 20031210873 від 01.12.03, МПК 7 G 02 B 6/36. ВНТУ.

Рекомендована кафедрою лазерної та оптоелектронної техніки

Надійшла до редакції 2.03.04
Рекомендована до опублікування 14.04.04

Дяду Мотаз — аспірант, *Лисенко Геннадій Леонідович* — доцент.

Кафедра лазерної та оптоелектронної техніки. Вінницький національний технічний університет