

УДК 681.7.068:004.77]:621.39

DOI: 10.31673/2412-9070.2025.016872

В. В. ЗАЛЕВСЬКИЙ, студент;

ORCID: 0009-0000-2957-7813

Р. М. КИРИЧЕНКО, старший викладач,

ORCID: 0009-0006-2586-2493

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

ТЕХНОЛОГІЯ FTTBusiness ТА СПОСОБИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Волоконно-оптичні технології продовжують домінувати у сфері зв'язку, оскільки їх швидкість та надійність роблять їх дуже популярним вибором для ведення бізнес-процесів.

Дана стаття присвячена розгляду технології FTTBusiness та способів її реалізації для оптимізації бізнес-процесів за допомогою високошвидкісних оптичних мереж. Було розглянуто загальну концепцію FTTx та похідні від неї. Особливу увагу було приділено аналізу базових архітектур, їх перевагам та недолікам, а також взаємодію з іншими технологіями, наприклад, як застосування WDM-технологій для підвищення ефективності передачі даних та масштабування мережі. У результаті чого було представлено варіанти реалізації FTTBusiness за допомогою архітектури P2P та технологій C/DWDM.

Ключові слова: FTTBusiness, оптоволоконна мережа, високошвидкісний інтернет, технології доступу, WDM.

Вступ

У сучасному світі інформаційні технології відіграють ключову роль у розвитку підприємства та ефективного управлінні виробничими процесами. Підприємства змушені адаптуватися до швидкозмінного ринкового середовища та використовувати сучасні технології для підвищення свої конкурентоспроможності. Використання оптичного волокна для бізнесу через концепцію FTTBusiness спрямоване на прискорення оптимізації бізнес-процесів, шляхом інтеграції інноваційних рішень. Воно охоплює широкий спектр інструментів, таких як хмарні обчислення, використання IoT (Інтернет речей) та ERP-систем, автоматизація процесів та аналітика великих даних, що дозволяють підприємствам швидше реагувати на потреби ринку, покращувати обслуговування клієнтів та підвищувати ефективність управління ресурсами. Завдяки високій швидкості передачі даних і низькій затримці, оптичне волокно забезпечує стабільне та надійне з'єднання, необхідне для підтримки складних бізнес-процесів у реальному часі.

Мета дослідження полягає у розгляді принципів концепції технології FTTBusiness та аналіз різних підходів до її реалізації. Особливу увагу буде приділено вивченню переваг різних концепцій цієї технології та оцінки їх ефективності.

Загальні поняття про архітектуру FTTx.

FTTx (fiber to the x – оптичне волокно до точки x) – це загальний термін, що означає технологію організації оптичних мереж доступу (ОМД), за якої від мережного вузла зв'язку (точки присутності оператора) до певного місця (точка x) доходить волоконно-оптичний кабель, а далі до абонента йде мідний кабель [1].

У загальному, варіанти реалізації технології FTTx можна поділити на чотири групи, які характеризують ступінь проникнення волокна на мережі доступу (наскільки близько до терміналу користувача підходить оптичний кабель) та відповідно довжину розподільного мідного кабелю:

– FTTN – волокно доведено до оптичного мережного блоку (ONU – optical network unit), який знаходиться від терміналу клієнта на відстані понад 500 м (звичайно це мережний вузол місцевої транспортної мережі – приміщення комутаційної станції, в якому розміщується DSLAM);

– FTTC – волокно доведено до оптичного мережного блоку, який знаходиться від терміналу клієнта на відстані менше 500 м (звичайно це розподільна шафа, точка розмежування магістральної та розподільної ділянки телефонної мережі, де розміщується виносний модуль комутації, концентратор або DSLAM);

– FTTB/O – волокно доведено до оптичного мережного блоку, який знаходиться від терміналу клієнта на відстані менше 100 м (зазвичай це спеціально обладнане місце, що знаходиться на цокольному поверсі або горищі житлового будинку або офісу);

– FTTH – волокно доведено до приміщення клієнта, тобто ONT (optical network terminal) – індивідуальний термінал кожного клієнта, а мідна ділянка абонентської лінії (АЛ) відсутня.

Існує два найбільш поширених архітектурних варіанта реалізації оптичних мереж доступу за технологією FTTx:

– Архітектура P2P (точка-точка), яка передбачає виділення кожному користувачу окремого волокна (або пари волокон, в залежності від типу обладнання), по якому здійснюється двосторонній обмін інформацією [2].

