

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Полотнянко Ростислав Ярославович

**Комп'ютерна мережа навчального закладу із
безпроводним доступом / Computer network of
the educational institution with wireless access**

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КСМ-43/2
Р. Я. Полотнянко

Науковий керівник
к.т.н., Г.М. Мельник

2019

РЕЗЮМЕ

Бакалаврська робота містить 66 сторінки пояснюючої записки, 8 рисунків, 5 таблиць, 3 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою бакалаврської роботи є проектування комп'ютерної мережі навчального закладу із безпроводним доступом.

Методи дослідження включають методи фізичної і логічної структуризації комп'ютерних мереж, методи структурного програмування, теорія графів, елементи математичної логіки.

Розроблено технічне завдання на створення мережі. Виконання розділено два етапи: проектування і створення. В проектувальну частину входить розробка детальних схем мережі та підготовка документації. До другого етапу входить виконання монтажних робіт, налаштування, приймально-здавальні випробування.

Розроблено логічну схему (третій рівень моделі OSI) мережі навчального закладу. До головного маршрутизатора підключено основну підмережу В якій використовується статична адресація. До головної підмережі підключені робочі станції, порти керування комутаторами та контролер безпроводних точок доступу. Точки доступу підключені через власні підмережі до контролера. Розроблена схема відповідає вимогам захисту інформації і високої пропускної здатності.

Розроблено схему мережі навчального закладу на фізичному рівні. На першому поверсі в комутаційній шафі буде встановлено два комутатори та контролер точок доступу. Комутатори забезпечують з'єднання всіх робочих станцій навчального закладу, серверів та контролера точок доступу. Контролер точок доступу зв'язаний з комутаторами агрегованими каналами.

Ключові слова: БЕЗПРОВІДНА КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ.

RESUME

Bachelor thesis contains 66 pages of explanatory note, 8 figures, 5 tables, 3 applications. The volume of graphic material is 2 sheets of A3 format.

The purpose of the bachelor's work is to design a computer network of an educational institution with wireless access.

Methods of research include methods of physical and logical structuring of computer networks, methods of structural programming, theory of graphs, elements of mathematical logic.

A technical specification for network creation has been developed. The execution is divided into two stages: design and creation. The design part includes the development of detailed network diagrams and documentation preparation. The second stage involves the implementation of installation work, setup, acceptance test.

A logical scheme (the third level of OSI model) of a network of an educational institution is developed. The main router is connected to the main router, which uses static addressing. The main subnet is connected to workstations, switch ports and a wireless access point controller. Access points are connected through the own subnets to the controller. The developed scheme meets the requirements of information security and high bandwidth.

The scheme of the network of educational institutions on the physical level is developed. On the first floor, two switchboards and an access point controller will be installed in the switchboard. Switches provide connectivity to all workstations in the school, servers, and access point controller. The access point controller is connected to the switches by aggregated channels.

Key words: COMPUTER NETWORK, PROTECTIVE TRANSPARENCY, RELIABILITY..

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Сучасні підходи до побудови бездротових корпоративних мереж	12
1.1 Концепція побудови корпоративних мереж.....	12
1.2 Аналіз основних характеристик і підходів до проектування бездротових мереж	16
1.3 Постановка задач бакалаврської роботи.....	21
2 Вибір технологій для проектування мережі	23
2.1 Архітектура мереж на основі технології Wi-Fi.....	23
2.2 Підходи до планування й проектування розвинутої мережі Wi-Fi.....	29
2.3 Технологія проектування мереж WLAN	31
3 Проектування комп'ютерної мережі	34
3.1 Технічне завдання	34
3.2 Розробка структурної і функціональної схеми бездротової мережі.....	36
3.3 Технічне рішення і вибір апаратних засобів	39
3.4 Розрахунки характеристик проектованої бездротової мережі	42
4 Техніко-економічний розділ.....	46
4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення.....	46
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат і ціни споживання.....	52
4.3 Визначення показників економічної ефективності	55
Висновки.....	58
Список використаних джерел	59
Додаток А Специфікація обладнання.....	62
Додаток Б Довідка про використання	63
Додаток В Світлокопія виданої публікації	64

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Полотнянко Р.Я			КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ІЗ БЕЗПРОВІДНИМ ДОСТУПОМ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мельник Г.М.					8	66
Консульт.		Паздрій І.Р.				ТНЕУ.ФКІТ. КСМ-43/2		
Н. Контр.		Гураль І.В.						
Затвердив		Березький О.М.						

ВСТУП

Бездротові технології – одна з галузей ІТ-сфери, що найбільш швидко й ефективно розвивається. Основними перевагами бездротової технології є: гнучкість архітектури мережі; значна зона покриття; стислі строки розгортання; низькі витрати на створення бездротової мережі; мобільність (можливість приєднання рухомих - мобільних абонентів).

Крім перерахованих вище переваг бездротові технології мають і інші переваги, а саме: високу завадостійкість за рахунок розширення спектра.

Сучасні локальні мережі будуються з використанням технологій, що надають співробітникам, необмежені можливості для бізнес-спілкування в єдиному комутаційному середовищі компанії:

- сервіси уніфікованих комунікацій;
- Wi-Fi технології передачі даних;
- відеоконференцзв'язок;
- програмні інструменти для спільної роботи;
- засоби відеозв'язку;
- можливість спілкування в соціальних мережах.

Бездротові мережі забезпечують доступ у реальному часі до критичних застосувань і мережним ресурсам у кампусах, філіях і віддалених офісах. У міру розширення публічного доступу до бездротових послуг організації відчують усе більшу потребу в забезпеченні мобільності своїх співробітників, у той час як приватні споживачі прагнуть одержати можливість зв'язуватися з будь-яким необхідним ним адресатом з будь-якого місця. В усьому світі стрімко росте потреба в бездротових з'єднаннях, особливо в сфері бізнесу й ІТ технологій. Користувачі з бездротовим доступом до інформації завжди й скрізь можуть працювати набагато більш продуктивно й ефективно, ніж їхні колеги, прив'язані до провідних телефонних і комп'ютерних мереж, тому що існує прихильність до певної інфраструктури комунікацій.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Визнаючи більшу значимість бездротових мереж і Internet-Технологій, як фундаментальних інструментів бізнесу, і прагнучи підвищити продуктивність співробітників, організації у всіх галузях використовують технологію бездротових локальних мереж (WLAN) для розширення можливостей діючих мереж. Бездротові технології забезпечують можливість підключення до мережі в будь-який час і в будь-якому місці, що дозволяє розв'язати актуальну задачу підвищення гнучкості й мобільності співробітників, а також створення додаткових переваг при виборі простору й методології для роботи.

Усе це сприяє підвищенню якості праці, обумовлюючи підвищення ефективності роботи підприємства в цілому.

Зростаючий попит змушує провайдерів послуг пропонувати своїм клієнтам бездротові послуги, що дозволяють використовувати самі різні пристрої для приймання повідомлень і телефонних дзвінків, доступу до корпоративної мережі й підключення до Інтернет.

З ростом масштабів використання бездротових локальних мереж (WLAN) питання мережної безпеки здобувають для підприємств усе більше значення. Мережним адміністраторам необхідно забезпечити кінцевим користувачам волю й мобільність, при цьому, не даючи зломщикам доступу ні до самої мережі WLAN, ні до інформації, переданої по бездротовій мережі.

Метою бакалаврської роботи є проектування комп'ютерної мережі навчального закладу із безпроводним доступом, котра забезпечує масштабування і високу надійність. Для виконання мети потрібно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати сучасні підходи до побудови бездротових корпоративних мереж зв'язки;
- проаналізувати технології підтримки безпеки бездротових мереж;
- розробити проект комп'ютерної мережі із безпроводним доступом;
- вибрати активне мережеве обладнання, сервери та робочі станції та відповідне програмне забезпечення;
- розробити план розгортання та програмно реалізувати сценарії

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

налаштування мережевого обладнання.

Структурно робота складається із вступу, трьох розділів, в кожному із яких послідовно вирішуються поставлені завдання.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БЕЗДРОТОВИХ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ

1.1 Концепція побудови корпоративних мереж

У самому загальному розумінні, корпоративна мережа - це складний комплекс взаємозалежних і узгоджено функціонуючих програмних і апаратних компонентів, що забезпечує передачу інформації між різними віддаленими застосуваннями й системами, використовуваними на підприємстві. Через наявність декількох центрів обробки даних, корпоративні мережі відносяться до розподілених (або децентралізованих) обчислювальних систем [23]. Корпоративну мережу необхідно розглядати в різних аспектах:

- структурному;
- системотехнічному;
- функціональному.

З функціональної точки зору корпоративна мережа – це ефективне середовище передачі актуальної інформації, необхідної для розв'язку задач корпорації. Із системотехнічної точки зору корпоративна мережа являє собою цілісну структуру, що складається з декількох взаємозалежних і взаємодіючих рівнів: спеціалізовані програми, системні сервіси (www, email, файловий сервіс, мережевий друк), СУБД, мережеві операційні системи, транспортна система передачі даних, центра збереження і оброки даних.

Із системотехнічної точки зору корпоративна мережа – це система, що надає користувачам і програмам набір корисних у роботі послуг (сервісів), загальносистемних і спеціалізованих застосувань, що володіє набором корисних якостей (властивостей) і утримуюча в собі служби, що гарантують нормальне функціонування корпоративної мережі.

У загальному випадку корпоративна мережа (рисунок 1.1) складається з наступних компонентів [29].

Перший рівень доступу відповідає за підключення користувацьких

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

пристроїв до мережі. На цьому рівні здійснюється розподіл користувачів по віртуальних підмережах (VLAN), здійснюється базова безпека (блокування невикористаних портів, фільтрація MAC-адрес або аутентифікація 802.1x) [32] задаються мітки для пріоритезації трафіка (QoS classification). Через комутатори рівня доступу подається живлення для IP-Телефонів і бездротових точок доступу (PoE). Для забезпечення відмовостійкості з'єднання з рівнем розподілу здійснюється по двом незалежним каналам. Така архітектура дозволяє обмежити домен відмови: у випадку збоїв доступ до корпоративних ресурсів не одержать тільки користувачі однієї з VLAN, а інша мережа не втратить своєї працездатності [10].

Таким чином, рівень доступу вирішує наступні задачі:

- формування мережного трафіка;
- контроль доступу до мережі;
- виконання різних функцій прикордонних пристроїв.

Другий рівень – рівень розподілу. Цей рівень вирішує три задачі:

- ізоляція наслідків зміни топології;
- керування розміром таблиці маршрутизації;
- агрегація мережного трафіка.

Таким чином, на цьому рівні здійснюється маршрутизація між окремими VLAN, застосовуються політики безпеки, передача трафіка здійснюється відповідно до заданих пріоритетів, працюють протоколи, що забезпечують відмовостійкість мережі [20].

