УДК 681.37

В.П. КОЖЕМ'ЯКО, В.І. МАЛІНОВСЬКИЙ, В.В. МОРОЗ

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ОРІЄНТОВАНИХ НА МЕРЕЖЕВІ ЗАДАЧІ

Вінницький національний технічний університет,
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна

Анотація. Проведено аналітичний огляд волоконно-оптичних інтерфейсів з паралельною оптичною архітектурою та аналіз високопродуктивних оптичних методів паралельної передачі інформації. Розглянуто можливості використання методу KVP- перетворення для оптичної передачі інформації.

Abstract. An analytical review of fiber optic interfaces with parallel optical architecture and analysis of highly parallel optical data transmission methods. The possibilities of the method KVP-transformations for optical communication were observed.

Анотация. Проведен аналитический обзор волоконно-оптических интерфейсов с параллельной оптической архитектурой и анализ высокопроизводительных оптических методов параллельной передачи информации. Рассмотрены возможности использования метода KVP-преобразования для оптической передачи информации.

Ключові слова: волоконно-оптичні інтерфейси, KVP- перетворення, паралельна передачі інформації

ВСТУП

Сучасні інформаційні комп'ютерні системи і мережі зазнали якісно нових трансформацій і забезпечують високі показники швидкості оброблення і передавання інформації завдяки застосуванню оптичних середовищ оброблення і передавання. Розвиток інформаційно-обчислювальної та комунікаційної апаратури пройшов шлях від перших лампових систем обробки, прийому та передачі, до найсучасніших систем зв'язку і оброблення, швидкість передавання у яких 10 – 100 Гбіт/с, що обумовлено високою частотою несучої до $2 \cdot 10^{14}$ Гц.

Напрямок волоконно-оптичних інтерфейсів передачі інформації досить стрімко розвивається в наш час та є перспективним для галузі високопродуктивних обчислювальних систем і розглядається у роботах [1-8] вітчизняних та закордонних науковців.

Технологія оптоволоконних з'єднань в останні роки стала все активніше застосовуватися при розгортанні комунікаційних мереж на коротких відстанях.

Використання волоконно-оптичних систем для передачі інформації в магістральних каналах інформаційних мереж є одним з перспективних напрямів для вирішення задач загального підвищення продуктивності. Завдяки високій швидкості передачі даних (широка смуга пропускання, обумовлена високою частотою несучого оптичного коливання ~10^{14} Гц), малому значенню загасання сигналу (0.1-0.2 Дб/км) та низькому рівню завад, волоконно-оптичні середовища [17] мають найвищі показники швидкості (до 10 Гбіт/с в одному каналі) і дальності передавання інформації (до 70-100 км без регенерації). До переваг волоконно-оптичних систем можна також віднести захищеність каналів передачі та забезпечення гальванічної розв'язки

Сучасні високопродуктивні обчислювальні і комп'ютерні системи мають достатньо високі параметри швидкодії обчислень (t~10^{-12} с), однак, існує проблема ефективної і високошвидкісної передачі інформації між окремими компонентами комп'ютерних систем, де час затримки інформації при передаванні t_{tr} є співмірним з часом виконання одиничних операції її оброблення t_{com}, *тобто*:

$$t_{com} \sim k \cdot t_{tr}\,, \tag{1}$$

де k – коефіцієнт пропорційності; t_{tr} – час затримки при передаванні даних; t_{com} – час затримки при їх обробленні.

В техніці суперкомп'ютерів та високопродуктивних обчислювачів є необхідним використання високошвидкісних систем паралельного передавання даних з високою пропускною здатністю, що в сукупності з ефективністю оброблення значно впливає на загальну продуктивність обчислювальних систем.

© В.П. КОЖЕМ'ЯКО, В.І. МАЛІНОВСЬКИЙ, В.В. МОРОЗ, 2012

Дана проблема дуже гостро стоїть у ланках взаємодії таких елементів комп‘ютерних систем як: процесор-пам‘ять, процесор-контролери введення/виведення, процесор-процесор, процесор-комутатор, процесор-периферійне обладнання та інших. Це потребує розроблення нових підходів до створення високошвидкісних інтерфейсів і ліній зв‘язку для передачі даних у локальних місцях з невеликою дальністю і з високою швидкодією.

Шляхом до вирішення цієї проблеми є використання паралельних волоконно-оптичних ліній в якості інтерфейсів введення-виведення, завдяки відсутності спотворення сигналів оптичним середовищем передачі.

