

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

Сасюк Володимир Андрійович

**Безпроводна комп'ютерна мережа на основі
стандарту 802.11ac / Wireless computer network based
on the 802.11ac standard**

напрямок підготовки: 123 Комп'ютерна інженерія
фахове спрямування - Комп'ютерна інженерія
Бакалаврська робота

Виконав студент групи КСМ 43/2
Володимир Андрійович Сасюк

Науковий керівник:
Вербовий С.О.

Тернопіль - 2018

РЕЗЮМЕ

Для покращення існуючої на підприємстві мережі, розроблено безпроводну мережу. Для цього встановлено безпроводну точку доступу і безпроводні адаптери на комп'ютерах. Також є варіант зміни громіздких комп'ютерів на більш зручні ноутбуки. Зменшено кількість кабелів, тому що працівники підключені до мережі без кабелів, принтери використовуються у мережі, і найголовніше гості будуть мати доступ до мережі Інтернет.

Безпроводна мережа реалізована на стандарті IEEE 802.11ac. Ядром безпроводної мережі Wi-Fi є точка доступу (Access Point), яка підключається до якоїсь наземної мережевої інфраструктури (каналів Інтернет-провайдера) та забезпечує передачу радіосигналу. Зазвичай точка доступу складається із приймача, передавача, інтерфейсу для підключення до провідної мережі та програмного забезпечення для налаштування. Навколо точки доступу формується просторова область радіусом 50-100 метрів (її називають хот-спотом або зоною Wi-Fi), у межах якої можна користуватися безпроводною мережею.

Розроблено схему захисту безпроводної мережі. В налаштуваннях маршрутизатора обрано тип шифрування, версію шифрування, його метод та задано пароль для підключення до мережі. Здійснено налаштування безпроводної мережі.

Ключові слова: БЕЗПРОВІДНИЙ ДОСТУП, ШИФРУВАННЯ, WPA2, ТОЧКА ДОСТУПУ

RESUME

To improve the existing network at the enterprise, a wireless network has been developed. To do this, you have a wireless access point and wireless adapters on your computers. There is also the option of changing bulky computers to more convenient laptops. The number of cables has been reduced because employees are connected to the network without cables, printers are used on the network, and most importantly, guests will have access to the Internet.

The wireless network is implemented on the IEEE 802.11ac standard. The core of a wireless Wi-Fi network is an access point, which connects to a terrestrial network infrastructure (ISP channels) and provides radio transmission. The access point usually consists of a receiver, a transmitter, an interface for connecting to a wired network, and configuration software. A spatial area with a radius of 50-100 meters (called a hotspot or Wi-Fi zone) is formed around the access point, within which you can use a wireless network.

The scheme of protection of a wireless network is developed. The router settings select the encryption type, encryption version, its method and set the password to connect to the network. The wireless network has been set up.

Keywords: WIRELESS ACCESS, ENCRYPTION, WPA2, ACCESS POINT

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз безпроводних технологій.....	6
1.1 Класифікація безпроводних технологій.....	13
1.2 Технологія Wi-Fi.....	14
1.3 Аналіз безпроводних технологій підприємства.....	18
1.4 Постановка завдання дипломного проекту.....	20
2 Проектування безпроводної мережі підприємства.....	21
2.1 Розробка логічної структури мережі.....	22
2.2 Вибір технології локальної мережі.....	25
2.3 Вибір обладнання безпроводної мережі.....	29
2.4 Розробка структури локальної мережі.....	34
3 Реалізація безпроводної мережі.....	36
3.1 Місце і реалізація проекту.....	36
3.2 Структурна схема організації мережі.....	40
3.3 Безпека мережі.....	42
3.4 Налаштування роботи безпроводної мережі.....	44
Висновки.....	48
Список використаних джерел.....	49

					ДП.КСМ 07255/16.00.00.000ПЗ		
	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>		<i>Дат</i>			
<i>Розроб.</i>	Сасюк В.А.				<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	Вербовий С.О.						
<i>Реценз.</i>	Паздрій				ТНЕУ, ФКІТ КСМ-43/2		
<i>Н. Контр.</i>	Гураль						
<i>Затверд.</i>	Березький						
БЕЗПРОВІДНА КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА НА ОСНОВІ СТАНДАРТУ 802.11AC							

ВСТУП

Актуальність теми обумовлена широким використанням сучасних комп'ютерних мереж у різних сферах діяльності людини. Новітні досягнення і переваги технологій безпроводного зв'язку і поліпшення якості радіоканалів привели до виникнення нового покоління комп'ютерних мереж – безпроводних мереж. Великий інтерес до безпроводної технології побудови комп'ютерних мереж підтверджується значною кількістю публікацій на дану тему. Зараз безпроводні технології досить широко використовуються при побудові корпоративних мереж.

Створюючи корпоративну Wi-Fi мережу краще скористатися послугами фахівця, так як для безперебійної, коректної та безпечної роботи безпроводної локальної мережі необхідні проведення топологічних розрахунків, створення планів покриття Wi-Fi сигналами, правильна установка і головне — професійне налаштування обладнання.

Так як більшість сучасних будівель мають залізобетонні або цегляні стіни, металеві конструкції, wifі сигнал серйозно слабшає, і забезпечити надійне покриття всієї мережі і доступ з будь-якої частини приміщення до Інтернету буває досить важко. Тут потрібно точно розрахувати кути відображення сигналу для впевненого прийому його всіма вузлами мережі, вибрати оптимальне розташування точок доступу, маршрутизаторів і при необхідності додаткових комутаторів.

Також важливо передбачити можливе розширення мережі, і забезпечити універсальну комутацію пристроїв і передачі даних, тобто можливість підключення різних пристроїв.

Безпроводна мережа є дуже актуальною якщо підприємство вирішило змінити місце розташування. Також, у випадку підприємства «Азалія». Тому що у закладах громадського харчування, переважно, буває дуже багато людей. І для них доступ до мережі Інтернет буде одною із причин повернутися в цей заклад знову.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Термін безпроводний (англ. Wireless) використовується на позначення класу технологій зв'язку та технологій передачі даних без використання електричних провідників, або «дротів». Ця відстань може бути як малою (декілька метрів, як у телевізійному дистанційному керуванні), так і дуже великою (тисячі або навіть мільйони кілометрів для телекомунікацій).

Словосполучення безпроводне середовище може ввести в оману, оскільки означає повну відсутність проводів в мережі. В більшості випадків це не зовсім так. Звичайно безпроводні компоненти взаємодіють з мережею, в якій як середовище передачі використовується кабель.

Безпроводні технології різного типу (інфрачервоне випромінювання, радіохвилі (наприклад, DECT), GSM/GPRS/CDMA, оптичне або лазерне випромінювання, Bluetooth, Wi-Fi) забезпечують роботу мобільних телефонів, GPS-систем навігації, супутникового телебачення, безпроводної компютерної периферії (комп'ютерні миші, клавіатури, геймпади тощо) та безпроводних мереж різного рівня.

Ідея безпроводного середовища вельми приваблива, оскільки її компоненти:

- забезпечують тимчасове підключення до кабельної мережі;
- допомагають організувати резервне копіювання у кабельну мережу;
- гарантують певний рівень мобільності;
- дозволяють зняти обмеження на максимальну протяжність мережі, що накладаються мідними або навіть оптоволоконними кабелями.

Останніми роками напрям безпроводних комп'ютерних мереж та віддаленого доступу зазнав бурхливого розвитку. Це пов'язано з поширенням блокнотних комп'ютерів, систем пошукового виклику (так званих пейджерів) та появою систем класу «персональний секретар» (Personal Digital Assistant (PDA)), розширенням функційних можливостей стільникових телефонів. Такі системи повинні забезпечити ділове планування, розрахунок часу, зберігання

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

документів та підтримку зв'язку з віддаленими станціями. Девізом цих систем стало anytime, anywhere, тобто надання послуг зв'язку незалежно від місця та часу. Крім того, безпроводові канали зв'язку актуальні там, де неможливе або дороге прокладання кабельних ліній та значні відстані. Донедавна більшість безпроводових комп'ютерних мереж передавала дані зі швидкістю від 1.2 до 14.0 Кбіт/с, найчастіше тільки короткі повідомлення (передавання файлів великих розмірів чи довгі сеанси інтерактивної роботи з базою даних були недоступні). Нові технології безпроводового передавання оперують зі швидкостями в декілька десятків мегабітів за секунду.

Усі інфрачервоні безпроводні мережі використовують для передачі даних інфрачервоні промені. У подібних системах необхідно генерувати дуже сильний сигнал, оскільки інакше значний вплив робитимуть інші джерела, наприклад світло з вікна. Цей спосіб дозволяє передавати сигнали з великою швидкістю, оскільки інфрачервоне світло має широкий діапазон частот. Інфрачервоні мережі здатні нормально функціонувати на швидкості 10 Мбіт/с.

Лазерна технологія схожа на інфрачервону тим, що вимагає прямої видимості між передавачем і приймачем. Якщо з якої-небудь причини промінь буде перерваний, то це перерве і передачу.

Радіопередача у вузькому діапазоні (одночастотна передача) — цей спосіб нагадує мовлення звичайної радіостанції. Користувачі настроюють передавачі і приймачі на певну частоту. При цьому пряма видимість необов'язкова, площа мовлення становить близько 46 500 м² (500 000 квадратних футів). Проте, оскільки використовується сигнал високої частоти, він не проникає через металеві або залізобетонні перешкоди. Доступ до такого способу зв'язку здійснюється через постачальника послуг, наприклад Motorola*1. Зв'язок відносно повільний (близько 4,8 Мбіт/с).

Радіопередача в розсіяному спектрі — при цьому способі сигнали передаються на декількох частотах, що дає змогу уникнути проблем, властивих одночастотній передачі.

Доступні частоти розділені на канали. Адаптери протягом заданого проміжку часу налаштовані на певний канал, після чого перемикаються на

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

іншій. Перемикання всіх комп'ютерів в мережі відбувається синхронно. Цей спосіб передачі володіє деяким «вбудованим» захистом: щоб підслухувати передачу, необхідно знати алгоритм перемикання каналів.

Для передавання даних використовують смуги частот радіо- та ультракороткохвильового діапазону. Кожен радіомодем має антену та передавач для напрямленого передавання сигналів. Найпопулярнішими технологіями безпроводового передавання цього класу є: радіо Ethernet (IEEE 802.11), HIPERLAN, Bluetooth.

IEEE 802.11 — це родина технологій безпроводового передавання в радіодіапазоні. Сьогодні найпопулярніша технологія стандарту IEEE 802.11b; вона дає змогу передавати дані зі швидкістю 11 Мбіт/с на відстань від кількох до десятків кілометрів. Вихідна швидкість залежить від рівня завад, обладнання. На базі IEEE 802.11b будують безпроводові локальні мережі Wireless LAN (WLAN)).

Група стандартів IEEE 802.11 фактично визначає фізичний та каналний рівень протоколів передавання. Стандарти відрізняються реалізаціями фізичних рівнів передавання, забезпечують різні швидкості.

- IEEE 802.11 — це попередня версія стандарту, відома як радіо Ethernet (Wireless Ethernet); сьогодні вже застаріла;
- IEEE 802.11b забезпечує максимальну швидкість передавання 11 Мбіт/с та використовує 14 каналів у діапазоні 2.4 ГГц;
- IEEE 802.11a забезпечує швидкість передавання 54 Мбіт/с. Працює в діапазоні 5 ГГц. Має 12 каналів передавання. У ній використовують два піддіапазони передавання 5.15-5.25, 5.25-5.35 ГГц;
- IEEE 802.11g — забезпечує швидкість передавання 22 Мбіт/с. Працює в діапазоні 2.4 ГГц. Повністю сумісний з IEEE 802.11b, однак пропонує три нові методи кодування, які дають змогу збільшити швидкість.

Основні характеристики стандартів IEEE 802.11 наведено у таблиці 1.1.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Таблиця 1.1 - Основні характеристики стандартів групи IEEE 802.11

Стандарт	802.11g	802.11a	802.11n
Частотний діапазон, ГГц	2,4-2,483	5,15-5,25	2,4 или 5,0
Метод передачі	DSSS,OFDM	DSSS,OFDM	MIMO
Швидкість, Мбіт/с	1-54	6-54	6-300
Сумісність	802.11 b/n	802.11 n	802.11 a/b/g
Дальність зв'язку в приміщенні, м	20-50	10-20	50-100
Дальність зв'язку за приміщенням, м	250	150	500

Організація Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) сертифікує обладнання на відповідність IEEE 802.11b і ставить на ньому позначку Wi-Fi compatible (Wireless Fidelity).