Третій рівень – рівень ядра, задача якого забезпечувати швидку й надійну комутацію пакетів між комутаторами рівня розподілу, серверною фермою й EDGE-модулем. Існують два типи ядра: вироджений тип ядра і ядро на основі базової мережі. Вироджений тип ядра використовується в невеликих корпоративних мережах і складається з одного маршрутизатора. До недоліків відноситься погана масштабованість мереж з таким типом ядра й низька надійність. До переваг слід віднести просте адміністрування. Ядро на основі базової мережі складається із групи маршрутизаторів, зв'язаних

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

високошвидкісними каналами зв'язки. До переваг слід віднести гнучкість, гарну масштабованість і надійність. До недоліків – високу вартість реалізації.

4. Edge-Модуль відповідає за з'єднання корпоративної мережі із зовнішнім світом. До складу Edge-Модуля входять компоненти, що забезпечують взаємодію з різними сервісами-провайдерами: Модуль Internet, Модуль WAN, Модуль Voice.

Модуль Internet відповідає за з'єднання з мережею Internet. У цьому модулі здійснюється захист мережі, організує зв'язок з філіями й віддаленими користувачами по захищених каналах (VPN), установлюються публічні сервери (Web, E-mail, DNS).

Модуль WAN служить для взаємодії між офісами й філіями корпоративної мережі. Основна задача цього модуля – забезпечити надійне з'єднання з гарантованою якістю обслуговування й прогнозованою затримкою. Це дозволяє створювати розподілені корпоративні системи, що підтримують застосування IP-Телефонії, відеоконференцзв'язку і т.д.

Модуль Voice забезпечує взаємодію корпоративної телефонної мережі з мережами загального користування. У якості провайдерів телефонії можуть виступати як традиційні оператори, так і VoIP оператори.

Архітектура корпоративної мережі має ієрархічну структуру, що дозволяє ефективно проектувати великомасштабні мережі, що забезпечує наскрізну якість обслуговування на всіх рівнях мережі, інформаційну безпеку, що дозволяє впроваджувати інтелектуальні сервіси, системи IP-Телефонії й відеоконференцзв'язку.

Особливості проектування корпоративних мереж.

Основна мета проектування корпоративних мереж полягає в тому, щоб на підставі характеристик корпоративних інформаційних потоків підприємства, параметрів споживачів і виробників інформації визначити склад апаратно-програмних засобів, структуру й організацію корпоративної мережі, які виконували б основні вимоги до якості інформаційних послуг, надаваних мережею, при заданих обмеженнях на витрати її проектування, впровадження й

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

обслуговування [22].

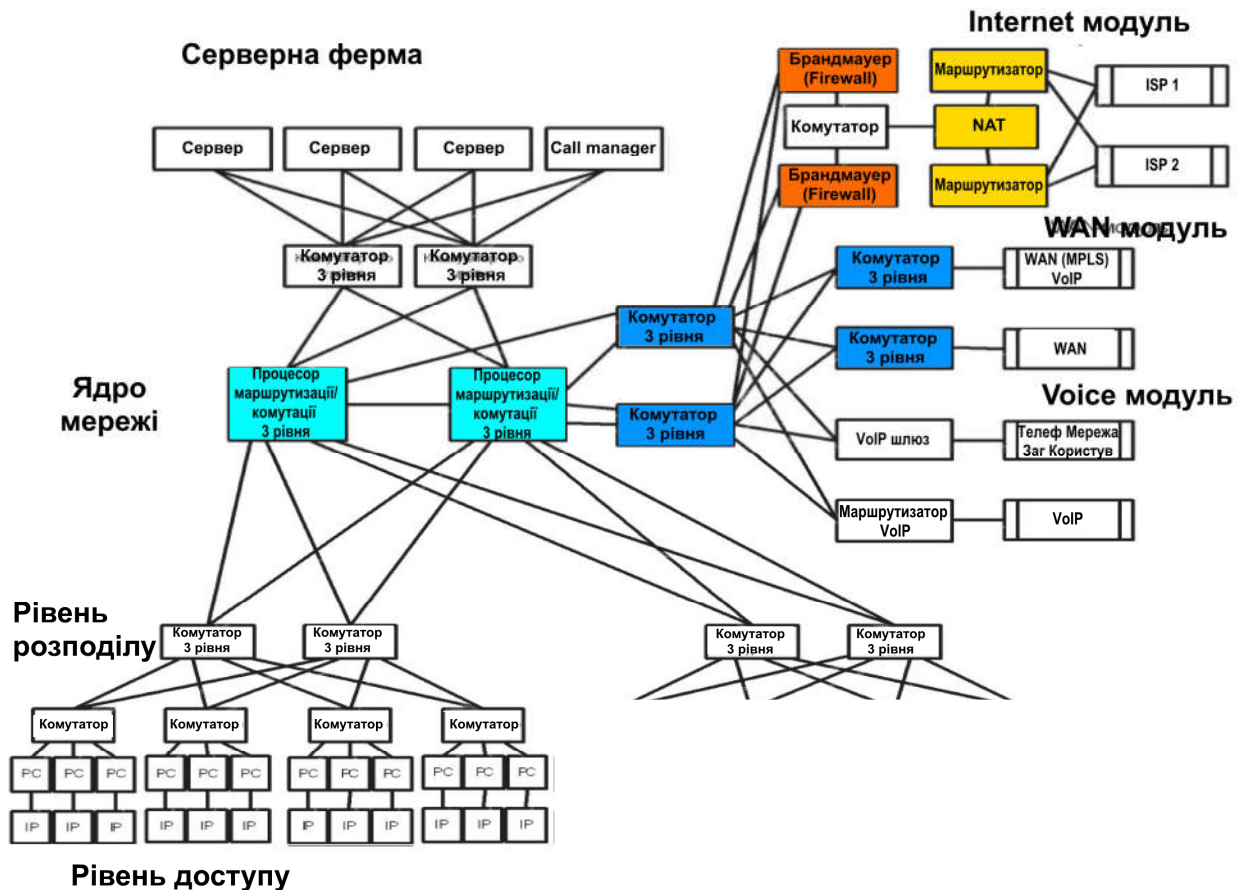


Рисунок 1.1 – Узагальнена архітектура корпоративної мережі

Мережні інтегратори й мережні адміністратори прагнуть забезпечити виконання наступних вимог при проектуванні корпоративної мережі:

- розширюваність: можливість простої інтеграції окремих компонентів мережі (користувачів, комп'ютерів, застосувань, служб);
- масштабованість: можливість збільшення кількості вузлів і довжина зв'язків, а також продуктивності мережного встаткування й вузлів;
- продуктивність: забезпечення необхідних значень параметрів продуктивності (час реакції, швидкість передачі даних, затримка передачі й варіація затримки передачі) мережних вузлів і каналів зв'язку;
- керованість: забезпечення можливостей централізованого керування, моніторингу стану мережі й планування розвитку мережі;
- надійність: забезпечення безвідмовної роботи вузлів мережі й каналів зв'язку, схоронності, узгодженості й доставки даних без спотворень вузлу

призначення;

- безпека: забезпечення захисту даних від несанкціонованого доступу.

Враховуючи масштабність, високий ступінь гетерогенності, використання глобальних зв'язків, проектування корпоративних мереж є важко формалізованим процесом. У цей час відсутні універсальні методики проектування корпоративних мереж. У більшості випадків мережні інтегратори при проектуванні опираються на свій досвід і використовують свої методики проектування. Однак можна сформулювати деякі, загальні для всіх мережних інтеграторів, типові етапи виконання мережних проектів.

1.2 Аналіз основних характеристик і підходів до проектування бездротових мереж

Бездротові технології – підклас інформаційних технологій, що служать для передачі інформації на відстань між двома й більше точками, не вимагаючи поєднання їх проводами. Для передачі інформації може використовуватися інфрачервоне випромінювання, радіохвилі, оптичне або лазерне випромінювання.

Сьогодні існує множина бездротових технологій, найбільше часто відомих користувачам по їхніх маркетингових назвах, таким як Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth. Кожна технологія має певні характеристики, які визначають її область застосування [25].

Існують різні підходи до класифікації бездротових технологій [5]:

а) по дальності дії:

1) бездротові персональні мережі (WPAN - Wireless Personal Area Networks), наприклад, Bluetooth;

2) бездротові локальні мережі (WLAN - Wireless Local Area Networks), наприклад, Wi-Fi;

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

3) бездротові мережі масштабу міста (WMAN - Wireless Metropolitan Area Networks). Приклади технологій - WiMAX.

4) бездротові глобальні мережі (WWAN - Wireless Wide Area Network). Приклади технологій - CSD, GPRS, EDGE, EV-DO, HSPA.

б) по топології:

1) «Точка-Точка»;

2) «Точка - Многоточка»;

в) по області застосування:

1) Корпоративні (відомчі) бездротові мережі - створювані компаніями для власних потреб.

2) Операторські бездротові мережі - створювані операторами зв'язку для оплатного надання послуг.

Коротким, але ємним способом класифікації може служити одночасне відображення двох найбільш істотні характеристик бездротових технологій на двох осях: максимальна швидкість передачі інформації й максимальна відстань. Бездротова мережа – мережа, побудована на базі бездротової технології [2, 40].

Приклади бездротових технологій.

WiMAX -Worldwide Interoperability for Microwave Access - всесвітня сумісність доступу в діапазоні надвисоких частот, являє собою перспективну альтернативу Wi-Fi і іншим бездротовим технологіям. Трансмітери WiMAX здатні передавати радіосигнал на відстань в 800-1500 м, тоді як для більшості пристроїв бездротової передачі даних воно не перевищує 30-90 м. Але головне навіть не в цьому: технологія має гарний рівень аутентифікації й шифрування, що утрудняє хакерам маскуванню під легітимних користувачів.

Щоб WiMAX стала гідною альтернативою іншим способам організації підключень, доставки мовних сервісів і даних, повинен бути виконаний ряд умов:

- розгорнути й увести в експлуатацію якнайбільше мереж WiMAX;
- забезпечити кращу підтримку IP-Телефонії в мережах;
- добитися інтеграції технології WiMAX з максимально можливою

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

кількістю пристроїв.

- розширювати територіальне покриття;
- розробити бізнес-модель, яка б не позбавляла оператора прибутку від стільникового зв'язку;
- розширювати портфель пропозицій для мобільних користувачів;
- добитися більш широкої підтримки з боку постачальників інфраструктур, наприклад, за рахунок відмови від технологій, що суперничають, на зразок платформи третього покоління LTE (Long Term Evolution - довгострокова еволюція).

Якщо ж для впровадження WiMAX потрібно виконати ряд умов, на які потрібно чимало часу, то впровадження бездротової технології Wi-Fi видасться більш реальним.

Wireless Fidelity (Wi-Fi) - це сучасна бездротова технологія передачі даних по радіо каналу. Wi-Fi постійно удосконалюється, що дозволяє передавати порівняно великий потік даних і забезпечити більш надійний зв'язок і захист. Останнім часом пристроями, що підтримують Wi-Fi технології, забезпечуються ноутбуки, стільникові телефони, КПК, ігрові приставки, комп'ютерні миші й цілий ряд інших пристроїв [7, 33].