СУЧАСНІ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ІНТЕРФЕЙСИ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Для передачі даних в обчислювальних комплексах, системах та мережах використовують ряд стандартизованих паралельних високошвидкісних інтерфейсів, до числа яких належать [1-14]: FibreChannel (FC), Optical Ethernet (OE), Fiber Distributed Data Interface (FDDI), SCI, Optobus, SCSI, ESCON, High Performance Parallel Interface (HIPPI), та його модифікацію SuperHiPPI (HiPPI-6400). Розглянемо основні особливості кожного з них.

Fibre Channel (FC) (волоконний канал) - високошвидкісний волоконно-оптичний інтерфейс передачі даних, що призначений для організації інформаційних зв‘язків між потужними комп‘ютерними станціями, серверами і системами зберігання за типом підключення – точка-точка (Point-to-Point). Інтерфейс Fibre Channel використовує один волоконний канал та підтримує передавання інформації по оптичному середовищу із швидкістю від 133 Мбіт/с до 10 Гбіт/с на відстані до 50 км. Перевагами інтерфейсу FC є порівняно висока швидкість і дальність передачі даних, а також економія ресурсів при використанні одного волоконно-оптичного каналу.

Інтерфейс Fibre Channel був створений в 1985 році, і тільки в 1994 р був затверджений асоціацією ANSI як стандарт, що спрощував наявний тоді інтерфейс HIPPI. Першочерговими задачами створення интерфейсу Fibre Channel були підвищення дальності та спрощення підключення ліній передачі, а не підвищення швидкості.

Недоліками є недостатня смуга пропускання для застосування в швидкодіючих обчислювальних комплексах і суперкомп’ютерів в якості ланок локальної надвисокошвидкісної передачі інформації по багатьом каналам. Адже саме багатоканальність є основним фактором, який дозволяє здійснити масштабовану передачу даних із швидкостями від сотень терабайт за секунду.

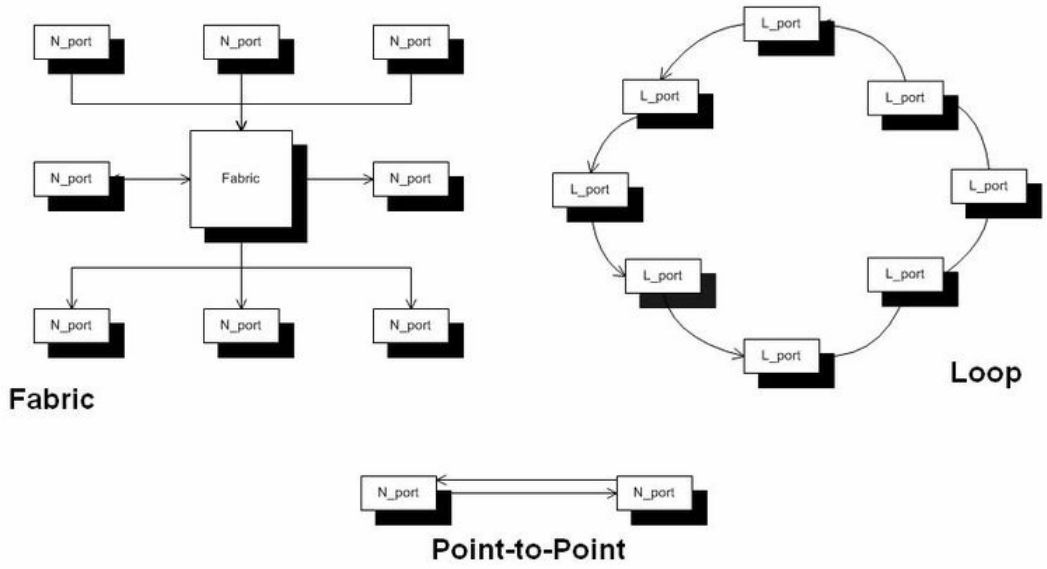


Рис.1. Види топології інтерфейсу Fibre Channel (FC) [10]

Fiber Distributed Data Interface (FDDI) – волоконно-оптичний інтерфейс передачі розподілених даних, який забезпечує передачу інформації зі швидкістю від 100-1000 Мбіт/с – для багатомодового оптоволокна та до 10Гбіт/с – для одномодового на довжинах хвиль 1310 нм та 1550 нм. Дальність передачі інформації знаходиться в межах 1 – 40 км.