HIPERLAN (High Performance Radio Local Area Network) розроблена Європейським інститутом стандартів з телекомунікаційних технологій (European Telecommunications Standards Institute). Вона є аналогом IEEE 802.11, який використовують у Європі, і буває таких різновидів: HiperLAN/1 — швидкість до 20 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц та HiperLAN/2 — швидкість до 54 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц.

Bluetooth — це інтерфейсна безпроводова технологія. Діаметр мережі 10-30 м (у перспективі — 100 м). Працює в багатопунктовому режимі, не обов'язково в зоні прямої видимості. Головне призначення — створення побутових мереж, приєднання мультимедійної периферії, пральних машин, холодильників тощо. Концепцію мережі Bluetooth розробила 1994 р. шведська фірма Ericsson. Назва технології походить від прізвиська, що його дали вікінгу Геральду Блатанду, який у X ст. об'єднав розрізнені землі, створивши Данське королівство. В 1997 р. створено перші приймачі-передавачі. У 1998 р. сформовано групу SIG, у яку ввійшли Ericsson, IBM, Intel, Nokia, Toshiba. У 1999 р. випущено специфікації на обладнання. Детальніше про технологію

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Bluetooth. Нові технології безпроводового передавання (Ultra Wideband (UWB)) пропонують швидкості передавання, які перевищують 100 Мбіт/с, та потребують мінімальних витрат енергії.

Технологія VSAT (Very Small Aperture Terminal) використовує для передавання даних геостаціонарні супутники, розміщені над екватором Землі на висоті 40 тис. км. Наземні станції для зв'язку зі супутником застосовують еліптичні антени діаметром 3 м. Канал VSAT забезпечує швидкість передавання даних до 2 Мбіт/с та дає змогу реалізувати сполучення на великі відстані з переходом державних кордонів. Також він сумарний за ціною з кабельними каналами такої ж пропускної здатності. Водночас цей канал відрізняється значними затримками передавання даних, зумовленими великою відстанню до супутника (затримка становить приблизно 250 мкс, тоді як для кабельних мереж — 15 мкс). Тому канал VSAT не можна використовувати у системах реального часу та оперативного зв'язку.

Оскільки вартість супутникового каналу велика, то постачальник послуг купує у власника супутника канал зв'язку великої ємності і продає частини пропускної здатності каналу. Отже, мережа з використанням ланок VSAT має зіркову структуру.

Системи на базі низькоорбітальних супутників LEO (Low Earth Orbit), як і системи VSAT, для передавання використовують супутник. Супутник розміщено на висоті близько 100 км на звичайній, а не геостаціонарній орбіті. У цьому випадку зменшується затримка в передаванні даних. Крім того, вивести такий супутник на орбіту значно дешевше, ніж геостаціонарний. Водночас для підтримування постійного зв'язку треба використовувати велику кількість таких низькоорбітальних супутників. Серед наявних проєктів LEO можна виділити систему Iridium, яка використовує 66 супутників.

У першому варіанті передбачали, що в системі буде 77 супутників. Саме стільки електронів містить атом іридію. Пізніше виявилось, що достатньо 66. Однак назву вирішили залишити (назва елемента з 66 електронами диспрозію походить від латинського *disprosius* — важкодосяжний).

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Корпорація Teledesic, власниками якої є Bill Gates та Greg MacCaw, планує створити всесвітню систему передавання мультимедійної інформації на основі LEO-технології. Планують, що така мережа використовуватиме 840 супутників і надаватиме користувачам канали перепускної здатності від 62 Кбіт/с до 2 Мбіт/с.

Мережі на стільникових модемах використовують наявну інфраструктуру стільникової телефонії. Вони працюють в особливо важких умовах великих завод, періодичного зникнення сигналу.

Серед методів доступу виділяють аналогові, які використовують для передавання аналоговий сигнал. Це класичні методи доступу у стільникових мережах FDMA (Frequency Division Multiple Access), TACS (Total Access Communication System).

Головний ресурс стільникової мережі — це призначений для неї діапазон частот. Аналогові методи доступу виділяють для кожного передавання окремий канал — смугу частот у призначеному для мережі діапазоні. У цьому випадку сусідні стільникові комірки не можуть працювати в одному й тому ж діапазоні частот (інакше передавання в сусідніх комірках заважали б одне одному). Частотний діапазон поділяють на сім частин.

Оптичний безпроводний зв'язок - форма оптичного зв'язку, в якому видиме, інфрачервоне (IR) або ультрафіолетове (UV) світло використовується для передачі сигналу без використання провідних засобів зв'язку.

Базуючись на діапазоні відстаней передачі, оптичний безпроводний зв'язок може розглядатися у п'яти категоріях:

- оптичний безпроводний зв'язок в ультракороткому діапазоні: міжчиповий зв'язок у щільно упакованих мультічипових модулях;
- оптичний безпроводний зв'язок в короткому діапазоні: застосунки безпроводної настільної мережі (WBAN) і безпроводної персональної мережі (WPAN) під стандартом IEEE 802.15.7, підводний зв'язок;
- оптичний безпроводний зв'язок в середньому діапазоні: домашній IR та комунікація видимим світлом для (VLC) для безпроводних локальних мереж (WLANs), міжтранспортного і транспорт-інфраструктура зв'язку;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– оптичний безпроводний зв'язок в довгому діапазоні: міжбудинкове підключення, Free-Space Optical Communications (FSO);

– оптичний безпроводний зв'язок в ультрадовгому діапазоні: міжсупутниковий зв'язок, системи зв'язку супутник-земля.

Радіус дії персональних, локальних та глобальних безпроводних мереж показано на рисунку 1.1.

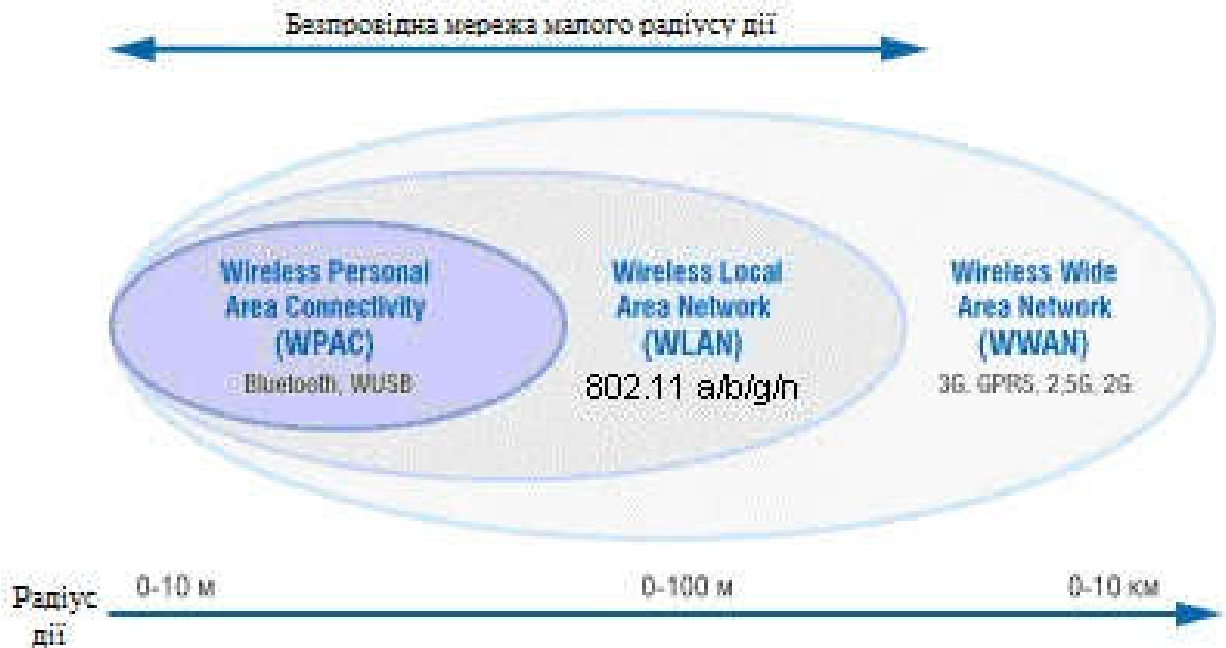


Рисунок 1.1 – Радіус дії безпроводних мереж

Системи на базі інфрачервоних каналів відрізняються невеликою вартістю приймачів та передавачів (від 1.5 до 4.5 дол. США), високими швидкостями передавання. Однак інфрачервоні канали працюють тільки в умовах прямої видимості. Асоціація Infrared Data Communications розробила стандарт передавання інфрачервоним каналом зі швидкістю 115.2 Кбіт/с.

1.1 Класифікація безпроводних технологій

Безпроводні технології поділяються:

1. За дальністю дії.
 - WPAN (Bluetooth, ZigBee).
 - WLAN (Wi-Fi).
 - WMAN (WiMax).
 - WWAN (CSD, GPRS, EDGE).
2. За топологією:
 - Point-to-point.
 - Point-to-multipoint.
3. За областю застосування:
 - корпоративні безпроводні мережі;
 - операторські безпроводні мережі.

Класифікацію безпроводних мереж можна побачити на рисунку 1.2.

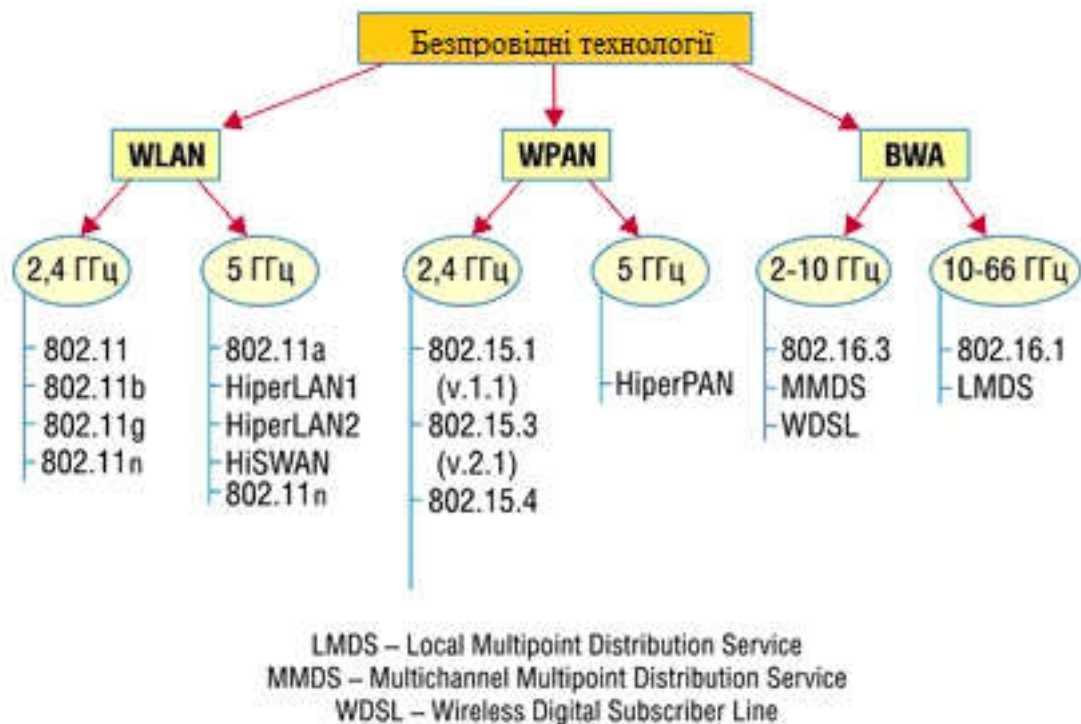


Рисунок 1.2 – Класифікація безпроводних мереж

Безпроводна локальна мережа. При такому способі побудови мереж передача даних здійснюється через радіоэфір. Об'єднання пристроїв у мережу відбувається без використання кабельних з'єднань.

WPAN застосовуються для зв'язку різних пристроїв, включаючи комп'ютерну, побутову та оргтехніку, засоби зв'язку тощо. Фізичний і канальний рівні регламентуються стандартом IEEE 802.15.4. Радіус дії WPAN становить від декількох метрів до декількох десятків сантиметрів.

Безпроводні мережі масштабу міста WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks). Надають ширококутовий доступ до мережі Інтернет через радіоканал. Стандарт IEEE 802.16, описує wireless MAN Air Interface. 802.16 – це так звана технологія «останньої милі», яка використовує діапазон частот від 10 до 66 GHz.