Бездротова передача даних Wi-Fi заснована на стандарті 802.11. Даний стандарт має ряд характеристик і різновидів: робоча частота Wi-Fi 2,4 ГГц; 802.11a – швидкість передачі 54 Мбіт/с, 802.11b – швидкість передачі даних 11 Мбіт/с, 802.11g – 54 Мбіт/с, 802.11n – 300 Мбіт/с [32, 41].

Якщо розглядати структуру мережі, можна виділити наступні складові: точка доступу (AP - access point) і клієнт, wireless адаптер, порт доступу, антена, бездротові комутатори. Принцип роботи Wi-Fi полягає в тому, що точка доступу передає свій SSID (Service Set Identifier, Network name - ідентифікатор мережі, мережне ім'я) за допомогою спеціальних пакетів, названих сигнальними пакетами, що передаються кожні 100 мс. Сигнальні пакети передаються на швидкості 0.1 Мбіт/с і мають малий розмір, тому вони не впливають на характеристики мережі. Тому що 0.1 Мбіт/с - найменша

швидкість передачі даних для Wi-Fi, те клієнт, що одержує сигнальні пакети, може бути впевнений, що зможе з'єднатися на швидкості не менш, чим 0.1 Мбіт/с. Знаючи параметри мережі (тобто SSID), клієнт може з'ясувати, чи можливо підключення до даної точки доступу. Програма, вбудована в Wi-Fi карту клієнта, також може впливати на підключення. При влученні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID програма може вибирати між ними на підставі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнтові повну волю при виборі критеріїв для з'єднання й роумінгу. У цьому одна з переваг Wi-Fi, воно означає, що один з адаптерів може виконувати ці дії набагато краще іншого. Останні версії операційних систем (ОС) містять функцію, названу zero configuration, яка показує користувачеві всі доступні мережі й дозволяє миттєво перемикатися між ними, що означає, роумінг буде повністю контролюватися ОС.

Успіх мереж на основі технології Wi-Fi пояснюється простотою розгортання, низькою вартістю встаткування й відносно високими швидкостями передачі даних у радіоканалі (до 300 Мбіт/с). Завдяки цим параметрам Wi-Fi одержав велике поширення в освітньому секторі (на сьогоднішній день частка використовуваних Wi-Fi систем в освітніх установах становить порядку 30 %).

Порівняльний аналіз бездротових технологій

Для того щоб вибрати найбільш підходящу бездротову технологію для використання її для виконання технічного завдання, проведемо порівняльний аналіз перерахованих вище технологій передачі даних [17, 21].

Основними параметрами для порівняння будуть:

- використовуваний діапазон частот;
- швидкість передачі даних;
- радіус дії;
- використовувані методи доступу;
- дозвіл на використання.

Результати порівняння наведено в таблиці 1.1.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 1.1 - Порівняльний аналіз бездротових технологій

Параметр для порівняння	Мережі		
	UWB	Wi-Fi	WiMAX
Середовище передачі	Діапазон частот (3-10 ГГц)	Радіочастоти (2,4-5 МГц)	Радіочастоти (2-6 ГГц)
Швидкості передачі даних	до 480 біт/с	11 Мбіт/с, 54 Мбіт/с, 300 Мбіт/с	70 Мбіт/с
Стандарт	802.15.4a	802.11x	802.16d, 802.16e
Метод модуляції	Багаточастотна OFDM	OFDM, DSSS	OFDM
Радіус дії	Обмежений діапазоном частот, швидкість 480 Мбіт/с у радіусі 3 м.	Обмежений радіочастотами й фізичними спорудженнями 30-50 м.	Обмежений територією, яка охоплена MAN
Дозвіл на використання	не потрібно	Потрібно	Потрібно

Грунтуючись на результатах даної таблиці, можна зробити висновки.

WiMAX – це система далекої дії, що покриває кілометри простору, яка звичайно використовує ліцензовані спектри частот для з'єднання з Інтернетом. Швидкість передачі даних хороша. Ліцензування частот дещо утруднює організацію подібних мереж повсюдно.

UWB має незрівнянно більшу швидкість передачі даних, яка з такою ж швидкістю убуває залежно від радіуса дії, що є основним мінусом технології. Однак ліцензування частот не потрібно.

Технологія передачі даних Bluetooth має дуже маленьку швидкість, хоча у використанні дуже проста в порівнянні з іншими бездротовими технологіями.

Технологія Wi-Fi має середню швидкість передачі, яка стабільна в радіусі 40-60 метрів, але при збільшенні числа користувачів або колізійності падає. Є мінус впливу сусідніх будівель і споруд, які, безсумнівно, створюють перешкоди й зменшують швидкість передачі. Ця проблема менш гостро стоїть в технології WiMAX, яка споконвічно розрахована на охоплення великих територій. Так само дуже важливим фактором є те, що використання технології не вимагає реєстрації при використанні в рамках одного будинку або однієї території, що належить юридичній особі. Ще одна перевага мережі полягає в

тому, що мережа Wi-Fi може бути організована для доступу до локальної мережі, без підключення до Інтернету [34].

Із усього перерахованого вище можна зробити вивід, що для використання в побудові бездротової корпоративної мережі найбільш підходящої виглядає технологія бездротової передачі даних Wi-Fi.

1.3 Постановка задач бакалаврської роботи

Навчальний заклад має 1 основний будинок.

У навчальному закладі використовуються програми: обліку оцінювання, «1С: Підприємство».

Будинок має два поверхи, на кожному поверсі розташовується кілька відділів, навчальних аудиторій у кожній з яких є певна кількість комп'ютерів. Усього серверів – 3. Розподіл комп'ютерів у будівлі подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Розподіл комп'ютерів у будівлях центрального офісу

Будівлі	Віддалення	Поверхів	К-сть роб. місць
головна	-	2	150

Пропускна здатність: робоча станція - 100 МБіт/с, сервер - 1000 МБіт/с.

Підключення до Інтернет: основне - 4 МБіт/с, резервне - 2 МБіт/с.

Таблиця 1.2 - Права доступу для груп користувачів

Назва групи	Внутрішні ресурси	Рівні доступу до внутрішніх ресурсів	Доступ в Internet і електронна пошта
Адміністратори	Всі мережеві ресурси	Права адміністратора в каталогах, в тому числі зміна рівня і прав доступу	Усі мережеві ресурси
Викладачі	Вся інформація НЗ	Обмеження доступу до папок (за необхідністю)	Обмеження за IP-адресою (адресата і джерела), обмеження за змістом (вхідної та вихідної кореспонденції), за необхідністю

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ				

Батьки	Спеціальні каталоги та папки для батьків	Перегляд об'єктів (читання і пошук файлів)	Обмеження за IP-адресою (адресата і джерела), обмеження за змістом (вхідної та вихідної кореспонденції), за необхідністю Ідентифікація користувача не вимагається
Учні	Спеціальні каталоги та папки для учнів	Перегляд об'єктів (читання і пошук файлів)	

Метою бакалаврської роботи є проектування комп'ютерної мережі навчального закладу із безпроводним доступом, котра забезпечує масштабування і високу надійність. Для виконання мети потрібно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати сучасні підходи до побудови бездротових корпоративних мереж зв'язки;
- проаналізувати технології підтримки безпеки бездротових мереж;
- розробити проект комп'ютерної мережі із безпроводним доступом;
- вибрати активне мережеве обладнання, сервери та робочі станції та відповідне програмне забезпечення;
- розробити план розгортання та програмно реалізувати сценарії налаштування мережевого обладнання.

У першому розділі розглянуто концепції побудови бездротових корпоративних мереж і підходи до проектування бездротових мереж.

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ

2.1 Архітектура мереж на основі технології Wi-Fi

Існує два великі напрямки розробки й використання архітектур Wi-Fi рішень: автономна архітектура й централізована/керована архітектура. Саме на основі даних архітектур створюється основна кількість проектів мереж Wi-Fi [8].

У випадку автономної архітектури рішення являє собою набір незв'язаних точок доступу, кожна з яких конфігурується й обслуговується незалежно. Тому складність обслуговування мережі, побудованої подібним чином, росте лінійно, а часом і експоненційно, з ростом кількості пристроїв. Як правило, інженери намагаються уникати проектування масштабних мереж з автономною архітектурою. Звичайно, такого роду мережі включають себе не більш 3-5 пристроїв. Існують деякі виключення, які полегшують створення трохи більш масштабних мереж, наприклад, технологія кластеризації точок доступу. Але це не повноцінно керована архітектура. Також, у випадку автономної архітектури виникають проблеми з реалізацією системи безпеки бездротової мережі, тому що майже неможливо виконувати кореляцію атаки з урахуванням усіх точок доступу в зоні покриття при відсутності єдиного центру. Точки доступу незалежні й бачать ефір кожна по-своєму, а для повноцінної інтерпретації такої події, як атака важливий масштаб сприйняття, розуміння динаміки атаки. Це ж явище спостерігається й при виникненні проблем з інтерференцією, коли неможливо організувати спільне динамічне керування радіоресурсами (RRM- Radio Resource Management) у зв'язку з відсутністю єдиного центру збору інформації із усіх точок доступу й відповідно центру прийняття рішень.

Варто відзначити, що відомі випадки автономних мереж, що складаються із десятків точок доступу. Але гарантією ефективної роботи такої інфраструктури є наявність кваліфікованих інженерів по WLAN в IT-Службі, які створюють спеціальні скрипти для масового керування всіма точками

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

доступу, контролю по SNMP і збору статистики й т.п. У кожному разі, це досить нетривіальний підхід, який ще й дуже небезпечний у перспективі через проблеми з обслуговуванням подібного розв'язку у випадку відходу інженера-розроблювача даного ПЗ.

У випадку централізованої архітектури повне керування інфраструктурою мережі радіодоступу виконується контролером WLAN. Наприклад, в Cisco подібна архітектура називається CUWN (Cisco Unified Wireless Network). Контролер у централізованому розв'язку управляє завантаженням/зміною ПЗ, змінами конфігурації, RRM (динамічне керування радіоресурсами); зв'язком мережі WLAN із зовнішніми серверами (AAA, DHCP, LDAP і т.п.); аутентифікацією користувачів; профілями якості обслуговування QoS, спеціальними функціями й т.п. Більше того, контролери можуть поєднуватися в групи для забезпечення безшовного роумінгу клієнтів між різними точками доступу в зоні покриття. Наприклад, у рішення Cisco Systems можна об'єднати десятки контролерів в один мобільний домен і, відповідно, до декількох десятків тисяч точок доступу. Створення подібних мобільних доменів дозволяє забезпечити безшовні хендовери (у термінах Wi-Fi - це роумінг) між точками доступу керованих як одним контролером, так і різними. Існують ефективно працюючі мережі, кількість точок доступу в яких наближається до 100.000. Подібних масштабів можна добитися тільки в керованій архітектурі рішення [2, 9].

Природно для точок доступу або маршрутизаторів з Wi-Fi необхідно орієнтуватися на підтримку 802.11n.

Розглянемо види мереж на базі технології Wi-Fi.

1. Wi-Fi -доступ для будинку (з використанням невеликих домашніх маршрутизаторів з Wi-Fi, наприклад Cisco Linksys, D-Link, Netgear і т.п.).