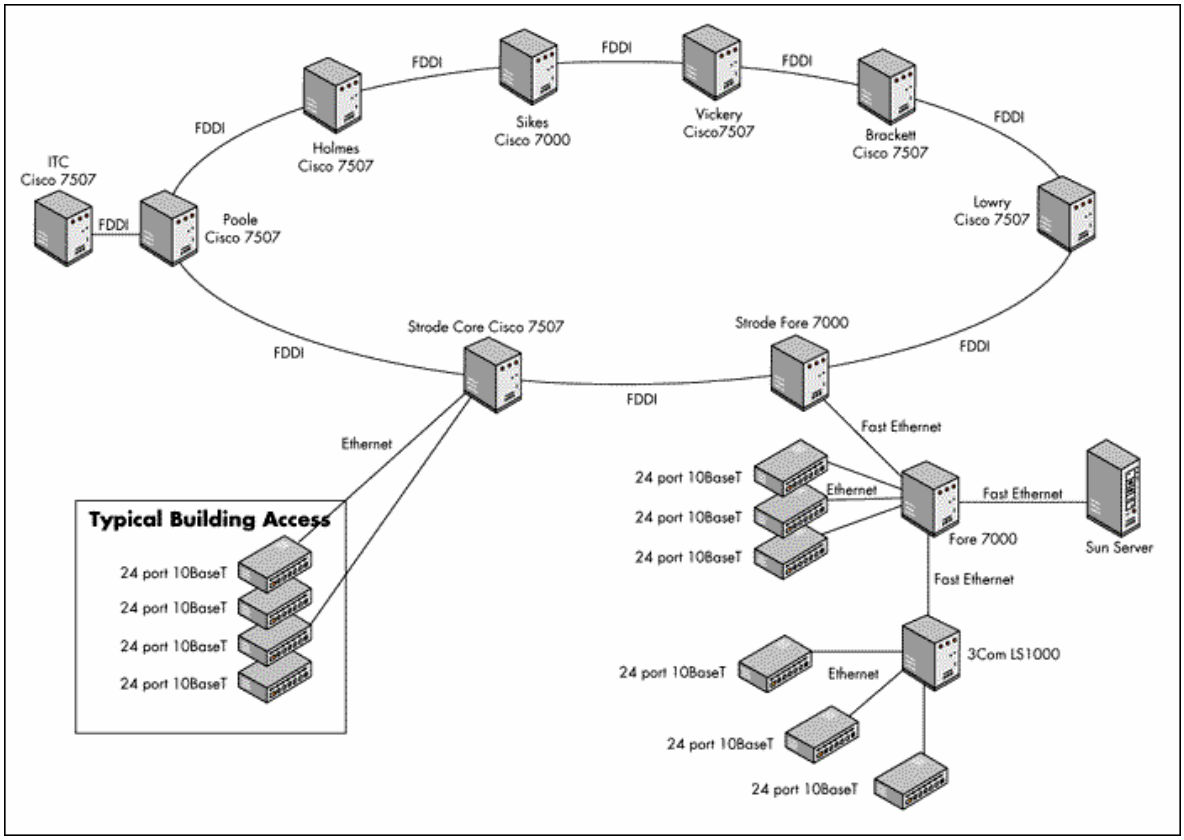


Рис.2. Кільцева топологія інтерфейсу Fiber Distributed Data Interface (FDDI) [11]

Волоконно-оптичний інтерфейс передачі даних FDDI на програмному рівні являє собою набір протоколів ANSI для передачі цифрових даних по волоконно-оптичним лініях. FDDI мережі з передачею коду-маркера (по аналогії з стандартом IEEE 802.5 протокол (Token Ring) і подвійного кільця мережі підтримують швидкість передачі даних до 100-1000 Mbps. Мережі FDDI, як правило, використовуються в якості магістралей через підтримку високою пропускною здатності і великих відстаней. Специфікація FDDI на базі мідної витої пари (CDDI) є аналогом волоконно-оптичної версії, із передачею даних по мідній витій парі, з підтримкою швидкості до 100-Мбіт.

Перевагами інтерфейсу FDDI у порівнянні із інтерфейсом Ethernet 10GE є вища дальність передачі та економія ресурсів при використанні одного волоконно-оптичного каналу.

Основним недоліком, пов‘язаним із застосуванням у високопродуктивних обчислювальних комплексах і кластерах є недостатня смуга пропускання для швидкісної передачі даних на невеликі відстані. Тому FDDI неможливо застосувати в якості ланки локальної надвисокошвидкісної передачі інформації (із шириною пропускання від 10-100Тбіт/с).

Optical Ethernet (OE) – волоконно-оптичний інтерфейс передачі даних, який застосовується при побудові локальних та регіональних мереж та передбачає передавання даних на швидкостях від 100 Мбіт/с до 10 Гбіт/с на відстані від 1 до 10 км на довжинах хвиль 1310 нм – для попередніх версій та 1550 нм – для останніх, в яких використовується одномодове оптичне волокно. Останні версії інтерфейсу Optical Ethernet передбачають передавання інформації з швидкістю до 10 Гбіт/с на відстань до 40 км без ретрансляції та підсилення.