– Архітектура P2mP (точка-багато точок) передбачає використання пасивного пристрою розгалуження (оптичного сплітеру).

Хоч архітектура P2mP вигідна в цілях економії та масштабування мережі, але має обмеження в дальності через використання оптичних розгалужувачів, які напряму впливають на оптичний сигнал і зменшують реалізацію технології.

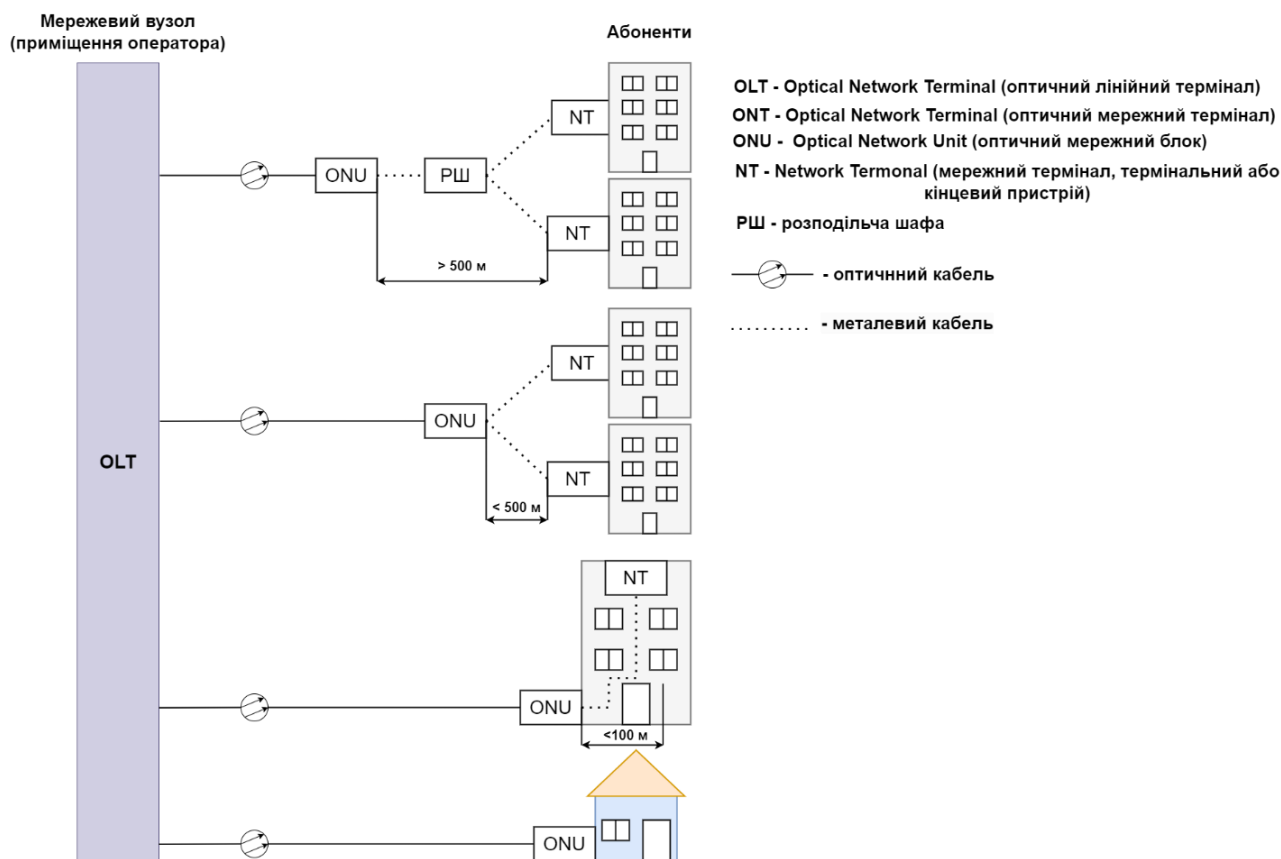


Рис. 1. Варіанти реалізації технології FTTx

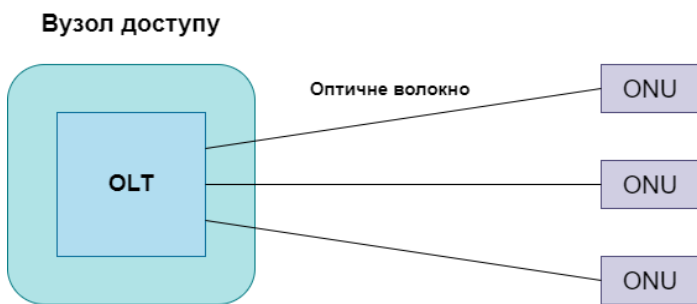


Рис. 2. Архітектура P2P

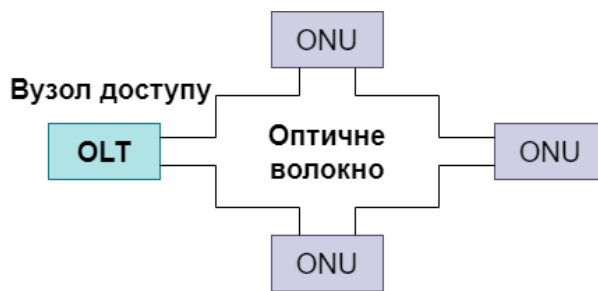


Рис. 3. Архітектура P2P з використанням топології кільце

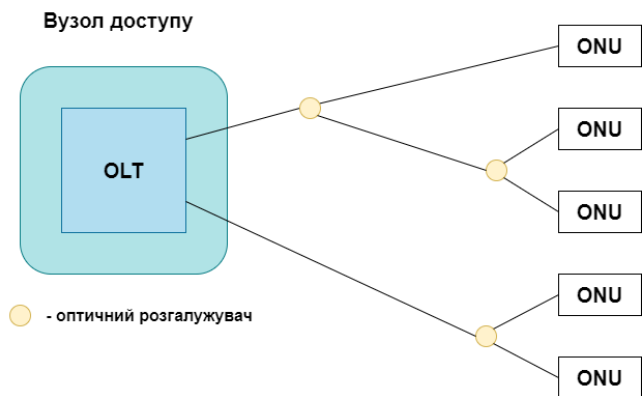


Рис. 4 Архітектура P2mP

Також потрібно розуміти, що обидві архітектури можуть бути реалізовані з використанням технології WDM, яка дозволяє використовувати спектральне ущільнення каналів передачі, що дає змогу застосовувати одне волокно для