Безпроводна глобальна обчислювальна мережа WWAN (Wireless Wide Area Network), різновид безпроводних комп'ютерних мереж для доступу в інтернет. Використовуються безпроводні технології стільникового зв'язку, такі як UMTS, GPRS, GSM, HSDPA, 3G.

1.2 Технологія Wi-Fi

Wi-Fi, WiFi (від англ. Wireless Fidelity, — Безпроводна точність) — торгова марка Wi-Fi Alliance та загальноживана назва для стандарту IEEE 802.11 передачі цифрових потоків даних по радіоканалах. Обладнання, що відповідає стандарту IEEE 802.11, може бути протестовано Wi-Fi Alliance та отримати відповідний сертифікат і право нанесення логотипу Wi-Fi. Поширеним на сьогодні є протокол IEEE 802.11n.

Встановлення Wireless LAN доцільне для побудови мереж, де розгортання кабельної системи є неможливим або економічно недоцільним. Поточні реалізації Wi-Fi дозволяють отримати швидкість передачі даних понад 100 Мбіт/с, при цьому користувачі можуть переміщуватися між точками

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

доступу на території покриття мережі Wi-Fi, використовуючи мобільні пристрої (КПК, смартфони, PSP і ноутбуки), оснащені клієнтськими приймально-передавальними пристроями Wi-Fi та отримувати доступ в Інтернет.

Історія розвитку Wi-Fi починається з середини 1990 рр. Дана технологія передачі інформації по радіоканалу була розроблена і застосована в основному в локальних мережах великих корпорацій і компаній Кремнієвої долини США. Зв'язок з мобільним абонентом (зазвичай це був співробітник компанії, забезпечений ноутбуком з безпроводним мережевим адаптером) був організований через «точки доступу», підключені до кабельної інфраструктури компанії. При цьому в радіусі дії кожної такої точки (декілька десятків метрів) могло бути до 20 абонентів, що одночасно використовують ресурси мережі. Спочатку термін «Wi-Fi» використовувався тільки для позначення технології, що забезпечує зв'язок в діапазоні 2,4 ГГц і що працює за стандартом IEEE 802.11b (швидкість передачі інформації — до 11 Мбіт/с). Проте потім цим терміном все частіше стали називати й інші технології безпроводних локальних мереж. Найбільш значущі серед них визначені стандартами IEEE 802.11a і 802.11g (швидкість передачі — до 54 Мбіт/с, частотні діапазони, відповідно, 5 ГГц і 2,4 ГГц).

Стандарт 802.11b було розроблено в кінці 90-х років і остаточно схвалено на початку 1999-го. У 2000 році почали з'являтися перші пристрої для передачі даних на його основі. Пристрої Wi-Fi були призначені для корпоративних користувачів, щоб замінити традиційні кабельні мережі. Для провідної мережі потрібна ретельна розробка топології мережі і прокладка вручну багатьох сотень метрів кабелю, деколи в найнесподіваніших місцях. Для організації ж безпроводної мережі потрібно тільки встановити в одній або декількох точках офісу базові станції (центральний приймач-передавач з антеною, підключений до зовнішньої мережі або сервера) і вставити в кожен комп'ютер мережеву плату з антеною. Після цього людей і комп'ютери можна пересувати як завгодно, і навіть переїзд в новий офіс не зруйнує одного разу створену мережу.

У останні два роки сотні нових компаній почали встановлювати точки доступу Wi-Fi («хот-споти») в кафе, готелях, аеропортах і вокзалах та інших

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

місцях масового дозвілля і перебування. Ці «оператори хот-спотів» або «HSOs» встановлюють Wi-Fi AP's і надають високошвидкісний Інтернет-доступ в цьому місці на комерційній основі. Минулого року основні постачальники таких послуг почали об'єднуватися (встановлювати роумінгові відносини між мережами хот-спотів). До їх числа відносяться компанія T-Mobile (яка встановила хот-споти в мережі кафе Starbucks), AT&T Wireless, British Telecom, Swisscom, Telecom Italia і Sprint PCS. QuantumWi-Fi Network має роумінгові відношення з компанією T-Mobile.

HSO з'явилися завдяки низьким витратам на будівництво хот-спота (\$150-\$300) і на його обслуговування (\$50-\$100 у місяць). Великі хот-споти (наприклад, хот-спот аеропорту) вимагають додаткових зусиль, таких як: забезпечення високошвидкісного каналу в Інтернет, встановлення антен та більшої кількості точок доступу. Але навіть за наявності цих витрат вартість встановлення хот-спота Wi-Fi вигідно відрізняється від рішень, побудованих з використанням інших технологій. Вартість хот-спота — сотні доларів (інші (WWAN) технології — тисячі доларів).

Зусилля операторів і виробників устаткування швидко озброїли користувачів пристроями Wi-Fi. Люди вже отримали адаптери Wi-Fi в своїх мобільних комп'ютерах і PDAs для використання в офісі і удома. Не за горами той день, коли більшість користувачів послуг Інтернет матимуть одне або декілька пристроїв, що підтримують Wi-Fi.

Wi-Fi дуже швидкий, 11 мільйонів біт в секунду (11 Мбіт/сек) і більше, або більш ніж у 100 разів швидше за модемне з'єднання. Wi-Fi навіть швидший за безпроводні послуги «2.5G», які у майбутньому обіцяють мобільні оператори (40-60 кбіт/сек). Реальна швидкість доступу в конкретному хот-споті визначається також і каналом, яким хот-спот пов'язаний з Інтернет, і може варіюватися від сотень кілобіт до десятків мегабіт в секунду, і все одно забезпечує швидкість доступу, що істотно перевищує досягну з використанням інших технологій.

Зазвичай схема мережі Wi-Fi містить не менш однієї точки доступу та може легко масштабуватись.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Також можливо підключення двох клієнтів в режимі точка-точка (Ad-hoc), коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за участю мережевих адаптерів «напрямую». Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) з допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с — найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи можливо підключення до даної точки доступу. При потраплянні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID приймач може вибирати між ними на основі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнту повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання.

Однак стандарт не описує всі аспекти побудови безпроводних локальних мереж Wi-Fi. Тому кожен виробник устаткування вирішує цю задачу по-своєму, застосовуючи ті підходи, які він вважає за якнайкращі з тієї або іншої точки зору. Тому виникає необхідність класифікації способів побудови безпроводних локальних мереж.

За способом об'єднання точок доступу в єдину систему можна виділити:

- автономні точки доступу (називаються також самостійні, децентралізовані, розумні);
- точки доступу, що працюють під управлінням контролера (називаються також «легковагі», централізовані);
- безконтролерні, але не автономні (керовані без контролера).

За способом організації і управління радіоканалами можна виділити безпроводні локальні мережі:

- із статичними налаштуваннями радіоканалів;
- з динамічними (адаптивними) налаштуваннями радіоканалів;
- з «шаруватою» або багат шаровою структурою радіоканалів.

Специфікації схвалені радою із стандартів міжнародної організації IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 11 вересня 2009 року. Максимальна швидкість передачі даних на фізичному рівні в безпроводній мережі стандарту 802.11n становить 600 Мбіт/с, на практиці це означає швидкість в 150–200 Мбіт/с. У попередній версії стандарту (802.11g)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

максимальна технічна швидкість дорівнювала 54 Мбіт/с, а реальна — приблизно 20 Мбіт/с.

Стандарт 802.11n розроблявся понад 7 років. У 2007 році була затверджена «чорнова» версія 802.11n Draft 2.0, в порівнянні з якою в остаточний варіант внесені тільки необов'язкові доповнення. Таким чином, випущені за останні два роки до стандартизації пристрої «Draft n» будуть повністю сумісні з фінальною версією. Нове устаткування зможе працювати також з пристроями попередніх поколінь 802.11a/b/g.

Висока швидкість досягається завдяки технології багатопотокової передачі даних (MIMO — multiple-input multiple-output). Приймачі і передавачі оснащуються кількома антенами. Безпроводна мережа 802.11n може працювати в двох частотних діапазонах і забезпечує розширену зону прийому в порівнянні з попередньою версією.

1.3 Аналіз безпроводних технологій підприємства

На підприємстві при побудові мережі буде використовуватись Wi-Fi технологія.

Переваги Wi-Fi:

- дозволяє розвернути мережу без прокладки кабеля, що може зменшити вартість розгортання і/або розширення мережі. Місця, де не можна прокласти кабель, наприклад, поза приміщеннями і в будівлях, що мають історичну цінність, можуть обслуговуватися безпроводними мережами;
- дозволяє мати доступ до мережі мобільним пристроям;
- Wi-Fi-пристрої широко поширені на ринку. Гарантується сумісність устаткування завдяки обов'язковій сертифікації устаткування з логотипом Wi-Fi;
- випромінювання від Wi-Fi-пристроїв у момент передачі даних на два порядки (у 100 разів) менше, ніж біля стільникового телефону;

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

– Wi-Fi — це набір глобальних стандартів. На відміну від стільникових телефонів, Wi-Fi-устаткування може працювати в різних країнах по всьому світу.

Недоліки Wi-Fi:

– невелика ширина використовуваного спектра частот, відсутність можливостей роумінгу й авторизації не дозволяють Wi-Fi-пристроєм потіснити на ринку мобільний зв'язок. Проте компанії ZyXEL, SocketIP і Symbol Technologies пропонують рішення з організації Wi-Fi-телефонії;

– частотний діапазон і експлуатаційні обмеження в різних країнах неоднакові. У багатьох європейських країнах дозволено два додаткові канали, які заборонені в США; у Японії є ще один канал у верхній частці діапазону, а інші країни, наприклад Іспанія, забороняють використання низькочастотних каналів. Більш того, деякі країни, наприклад Росія, Білорусь і Італія, вимагають реєстрації всіх мереж Wi-Fi приміщень, що працюють зовні, або вимагають реєстрації Wi-Fi-оператора;

– як було згадано вище, в Росії точки безпроводного доступу, а також адаптери Wi-Fi з ЕІВП, що перевищує 100 мВт (20 дБм), підлягають обов'язковій реєстрації;

– найпопулярніший стандарт шифрування WEP може бути відносно легко зламаний навіть при правильній конфігурації (через слабку стійкість алгоритму). Не зважаючи на те, що нові пристрої підтримують досконаліший протокол шифрування даних WPA і WPA2, багато старих точок доступу не підтримують його і вимагають заміни. Ухвалення стандарту IEEE 802.11i (WPA2) в червні 2004 року зробило доступною безпечнішу схему, яка доступна в новому устаткуванні. Обидві схеми вимагають стійкіший пароль, ніж ті, які зазвичай призначаються користувачами. Багато організацій використовують додаткове шифрування (наприклад VPN) для захисту від вторгнення.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Постановка завдання дипломного проекту

Актуальність теми обумовлена широким використанням сучасних комп'ютерних мереж у різних сферах діяльності людини. Новітні досягнення і переваги технологій безпроводного зв'язку і поліпшення якості радіоканалів привели до виникнення нового покоління комп'ютерних мереж – безпроводних мереж. Великий інтерес до безпроводної технології побудови комп'ютерних мереж підтверджується значною кількістю публікацій на дану тему. Зараз безпроводні технології досить широко використовуються при побудові корпоративних мереж.

Створюючи корпоративну Wi-Fi мережу краще скористатися послугами фахівця, так як для безперебійної, коректної та безпечної роботи безпроводної локальної мережі необхідні проведення топологічних розрахунків, створення планів покриття Wi-Fi сигналами, правильна установка і головне — професійне налаштування обладнання.

Так як більшість сучасних будівель мають залізобетонні або цегляні стіни, металеві конструкції, wifі сигнал серйозно слабшає, і забезпечити надійне покриття всієї мережі і доступ з будь-якої частини приміщення до Інтернету буває досить важко. Тут потрібно точно розрахувати кути відображення сигналу для впевненого прийому його всіма вузлами мережі, вибрати оптимальне розташування точок доступу, маршрутизаторів і при необхідності додаткових комутаторів.

Також важливо передбачити можливе розширення мережі, і забезпечити універсальну комутацію пристроїв і передачі даних, тобто можливість підключення різних пристроїв.