Недоліком також є обмежені функціональні можливості за рахунок відсутності багатопотоковості та відносно обмежена (до 10-12 Гбіт/с) смуга пропускання, що звужує коло задач, або взагалі унеможливлює використання стандарту Optical Ethernet у високопродуктивних суперкомп’ютерах, де необхідні ланки локальної передачі даних із швидкостями 100Тбіт/с і вище.

High Performance Parallel Interface (HIPPI) – паралельний високошвидкісний (до 800Мбіт/с) волоконно-оптичний інтерфейс, призначений для локальних обчислювальних мереж (LAN) при дальності передавання даних до 10 км (можливі версії з 100, 200 400 і 1600 Мбіт/с). За допомогою HIPPI-6400 можна здійснювати передачу даних зі швидкістю 800-1600 Мбіт/с на канал.

Перевагами інтерфейсу є висока швидкість передачі. Недоліком є низька дальність зв‘язку при практичній реалізації, яка обмежується використанням в локальних обчислювальних мережах, а також значна вартість передачі інформації, оскільки використовується значна кількість волоконно-оптичних каналів.

На відміну від попередніх варіантів інтерфейсів, HIPPI і SuperHiPPI мають достатньо гарні перспективи і практику застосування у високопродуктивних обчислювальних системах. Але у сучасних версіях комп'ютерних кластерів, із значеннями потокової швидкості оброблення до 100TFlofs (операцій із плаваючою комою за секунду), використання інтерфейсів HIPPI і SuperHiPPI потребує значного масштабування каналів і як наслідок – значного збільшення апаратурних витрат і вартості обладнання, яке саме по собі є дорогим. Тому, в якості альтернативи HIPPI перспективним є використання концепції паралельних волоконно-оптичних інтерфейсів із використанням одночасного ущільнення по довжині хвилі і по часовій складовій, за рахунок використання методів KVP-перетворення.

Scalable Coherent Interface (SCI) – масштабований паралельний когерентний інтерфейс, який стандартизованим асоціацією ANSI/IEEE [2], і є інтерфейсом високошвидкісної передачі даних для використання у з'єднаннях типу "точка-точка" зі швидкістю передачі даних більше 1Гбіт/с здебільшого у багатопроцесорних обчислювальних системах. Інтерфейс SCI розроблений для забезпечення високоефективної передачі даних і спільного використання пам'яті між компонентами високопродуктивних обчислювальних систем на апаратному рівні. SCI – це провідна технологія для побудови масштабованих мультипроцесорних систем, тому що вона дозволяє уникнути вузьких місць, які присутні у традиційних шинах і мережевих технологіях. Апаратна платформа інтерфейсу SCI забезпечує одночасне передавання даних зі швидкістю 667 Мбайт/с або 5.33 Гбіт/с із затримкою повідомлення між вузлами менш ніж 1.4 мкс. Лабораторні зразки SCI досягають швидкостей двостороннього зв'язку на рівні 1.333 Гбайт/с або 10.65 Гбіт/с.

Недоліком SCI є обмежені функціональні можливості за рахунок відсутності багатопотоковості та відносно обмежена (до 12 Гбіт/с) смуга пропускання, що унеможливлює використання таких інтерфейсів у високопродуктивних суперкомп'ютерах, із значенням швидкостей передачі до 100Тбіт/с і вище.

Optobus (оптична шина) – 10-канальний паралельний волоконно-оптичний інтерфейс двонаправленої передачі інформації з швидкістю передачі 400Мбіт/с для одного каналу та з сумарною швидкістю передачі даних на рівні 4 Гбіт/с. Optobus використовується в основному для організації високошвидкісного зв'язку між окремим модулями обчислювальних та телекомунікаційних станцій на відстані до 300м. На фізичному рівні інтерфейс Optobus складається з матриці розмірністю 14×14, вертикально випромінюючих лазерних діодів (VCSEL-лазерів) та матриці з такою ж самою кількістю фотодетекторів, і волоконно-оптичного джгута з 14-ма волоконними лініями на основі багатомодового оптичного волокна типу MMF 62.5/125. Перевагами такого типу інтерфейсу є відносно висока гнучкість підключень між ланками і модулями обчислювальних станцій і серверів.

Недоліком стандарту Optobus є обмежене число каналів (до 10), що звужує потенційну швидкість передавання інформації до 400-50Гбіт. Хоча цього і достатньо для багатьох прикладних задач передавання даних в обчислювальних кластерах, однак відсутність масштабованості і потенційного збільшення смуги пропускання зменшує загальну ефективність застосування Optobus у прикладних задачах з вимогами по швидкості передавання інформації до 100Тбіт/с і вище.