формування низхідного та висхідного інформаційного потоків по різним довжинам хвиль, замість використання двухволоконної схеми для низхідного та висхідного потоків передачі даних. На рис. 3 показано приклад реалізації технології WDM [3].

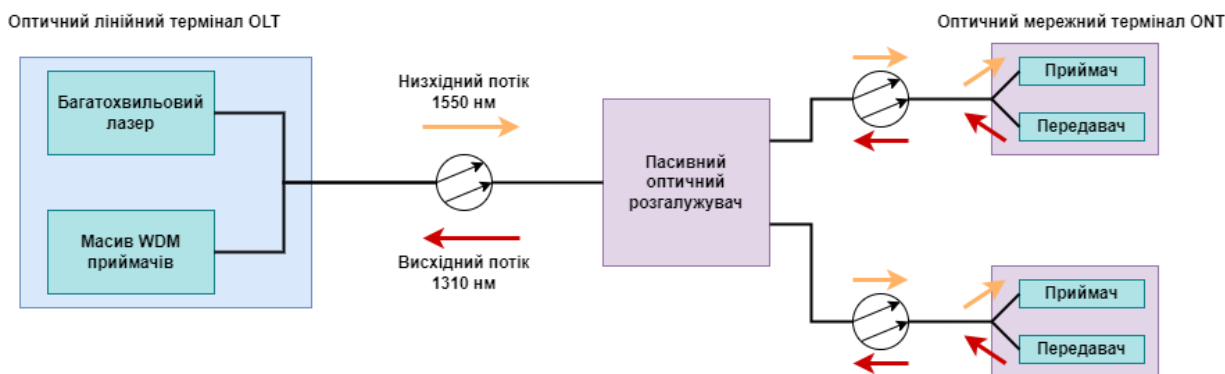


Рис. 5. Реалізація технології WDM

Концепція FTTB_{Business}

FTTB_{Business} (Fiber To The Business – рекомендація ITU G.983.2) – волокно до бізнесу. Архітектура побудови мережі, за якої волоконно-оптичний кабель використовується для з'єднання центру надання послуг та певного комерційного приміщення (робочий кабінет, офісне приміщення, корпоративна будівля), що обслуговуватиме декілька користувачів (наприклад, офісний центр). Така концепція є фактичним аналогом концепції FTTH (Fiber To The Home), але матиме більш жорсткі умови вимоги до елементів мережі задля забезпечення якості роботи мережі.