Безпроводна мережа є дуже актуальною якщо підприємство вирішило змінити місце розташування. Також, у випадку підприємства «Азалія». Тому що у закладах громадського харчування, переважно, буває дуже багато людей. І для них доступ до мережі Інтернет буде одною із причин повернутися в цей заклад знову.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 ПРОЕКТУВАННЯ БЕЗПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

Наявність Wi-Fi-зон (точок) дозволяє користувачу підключитися до точки доступу (наприклад, до офісної, домашньої або публічної мережі), а також підтримувати з'єднання декількох комп'ютерів між собою.

Дальність передавання інформації залежить від потужності передавача (яка в окремих моделях обладнання регулюється програмно), наявності та характеристики перешкод, типу антени.

Окрім 802.11b, ще є безпроводний стандарт 802.11a, який використовує частоту 5 ГГц та забезпечує максимальну швидкість 54 Мбіт/с, а також 802.11g, що працює на частоті 2,4 ГГц і також забезпечує 54 Мбіт/с.

Стандарту 802.11n, забезпечує до 320 Мбіт/с. На сьогоднішній день даний стандарт широко застосовується.

Ядром безпроводної мережі Wi-Fi є так звана точка доступу (Access Point), яка підключається до якоїсь наземної мережевої інфраструктури (каналів Інтернет-провайдера) та забезпечує передачу радіосигналу. Зазвичай точка доступу складається із приймача, передавача, інтерфейсу для підключення до проводної мережі та програмного забезпечення для налаштування. Навколо точки доступу формується просторова область радіусом 50-100 метрів (її називають хот-спотом або зоною Wi-Fi), у межах якої можна користуватися безпроводною мережею.

Для того, щоб під'єднатися до точки доступу й відчути всі переваги безпроводної мережі, власнику ноутбуку або мобільного пристрою з адаптером Wi-Fi необхідно просто потрапити в радіус її дії. Усі дії з визначення пристрою та налаштування мережі більшість операційних систем комп'ютерів і мобільних пристроїв виконують автоматично. Якщо користувач одночасно потрапляє у декілька зон Wi-Fi, то підключення здійснюється до точки доступу, що забезпечує найсильніший сигнал.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Етапи проектування і побудови Wi-Fi мережі:

- створення плану об'єкта, який визначає параметри, що впливають на зону покриття;
- визначення числа майбутніх користувачів мережі, зони покриття, продуктивності мережі, вимог безпеки, обладнання;
- вибір оптимального місця для установки точок доступу;
- розробка умов для підключення обладнання до мережі;
- складання остаточної специфікації необхідного обладнання;
- складання кабельних схем для підключення точок доступу;
- установка і настройка мережевого обладнання;
- тестування wi-fi мережі, пошук факторів, що знижують якість роботи мережі.

2.1 Розробка логічної структури мережі

Логічна структура мережі – це структура, де в якості логічних зв'язків виступають маршрути передачі даних між вузлами мережі, які утворюються шляхом відповідного налаштування комунікаційного устаткування.

Фізична структуризація мережі не дозволяє вирішувати певні проблеми, такі як дефіцит пропускної здатності. Неможливість використання в різних частинах мережі ліній зв'язку з різною пропускною здатністю. Типові фізичні топології («загальна шина», «кільце», «зірка») для обміну даними мають лише одне роздільне середовище, що об'єднує всі мережні пристрої. Наприклад, в мережі «загальна шина» взаємодія двох комп'ютерів займає шину на весь час обміну, тому при збільшенні кількості комп'ютерів зменшується продуктивність та швидкодія мережі. Також часто типові топології виявляються неадекватними до структури інформаційних потоків великої мережі.

Ці проблеми спроможна вирішити логічна структуризація мережі.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Логічна структуризація мережі – це процес розбивки мережі на сегменти з локалізованим трафіком. Для логічної структуризації мережі використовуються такі комунікаційні пристрої:

- мости;
- комутатори;
- маршрутизатори;
- шлюзи.

Міст (bridge) поділяє розподілене середовище передачі даних на частини, передаючи інформацію з одного сегмента в інший тільки у тому випадку, коли така передача дійсно необхідна, тобто якщо адреса комп'ютера призначення належить іншій підмережі. Тим самим міст ізолює трафік однієї підмережі від трафіка іншої, підвищуючи загальну продуктивність передачі даних у мережі. Локалізація трафіка не тільки заощаджує пропускну здатність, але і зменшує можливість несанкціонованого доступу до даних, тому що кадри не виходять за межі свого сегмента і їх складніше перехопити зловмиснику.

Комутатор (switch) за принципом опрацювання кадрів нічим не відрізняється від моста. Основна його відмінність від моста полягає в тому, що кожен його порт оснащений спеціалізованим процесором, що опрацьовує кадри за алгоритмом моста незалежно від процесорів інших портів. За рахунок цього загальна продуктивність комутатора набагато вище продуктивності традиційного моста, що має один процесорний блок. Комутатори – це мости нового покоління, що опрацьовують кадри в паралельному режимі. Функції комутатора локальної мережі:

- забезпечення наскрізної комутації;
- наявність засобів маршрутизації;
- підтримка простого протоколу управління мережею;
- імітація моста або маршрутизатора;
- організація віртуальних мереж;
- швидкісна ретрансляція блоків даних.

Маршрутизатор - комунікаційний пристрій, що утворює логічні сегменти за допомогою явної адресації, оскільки використовує не плоскі апаратні, а

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

складові числові адреси. У цих адресах є поле номера мережі, так що всі комп'ютери, у яких значення цього поля однакове, належать до одного сегменту. Крім локалізації трафіка, маршрутизатори працюють в мережі з замкнутими контурами, при цьому здійснюючи вибір найбільш раціонального маршруту з декількох можливих. Іншою дуже важливою функцією маршрутизаторів є їх спроможність зв'язувати в єдину мережу підмережі, побудовані з використанням різних мережевих технологій, наприклад Ethernet і X.25. Маршрутизатори, як і мости або комутатори ретранслюють пакети з однієї частини мережі в іншу.

Між маршрутизатором і комутатором існують принципові відмінності:

- маршрутизатори працюють не з фізичними адресами пакетів (MAC-адресами), а з логічними мережними адресами (IP-адресами);
- маршрутизатори ретранслюють не всю інформацію, що приходить, а лише ту, яка адресована до них особисто, і відкидають (не ретранслюють) ширококомовні пакети;
- маршрутизатори на відміну від мостів і комутаторів не є прозорими для абонентів.

Основною причиною, через яку в мережі використовують шлюз, є необхідність об'єднати мережі з різними типами системного і прикладного програмного забезпечення, а локалізацію трафіка шлюз забезпечує в якості деякого побічного ефекту.

Значні мережі практично ніколи не будуються без логічної структуризації. Для окремих сегментів і підмереж характерні типові однорідні топології базових технологій, і для їх об'єднання завжди використовується обладнання, що забезпечує локалізацію трафіка, – мости, комутатори, маршрутизатори і шлюзи.

Переваги логічної структуризації мережі. Обмеження, що виникають через використання загального поділюваного середовища, можна перебороти, розділивши мережу на кілька поділюваних середовищ і з'єднавши окремі сегменти мережі такими пристроями, як мости, комутатори або маршрутизатори. Перераховані пристрої передають кадри з одного свого порту

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

на інший, аналізуючи адресу призначення, що поміщена в цих кадрах. (На відміну від концентраторів, які повторюють кадри на всіх своїх портах, передаючи їх в усі приєднані до них сегменти, незалежно від того, у якому з них перебуває станція призначення). Мости й комутатори виконують операцію передачі кадрів на основі плоских адрес канального рівня, тобто Мас-адрес, а маршрутизатори - на основі номера мережі. При цьому єдине поділюване середовище, створене концентраторами (або в граничному випадку - одним сегментом кабелю), поділяється на декілька частин, кожна з яких приєднана до порту моста, комутатора або маршрутизатора.

Говорять, що при цьому мережа ділиться на логічні сегменти або мережа піддається логічній структуризації. Логічний сегмент являє собою єдине поділюване середовище. Розподіл мережі на логічні сегменти приводить до того, що навантаження, що доводиться на кожний зі знову утворених сегментів, майже завжди виявляються менше, ніж навантаження, що випробовувала вихідна мережа. Отже, зменшуються шкідливі ефекти від поділу середовища: знижується час очікування доступу, а в мережах Ethernet - і інтенсивність колізій.

2.2 Вибір технології локальної мережі

Локальна комп'ютерна мережа (англ. Local Area Network (LAN)) являє собою об'єднання певного числа комп'ютерів на відносно невеликій території. В порівнянні з глобальною мережею (WAN), локальна мережа зазвичай має більшу швидкість обміну даними, менше географічне покриття та відсутність необхідності використовувати запозиченої телекомунікаційної лінії зв'язку.

Локальна комп'ютерна мережа — комп'ютерна мережа для обмеженого кола користувачів, що об'єднує комп'ютери в одному приміщенні або в рамках одного підприємства.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Із розвитком нових досягнень в технологіях мереж на початку 80-х років мережі почали поширюватись. Кожна компанія створювала власні стандарти та обладнання, технічні засоби мереж та програмне забезпечення. Ця конкуренція привела до несумісності створених технологій, та виникненню проблем узгодження обладнання. Необхідно було робити повне оновлення обладнання.

Спочатку були створені стандарти LAN. Ці стандарти були відкритим набором директив для створення мережевих технічних засобів та програмного забезпечення. Апаратне забезпечення різних компаній було узгоджено, що давало можливість будувати надійні і стабільні LAN.

До складу локальної мережі входять: комп'ютери, мережеві адаптери, периферійні пристрої, передавальне середовище та мережеві пристрої.

За допомогою локальної мережі один комп'ютер отримує доступ до ресурсів іншого, таких, як дані та периферійні пристрої (принтери, модеми, факси тощо). Використання комп'ютерних мереж дає можливість розподілу ресурсів великої вартості, покращання доступу до інформації, виконувати швидко та якісне прийняття рішень. Прикладом застосування цієї технології може бути E-mail.

Сучасні локальні мережі будуються на основі топології зірка з використанням концентраторів (хабів), комутаторів (світчів) та кабелю UTP чи STP 5ї категорії (вита пара). Дана технологія, що носить назву Fast Ethernet дозволяє проводити обмін інформацією на швидкостях 100Мбіт/с, 1Гбіт/с, 10Гбіт/с та навіть 100Гбіт/с.

Перевагами об'єднання комп'ютерів у локальну мережу є:

– розподіл даних (Data Sharing). Дані в мережі зберігаються на центральному РС та можуть бути доступні для будь-якого РС, підключеного до мережі, тому не потрібно на кожному робочому місці мати накопичувач для зберігання однієї і тієї ж інформації;

– розподіл ресурсів (Resource Sharing). Периферійні пристрої можуть бути доступні для всіх користувачів мережі (наприклад, факс або лазерний принтер);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ethernet є найпоширенішим протоколом у сучасних локальних комп'ютерних мережах, також використовується для побудови MAN мереж з використанням технології Metro Ethernet.

Ethernet було спроектовано згідно з технологією CSMA/CD (множинний доступ з контролем несучої та виявленням колізій). Хоча з широким застосуванням мережевих комутаторів та засобу передачі повний дуплекс проблема виникнення колізій в мережах Ethernet майже не зустрічається.

Ethernet-мережі працюють на швидкостях 10Мбіт/с, Fast Ethernet — на швидкостях 100Мбіт/с, Gigabit Ethernet — на швидкостях 1000Мбіт/с, 10 Gigabit Ethernet — на швидкостях 10Гбіт/с. В кінці листопада 2006 року було прийняте рішення про початок розробок наступної версії стандарту з досягненням швидкості 100Гбіт/с (100 Gigabit Ethernet).

IEEE 802.11ac — новий стандарт IEEE 802.11 безпроводних локальних мереж Wi-Fi на частотах 5-6 ГГц. Якщо обидва пристрої підтримують цю технологію, то швидкість обміну даними може бути більшою за 1 Гбіт/с (до 6 Гбіт/с 8x MU-MIMO).

Розвиток стандартів безпроводних мереж показано на рисунку 2.3.