Small Computer System Interface (SCSI) – поширений електричний паралельний інтерфейс обчислювальних станцій, розроблений для з'єднання на одній шині різних по своєму призначенню пристроїв для внутрішнього застосування в обчислювальних станціях середньої продуктивності. SCSI широко застосовується на серверах, високопродуктивних робочих станціях для організації масивів зберігання інформації (RAID-масиви). Існує три стандарти інтерфейсу SCSI. Параметри швидкості передачі інформації для трьох модифікацій інтерфейсу SCSI знаходяться в межах 5 Мбайт/с – 640 Мбайт/с при довжині ліній до 12м. Перевагами SCSI є відносна простота реалізації шини інтерфейсу та його низька вартість у порівнянні з волоконно-оптичними інтерфейсами.

Enterprise Systems Connection (ESCON) – волоконно-оптичний канальний інтерфейс, який забезпечує обмін інформацією між серверами та периферійними пристроями (або іншими серверами). ESCON вперше був анонсований компанією IBM у 1990 році. Цей інтерфейс реалізує напівдуплексний режим передачі з використанням протоколів типу "запит-відповідь" за схемою типу "точка-точка". Фізично канал інтерфейсу ESCON складається з двох волоконно-оптичних ліній, кожна з яких призначена для передачі інформації в одну сторону. Швидкість передачі інформації для ESCON складає 10-17 Мбайт/с, а максимально можлива дальність організації передачі даних - 43 км, що є основною його перевагою при використанні.

Аналогічними недоліками стандартів SCSI і ESCON є використання електричних сигналів в першому варіанті (це призводить до виникнення паразитних завад) і обмежена полоса пропускання для обох варіантів. Також критичним при застосування в прикладних задачах передавання даних в обчислювальних кластерах, є обмежене число каналів, та як наслідок, обмежена смуга пропускання.

Основні параметри поширених паралельних оптичних інтерфейсів передачі даних приведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Параметри сучасних комп‘ютерні інтерфейсів передавання даних

Інтерфейс	Кількість каналів	Максимальна швидкість передачі інформації, Мбіт/с	Максимальна дальність передачі даних, м
Fibre Channel	2	133 – 10 000	50 000
FDDI	2	100 – 1000	40 000
Optical Ethernet	2	100 – 10 000	10 000
SCSI-1	8	8	6
SCSI-2	16	40	1,5
SCSI-3	16	80	12
ESCON	16	17	500 – 10 000
SCI	10	667-5330	5 000
HIPPI -800	50-100	800	10 000
HIPPI-6400	100	6400	10 000
Optobus	10	4 000	300

Оптимальними рішенням при використанні інтерфейсів для передавання даних у обчислювальних системах є Fibre Channel, FDDI та HIPPI-6400 оскільки вони мають високі показники швидкості передачі інформації та дальності організації зв‘язку.

Але навіть з такими високими показниками швидкодії виникають проблеми при експлуатації цих інтерфейсів у високопродуктивних обчислювальних системах, суперкомп’ютерах та серверних кластерах, з продуктивністю оброблення даних в межах 100-300 TFlops (100-300·1012 оп/с) [15], оскільки там необхідним є передавання надзвичайно великих обсягів інформації за дуже малий час. Масштабування кількості сучасних волоконно-оптичних інтерфейсів не завжди дозволяє вирішити завдання зв‘язку в критичних місцях високопродуктивних обчислювачів. Тому перспективним є розроблення і застосування паралельних волоконно-оптичних інтерфейсів високої розрядності і числа ліній, в яких би забезпечувались швидкості передачі інформації на порядок вищі, ніж у існуючих паралельних інтерфейсах, та які б давали змогу ефективно передавати надвеликі обсяги інформації у високопродуктивних обчислювальних системах та локальних мережах.

Також варто розглянути декілька варіантів паралельних систем передавання даних та провести аналітичний огляд їх функціональних і технічних можливостей.

У роботі [11] розглянуте багатоконтактне електричне з‘єднання, в основу якого покладений принцип паралельної передачі інформації.

Недоліками цього пристрою і способу з‘єднання на основі нього є значно обмежена швидкість передачі інформації, за рахунок використання металевого середовища передачі сигналів, яке є інерційним при передачі сигналів високої частоти. В результаті, форми інформаційних сигналів спотворюються на високих частотах, що унеможливлює використання даного пристрою у сучасних надшвидкодіючих мікросхемах та обчислювальних структурах. Крім того, відсутні можливості масштабування швидкості передачі інформації та кількості каналів в процесі роботи пристрою.

У роботі [12] розглянута мікросхема з оптоволоконними багатоконтактними з‘єднаннями, охолоджувана плата та суперкомп’ютер, що самоорганізується. Пристрій також містить одночасно одну або декілька матриць оптичних передавачів сигналу, одну або декілька матриць оптичних приймачів сигналу, а також один або декілька комутаторів каналів зв'язку. Всі з'єднання з контактами здійснюються прямо або через оптоелектронну розв'язку.