Найчастіше у квартирі встановлюється один домашній маршрутизатор з Wi-Fi (звичайно 2.4Ghz, але краще, якщо 2.4+5Ghz), який підключається тем або іншим провідним інтерфейсом до мережі провайдера й надає бездротовий доступ домашнім користувачам. Тут слід інсталювати найпростіші програмне

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

забезпечення типу Wi-Fi Analyzer під Android і перевіряти, на яких частотних каналах працюють подібні пристрої сусідів. Часта більшість використовує ідентичні канали або, що гірше, близькі, що й перекриваються. Аналіз спектра дозволить настроїти пристрій на не зайняті канали, або канали з найменшим рівнем сигналу. Безпека такої мережі звичайно забезпечується за допомогою WPA2 (звичайно WPA2-personal з PSK).

2. Wi-Fi-доступ для невеликого офісу (використовуються невеликі роутери з Wi-Fi, більш продуктивні й багатофункціональні, ніж домашні роутери, наприклад, Cisco WAP, WET, AP, Cisco ISR з Wi-Fi модулями й ряд інших схожих функціонально пристроїв, а також точки доступу в автономному режимі) [21].

У цьому випадку виправдане використання одного багатофункціонального, але продуктивного пристрою. Зона покриття мала, доступного місця мало, але навантаження вже може бути суттєво вище, ніж у квартирі, і вимоги до стабільності непорівнянні. Тому найкраще вибрати спеціалізований пристрій, спроектоване для даних задач.

3. Невеликі корпоративні мережі доступу Wi-Fi (частина поверху, поверх, невеликий будинок і т.п.). Тут дуже добре можуть застосовуватися розв'язку із централізованою архітектурою, але розраховані на невелику кількість точок доступу, рідко даний рівень розв'язку має більш 10-20 ТД. Тому варто підібрати невеликий сучасний контролер (наприклад, Cisco 2500, Aruba 3000) на базі окремого пристрою або як модуль у багатофункціональний маршрутизатор (наприклад, модуль SRE у маршрутизатор Cisco ISR).

4. Великі корпоративні мережі доступу Wi-Fi (університетські кампуси, корпоративні кампуси, офісні кампуси, заводські території, порти й т.п.). Для подібних задач централізована архітектура з потужними й функціональними контролерами - це єдино правильний підхід. Можна використовувати сучасні контролери (наприклад Cisco 5508, Aruba A6000, Pcm-Сервер в HP), розгорнуті в ЦОД мережі. Якщо виробник пропонує рішення на модулях для комутаторів або маршрутизаторів (наприклад, Cisco WiSM, WiSM2), то можна їх

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

використовувати й на Границі мережі (див. трирівневу модель). Централізована архітектура дозволить забезпечити практично будь-який масштаб мережі й ефективно управляти нею з єдиної точки з мінімальним навантаженням на ІТ-Персонал.

5. Wi-Fi-доступ для маленьких віддалених офісів/«Branch» (поєднує велику кількість невеликих віддалених офісів під централізованим керуванням, наприклад, широко використовується в банківській сфері для зв'язку штаб-квартири з віддаленими офісами; тут найчастіше зв'язок між віддаленими офісами й центральною штаб-квартирою організує по орендованих каналах в операторів зв'язку, а іноді й через супутникові канали).

У цьому випадку ключовою проблемою є те, що в силу звичайної практики мінімізації витрат у бізнесі, комунікаційні канали для зв'язку з малими офісами зі штаб-квартири рідко бувають виділеними, широкими й надійними. Найчастіше підключення малих віддалених офісів виконується шляхом «підключення до інтернету» через найближчого й дешевого провайдера, а про підписання контракту з SLA (Service Level Agreement) із цим провайдером ніхто й не замислюється (а провайдер, імовірно, навіть не забезпечує таких послуг). Доступ до корпоративної мережі організує через VPN. При такому підході досить нерідко виникає ситуація, коли канал у віддаленому офісі падає або виникають перевантаження на мережі провайдера або на стику його мережі з мережею провайдера, до якого підключена штаб-квартира, і зв'язок зі штаб-квартирою тимчасово пропадає або стає дуже нестабільною. У кожному разі подібні проблеми не відміняють бажання мати бездротову мережу у віддаленому офісі, але якщо таких офісів багато (майже в кожному банку), то обслуговування їх стає великою проблемою, тому що тримати ІТ-Персонал у кожному офісі просто не рентабельно, а посилати інженера із центру при найменших проблемах з мережею довго й дорого. Рішення повинно забезпечувати такі особливості.

Централізоване керування всім конгломератом віддалених Wi-Fi мереж (у віддалених офісах) із центрального сайту. Причому це не повинне залежати від

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

різних характеристик каналів «віддалений офіс - штаб-квартира»; при цьому повинні бути можливості централізованого моніторингу, дозволу проблем і конфігурування віддалених пристроїв.

Надання послуги Wi-Fi у віддаленому офісі й при тимчасовому падінні зв'язку із центральним сайтом (з обов'язковою підтримкою аутентифікації й можливістю входу/виходу Wi-Fi-Клієнтів),

Можливість як центральної комутації користувацького трафіка (вивід трафіка з віддаленого сайту в центральний), так і локальної комутації (у віддаленому офісі).

Для цього необхідно спеціальний рішення і воно є, наприклад, це спеціальні хмарні контролери від Cisco серії 7500 [32].

6. Зовнішні міські мережі доступу Wi-Fi (точки доступу розташовуються на вулиці й надають сервіс цілорічно поза приміщеннями, наприклад, для міських служб, городян і гостей міста).

У цьому випадку найбільший інтерес викликають повнозв'язні мережі Wi-Fi (Mesh), де послуга кінцевим користувачам надається через один радіоінтерфейс Точки Доступу (звичайно 2.4Ghz), а через інший (звичайно 5Ghz) формується транспортний радіоканал із сусідніми Точками Доступу. В Mesh-Мережах звичайно присутні два типи ТД: тип Mesh (MAP в Cisco) і Root (RAP в Cisco), де RAP з'єднується із провідною мережею, а на MAP будується бездротова частина мережі. У мережі Mesh формуються дерева з коренем в RAP, а дерева будуються за допомогою спеціалізованих протоколів (IAPP в Cisco). Гілки дерев, як правило, не повинні перевищувати 8 хопів, але тут усе впирається в профілі трафіка на мережі й послуги, а також у конструкцію ТД (якщо в 5Ghz є присутнім один радіомодуль, то на кожному хопе пропускна здатність бекхола падає практично у два рази, а якщо є два незалежні радіомодулі 5Ghz, то пропускна здатність знижується мінімально). Сама інфраструктура Mesh звичайно управляється Контролером WLAN. Дуже добре, якщо програмне забезпечення Контролера WLAN може одночасно управляти й Точками Доступу у звичайному режимі й ТД в Mesh-Режимі, тому що це

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

дозволяє гнучко підходити уводити, увести до ладу проектуванню мережі й зв'язувати як зовнішні домени, так і внутрішні для забезпечення безшовної мобільності на мережі.

Необхідно відзначити, що подібні розв'язки нерідко застосовуються й для таких «вуличних/зовнішніх» проектів, як покриття кар'єрів, заводських територій, ліній рейкового транспорту й т.п..

7. Різні рішення для спеціальних випадків (ангари, склади, заводські цехи, рішення для залізничного транспорту (надземного й підземного - тут підходи різні), рішення для авіаційного транспорту, рішення для великих торгових центрів, рішення для стадіонів і великих демонстраційних або концертних залів (тут характерна висока щільність користувачів), рішення для лікарень і госпіталів і т.п.). У всіх цих випадках централізована архітектура найбільш правильний вибір, а рішення треба розробляти з урахуванням особливостей задачі.

Необхідно відзначити, що для реалізації Wi-Fi- рішень у різних умовах оточеннях розроблені й використовуються точки доступу трьох основних типів конструкцій [9]:

а) ТД для використання усередині приміщень / «офісний» варіант (часто такі ТД характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, інтегрованими антенами й відносно вузьким температурним діапазоном 0 – +40 °С);

б) ТД для використання усередині приміщень / «ангарно-складський» варіант (часто такі ТД мають металевий корпус, можливість використання зовнішніх антен і більш широкий температурний діапазон -20 – +55 °С);

в) ТД для використання поза приміщеннями, на вулиці / «вуличний» варіант (часто такі ТД характеризуються посиленням зовнішнім корпусом, зовнішніми, іноді інтегрованими антенами, вологозахищеністю корпусу й з'єднань, широким температурним діапазоном, -40 – +55 °С).

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.2 Підходи до планування й проектування розвинутої мережі Wi-Fi

Як показує практика, у дійсності до Wi-Fi звичайно відносяться як до простої й невимогливної технології. І найпоширеніший підхід - це «подумки» прикинути необхідну кількість точок доступу, замовити, а потім уже створювати мережу «з нуля».

На жаль, результати подібного підходу неприйнятні, і навіть із висококласним устаткуванням можна спостерігати вкрай нестабільні й неякісні за рівнем обслуговування в мережі результати.

З іншої сторони вимоги до бездротового доступу ростуть постійно, росте набір важких послуг, які вже можна якісно передавати по Wi-Fi або надавати з використанням Wi-Fi. Значна частина проектів уже вимагає розробки «по ємності», а не «по покриттю». Потрібно обслуговувати малопотужні термінали, наприклад смартфони або мітки RFID [39].

Усе це веде до одного – необхідно приділяти серйозну увагу такій важливій частині будь-якого бездротового проекту, як польове радіодослідження об'єкта (Site Survey). Звичайно це не викликає питань для мереж 2G, 3G або WiMAX, однак випадку з Wi-Fi інженери зустрічаються з оманливою простотою проектування мереж на основі даної технології.

Основні пункти для попереднього аналізу проекту.

1. На яких частотах буде працювати рішення?
2. У яких умовах передбачається розгортання? (план приміщення, особливості будівельних конструкцій, висота стель і т.п.?)
3. Чи передбачається робота в складній радіо обстановці (багато перешкод, наприклад у машинобудівних цехах і т.п.), хоча це обов'язково для перевірки в ході радіодослідження об'єкта;
4. Яка кількість користувачів (з них активних - одноразово споживаючих послуги) очікується на мережі?
5. Як будуть розподілятися користувачі по мережі? (важливо врахувати

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

можливі зони концентрації й очікувану кількість користувачів у цих зонах).

6. Які послуги необхідно надавати користувачам при запуску мережі і як це буде розширюватися в доступній для огляду перспективі, наприклад:

- доступ в Інтернет (на яких швидкостях на користувача, мінімальні вимоги по смузі на границі гнізда);
- доступ до локальних ресурсів (до яких ресурсів і на яких швидкостях);
- голосові послуги (Voip over Wi-Fi);
- потокове відео з мультикастом;
- визначення місця розташування для клієнтів Wi-Fi і/або міток RFID усередині приміщень;
- побудова розвитої системи безпеки радіоефіру;

7. Яке клієнтське встаткування буде використовуватися в мережі (лаптопи, планшетні комп'ютери, смартфони, сканери штрихкодів, мітки RFID і т.п.).