Концепція FTTB_{Business} хоч і є аналогом FTTH, але орієнтована вона на реалізацію більш комплексних бізнес-цілей, тому потрібно забезпечити більш якісну передачу інформації та на більші відстані (за потреби).

Найкращим варіантом реалізації буде використання архітектури P2P з технологією WDM, що дозволить покращити якість передачі, зменшить кількість волокон, що використовуються, та не впливатиме на дальність передачі даних, на відмінну від використання оптичних розгалужувачів в архітектурі P2mP. Також, з погляду безпеки і захисту переданої інформації в з'єдна-

нні P2P забезпечується максимальна захищеність абонентських вузлів, оскільки ОК (оптичний кабель) прокладається індивідуально до абонента.

Однак технологія WDM дозволяє нам здійснювати передачу інформації тільки по 2 довжинам хвиль (1310 та 1550 нм), тому для реалізації підключення, наприклад, бізнес-центру, в якому може знаходитися велика кількість підприємств та користувачів, потрібно звернутися до сучасніших стандартів WDM, таких як CWDM (ITU G.694.2) та DWDM (ITU G.694.1) [4].

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) представляє собою «грубий» WDM, тобто «грубе» спектральне мультиплексування, в якому інтервал між довжинами хвиль складає близько 20 нм. Якщо брати весь діапазон хвиль від 1271 нм до 1611 нм, як визначено в ITU G.694.2, то нам доступно всього близько 18 каналів CWDM, на практиці, кількість каналів передачі не буде перевищувати 16 (передача даних по парі оптичних волокон), а при передачі по одному оптичному волокну кількість каналів буде зменшена до 8. Реалізація спектрального мультиплексування за технологією CWDM представлена на рис. 6.