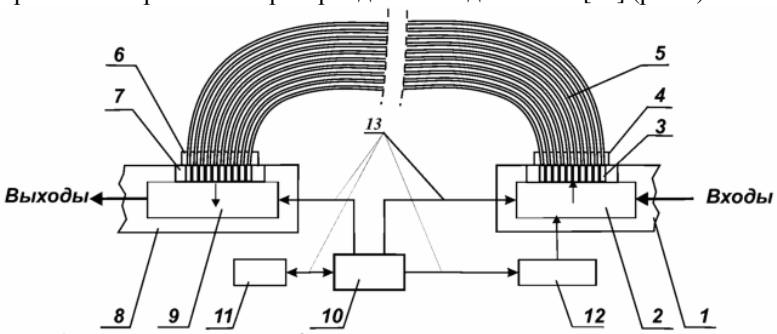
Недоліками пристрою є відсутність можливості швидкого масштабування каналів оптоволоконної шини та відносно нижча швидкість передачі інформації по оптоволоконній шині, порівняно з її теоретичними можливостями, за умов застосування технології хвильового мультиплексування DWDM, у поєднанні з методами часового ущільнення (TDM) і KVP-перетворення у каналах оптоволоконної шини.

У роботі [13] розглянутий спосіб паралельної комутації, який базується на паралельній передачі інформації через вхідний паралельний канал і вихідний паралельний канал. Інформацію паралельно подають на вхідні паралельні канали у вигляді мікропакетів, які містять адреси вихідних паралельних каналів і масив даних, представлений набором блоків, а також формують на вихідних паралельних каналах масив даних, який формують із різних блоків одного або декількох вхідних паралельних каналів,

причому дані із вхідних паралельних каналів паралельно надходять до матриці комутаторів, де вибирають оптимальний маршрут комутації. Після чого синхронізовані дані паралельно надходять на вихідні паралельні канали, формуючи вихідні масиви даних, а також у мікропакетах, які подають на вхідні паралельні канали, визначають адресу вихідного паралельного каналу, який отримує дані з вхідних паралельних каналів.

Недоліками даного способу комутації є відсутність можливості масштабування кількості каналів передачі та неможливість використання повного ресурсу паралельного волоконно-оптичного середовища по параметру швидкості передачі інформації в процесі роботи пристрою.

Також одним із сучасних паралельних видів з‘єднання є спосіб з‘єднання, що самовідновлюється багатоконтактових пристроїв або мікросхем та пристрій для його здійснення [14] (рис.3).



1 - микросхема или прибор источник сигналов
2 - коммутатор матрицы передатчиков
3 - матрица передатчиков (излучатели, контакты, пьезоэлементы, трубки, светодиоды, лазеры и т.п.)
4 - матрица входящих концов пучка проводников
5 - пучок проводников сигнала (опти ческих волокон, проводов, трубок или твердых стержневых волноводов)
6 - матрица выходящих концов пучка проводников
7 - матрица приемников (приемники излучений, пьезоэлементы, датчики, трубки или контактные площадки)
8 - микросхема или прибор приемник сигналов
9 - коммутатор каналов связи
10 - микропроцессор, управляющий коммутаторами
11 - блок памяти
12 - система формирования тестовых сигналов каналов
13 - шины связи

Рис.3. Спосіб з‘єднання, що самовідновлюється багато контактових пристроїв або мікросхем та пристрій для його здійснення [14]

Даний спосіб передбачає розпізнавання каналів зв'язку, що виконується паралельно, тобто одночасно на кожен передавач матриці передавачів, подають сигнали, що містять номер або координату передавача або іншим способом ідентифікуючі канали зв'язку, після чого аналізують сигнали і запам'ятовують утворені канали зв'язку.

Недоліками даного способу комутації є відсутність можливості використання повного ресурсу паралельного волоконно-оптичного середовища по параметру швидкості передачі інформації, оскільки в ньому не передбачено можливості розширення смуги пропускання кожного каналу за рахунок просторового ущільнення каналів перед їх введенням, а також не передбачені можливості фільтрації паразитних сигналів і їх наведень з інших каналів, за рахунок відсутності оптичної поляризаційної фільтрації, що приводить до збільшення шумів, і як наслідок, до зменшення якості передачі сигналів.

Також недоліком є обмежена масштабованість каналів, що звужує потенційну швидкість передавання інформації. Відсутність масштабованості і потенційного збільшення смуги пропускання зменшує загальну ефективність застосування цієї розробки у прикладних задачах з вимогами по швидкості передавання інформації до 100Тбіт/с і вище.

Одна з останніх розробок [16] відомої компанії Intel в галузі комп‘ютерних систем передбачає створення прототипу високошвидкісного оптичного інтерфейсу введення-виведення.