8. Які вимоги до аутентифікації користувачів існують і які найбільш підходящі методи необхідно застосовувати й у яких випадках? (наприклад варіанти аутентифікації другого рівня на основі 802.1x або третього з використанням, наприклад, web-порталу)

9. Чи вимагається забезпечення гостьового доступу і які особливості тут треба врахувати (наприклад, гнучкість у підходах у керуванні гостьовими аккаунтами й максимально широкі можливості або максимальна простота при створенні нових аккаунтов і т.п.)

10. Чи є вимоги з естетики в приміщенні, де буде працювати мережа Wi-Fi (це важливо для розуміння того, чи треба використовувати тільки точки із внутрішніми антенами або, якщо зовнішні антени обов'язкові, те які антени краще підбирати з погляду естетичного сприйняття).

Після узгодження думок про вимоги до мережі й збору всіх можливих вхідних даних варто проробити наступний крок (не обов'язковий, але який дуже полегшить майбутню роботу):

11. Виконати оцінююче планування за допомогою якого-небудь

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

програмного комплексу, який дозволяє врахувати плани кожного поверху, конфігуровані будівельні елементи (стіни, двері, вікна) зі змінюваними коефіцієнтами загасання відповідних радіохвиль, параметри на границі комірки, типи використовуваного встаткування й антен, послуги на мережі й т.п.

Такий інструмент дозволяє побудувати модель, точну рівно на стільки, наскільки точні вхідні дані. Але, на жаль, абсолютній точності вхідних даних не можна забезпечити по визначенню, як і неможливо закласти стан радіосередовища й умови для багатопроменевого поширення, загасання сигналів і т.п. Тому до результатів роботи подібного інструмента треба ставитися обережно.

2.3 Технологія проектування мереж WLAN

Будь-яке проектування, як відомо, являє собою сильно спрощене моделювання дійсності, що ще не настала. Саме тому передбачити всі можливі фактори, урахувати всі потреби, які можуть виникнути в майбутньому, практично неможливо.

Однак загальні підходи до проектування локальних комп'ютерних мереж все-таки можуть бути сформульовані, деякі корисні принципи такого проектування пропонуються й з успіхом використовуються. Не варто тільки сприймати їх як щось придатне для будь-яких практичних випадків і враховуюче всі можливі ситуації [30].

Архітектурна стадія проектування. Важливість цього етапу зв'язана як з необхідністю впорядкування вимог до створюваної ЛС і її окремих складових для забезпечення можливості прийняття в майбутньому зважених конкретних рішень, так і з її обґрунтуванням [8].

При створенні нової мережі для якого-небудь підприємства бажане враховувати наступні фактори:

– необхідний розмір мережі (у цей час, у найближчому майбутньому й за

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

прогнозом на перспективу);

- структура, ієрархія й основні частини мережі (по підрозділах підприємства, а також по кімнатах, поверхах і будинкам підприємства);
- основні напрямки й інтенсивність інформаційних потоків у мережі (у цей час, у найближчому майбутньому й у далекій перспективі), характер переданої по мережі інформації (дані, оцифрована мова, зображення), який безпосередньо позначається на необхідній швидкості передачі;
- технічні характеристики встаткування (комп'ютерів, адаптерів, кабелів, репітерів, концентраторів, комутаторів) і його вартість;
- можливості прокладки кабельної системи в приміщеннях і між ними, а також заходу забезпечення цілісності кабелю;
- обслуговування мережі й контроль її безвідмовності й безпеки;
- вимоги до програмних засобів по припустимому розміру мережі, швидкості, гнучкості, розмежуванню прав доступу, вартості, по можливостях контролю обміну інформацією;
- необхідність підключення до глобальних або до інших локальних мереж.

Цілком можливо, що після вивчення всіх факторів з'ясується, що можна обійтися без мережі, уникши тим самим досить великих витрат на апаратуру й програмне забезпечення, установку, експлуатацію, підтримку й ремонт мережі, зарплату обслуговуючому персоналу, і т.д.

Телекомунікаційна стадія має означає вибір розміру й структури мережі [11]. Під розміром мережі в цьому випадку розуміється як кількість поєднаних у мережу комп'ютерів, так і відстані між ними. Треба чітко уявляти собі, скільки комп'ютерів (мінімально й максимально) потребує підключення до мережі. При цьому необхідно залишати можливість для подальшого росту кількості комп'ютерів у мережі, хоча б відсотків на 20-50.

В ідеалі структура мережі повинна відповідати структурі будинку або комплексу будинків підприємства. Робочі місця групи співробітників, що займаються однієї задачею (наприклад, бухгалтерія, відділ продажів, інженерна

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

група), повинні розміщатися в одній або поруч розташованих кімнатах. Тоді можна комп'ютери цих співробітників об'єднати в один сегмент, у єдину робочу групу й установити поблизу їхніх кімнат сервер, з яким вони будуть працювати, а також концентратор або комутатор, що зв'язує всі їх машини.

При виборі мережного встаткування треба враховувати множину факторів, зокрема [5,16]:

- рівень стандартизації встаткування і його сумісність із найпоширенішими програмними засобами;
- швидкість передачі інформації й можливість її подальшого збільшення;
- можливі топології мережі і їх комбінації (шина, пасивна зірка, пасивне дерево);
- метод керування обміном у мережі (CSMA/CD, повний дуплекс або маркерний метод);
- дозволені типи кабелю мережі, максимальну його довжину, захищеність від перешкод;
- вартість і технічні характеристики конкретних апаратних засобів (мережних адаптерів, трансіверів, репітерів, концентраторів, комутаторів).

Наступний етап оптимізація й пошук несправностей у працюючій мережі. Можливими причинами виникнення зазначених проблем є [19]:

- недоліки використовуваного ПЗ і апаратного забезпечення;
- неправильне настроювання мережних ОС;
- несправності в кабельній системі;
- несправності на рівні мережних протоколів через несумісність або несправність мережних пристроїв або їх невірною настроювання;
- неправильна організація локальної мережі, наприклад, недостатнє сегментування в мережах типу Ethernet, що приводить до виникнення додаткових колізій пакетів.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Технічне завдання

З метою забезпечення надійної й безперебійної роботи навчального закладу необхідно спроектувати й побудувати бездротову мережу Wi-Fi на базі встаткування Cisco можливість, що передбачає масштабування і забезпечує високу надійність.

Загальні вимоги. Необхідно спроектувати бездротову мережу Wi-Fi на базі встаткування Cisco. Мережа Wi-Fi на базі встаткування Cisco повинна бути:

- розроблена й реалізована з використанням сучасних технологічних рішень, відповідати існуючим нормам і стандартам;
- мати сумісність із сучасними технологіями;
- мати можливості швидкого адаптування до мінливого ІТ-середовища й масштабованістю без зміни базової концепції в процесі всього циклу експлуатації;
- використовувати стандартні компоненти й матеріали;
- забезпечувати необхідний рівень безпеки;
- забезпечувати можливість віддаленого моніторингу, безпосереднього й віддаленого керування мережею;
- забезпечувати можливість повідомлення відповідального персоналу у випадку порушення параметрів навколишнього середовища, функціонування окремих модулів.

Функціональні вимоги до бездротової мережі

1. Бездротова мережа Wi-Fi призначена для забезпечення безперервної цілодобової організації роботи мобільних користувачів і робочих місць.

2. Кількість бездротових точок доступу й тип антен визначити в ході проектування, враховуючи кількість користувачів і зону охоплення бездротовою мережею.

3. Бездротова мережа повинна забезпечити фізичний і транспортний

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

рівень до центральних пристроїв і засобам відображення інформації.

4. Устаткування й ПЗ керування бездротовою мережею розташувати в серверних кімнатах № 8 і № 23.

5. В серверній спроектувати безперебійне живлення комутаторів і точок доступу.

6. Устаткування бездротової мережі повинне забезпечувати комутацію кадрів Ethernet з використанням інтерфейсу RadioEthernet стандарту 802.11 b/g/n, підтримувати організацію VLAN, пріоритезації трафіка за технологією QoS, мати функцію дистанційного доступу для моніторингу й конфігурації.

7. Відмовостійкість системи повинна бути спроектована таким чином, щоб на випадок виходу з ладу або необхідності ремонту були передбачені запасні компоненти або процедури, які негайно починають діяти, забезпечуючи безперервність надання сервісів. Відмовостійкість може бути забезпечена за допомогою програмних, або апаратних засобів, або за допомогою їх комбінації.

Проект по оснащенню бездротовою мережею Wi-Fi на базі встаткування Cisco описано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічне завдання на проектування мережі

Пункт завдання	Опис завдання
Призначення	Бездротова мережа Wi-Fi приміщень навчального закладу призначена для забезпечення безперервної цілодобової організації роботи мобільних користувачів і робочих місць.
Замовник	Приватний навчальний заклад I-III ступенів
Розташування об'єкта	вул. Перемоги, 13
Вид будівництва	Необхідно провести роботи з інсталяції й конфігурації активного мережного й комунікаційного встаткування, систем бездротового доступу на основі автономних точок.

Продовження таблиці 3.1

<p>Етапи побудови Wi-Fi мережі</p>	<p>1 етап: Проектування Wi-Fi мережі:</p> <ul style="list-style-type: none"> – розробка плану сегментації мережі; – розробка детальної схеми мережі; – підготовка робочої документації; – узгодження робочої документації й розробленої схеми з відповідальними представниками Замовника. <p>2 етап: Створення Wi-Fi мережі:</p> <ul style="list-style-type: none"> – виконання монтажних робіт; – настроювання встаткування; – розміщення Wi-Fi устаткування для повноцінного покриття всіх приміщень. – приймально-здавальні випробування; – здача системи в промислову експлуатацію; – оформлення документації. – замовник залишає за собою право внесення змін у вимоги в процесі проведення переговорів відповідно до змін у вимогах бізнесу, а також у зв'язку з можливими технічними й економічними змінами.
------------------------------------	--

3.2 Розробка структурної і функціональної схеми бездротової мережі

Технології бездротової передачі даних сьогодні міцно ввійшли в життя кожного підприємства. Сучасні бездротові мережі дозволяють вирішувати множина задач: від організації мережі усередині приміщення, Hot-Spot – до розподілених мереж масштабу міста, регіону й навіть цілої держави. Низька вартість, швидкість розгортання, широкі функціональні можливості по передачі трафіка даних, IP-Телефонії, відео, – усе це робить бездротову технологію

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

одним із самих швидкозростаючих телекомунікаційних напрямків.

При розробці пропонованої архітектури WLAN, що є частиною корпоративної мережі, використовуючи сучасні методи, технології й пристрою [27, 32], переслідувалася мета щонайкраще досягти балансу між наступними основними характеристиками й можливостями мережі, необхідними для виконання бізнес-вимог і підтримки бізнес-застосувань:

- висока доступність мережі (high availability) на рівні не гірше 99,99%;
- високошвидкісна комутація пакетів;
- якість обслуговування користувачів і застосувань (QoS);
- керування на основі правил (policy-based management);
- інтеграція із сервісами каталогів (directory-enabled networking).