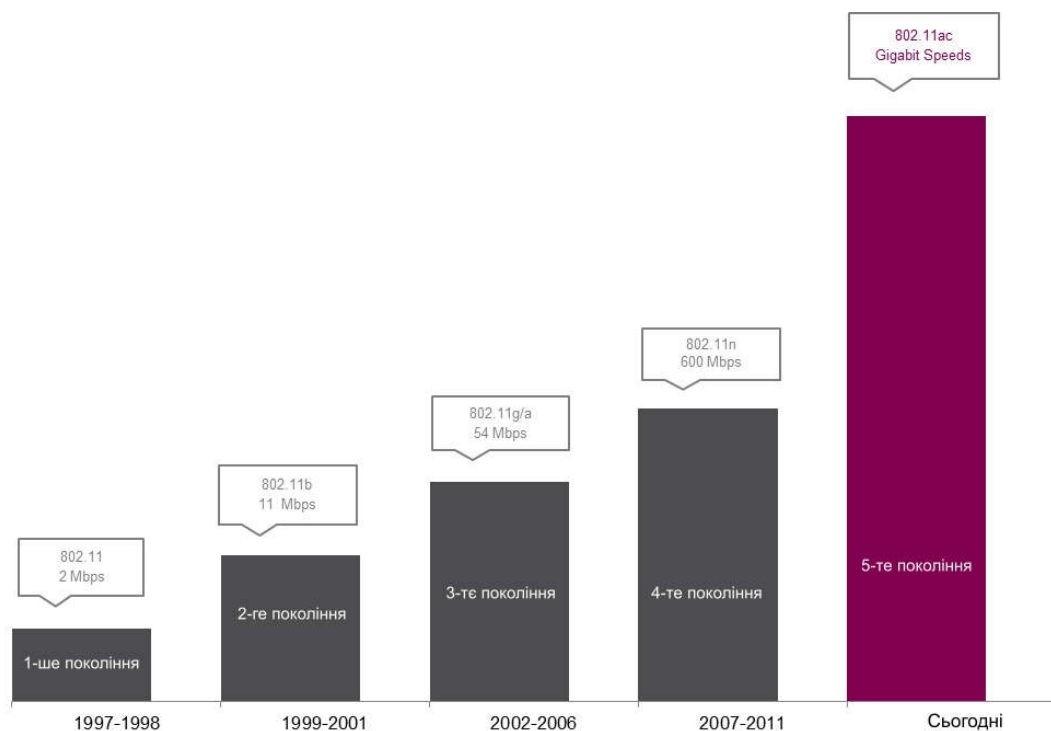


Рисунок 2.3 – Стандарти 802.11

Стандарт передбачає використання до 8 антен MU-MIMO та розширення каналу до 80 або 160 МГц. Щоб підвищити пропускну здатність ще більше, 802.11ac також представив модуляцію 256-QAM (в порівнянні з 64-QAM в 802.11n), яка буквально стискає 256 різних сигналів однієї частоти, зміщуючи і переплітаючи кожен з них в іншу фазу. Теоретично, це збільшує спектральну ефективність 802.11ac в 4 рази, в порівнянні з 802.11n. Спектральна ефективність - це міра того, як добре безпроводний протокол або метод мультиплексування використовує пропускну здатність, доступну для нього. В діапазоні 5ГГц, в якому канали досить широкі (20МГц +), спектральна ефективність не так важлива. У стільникових діапазонах, проте, канали найчастіше і є 5МГц шириною, що робить спектральну ефективність у край важливою.

2.3 Вибір обладнання безпроводної мережі

Точка доступу (AP) - це безпроводний "подовжувач-розширювач" провідної мережі. Безпроводні домашні мережі починалися саме з неї. Спочатку це був дуже простий пристрій, головне завдання якого - прийняти вхідний трафік по кабелю (найчастіше від роутера) і роздати іншим пристроям по WiFi. Точка доступу не створює іншу мережу, а просто розширює існуючу провідну за допомогою безпроводного покриття, транслюючи трафік подібно найпростішого комутатора, без будь-якої можливості керування ним. Ці особливості класичної точки доступу накладають певні обмеження на її використання. Як і найпростіший комутатор, домашня точка доступу не може одне підключення від провайдера, з однією зовнішньою IP адресою, поділити між кількома пристроями, які до неї підключаються. У переважної більшості моделей точок доступу навіть немає WAN-порту для безпосереднього підключення до зовнішньої мережі, тільки LAN-порт для підключення до локальної, яка вже створена для неї роутером. Також у більшості класичних

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

точок доступу, в яких виробником не додано додатково функції маршрутизатора, немає і налаштувань для підключення до мережі провайдера по PРоE, PPTP, VPN і так далі. Раніше, коли число домашніх гаджетів, здатних приймати сигнал по WiFi, в більшості випадків обмежувалися одним ноутбуком або комп'ютером з вай-фай адаптером, в забезпеченні множинних підключень не було потреби. А багато хто взагалі використовували для доступу в Інтернет тільки провідне підключення.

Роутер (маршрутизатор) - це більш "розумний" пристрій, який не просто приймає і передає дані, але і перерозподіляє їх згідно з різними встановленими правилами, виконує задані команди і може створювати і об'єднувати різні мережі. Наприклад, роутер може створити локальну домашню мережу з кількох комп'ютерних пристроїв і організувати її взаємодію із зовнішньою мережею провайдера.

Також роутер, на відміну від стандартної точки доступу, вміє:

- маршрутизувати пакети даних (інтернет-трафік) між різними мережами і підмережами;
- присвоювати IP-адреси комп'ютерів та інших девайсів, які до нього підключені;
- підміняти внутрішні IP-адреси пристроїв на свою зовнішню IP-адресу, в результаті чого всі домашні комп'ютери, ноутбуки, смартфони, планшети виходять у зовнішній світ, використовуючи одну і ту ж адресу провайдера;
- забезпечувати їх мережевий захист (брандмауер);
- обмежувати швидкість трафіку і багато іншого.

Домашні точки доступу. Простий функціонал переставав влаштовувати споживача. Йому необхідно було купити і роутер - для безпосереднього підключення до провайдера і створення локальної домашньої мережі, і точку доступу - для забезпечення безпроводного доступу до цієї мережі ноутбуків, комп'ютерів, планшетів і смартфонів всіх членів сім'ї. Це було невигідно, і багато виробників, в тому числі TP-link, D-Link і інші стали додавати в точки доступу функціонал роутера. Пристрої часто так і називаються: " Безпроводна

точка доступу і маршрутизатор / роутер", "Точка доступу з маршрутизатором (роутером)".

Домашні Wi-Fi маршрутизатори. Деякі виробники пішли іншим шляхом, розробивши прості моделі роутерів, що ідеально підходять для використання в SOHO-сегменті і доповнивши їх WiFi-модулем і функціоналом точки доступу.

Точки доступу для корпоративного сектору. Після того, як швидкість передачі даних по WiFi стала прийнятною для використання в цілях корпоративної телекомунікації, магістральних каналів операторів і провайдерів і т. д., точками доступу зацікавилися і в SMB, і в Enterprise. Колишній простий функціонал також був доповнений можливостями роботи в різних режимах безпроводної передачі (клієнт, міст, репітер, плюс всілякі їх модифікації і поєднання), причому в корпоративних точках доступу всі ці режими вже розраховані на великі навантаження, відстані і обсяги трафіку. Крім того, виробники також додали до деяких своїх точок доступу і функціонал маршрутизатора.

Маршрутизатори для корпоративного сектору. Під багато моделей роутерів виробники вбудували точку доступу. Тепер розумний пристрій міг оперувати й провідним, і безпроводним трафіком, створювати і об'єднувати мережі, створені як на основі WiFi, так і на основі провідної мережі.

Найкращим варіантом, на мою думку, для створення безпроводної мережі цього підприємства є маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – TP-LINK TL-WR940N

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Модель TL-WR940N поєднує в собі функції провідного й безпроводного обладнання для під'єднання до мережі. Ця модель була спеціально розроблена для невеликих компаній, малих і домашніх офісів. Вона відповідає стандарту IEEE 802.11n, забезпечуючи швидкість безпроводного передавання даних до 300 Мбіт/сек. Для найбільшої ефективності передавання даних маршрутизатор обладнаний 4 LAN портами. У пристрої застосовується технологія MIMO: метод кодування сигналу, що дає змогу збільшити смугу пропускання каналу, у якому передавання даних й отримання даних здійснюються системою з трьох антен. Крім того, використання технології CCA дає змогу автоматично підбрати вільний канал для передавання даних.

Маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N має комплексну систему захисту, яка містить в собі підтримку SSID, контроль доступу на основі MAC-адрес, WEP-шифрування, WPA/WPA2 і WPA-PSK/WPA2-PSK автентифікацію. Застосування функції Швидкого налаштування безпеки QSS (Quick Secure Setup) і WPS дає змогу легко настроїти параметри безпеки передавання даних. Поєднання цих елементів системи безпеки забезпечує вищий рівень захисту від несанкціонованого доступу.

Пристрій підтримує функцію встановлення з'єднання, оперативного керування доступом, протоколи UPnP, динамічний DNS, функцію ведення журналу. Також ця модель забезпечує пріоритет для програм, які займають чималу частину пропускну здатності каналу і є чутливими до переривання сигналу, наприклад, голосового й відеотрафіку.

Маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N має чудові експлуатаційні характеристики та є чудовим вибором для створення мережі. Забезпечить збільшену зону покриття безпроводної мережі, а також надійність з'єднання в будь-якій точці вашого будинку або офісу. Гостьова мережа забезпечує окремий доступ до безпроводної мережі для гостьових користувачів.

Для прийому сигналу персональними комп'ютерами буде використовуватися безпроводний мережевий WiFi-адаптер TP-LINK Archer T2UH (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – TP-LINK Archer T2UH

Модель Archer T2UH підтримує наступне покоління стандарту безпроводного зв'язку 802.11ac, яке втричі швидше за пристрої серії N. Завдяки швидкості безпроводного з'єднання до 433 Мбіт/с на частоті 5 ГГц і до 150 Мбіт/с на частоті 2,4 ГГц Archer T2UH є ідеальним рішенням для плавного перегляду HD-відео, онлайн ігор і інших задач, вимогливих до пропускної здатності.

Швидкість безпроводного з'єднання до 433 Мбіт/с на частоті 5 ГГц ідеально підійде для потокового перегляду HD-відео й онлайн ігор без затримок, швидкість до 150 Мбіт/с на частоті 2,4 ГГц — для перегляду веб-сторінок.

Archer T2UH має зовнішню 3 дБі антену, яка може повертатися для налаштування в певних умовах довкілля, забезпечуючи більшу продуктивність, порівнюючи з мережевими адаптерами з вбудованими антенами. Для більш вимогливих завдань зовнішня антена може бути замінена на більш потужну для забезпечення ще більшої гнучкості та розширеного радіуса приймання сигналу.

Archer T2UH — це безпроводний дводіпазонний мережевий USB-адаптер високого підсилення, що забезпечує з'єднання на частотах 5 ГГц і 2,4 ГГц, а також дає змогу поліпшити можливості безпроводного адаптера настільного комп'ютера або ноутбука.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.4 Розробка структури локальної мережі

За розміром охоплення території розрізняють наступні мережі:

- малі локальні або домашні (радіус від кількох метрів до десятків метрів);
- локальні (радіус від сотень метрів до декількох десятків кілометрів);
- розподілені (радіус від сотень до декількох тисяч кілометрів);
- глобальні (охоплюють декілька або всі континенти земної кулі).

Розподілена або локальна мережа, що має одного господаря або єдиного власника, називається корпоративною.

На підприємстві доступ до Інтернету буде надаватися за допомогою маршрутизатора на інші пристрої. Це показано на рисунку 2.6.