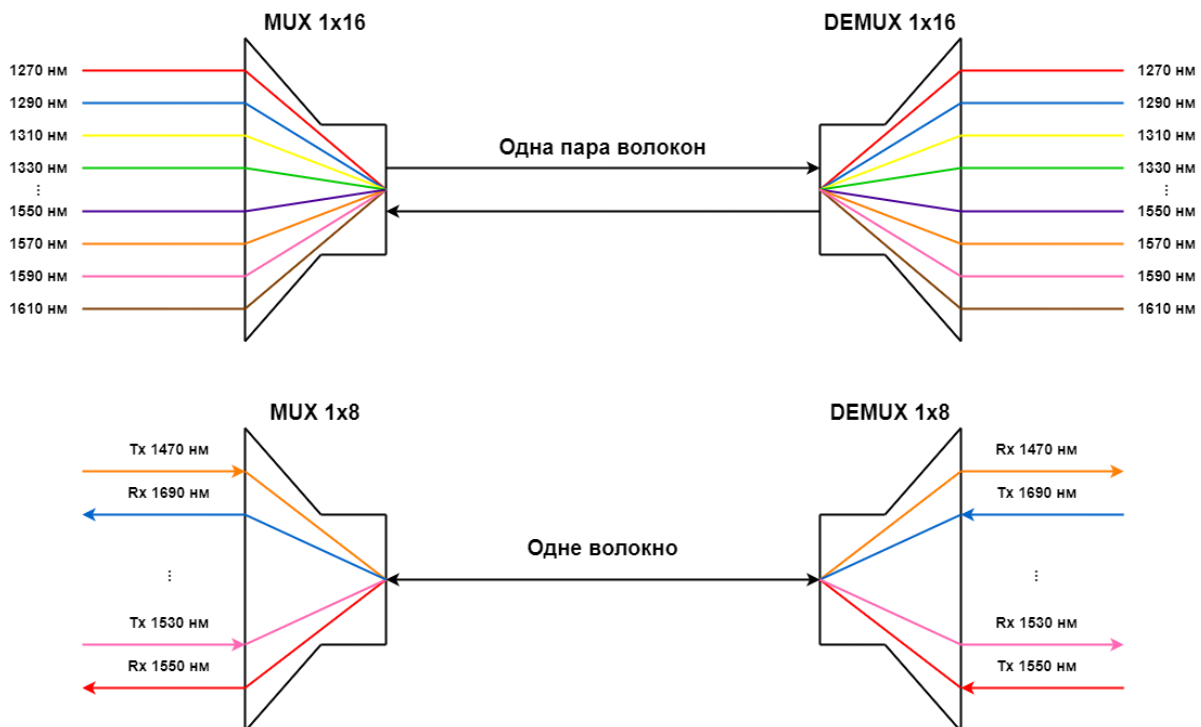


Рис. 6. Технологія CWDM

Так як для CWDM непотрібне «суворе» налаштування довжин хвиль та терморегуляція, на відміну від DWDM, то реалізація таких систем в загальному стає дешевшою на 40%, ніж систем за технологією DWDM. Однак, основним недоліком є те, що кількість каналів обмежена, тому не має масштабованості, особливо при використанні звичайного одномодового волокна, іншим недоліком є те, що канали з меншою довжиною хвилі зазнають більших втрат, тим самим обмежуючи відстань передачі або коефіцієнт розділення.

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – це технологія щільного спектрального мультиплексування, яка має набагато менший інтервал між довжинами хвиль, ніж у CWDM, зазвичай менше 3,2 нм, оскільки DWDM було розроблено для передачі багатьох довжин хвиль в обмеженій області спектра, де можна використовувати волоконно-оптичний підсилювач (EDFA). За стандартом ITU G.692 оптичні канали розташовуються в діапазоні від 1530 до 1565 нм з кроком 0,4 нм (50 ГГц) або 0,8 нм (100 ГГц). Використання великого числа несучих з мінімальним кроком між ними дозволяє передавати по парі оптичних волокон (прийм/передача) до 96 каналів, на практиці можна використовувати 80 каналів з кроком в 50 ГГц та 40 з кроком 100 ГГц по парі волокон, 40 та 20 відповідно по одному волокну. Зближення оптичних каналів дозволяє істотно збільшити ємність WDM-системи. У DWDM довжина хвилі кожного оптичного джерела і центральна довжина хвилі WDM-фільтра повинні ретельно відстежуватися

і контролюватися, щоб уникнути перехресних перешкод між сусідніми каналами. Тому, DWDM коштує дорожче, ніж CWDM при розгортанні в польових умовах, оскільки для нього потрібні пристрої з налаштуванням довжини хвилі і контроль температури.

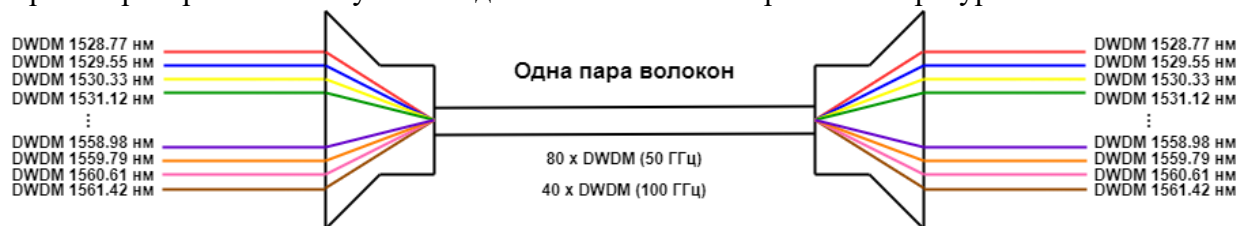


Рис. 7. Технологія DWDM

Для того, щоб вибрати, яку технологію краще використовувати, потрібно здійснити аналіз конкретного завдання на проектування, економічної доцільності та планів розвитку мережі, так як перед нами, на даний момент, не стоїть такого завдання, то давайте подивимося, як в загальному буде виглядати концепція FTTBusiness з використанням архітектури P2P з застосуванням технології CWDM або DWDM.