Вибір технології побудови мережі WLAN.

Cisco Unified Wireless Network [9] є єдиним рішенням у галузі, що поєднують провідні й бездротові мережі, призначені для економічного розв'язку задач забезпечення безпеки, керування й контролю, з якими зустрічаються компанії. Цей рішення з'єднує кращі елементи провідних і бездротових мереж для створення безпечних мереж WLAN з можливістю масштабування, які характеризуються низкою загальною вартістю володіння.

Підтримка безпеки мереж. Компанія Cisco Systems є лідером галузі по забезпеченню безпеки корпоративних WLAN, відповідних до стандартів, з наступними характеристиками:

- 802.11i, 802.1X, захищений доступ Wi-Fi (WPA), WPA2, удосконалений стандарт шифрування (AES) і віртуальні частки мережі мобільного зв'язку (VPN);
- надійна система запобігання вторгнень у мережу WLAN (IPS) для виявлення й зниження ризику доступу за допомогою сторонніх пристроїв, незареєстрованих клієнтських пристроїв і інших мереж.

Спрощене керування мережею. Зручні для користувачів розв'язку від Cisco по керуванню мережами WLAN знижують вартість їх експлуатації й технічного обслуговування. Ці послуги інтегровані безпосередньо в

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

інфраструктуру мереж WLAN і надають адміністраторам мереж наступні можливості:

- наочний динамічний контроль стану радіоустаткування в реальному часі;
- покращені можливості масштабування мережі, підвищена надійність;
- покращені можливості пошуку й усунення несправностей;
- автоматична конфігурація, оптимізація й усунення несправностей бездротової мережі.

Рішення Cisco Unified Wireless Network. Бездротові локальні мережі першого покоління, що використовують автономні точки доступу, уважалися досить зручними мережами. Однак, з моменту появи перших мереж WLAN багато чого змінилося. Сьогодні базових можливостей підключення до мережі вже недостатньо. Компаніям необхідні мережі з повсюдним бездротовим покриттям будинки, що охоплюють цілі підприємства. Такі мережі WLAN повинні, з одного боку, підтримувати мобільні послуги – голосовий зв'язок, гостьовий доступ, позиціонування й потужні системи виявлення вторгнень у бездротову мережу (Wireless Intrusion Prevention Systems, WIPS), а з іншого – підтримувати спрощений механізм розгортання й адміністрування й забезпечувати достатній рівень масштабованості. Іншими словами, компаніям потрібні мережі WLAN, не зв'язані обмеженнями [31].

На кресленні БР.КСМ.07174/17.00.00.000 С1 представлено логічну схему (третій рівень моделі OSI) мережі навчального закладу. До головного маршрутизатора підключено основну підмережу 192.168.1.0/24. В якій використовується статична адресація. До головної підмережі підключені робочі станції, порти керування комутаторами та контролер безпроводних точок доступу. Точки доступу підключені через власні підмережі до контролера. Розроблена схема відповідає вимогам захисту інформації і високої пропускнуої здатності. При створенні схеми на фізичному рівні буде використовуватись комутація підмереж точок доступу і агрегація каналів.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

На кресленні БР.КСМ.07174/17.00.00.001 С1 представлено схему мережі навчального закладу на фізичному рівні (перший рівень OSI). На першому поверсі в комутаційній шафі буде встановлено комутатори 11, 12 та контролер точок доступу. Комутатори 11 і 12 забезпечують з'єднання всіх робочих станцій навчального закладу, серверів та контролера точок доступу. Контролер точок доступу зв'язаний з комутаторами агрегованими каналами стандарту EtherChannel. Кожна точка доступу підключається через PoE блок живлення що передає живлення по тому ж кабелю витої пари. На кресленні детально показано лише підключення обладнання безпроводного доступу.

Комутатор 21 встановлено на другому поверсі. До нього підключені всі робочі станції. Та точки доступу

3.3 Технічне рішення і вибір апаратних засобів

Варіант побудови централізованої системи.

У якості точок доступу обрані «полегшені» (lightwiegth) моделі AIR-AP1261N-X-K9, які мають рознімання для підключення зовнішніх антен.

«Полегшена» (lightwiegth) точка доступу Cisco Aironet серії 1260 являє собою дводіапазонну точку доступу, що підтримує стандарт 802.11 a/b/g/n і не потребує втручання оператора в процесі налаштування й експлуатації. Вона може служити в якості захищеного, економічного засоби доступу до бездротової мережі й підтримує потужні сервіси WLAN для корпоративних мереж. Пропонована «полегшена» точка доступу підтримує передові радіочастотні функції й допускає різні варіанти установки. Це дозволяє підвищити рівень продуктивності, захищеності, надійності й масштабованості бездротової мережі. Цей пристрій не тільки задовольняє експлуатаційним вимогам для самих складних корпоративних середовищ, але й перевершує їх.

Точка доступу Cisco Aironet серії 1260 функціонує в комбінації з

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

контролером бездротової мережі Cisco (Cisco Wireless LAN Controller) і опціональною системою Cisco Wireless Control System (WCS). Це дозволяє забезпечити одночасне виконання функцій пересилання даних і моніторингу за станом ефіру. Крім доставки трафіка дана точка доступу реалізує також функції керування радіочастотами в реальному часі й захист від вторгнень. Це рішення рятує від необхідності використовувати додаткові виділені вузли моніторингу, що дозволяє скоротити витрати, пов'язані з розгортанням мережі WLAN, і спростити її архітектуру. Підтримка Cisco Aironet серії 1260 протоколів Wi-Fi Protected Access (WPA) і 802.11i/WPA2 дозволяє реалізувати сумісну з іншими пристроями схему безпеки мережі WLAN корпоративного класу.

Установлюються 6 точок моделі AIR-AP1261N-E-K9, які підключаються до портів існуючих комутаторів. У локальну мережу підприємства включається контролер Cisco 2100 Series Wireless LAN Controller AIR-WLC2106-K9.

Контролери Cisco Wireless LAN працюють разом з Cisco Aironet і точками доступу Cisco Wireless Control System (WCS) для забезпечення загальносистемної функції бездротових локальних мереж. Будучи компонентом системи Cisco Unified Wireless Network, Cisco серії 2100 дозволяє адміністраторам безпечно управляти мережами WLAN і мобільних послугами, такими, як підвищення безпеки, голосовий зв'язок, гостьовий доступ й розташування служб. Cisco 2100 Series Wireless LAN контролери підтримують до 6, 12 або 25 точок доступу, що робить її економічно ефективними рішеннями для роздрібною торгівлі, підприємств галузі, а також малого й середнього бізнесу. Ці контролери з вісьма портами Ethernet, два з яких можуть подавати живлення безпосередньо на точки доступу Cisco (таблиця 3.2).

Сервер контролю безпечного доступу Cisco Secure Access Control Server (ACS) для Windows забезпечує централізовану організацію мережної ідентифікації й спрощує керування користувачами на всіх пристроях Cisco і застосуваннях керування безпекою. Cisco Secure ACS допомагає гарантувати застосування призначеної політики, дозволяючи мережним адміністраторам контролювати:

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- у кого є можливість входу в мережу;
- які права доступу має кожний користувач у мережі;
- запис аудита безпеки або білінгову інформацію з облікових записів;
- засоби керування доступом і команди керування, які доступні адміністраторові кожної конфігурації.

Таблиця 3.2 – Особливості й переваги

Особливості	Переваги
8 портів 10/100 Ethernet	Містить вісім портів 10/100 Ethernet, призначених для підтримки комбінацій точок доступу й дублювання LAN uplinks
Power-over-Ethernet Порти	2 з 8мі портів 10/100 Ethernet підтримують 802.3af Power over Ethernet (PoE) для подачі живлення на точки доступу
Маленький форм фактор	Зручно для настільного монтажу або монтажу в стійку.
Розширена Безпека	Розширена безпека покриття для великих магазинів і складів
PCI архітектура	Підтримує PCI-Сертифіковану архітектуру для роздрібних клієнтів
Підтримує 802.11n	Пропонує надійне охоплення 802.11 b/g і забезпечує безпрецедентну надійність за допомогою Cisco 802.11n і наступних поколінь бездротових рішень Cisco Enterprise Wireless Mesh

Cisco Secure ACS – основний компонент рішень з мережевої безпеки в системах довірчих відносин і ідентифікації Cisco. Він розширює безпечний доступ, поєднуючи аутентифікацію, користувацький і адміністративний доступ і керування політиками на базі централізованої мережної інфраструктури ідентифікації, що забезпечує додаткову гнучкість і мобільність, підвищуючи рівень безпеки й збільшуючи результативність роботи користувачів.

Вибір апаратних засобів.

Cisco 2500 Series Wireless Controller дозволяє забезпечити загальносистемні функції бездротового зв'язку в малих, середніх підприємств і філіях. Призначений для надання зв'язку по протоколу 802.11n. Cisco 2500 Series - бездротові контролери початкового рівня, контролери, які забезпечують

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

зв'язок у режимі реального часу між точками доступу Cisco Aironet для спрощення розгортання й експлуатації бездротової мережі.

У якості компонента уніфікованої бездротової мережі Cisco, цей контролер забезпечує централізовані політики безпеки бездротових систем, запобігаючи небажані вторгнення в мережу.

Точки доступу Cisco Aironet 600 Series Officeextend Access Points працюють по специфікаціях 802.11n у двох діапазонах: 2,4 і 5 ГГц, вибираючи з них той, який менше завантажений. Точки доступу розрізняють корпоративні й приватні ідентифікатори SSID, що дозволяє відокремлювати корпоративний трафік від особистого (особистий трафік надомного працівника направляється прямо в Інтернет, не завантажуючи корпоративні контролери). Нові моделі мають чотири інтегровані порти Ethernet для підключення Ір-Телефонів, принтерів і інших мережних пристроїв. Специфікація обладнання подана в додатку А.

3.4 Розрахунки характеристик проектованої бездротової мережі

Слід зробити розрахунки необхідної кількості точок доступу для впровадження в проектовану корпоративну мережу.

Необхідно знати необхідну продуктивність у перерахуванні на один клієнта для:

- підтримки передачі даних;
- підтримки Ір-Телефонії.

Задаючи для мереж стандарту 802.11n швидкість передачі 300 Мбіт/с і забезпечуючи спільний доступ до напівдуплексного середовища, розумно очікувати реальної продуктивності від однієї точки доступу не більш 50 Мбіт/с. Кожному користувачеві бездротової мережі необхідно виділити канал пропускнуою здатністю не менш 2 Мбіт/с для передачі даних, відправлення

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

повідомлень, використання різних застосувань. Для підтримок одного виклику IP-Телефонії в середньому потрібна пропускна здатність 800 Кбіт/с (для відеозв'язку).

Розрахунки кількості точок доступу закладу.