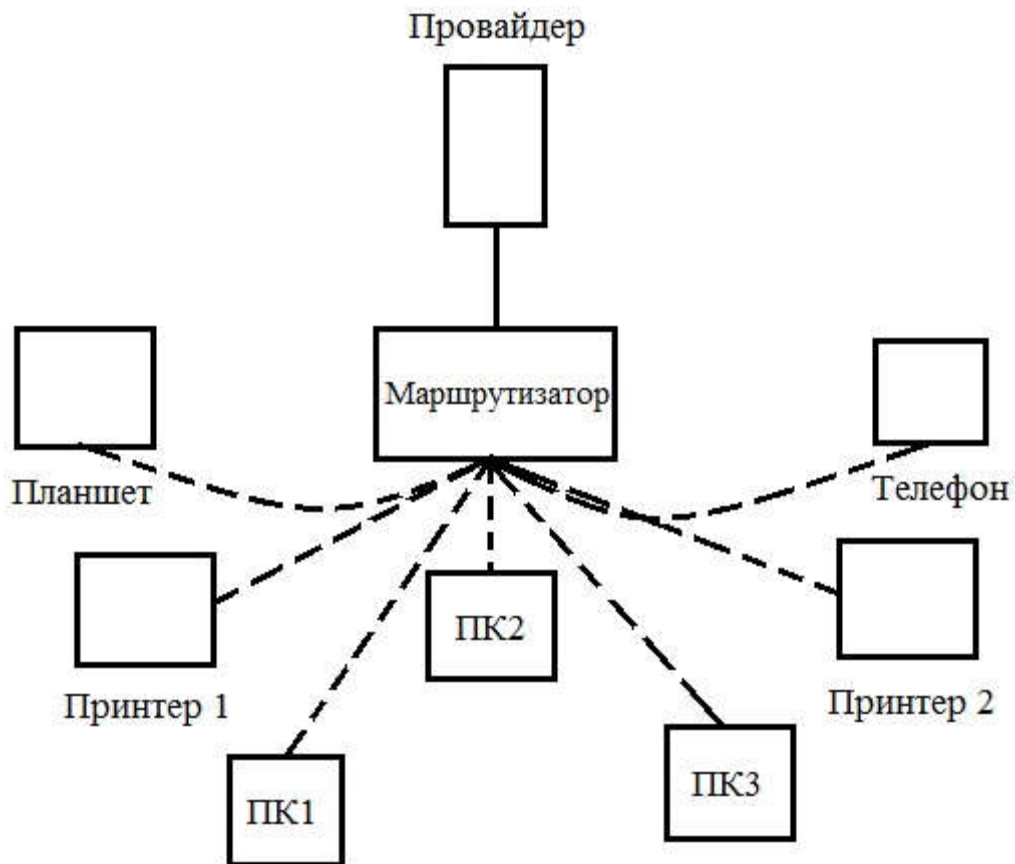


Рисунок 2.6 – Блок-схема проектованої мережі

Спочатку маршрутизатори використовувалися виключно в корпоративному секторі. Однак зі зростанням числа комп'ютерних пристроїв на душу населення виникла потреба і в моделях для дому або невеликого офісу. Вони якраз і використовувалися для підключення до мережі Інтернет кількох домашніх пристроїв. Ethernet-кабель від провайдера або вита пара від ADSL-модему підключалися в WAN-порт маршрутизатора, а в його LAN-порти приєднувалися за допомогою мережевого кабелю домашні комп'ютери, ноутбуки та інші пристрої.

Декілька комп'ютерів в межах обмеженої території (що знаходяться в одному приміщенні, в одному або декількох близько розташованих будівлях) і підключених до єдиних ліній зв'язку це локальна мережа. Сьогодні більшість комп'ютерних мереж це локальні комп'ютерні мережі (Local-area Network), які розміщуються усередині однієї конторської будівлі і засновані на комп'ютерній моделі клієнт/сервер. Мережеве з'єднання у випадку цього підприємства буде складатися з комп'ютерів, що беруть участь в зв'язку, та іншими пристроями і сполученнями між ними. Необхідно створити мережу, використовуючи безпроводні технології.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

3 РЕАЛІЗАЦІЯ БЕЗПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Місце і реалізація проекту

Азалія — одна з найкрасивіших кімнатних рослин, що своїм пишним цвітом приносить подих весни у розпал зимових холодів. Відвідавши кафе "Азалія", ви опинитеся у атмосфері комфорту й затишку. Тут можна приємно провести вечір із коханою людиною, відпочити у сімейному колі, розважитися з друзями або випити гарячого чаю після ситного обіду.

До Ваших послуг широкий асортимент страв української кухні, які задовольнять смаки навіть найвибагливіших гостей. Скуштуйте апетитні горщики з картоплею, м'ясом і грибами, домашні ковбаски, печене м'ясо, картопляну кишку, український борщ із пампушками, а також піцу на будь-який смак. Всі страви готуються на печі.

Кафе "Азалія" — вдалий вибір для проведення весіль, днів народжень, хрестин, ювілеїв, корпоративів, бенкетів, фуршетів, дитячих свят. До Ваших послуг простора зала, розрахована на 170 осіб, а також літній майданчик, де можна потанцювати і подихати свіжим повітрям (рисунок 1.1). Привітний персонал знайде підхід до кожного і допоможе зробити свято надзвичайним, також на території кафе є зручна автостоянка.

Завдання проекту:

- розгортання мережі безпроводного доступу Wi-Fi на підприємстві;
- задоволення існуючого та прогнозованого попиту на послуги комунікації;
- закріплення позитивного іміджу підприємства, яке робить все, для задоволення потреб відвідувачів.

План будівлі підприємства відображено на рисунку 3.7.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

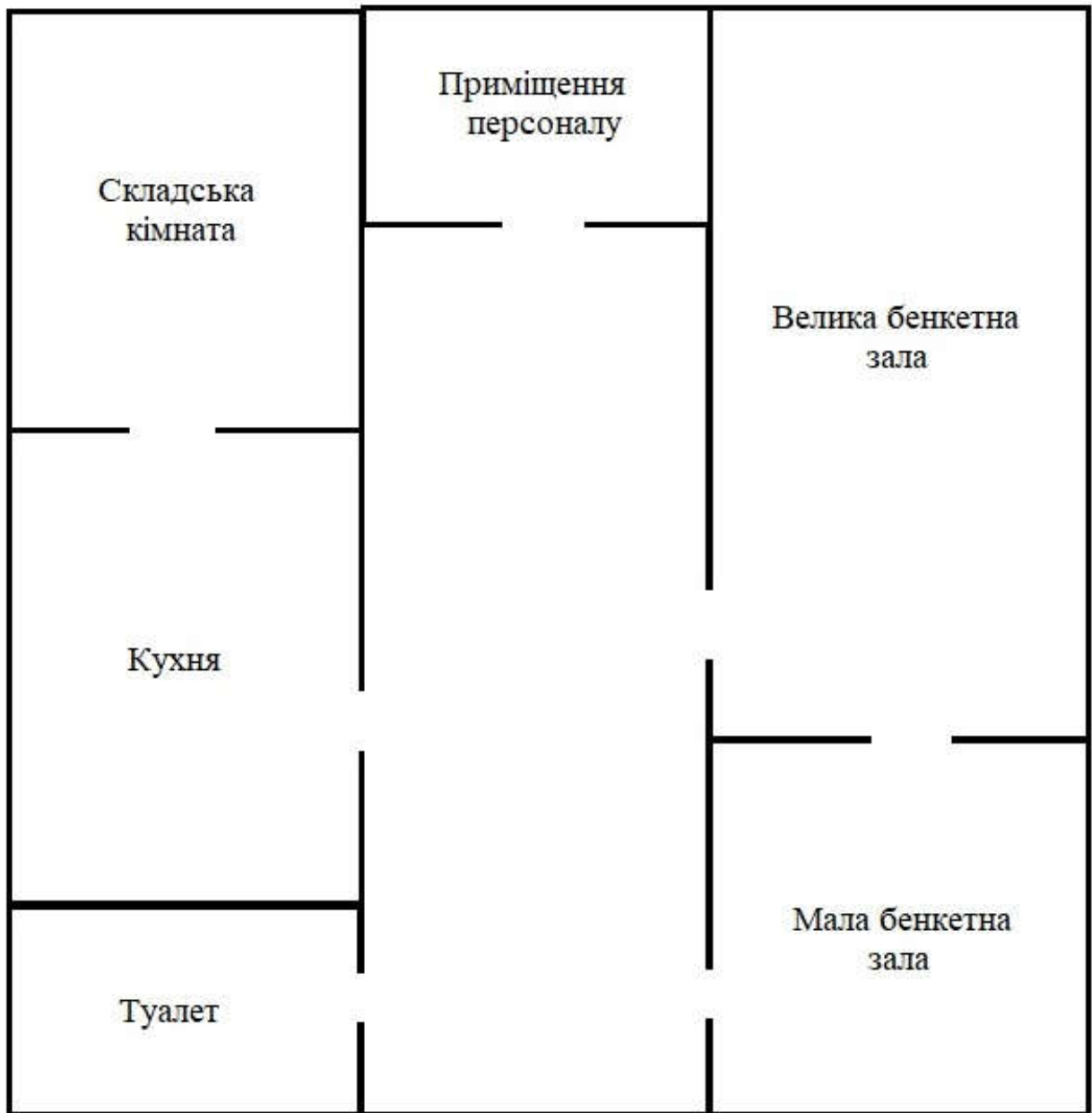


Рисунок 3.7 – План будівлі підприємства

На підприємстві є 3 комп'ютери. Характеристики комп'ютерних технічних засобів: Процесор – Intel Celeron G1840, Оперативна пам'ять – 2Гб, Інтегрована графіка – Intel HD Graphics, Жорсткий диск – 100Гб, Блок живлення – 300Вт. Комп'ютери обладнані моніторами, маніпуляторами типу «миша», клавіатурами та принтерами. Ці три комп'ютери об'єднані між собою в мережу мережевим комутатором (рисунок 3.8).

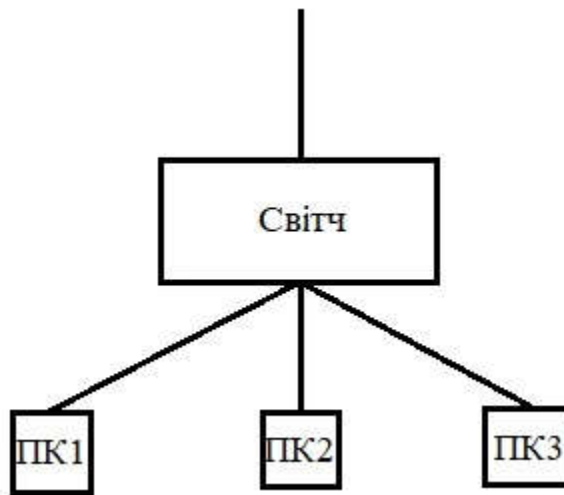


Рисунок 3.8 – Блок-схема мережі підприємства

Програмне забезпечення: 1С – програма для автоматизації бухгалтерського і податкового обліку на підприємстві, включаючи підготовку обов'язкової (регламентованої) звітності. Використовується для створення звітів по фінансовій діяльності на підприємстві. MS Office – офісний пакет, в який входить програмне забезпечення для роботи з різними типами документів: текстами, електронними таблицями, презентаціями, базами даних тощо. Використовується для створення і оформлення документів, таблиць, і баз даних. WinRAR – це файловий архіватор для Windows з високим ступенем стиснення, є одним із найкращих архіваторів за співвідношенням ступеня стиснення до швидкості роботи. Використовується для стиснення даних і переносу їх по носіям інформації.

На даному підприємстві фізичне розташування комп'ютерів у мережі організоване за допомогою топології «дерево». Як і в класичній зірковій топології, окремі мережеві пристрої можуть бути ізольовані від мережі внаслідок ліквідації одного зв'язку (гілки), наприклад, внаслідок аварії на лінії. У мережі з топологією дерева існує один виділений мережевий пристрій, який є коренем дерева. В даній ситуації цим мережевим пристроєм є мережевий комутатор – пристрій, призначений для з'єднання декількох вузлів комп'ютерної мережі в межах одного сегмента (рисунок 3.9).