Мережевий вузол

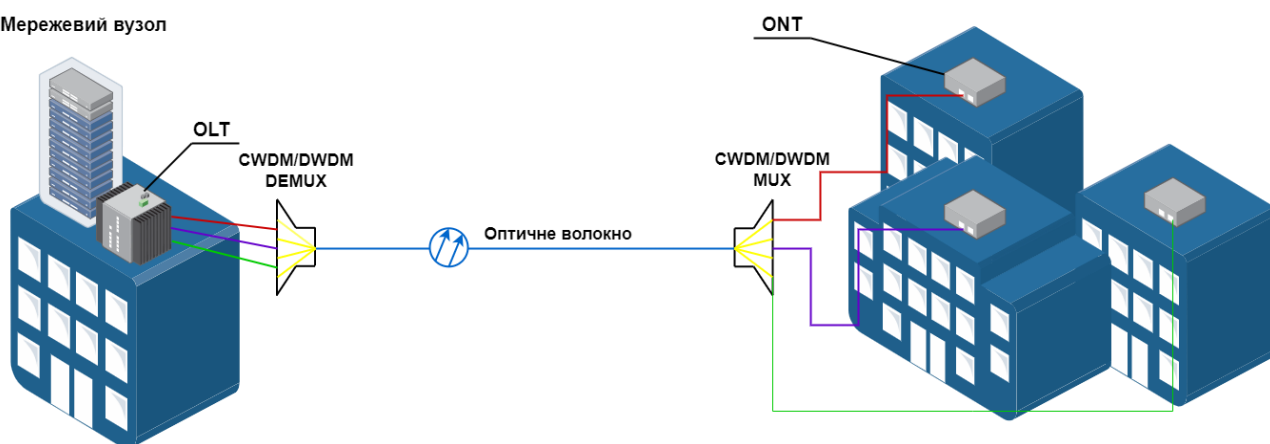


Рис. 8. Концепція FTTBusiness з використанням технології C/DWDM

Висновки

У дослідженні було проаналізовано архітектуру FTTx, основні варіанти її реалізації, архітектури, які використовуються, та взаємодію з іншими технологіями, на основі цього було представлено ефективну модель концепції FTTBusiness, яка в поєднанні з WDM-технологіями може продемонструвати високу ефективність, економічність, доступність, масштабованість та оптимізувати бізнес-процеси підприємств. Проте її успішна реалізація вимагає ретельного планування та вибору відповідної архітектури з урахуванням потреб підприємств, специфіки мережі та вимог до безпеки та масштабованості.

Список літератури

1. Балашов В.О., Барба І.Б., Корнійчук В.І., Лашко А.Г., Ляховецький Л.М., Орешков В.І. *Проектування, будівництво та експлуатація мереж широкопasmового доступу: навч. посіб. з дипломного проектування та виконання магістерських робіт.* Одеса, 2012. 240 с.
2. Каток В. Б., Руденко І. Е., Однорог П. М. *Волоконнооптичні лінії зв'язку : навч. посібник для інж.-техн. прац. і студ.* Київ, 2016. 445 с.
3. Однорог П. М., Михайленко Є.В., Котенко М.О., Омецінська О.Б. *під редакцією Катка В. Б. Пасивні оптичні мережі доступу(xPON).* Київ, 2006. 65 с.
4. *Wavelength-division-multiplexed passive optical network (WDM-PON) technologies for broadband access / Amitabha Banerjee, Youngil Park, Frederick Clarke, Huan Song, Sunhee Yang, Glen Kramer, Kwangjoon Kim, Biswanath Mukherjee // Journal of Optical Networking, 2005.*

V.V. Zalevskyi, R.M. Kyrychenko

FTTBusiness TECHNOLOGY AND WAYS TO IMPLEMENT IT

Fiber optic technologies continue to dominate the communications industry, as their speed and reliability make them a very popular choice for business processes. In a dynamic business environment, speed and flexibility are key success factors, and to stay competitive, companies are actively implementing innovative solutions that take business process efficiency to the next level through cloud services, the Internet of Things, ERP systems, and other modern tools. These changes and implementations allow companies to respond quickly to market changes, improve the quality of customer service and optimize the use of resources.

This article is devoted to the FTTBusiness technology and how it can be implemented to optimize business processes using high-speed optical networks. The general concept of FTTx and its variants, including FTTN, FTTC, FTTB/O and FTTH, were considered. Special attention was paid to the analysis of basic architectures, their advantages and disadvantages.

In addition, the article analyzes the benefits of using FTTBusiness for business. High bandwidth, low latency, and immunity to interference make optical networks an ideal solution for large data transfers, video conferencing, cloud computing, and other resource-intensive applications. With FTTBusiness, enterprises can increase operational efficiency, improve customer service, and gain a competitive advantage in the market.

Interoperability with other technologies was also considered, such as the use of WDM (Wavelength Division Multiplexing) technologies in combination with FTTBusiness to further increase network capacity and efficient use of optical spectrum. This allows transmitting several optical signals of different wavelengths over a single fiber, which significantly increases the efficiency of network resources and improves network scaling.

The study presented options for implementing FTTBusiness using P2P architecture and C/DWDM technologies and determined that the choice of the optimal architecture depends on specific business needs, network size, and budget.

Keywords: FTTBusiness, fiber optic network, high-speed Internet, access technologies, WDM.