Пропускну здатність каналу на одне з'єднання можна розрахувати по формулі

$$B = \frac{B_{m.o}}{n} \quad (3.1)$$

де $B_{m.o}$ – швидкість передачі даних однієї точкою доступу (у нашому випадку $B_{m.o} = 50 \text{ Мбит} / \text{с} = 51200 \text{ Кбит} / \text{с}$);

n – кількість підтримуваних підключень однієї точкою доступу.

Знаючи пропускну здатність каналу на одне з'єднання й тип цього з'єднання, можна виразити з формули (1) величину n й розрахувати кількість підключень до одній точці доступу

$$n = \frac{B_{m.o}}{B} \quad (3.2)$$

Здійснимо розрахунок кількості користувачів, яких зможе одночасно підтримувати одна точка доступу при передачі даних, враховуючи, що середня кількість користувачів на поверсі закладу рівна 95. По формулі (3.2), маємо:

$$n = \frac{B_{m.o}}{B} = \frac{50}{2} = 25.$$

Для розрахунків числа точок доступу, необхідного для організації підключень до мережі на заданій швидкості, скористаємося формулою

$$N_{m.o} = \frac{N_{nod}}{n}, \quad (3.3)$$

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де $N_{под}$ – загальна кількість підключень ($N_{под} = N$);

n – кількість підключень до мережі на заданій швидкості, підтримуваних однією точкою доступу.

Для цього розрахуємо загальну кількість користувачів.

Максимальна кількість користувацького встаткування в проектованій мережі в загальному випадку складається із клієнтських станцій і встаткування IP-Телефонії

$$N = n_{пол} + n_{тел} \quad (3.4)$$

де $n_{пол}$ – кількість користувачів мережі (у нашому випадку дорівнює максимальній кількості робочих місць, $n_{пол} = 95$);

$n_{тел}$ – кількість місць, обладнаних IP телефонами (не менш 60% від максимальної кількості користувачів мережі).

Розрахуємо кількість місць, які повинні бути обладнані телефонами IP:

$$n_{тел} = n_{пол} \cdot 0,6 = 95 \cdot 0,6 = 57 \quad (3.5)$$

Підставляючи у формулу (3.4) чисельні значення, одержимо:

$$N = 95 + 57 = 152.$$

Тепер розрахуємо число точок доступу, необхідних для підтримки 95 користувачів згідно (3.4):

$$N_{м.д} = \frac{152}{25} = 6,8 \approx 6.$$

Буде потрібно 6 точок доступу для забезпечення роботи 95 користувачів

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

на одному поверсі будівлі, що складається з 2 поверхів, з мінімальною швидкістю 2 Мбіт/с. Тоді помістимо на кожному поверсі по 3 точки доступу.

Здійснимо розрахунок кількості користувачів з устаткуванням IP-Телефонії, яких зможе одночасно підтримувати одна точка доступу. По формулі (3.2), маємо:

$$n = \frac{B_{m.o}}{B} = \frac{51200}{800} = 64.$$

Таким чином, одна точка доступу зможе підтримувати 64 користувача. У вимогах до проектованої системи говориться, що кількість користувачів з устаткуванням IP-телефонії повинне становити не менш 60% від загального числа користувачів мережі. Дане число було розраховано, і рівно 57. Розрахуємо число точок доступу, необхідних для підключення 57 користувачів з IP устаткуванням згідно (3.4):

$$N_{m.o} = \frac{57}{64} \approx 1.$$

Буде потрібно 1 точка доступу для забезпечення роботи 57 користувачів зі швидкістю 800 Кбіт/с.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

У даному розділі бакалаврської роботи проводиться економічне обґрунтування доцільності розробки програмного забезпечення мережевого обладнання. Зокрема, здійснюється розрахунок витрат на розробку даного програмного продукту, експлуатаційних витрат, ціни на споживання проектного рішення, визначаються показники економічної ефективності нового програмного продукту, обґрунтовуються відповідні висновки.

Розроблене програмне забезпечення мережевого обладнання призначено для правильного налаштування обладнання.

4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку і впровадження програмних засобів (K) включають [30]:

$$K = K_1 + K_2, \quad (4.1)$$

де K_1 – витрати на розробку програмних засобів, грн.;

K_2 – витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програми рішення задачі на комп'ютері, грн.

Витрати на розробку програмних засобів включають:

– витрати на оплату праці розробників ($B_{оп}$);

– витрати на відрахування у спеціальні державні фонди ($B_{ф}$);

– витрати на покупні вироби ($Пв$);

– витрати на придбання спецобладнання для проведення експериментальних робіт ($Об$);

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- накладні витрати (H);
- інші витрати (I_6).

Витрати на оплату праці включають заробітну плату (ЗП) всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих на всіх етапах проектування. Розмір ЗП обчислюється на основі трудомісткості відповідних робіт у людино-днях та середньої ЗП відповідних категорій працівників.

У розробці проектного рішення задіяні наступні спеціалісти-розробники, а саме: керівник проекту; студент-дипломник; консультант техніко-економічного розділу (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

Посада виконавців	Місячний оклад, грн.
Керівник БР, доцент	7293
Консультант техніко-економічного розділу, доцент	7293
Студент	1400

Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою:

$$B_{оп} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M n_{ij} \cdot t_{ij} \cdot C_{ij}, \quad (4.2)$$

де n_{ij} – чисельність розробників i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, осіб;

t_{ij} – затрачений час на розробку проекту співробітником i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, год;

C_{ij} – годинна ставка працівника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, грн.

Середньогодинну ставку працівника розраховуємо за формулою:

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0(1+h)}{PЧ_i}, \quad (4.3)$$

де C_{ij}^0 – основна місячна заробітна плата розробника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, грн.;

h – коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат);

$PЧ_i$ – місячний фонд робочого часу працівника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, год. (приймаємо 168 год.).

Результати розрахунку записуємо у таблицю 4.2, зважаючи на те, що коефіцієнт h для керівника і для консультанта з техніко-економічного розділу – 1,47.

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців	Час розробки, год.	Погодинна заробітна плата, грн/год.	Витрати на розробку, грн
Керівник ДП, доцент	16	48	768
Консультант техніко-економічного розділу, доцент	2	48	96
Студент	150	8	1200
Разом			2064

Величину відрахувань у соціальні фонди визначаємо згідно діючого законодавства у розмірі 20,5% від суми заробітної плати:

$$B_{\phi} = \frac{20,5}{100} \cdot 2064 = 423,12 \text{ грн.}$$

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

У таблиці 4.3 наведений перелік матеріалів та комплектуючих і розраховані витрати на них.

Таблиця 4.3 – Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

№ п/п	Найменування купованих виробів	Одиниця виміру	Ціна, грн	Кількість купованих виробів	Сума, грн	Транспортні витрати (10% від суми)	Загальна сума, грн
1	Папір (формат А4)	уп.	100,0	2	200,00	20,0	220,0
2	Ручка кулькова	шт.	10,0	1	10,00	1,0	11,0
3	Олівець простий	шт.	8	2	16,00	1,6	17,6
4	Диски CD-R	шт.	9	2	18,00	1,8	19,8
5	Зошит, 96 арк.	шт.	20	1	20	2	22
6	Тонер для принтера	уп.	80	1	80	8,0	88
Разом							378,4

Витрати на використання комп'ютерної техніки включають витрати на амортизацію комп'ютерної техніки, витрати на користування програмним забезпеченням, витрати на електроенергію, що споживається комп'ютером. За даними обчислювального центру ТНЕУ для комп'ютера типу IBM PC/ATX вартість години роботи становить 6 грн. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2 години. Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки приведений в таблиці 4.4.

Накладні витрати включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати. Вони розраховуються за встановленими відсотками від витрат на оплату праці.

Таблиця 4.4 – Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки

№ п/п	Назва етапів робіт, при виконанні яких використовується комп'ютер	Час використання комп'ютера, год.	Витрати на використання комп'ютера, грн.
1	Проведення досліджень та оформлення їх результатів	90	405
2	Оформлення техніко-економічного розділу	10	45
4	Оформлення ДП	24	108
Разом		124	558

Середньостатистичний відсоток накладних витрат приймемо 150% від заробітної плати:

$$H = 1,5 \cdot 2064 = 3096 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони становлять 10% від заробітної плати:

$$I = 2064 \cdot 0,1 = 206,4 \text{ (грн.)}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення складають:

$$K_1 = B_{ОП} + B_{\Phi} + B_{ПВ} + H + I,$$

$$K_1 = 2064 + 423,12 + 378,4 + 3096 + 206,4 = 6167,92 \text{ (грн.)}$$

Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту визначаємо за формулою:

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$K_2 = S_{м.г.} \cdot t_{від}, \quad (4.4)$$

де $S_{м.г.}$ – вартість однієї машино-години роботи ПК, грн./год;

$t_{від}$ – комп'ютерний час, витрачений на відлагодження і дослідну експлуатацію створеного програмного продукту, год.

Загальна кількість днів роботи на комп'ютері дорівнює 25 днів. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2 години. Вартість години роботи комп'ютера дорівнює 6 грн. Тому

$$K_2 = 6 \cdot 25 \cdot 2 = 300 \text{ грн.}$$

На основі отриманих даних складаємо кошторис витрат на розробку програмного забезпечення (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Кошторис витрат на розробку програмного забезпечення

№ п/п	Найменування витрат	Сума витрат, грн.
1	Витрати на оплату праці	2064
2	Відрахування у спеціальні державні фонди	423,12
3	Витрати на куповані вироби	378,4
4	Накладні витрати	3096
5	Інші витрати	206,4
6	Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту	300
Разом		6467,92

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат і ціни споживання

Для оцінки економічної ефективності розробленого програмного продукту слід порівняти його з аналогом, тобто існуючим програмним забезпеченням ідентичного функціонального призначення. Для цього визначимо експлуатаційні витрати на розробку проекту.

Експлуатаційні одноразові витрати по програмному забезпеченню і аналогу включають вартість підготовки даних і вартість роботи комп'ютера (за час дії програми):

$$E_{\Pi} = E_{1\Pi} + E_{2\Pi}, \quad (4.5)$$

де E_{Π} – одноразові експлуатаційні витрати на ПЗ (аналог), грн.;

$E_{1\Pi}$ – вартість підготовки даних для експлуатації ПЗ (аналог), грн.;

$E_{2\Pi}$ – вартість роботи комп'ютера для розробки програмного продукту (аналог), грн.

Річні експлуатаційні витрати $B_{E\Pi}$ визначаються за формулою:

$$B_{E\Pi} = E_{\Pi} \cdot N_{\Pi}, \quad (4.6)$$

де N_{Π} – періодичність експлуатації ПЗ (аналог), раз/рік.