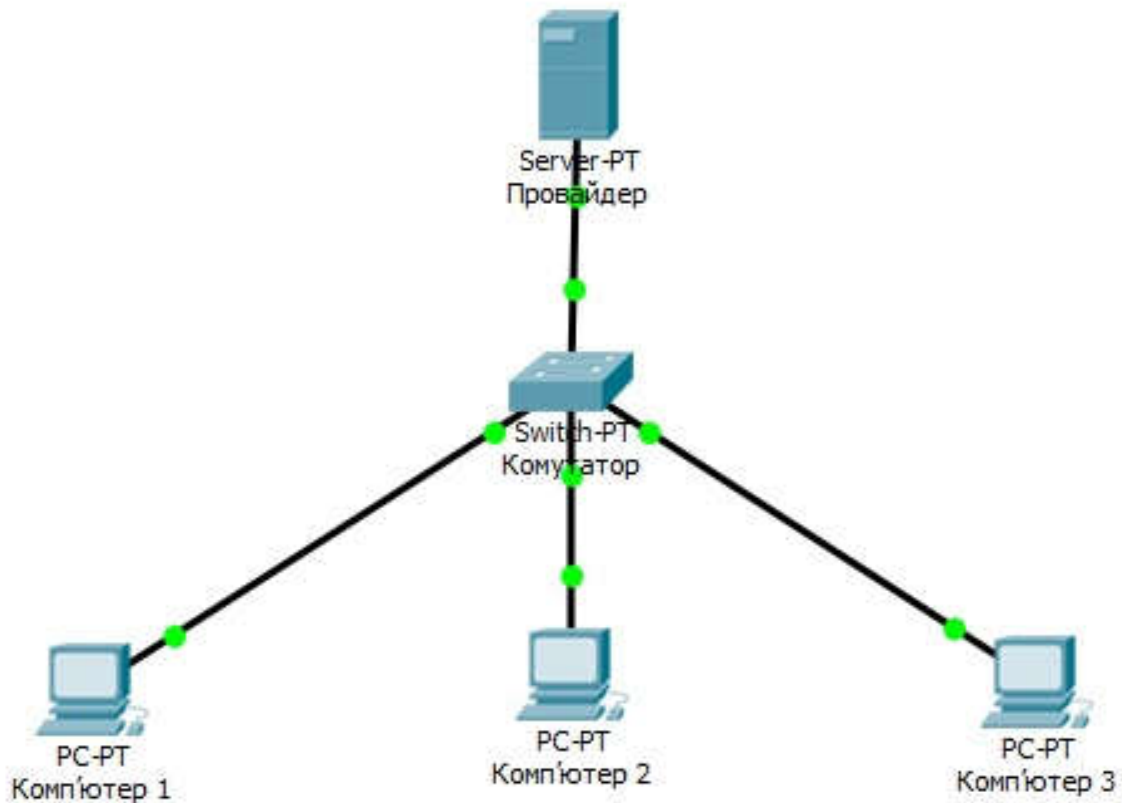


Рисунок 3.9 – Мережа підприємства в Cisco Packet Tracer

До переваг даної топології можна віднести те, що мережу з даною топологією можна легко збільшити і контролювати. Недоліками є те, що при виході з ладу батьківського вузла, вийдуть з ладу і всі його дочірні вузли (вихід з ладу кореня - вихід з ладу всієї мережі), і також обмежена пропускна здатність. Недолік, пов'язаний з пропускною спроможністю, усувається топологією «товстого» дерева.

Для покращення існуючої на підприємстві мережі, я б зробив мережу безпроводною. Для цього встановив би безпроводну точку доступу і встановив на комп'ютерах безпроводні адаптери. Також є варіант зміни громіздких комп'ютерів на більш зручні ноутбуки. Все це зменшить кількість кабелів, тому що працівники будуть підключеними до мережі без кабелів, принтери будуть використовуватись у мережі, і найголовніше гості будуть мати доступ до мережі Інтернет.

3.2 Структурна схема організації мережі

Безпроводна мережа, яку планується реалізувати, буде заснована на стандарті IEEE 802.11ac.

Мережа буде керуватися з будь-якого пристрою, який буде мати доступ до цієї мережі. А також після авторизації даного пристрою у цій мережі, як адмініструючого.

Цією мережею будуть користуватися як працівники, так і відвідувачі. Тому було прийняте рішення розробити таку схему проектованої мережі, яку можна побачити на рисунку 3.10.

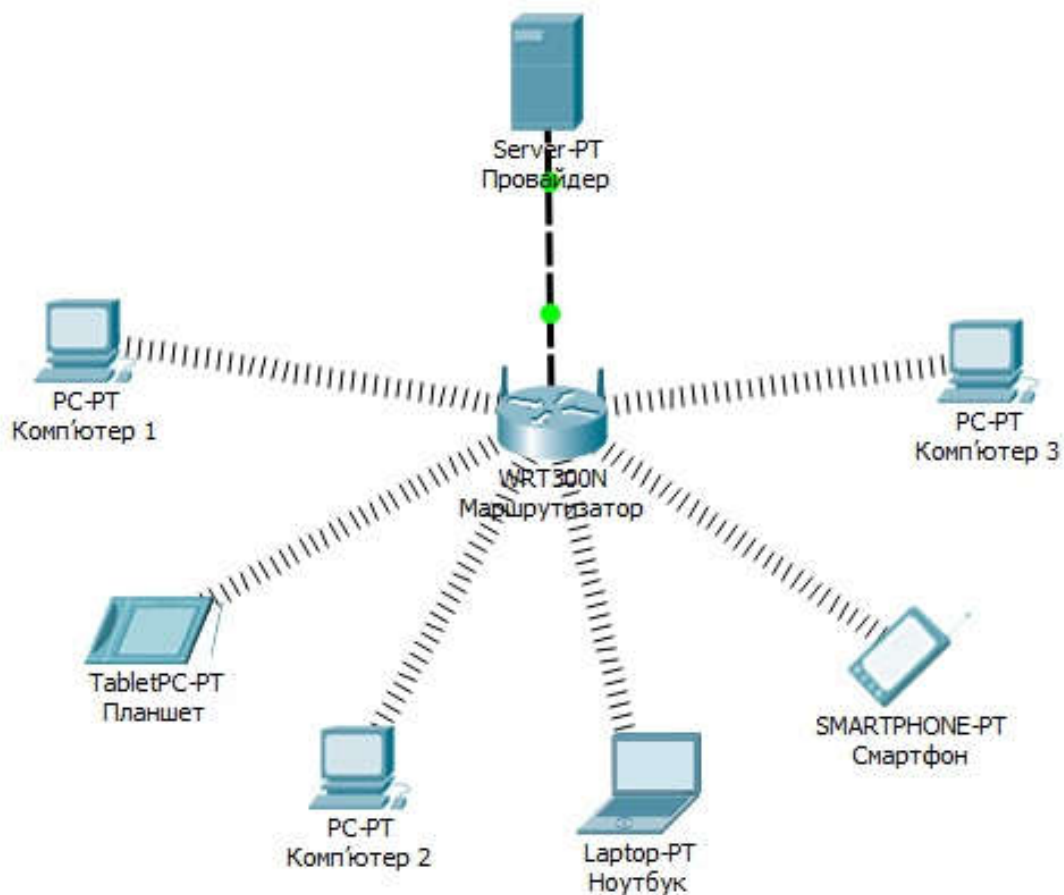


Рисунок 3.10 – Проектована безпроводна мережа в Cisco Packet Tracer

Організація мережі:

– організувати мережу безпроводного доступу, для цього придбати і встановити у приміщенні персоналу маршрутизатор TP-LINK TL-WR940N.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Дане приміщення є найкращим варіантом, тому що воно знаходиться практично посередині будівлі. Тобто воно забезпечить найліпше покриття. Також враховується неможливість фізичного доступу до маршрутизатору звичайного відвідувача, що теж не мало важливо;

– налаштувати безпроводний маршрутизатор. Забезпечити моніторинг та захист мережі;

– організація підключення до мережі Internet.

Розповсюдження сигналу безпроводної мережі показано на рисунку 3.11.

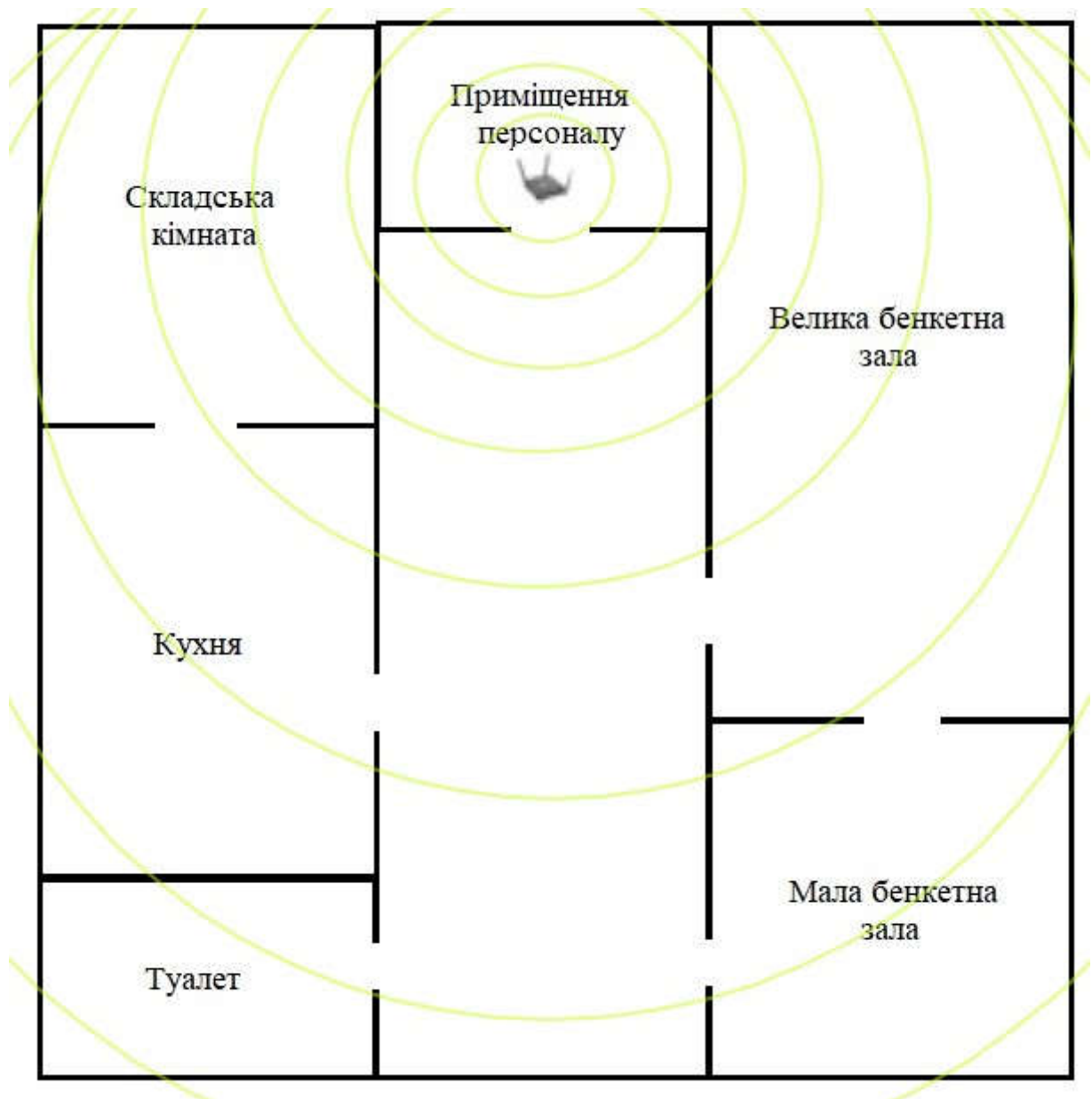


Рисунок 3.11 – Розповсюдження сигналу

3.3 Безпека мережі

Прилади стандарту 802.11 з'єднуються один з одним, використовуючи як засіб передавання інформації сигнали, що передаються в спектрі радіочастот. Дані переходять згідно радіомовлення відправником, які вважають те, що радіоприймач крім того функціонує в обраному радіодіапазоні. Мінусом подібного вважається, в такому випадку те, що будь-який інший пристрій, який використовує даний спектр, також може здійснити ці дії. У разі якщо не використовувати захист, кожен пристрій, який підтримує стандарт 802.11 зуміє отримати доступ до даних, переданих у цій безпроводній мережі, в разі якщо тільки його радіоприймач функціонує в цьому ж радіодіапазоні. З метою надання хоча б мінімального ступеня захищеності необхідно знати методи з метою прийняття рішення щодо того, хто саме здатний використовувати безпроводну мережу. Дана умова задовольняється за рахунок застосування аутентифікації, яка забезпечує контролювання доступу до мережі. Також ресурси захисту даних, що подаються за допомогою безпроводного середовища. Дана умова задовольняється за рахунок використання алгоритмів кодування.

Схема захисту безпроводної мережі показана на рисунку 3.12.