Як описано в роботі [16], в даний час технологія міжкомпонентних з'єднань на базі мідних провідників обмежена максимальною швидкістю 15-20 Гбіт/с, що є межею пропускної здатності каналів на надвисоких тактових частотах. Виробники намагаються вирішити цю проблему, проте рішення економічно невигідні, і це робить технологію оптичних міжкомпонентних з’єднань більш перспективною альтернативою.

Конструкція [16] передбачає створення паралельної волоконно-оптичної шини із 10 каналами на базі одномодового оптичного волокна із високими модуляційними частотами (10-12 ГГц на один канал).

В цій розробці спеціалісти корпорації Intel об'єднали в рамках єдиного рішення

високопродуктивні оптичні компоненти - вертикально-випромінюючі лазери з вертикальним резонатором (VCSEL), з економічно ефективною технологічною технологією мікросхем на базі КМОП-трансиверів з низьким енергоспоживанням і стандартною методикою компоновки мікропроцесорів.

Остання версія реалізованого пристрою являє собою високошвидкісну 12-канальну лінію зв'язку (8 каналів передачі даних), об'єднану в єдиному корпусі з паралельним оптичним КМОП-трансивером. Оптична підсистема введення-виведення базується на оптоелектронній інтегральному миікромодулі, який розміщується в корпусі FCPGA [46]. Структурна організація розробки Intel Components Research Lab представлена на рис.4.

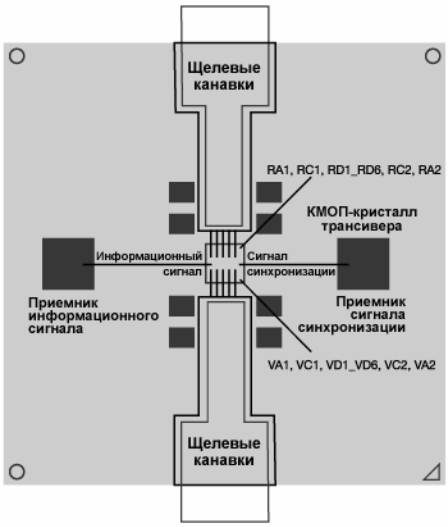


Рис.4. Структурна схема міжкомпонентного паралельного волоконно-оптичного інтерфейсу компанії Intel [16]

Основними модульними компонентами системи (рис.4.) є: 12 лазерних (VCSEL) генераторів оптичного сигналу і 12 приймачів сигналу в комбінації з трансімпедансними підсилювачами напруги і обмежуючими операційними підсилювачами; блок синхронізації; блок контролю з ланцюгом сканування.

Схема фотодіодної матриці приймача сигналу містить трансімпедансні підсилювачі напруги (TIA) та обмежуючі операційні підсилювачі (LIA). Кожен такий підсилювач забезпечений резистором зворотного зв'язку 2,5 кОм і має допустимий сумарний ємнісний опір не більше 500 фемтофарад (10^{-15}Ф), що є дуже малим значенням паразитної ємності, яка обмежує швидкодію.

Розроблений прототип міжкомпонентного інтерфейсу здатен передавати інформацію із швидкістю до 100Гбіт/с по 12-ти канальній шині.

Однак, незважаючи на всі наявні переваги від використання даної розробки в галузях сучасних високопродуктивних комп‘ютерів, розробка має недоліки. В першу чергу – це відсутність можливості використання повного ресурсу волоконно-оптичного середовища по параметру смуги пропускання, та, відповідно, і швидкості передачі інформації. Оскільки в ньому не передбачено можливості розширення смуги пропускання кожного каналу за рахунок просторового ущільнення каналів перед їх введенням.

Також недоліком є обмежена масштабованість каналів, оскільки число каналів 12. Це дещо звужує потенційну швидкість передавання інформації у суперкомп’ютерних комплексах і кластерах, де необхідні значення швидкості передавання набагато вищі за дані розробки.

Слід зазначити, що теоретичні можливостями волоконно-оптичних ліній дозволяють досягти значень смуги пропускання до 2.5·1014 Гц, що відповідає швидкості до 100-1000Тбіт/с на один канал. Це можливо досягти шляхом комплексного застосування технології хвильового мультиплексування DWDM у поєднанні з методами часового ущільнення (TDM) і KVP-перетворення у каналах оптоволоконної шини, в сукупності з концепціями паралелізму і розпаралелювання процесу передачі даних.

ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу відомих технологій паралельних волоконно-оптичних інтерфейсів. Можна стверджувати, що основними проблемами в них є: недостатня для швидкодіючих обчислювальних комплексів швидкість передавання інформації в кінцевих сегментах, висока вартість інформаційного устаткування, значне нагромадження апаратних засобів, низька захищеність каналів в кінцевих сегментах та відсутність гальванічної розв‘язки кінцевих пристроїв з центральними і проміжними вузлами, що призводить до збоїв в їх роботі. Висока вартість устаткування є основним критерієм, який обмежує використання волоконно-оптичних паралельних інтерфейсів та класичних ліній зв‘язку.

Перспективний шлях до вирішення вказаних проблем - комплексне застосування технології

хвильового мультиплексування DWDM у поєднанні з методами часового ущільнення (TDM) і KVP-перетворення у каналах оптоволоконної шини, що в сукупності з концепціями паралелізму і розпаралелювання процесу передачі даних дозволить вирішити проблему швидкісної передачі інформації між окремими ланками обчислювальних систем, де цей параметр є критичним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Никульский И.Е. Оптические интерфейсы цифровых коммутационных станций и сети доступа : [Монография] / Никульский И.Е. – М.: Техносфера, 2006. – 256с. – ISBN 5-94836-087-3.
2. Убайдулаев Р. Р. Волоконно-оптические сети [Текст] / Р. Р. Убайдуллаев. – М.: Эко-Тренз, 1998. – 268 с. – ISBN 5-88405-023-2.
3. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб: Издательство “Питер”, 1999. – 672с.
4. Семенов А.Б. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях связи / А. Б. Семенов. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 302 с.
5. Кожем‘яко В.П. Принципи побудови та структурна організація каналів для повністю оптичних геоінформаційно-енергетичних мереж / Кожем‘яко В.П., Маліновський В.І. // Вісник ВПІ.-2008.-№1-С.95-101.
6. Михаил Гук. Интерфейсы устройств хранения. ATA, SCSI и другие. Энциклопедия : [Текст] / Гук Михаил. – СПб.: Питер, 2006. – 448 с. – ISBN 5-469-01531-9.
7. Лапин А.А. Интерфейсы. Выбор и реализация : [Текст] / А.А. Лапин. – М.: : Техносфера, 2005. – 168с. – ISBN 5-94836-058-X.
8. Суприган В. А. Математичне моделювання процесу паралельного передавання зображень за допомогою масиву ВОЛЗ / В. А. Суприган, Абу Даія Усама Фаузі.
9. Інтерфейс Fibre Channel: [Материал из энциклопедии Википедия]/ Електронний ресурс: Режим доступу World Wide Web: http://ru.wikipedia.org/wiki/Fibre_Channel
10. Jon Tate. Fibre Channel. IBM SAN Survival Guide. / Jon Tate, Brian Cartwright, John Cronin, Christian Dapprich. – IBM SAN Survival Guide. IBM RedBooks. – SG24-6143-01. – August 2003. – pp..604-638.
11. Патент Російської федерації № 2207661, H01 L 23/525, Багатоконтактне електричне з‘єднання, опубл. 27.06.2003. – 11с.
12. Заявка на патент Російської федерації (RU) 2007108476 A, H 05K 1/00 . Мікросхема з оптоволоконними багатоконтактними з‘єднаннями, охолоджувана плата та суперкомпьютер, що само організується. – опубл. 20.09.2008. – 17с.
13. Патент України № 12933, H 03K 17/00 . Спосіб паралельної комутації . –опубл. 15.03.2006, бюл. №3. – 9с.
14. Патент Російської Федерації (RU) №2270493 C2, H 01L 23/525 . Спосіб з‘єднання, що самовідновлюється багатоконтактових пристроїв або мікросхем та пристрій для його здійснення. – опубл. 20.02.2006. – 23с.
15. Куссуль Н.Н. Grid-системы для задач исследования Земли. Архитектура, модели и технологии: [Монографія] / Н. Н. Куссуль, А. Ю.Шелестов. – К.: “Наукова думка”, 2008. – 452 с.
16. Йен Янг. Корпорация Intel представляет прототип высокоскоростного оптического интерфейса ввода/вывода для межкомпонентных соединений «кристалл-кристалл» / Йен Янг (Ian Young) // [Електронний ресурс]: Режим доступу: World Wide WEB: http://www.intel.com/corporate/europe/emea/rus/country/update/contents/it04041.htm
17. Вербовецкий А. А. Современные методы создания оптической цифровой вычислительной техники / А. А. Вербовецкий // Зарубежная радиоэлектроника. – 1999. – №6. – С. 12 –51. – ISSN 0373-2428.

Надійшла до редакції 18.06.2012р.

КОЖЕМ’ЯКО В.П. – академік АІНУ, д.т.н., професор, завідуючий кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

МАЛІНОВСЬКИЙ В.І. – к.т.н., н.с., асистент кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

МОРОЗ В.В. – здобувач кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.