Вартість підготовки даних для роботи на комп'ютері визначається за формулою:

$$E_{1\Pi} = \sum_{i=1}^n n_i t_i c_i, \quad (4.7)$$

де i – категорії працівників, які приймають участь у підготовці даних ($i=1,2,\dots,n$);

n_i – кількість працівників i -ої категорії, осіб;

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

t_i – трудомісткість роботи співробітників i -ої категорії по підготовці даних, год.;

c_i – середньогодинна ставка працівника i -ої категорії з врахуванням додаткової заробітної плати, що знаходиться із співвідношення (4.3):

$$c_i = \frac{1400(1+0)}{21 \cdot 8} = 8 \text{ грн/год.}$$

Трудомісткість підготовки даних для даного проектного рішення складає 2 год., відповідно для аналога – 3 год. Результати представлені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок витрат на підготовку даних та реалізацію проектного рішення на комп'ютері

Час роботи співробітників, год.	Середньогодинна заробітна плата, грн./год.	Витрати , грн.
Проектне рішення		
2	8	16
Аналог		
3	8	24

Витрати на експлуатацію комп'ютера визначаються за формулою:

$$E_{2П} = t * S_{МГ}, \quad (4.8)$$

де t – витрати машинного часу для реалізації проектного рішення (аналогу), год.;

$S_{МГ}$ – вартість однієї години роботи комп'ютера, грн./год.

Отже,

$$E_{2П} = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ грн.}, \quad E_{2П_a} = 3 \cdot 2,5 = 7,5 \text{ грн.};$$

$$E_{II} = 16 + 5 = 21 \text{ грн.}, E_{II_a} = 24 + 7,5 = 31,5 \text{ грн.};$$

$$B_{EII} = 21 \cdot 252 = 5292 \text{ грн.}, B_{EII_a} = 31,5 \cdot 252 = 7938 \text{ грн.}$$

Ціна споживання програмного продукту – це витрати на придбання і експлуатацію програмного засобу за весь період його служби:

$$C_{C(II)} = C_{II} + B_{(E)NPV}, \quad (4.9)$$

де C_{II} – ціна придбання програмного засобу, грн.

$$C_{II} = K \left(1 + \frac{P_p}{100}\right) + K_0 + K_k,$$

де K – кошторисна вартість;

P_p – рентабельність;

K_0 – витрати на прив'язку та освоєння програмного засобу на конкретному об'єкті, грн.;

K_k – витрати на доукомплектування технічних засобів на об'єкті, грн.

Зважаючи на вищеописане, розрахуємо ціну програмного засобу:

$$C_{II} = 6467,92 \cdot (1 + 0,3) = 8408,30 \text{ грн.}$$

Вартість витрат на експлуатацію проектного продукту (за весь час його експлуатації), в грн. обчислюється так:

$$B_{enpv} = \sum_{t=0}^T \frac{B_{EII}}{(1+R)^t}, \quad (4.10)$$

де B_{EII} – річні експлуатаційні витрати, грн.;

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

T – термін служби програмного засобу, років;

R – відсоткова річна ставка банку.

Розрахуємо витрати на експлуатацію для розробленого програмного продукту та його аналогу:

$$B_{enpv} = \sum_{t=1}^5 \frac{5292}{(1+0,18)^t} = 16549 \text{ грн.},$$

$$B_{enpv} = \sum_{t=1}^5 \frac{7938}{(1+0,18)^t} = 24823 \text{ грн.}$$

Тоді ціна споживання для розробленого програмного продукту та його аналогу становитиме:

$$Ц_{C(\Pi)} = 8408,30 + 16549 = 24957,30 \text{ грн.},$$

$$Ц_{C(\Pi)_a} = 5480 + 24823 = 30303 \text{ грн.}$$

4.3 Визначення показників економічної ефективності

Для того, щоб побудувати таблицю показників економічної ефективності розробки програмного продукту, проведемо розрахунки необхідних показників. Розрахуємо на початку економічний ефект в сфері проектування рішення за формулою:

$$E_{PP} = Ц_{\Pi} - Ц_A, \quad (4.11)$$

$$E_{PP} = 8408,30 - 5480 = 2928,30 \text{ грн.}$$

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Річний економічний ефект в сфері експлуатації програмного продукту одержимо із співвідношення:

$$E_{KC} = B_{EA} - B_{EP}, \quad (4.12)$$

$$E_{KC} = 7938 - 5292 = 2646 \text{ грн.}$$

Додатковий економічний ефект у сфері експлуатації програмного продукту розраховуємо таким чином:

$$\Delta E_{ekc} = \sum_{t=1}^T E_{ekc} (1 + R)^{T-t} \quad (4.13)$$

$$\Delta E_{ekc} = \sum_{t=1}^5 2646(1 + 0,18)^{5-t} = 18930 \text{ грн.}$$

Зважаючи на проведені розрахунки ефективності розробки програмного забезпечення, обчислимо сумарний ефект від розробки програмного продукту:

$$E = E_{PP} + \Delta E_{ekc} = 2928,30 + 18930 = 21858,30 \text{ грн.}$$

Результати усіх здійснених розрахунків представлені в таблиці 4.7.

Отже, у цьому розділі проведено розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення. Показники, що характеризують витрати на розробку програмного продукту порівняно із показниками, як характеризують програмний продукт із аналогічним функціональним призначенням.

Із результатів порівняння видно, що розроблене програмне забезпечення має суттєві переваги у порівнянні із аналогами, зокрема простота використання, зручність.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Таблиця 4.7 – Показники економічної ефективності проектного рішення

№	Найменування	Значення показників	
		Аналог	Новий варіант
1	Капітальні вкладення	-	6467,92
2	Ціна придбання	5480	8408,30
3	Річні експлуатаційні витрати	7938	5292
4	Ціна споживання	30303	24957,30
5	Економічний ефект в сфері проектування	-	2928,30
6	Економічний ефект в сфері експлуатації	-	2646
7	Додатковий ефект в сфері експлуатації	-	18930
8	Сумарний ефект	21858,30	

Згідно із проведеними розрахунками, що обґрунтовують економічну ефективність, можна зробити висновок, що розроблене програмне забезпечення є конкурентоздатним. Крім того, отримано економічний ефект у розмірі 21858,30 грн., що свідчить про економічну доцільність розробки і впровадження програмного забезпечення мережевого обладнання.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ВИСНОВКИ

1. Проведено порівняння технологій безпроводного доступу за критеріями: використовуваний діапазон частот, швидкість передачі даних, радіус дії, використовувані методи доступу, дозвіл на використання. Для побудови бездротової корпоративної мережі найбільш підходящою є технологія Wi-Fi.

2. Проведено передпроектне дослідження об'єкту замовника. Визначено об'єм мережі та права доступ користувачів.

3. Розроблено технічне завдання на створення мережі. Виконання розділено два етапи: проектування і створення. В проектувальну частину входить розробка детальних схем мережі та підготовка документації. До другого етапу входить виконання монтажних робіт, налаштування, приймально-здавальні випробування.

4. Розроблено логічну схему (третій рівень моделі OSI) мережі навчального закладу. До головного маршрутизатора підключено основну підмережу В якій використовується статична адресація. До головної підмережі підключені робочі станції, порти керування комутаторами та контролер безпроводних точок доступу. Точки доступу підключені через власні підмережі до контролера. Розроблена схема відповідає вимогам захисту інформації і високої пропускної здатності.

5. Розроблено схему мережі навчального закладу на фізичному рівні. На першому поверсі в комутаційній шафі буде встановлено два комутатори та контролер точок доступу. Комутатори забезпечують з'єднання всіх робочих станцій навчального закладу, серверів та контролера точок доступу. Контролер точок доступу зв'язаний з комутаторами агрегованими каналами.

6. У якості точок доступу обрані моделі AIR-AP1261N-X-K9. Точка доступу функціонує в комбінації з контролером бездротової мережі Cisco Wireless LAN Controller і системою Cisco Wireless Control System.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Салук Р.В., Полотнянко Р.Я. Мережа підприємства з безпроводним доступом. Науково-практична конференція молодих вчених і студентів «Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі» Частина II. Тернопіль, 2019. с. 9.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 4 изд. СПб: Питер, 2010. 944 с.
3. McCabe J. Network Analysis, Architecture, and Design. Third edition. Morgan Kaufmann, 2007. 495 p.
4. Яковина В.С. Основы безопасности компьютерных сетей: Навчальний посібник. Львів : НВФ "Українські технології", 2008. 396 с.
5. Демида Б.А. Обельовська К.М., Яковина В.С. Основы администрирования LAN у середовищі MS Windows: навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. 488 с.
6. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы. 4-е изд. М. : ДМК-Пресс, 2002. 640 с.
7. Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. Локальные сети: Архитектура, алгоритмы, проектирование. М.: ЭКОМ, 2002. 311 с.
8. Виденье отказоустойчивой, надежной, масштабируемой сети передачи данных: веб-сайт. URL: <http://habrahabr.ru/blogs/personal/93629/> (дата звернення: 12.03.2019).
9. Хелеби С., Мак-Ферсон Д. Принципы маршрутизации в Internet, 2-е издание. Пер. с англ. М.: "Вильямс", 2001. 448 с.
10. Документація з настройки обладнання фірми Cisco. : веб-сайт. URL: <http://www.cisco.com> (дата звернення: 12.03.2019).
11. Чекмарев А. Windows 7. Руководство администратора. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 896 с.
12. Визерспун Д. Освой самостоятельно LINUX за 24 часа, 3-е издание. М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. 352 с.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

13. Жуматий С.А. Программная среда поддержки эффективного выполнения задач на параллельных вычислительных системах. М.:МГУ им М.В. Ломоносова, 2005. 95 с.

14. Корнеев В. В. Параллельные вычислительные системы. М.: Нолидж, 1999. 320 с.

15. Штайнер Г. HTML/XML/CSS. Справочник. М: Лаборатория базовых знаний, 2001. 512 с.

16. Хахаев И. А. Практикум по алгоритмизации и программированию на Python. Альт Линукс, 2010. 126 с.

17. Лутц М. Программирование на Python. Том 2, 4-е издание. Символ-Плюс, 2011. 992 с.

18. Прохоренок Н.А. PyQt. Создание оконных приложений на Python 3. 2011. 243 с.

19. Гифт Н. Python в системном администрировании. O'Reilly, 2009.511с.

20. Лутц М. Изучаем Python. O'Reilly, 2011. 1280 с.

21. Головатый А., Каплан-Мосс Дж. Django. Подробное руководство. Символ, 2010. 552 с.

22. Бизли Д. Python. Подробный справочник. Символ, 2010. 500 с.

23. Сузи Р.А. Язык программирования Python. Бином-пресс. 300 с.

24. Уэсли Дж. Чан Python. Создание приложений. Вильямс, 2016. 816 с.

25. Свейгарт Э. Автоматизация рутинных задач с помощью Python: практическое руководство для начинающих. Вильямс, 2016. 592 с.

26. Шоттс У. Командная строка Linux. Полное руководство. Питер, 2017. 480 с.

27. Мэттиз Э. Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения. Питер, 2017. 496 с.

28. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” напряму підготовки 6.050102 «Комп’ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп’ютерні системи та мережі» / О.М. Березький та ін. Тернопіль : ТНЕУ, 2013.65с.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

29. Паздрій І.Р. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу для дипломних проектів на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямку підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія». Тернопіль: ТНЕУ, 2015. 36 с.

30. Гураль І.В., Дубчак Л.О. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія». /Під ред. О.М. Березького. Тернопіль : ТНЕУ, 2019. 33 с.

					БР.КСМ.07174/17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61