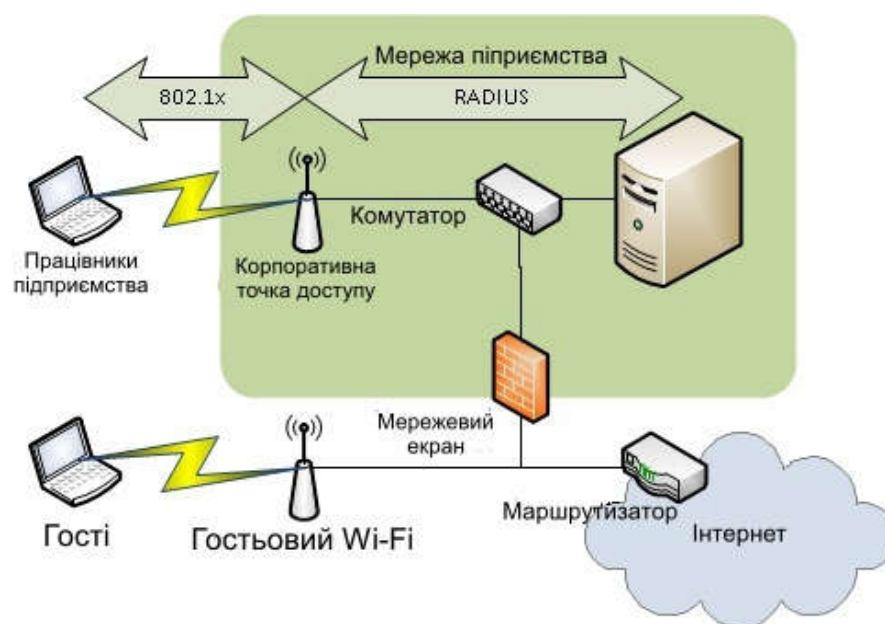


Рисунок 3.12 – Захист безпроводної мережі на підприємстві

Методи шифрування:

– WEP-шифрування. Аналог шифрування трафіку в провідних мережах. Використовується симетричний потоковий шифр RC4 (англ. Rivest Cipher 4), який досить швидко функціонує. На сьогоднішній день WEP і RC4 не вважаються криптостійкими.

Є два основних протоколи WEP: 40-бітний WEP (довжина ключа 64 біта, 24 з яких — це вектор ініціалізації, який передається відкритим текстом); 104-бітний WEP (довжина ключа 128 біт, 24 з яких — це теж вектор ініціалізації); Вектор ініціалізації використовується алгоритмом RC4. Збільшення довжини ключа не призводить до збільшення надійності алгоритму.

– TKIP-шифрування. Використовується той же симетричний потоковий шифр RC4, але є більш криптостійким. Вектор ініціалізації становить 48 біт. Враховані основні атаки на WEP. Використовується протокол Message Integrity Check для перевірки цілісності повідомлень, який блокує станцію на 60 секунд, якщо послані протягом 60 секунд два повідомлення не пройшли перевірку цілісності. З урахуванням всіх доопрацювань і удосконалень TKIP все одно не вважається криптостійким.

– SKIP-шифрування. Має подібності з протоколом TKIP. Створений компанією Cisco. Використовується протокол CMIC (англ. Cisco Message Integrity Check) для перевірки цілісності повідомлень.

– WPA-шифрування. Замість уразливого RC4, використовується криптостійкий алгоритм шифрування AES (англ. Advanced Encryption Standard). Можливе використання EAP (англ. Extensible Authentication Protocol, розширюваний протокол автентифікації).

Є два режими: Pre-Shared Key (WPA-PSK) - кожен вузол вводить пароль для доступу до мережі; Enterprise - перевірка здійснюється серверами RADIUS.

– WPA2-шифрування (IEEE 802.11i). Прийнятий у 2004 році, з 2006 року WPA2 повинна підтримувати все вироблене Wi-Fi обладнання. В даному протоколі застосовується RSN (англ. Robust Security Network, мережа з підвищеною безпекою). Спочатку в WPA2 використовувався протокол CCMP

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

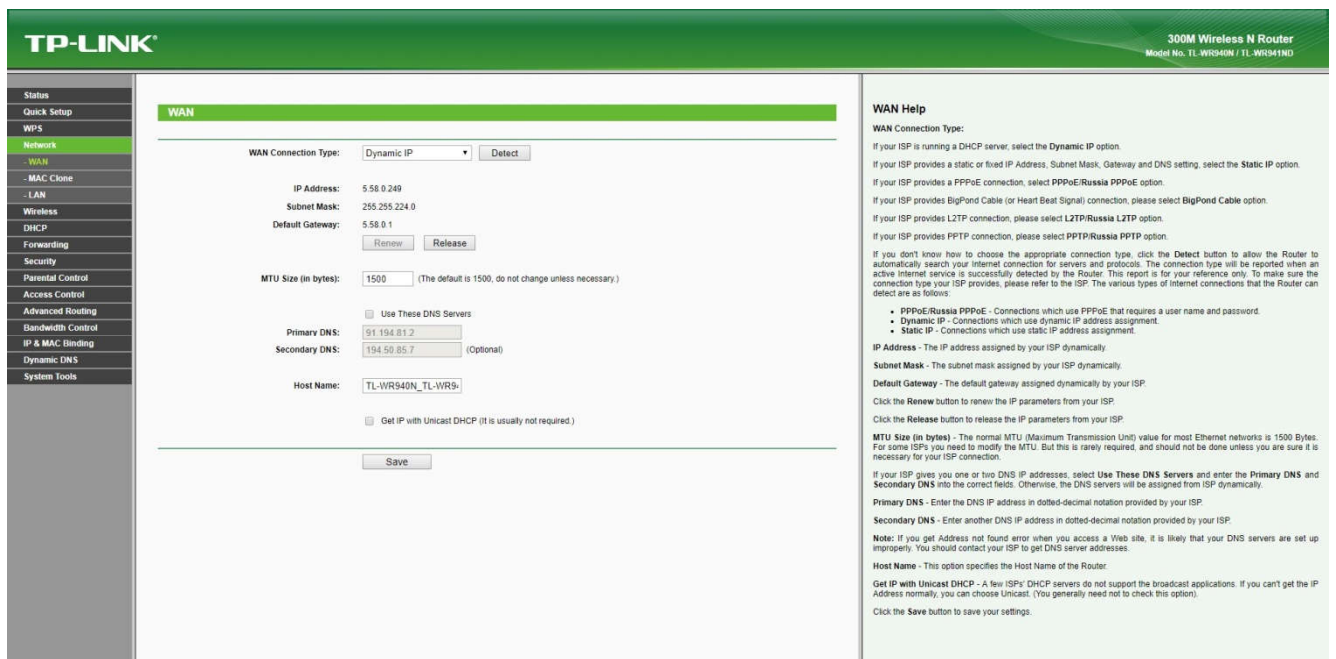


Рисунок 3.16 – Налаштування до мережі Інтернет

Після цього здійснюється налаштування безпроводної мережі. Для цього необхідно вибрати вкладку «Wireless» і в ній «Wireless settings». Далі обираємо назву цієї мережі, регіон, стандарт роботи та канал. Канал бажано обрати такий, щоб не було перекривання каналів з іншими маршрутизаторами (рисунок 3.17).

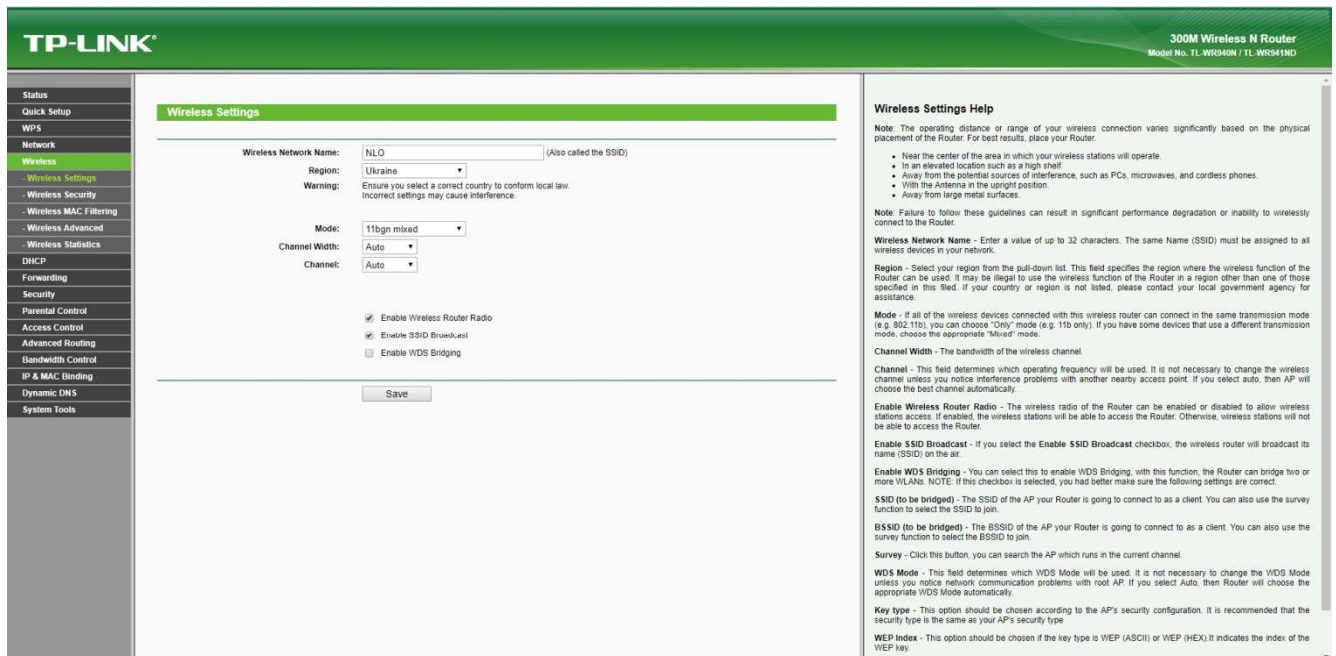


Рисунок 3.17 – Налаштування безпроводної мережі

ВИСНОВКИ

Для покращення існуючої на підприємстві мережі, розроблено безпроводну мережу. Для цього встановлено безпроводну точку доступу і безпроводні адаптери на комп'ютерах. Також є варіант зміни громіздких комп'ютерів на більш зручні ноутбуки. Зменшено кількість кабелів, тому що працівники підключені до мережі без кабелів, принтери використовуються у мережі, і найголовніше гості будуть мати доступ до мережі Інтернет.

Безпроводна мережа реалізована на стандарті IEEE 802.11ac. Ядром безпроводної мережі Wi-Fi є точка доступу (Access Point), яка підключається до якоїсь наземної мережевої інфраструктури (каналів Інтернет-провайдера) та забезпечує передачу радіосигналу. Зазвичай точка доступу складається із приймача, передавача, інтерфейсу для підключення до провідної мережі та програмного забезпечення для налаштування. Навколо точки доступу формується просторова область радіусом 50-100 метрів (її називають хот-спотом або зоною Wi-Fi), у межах якої можна користуватися безпроводною мережею.

Розроблено схему захисту безпроводної мережі. В налаштуваннях маршрутизатора обрано тип шифрування, версію шифрування, його метод та задано пароль для підключення до мережі.

Здійснено налаштування безпроводної мережі.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Смирнов И.Г. Структурированные кабельные системы - проектирование, монтаж и сертификация./ И.Г. Смирнов – СПб.: Экон-Информ, 2005.- 131 с.
2. Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г. Аппаратура локальных сетей. функции, выбор, разработка./ Ю.В. Новиков., Д.Г. Карпенко – Москва: ЭКОМ, 1998.- 110 с.
3. Платонов В.В. Программно-аппаратные средства защиты информации./ В.В. Платонов – Москва: Информационная безопасность, 2013 . – 69 с.
4. Одом У. Компьютерные сети. Первый шаг./ У. Одом – СПб.: «Вильямс», 2006 . – 240 с.
5. Сайт: методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” 2011р [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://buklib.net/books/23878/>
6. Купер Д. Архитектура корпоративных сетей/ Д. Купер – Москва: МПРЕСС, 2014 – 94 с.
7. 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, Л.О. Дубчак, Р.Б. Трембач, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, С.В. Івасъєв / Під ред. О.М. Березького. - Тернопіль: ТНЕУ, 2016.–65 с.
8. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу дипломних проектів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки 6.050102 комп’ютерна інженерія/ І.Р. Паздрій – Тернопіль: ТНЕУ, 2014. – 37 с.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

9. Гамаюн І. П. Оцінювання міри схожості між об'єктам, що характеризуються кількісними і номінальними ознаками / І.П. Гамаюн, О.П. Безменова – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. – 9 с.

10. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. / Б. Скляр - Москва: Информатика. Компьютеры, 2003. – 1106 с.

11. Сапаров В.Е. Руководящий документ. Выпускные квалификационные работы. Общие требования по оформлению пояснительной записки / В.Е. Сапаров - Самара: ПГУТИ, 2009. - 28 с.

12. Кулаков Ю.А. Локальні мережі. Навчальний посібник. / Ю.А. Кулаков, Г.М. Луцький - Київ: Юніор, 1998. – 45 с.

13. Шнайер Б. Секреты и ложь. Безопасность данных в цифровом мире./ Б.Шнайер – СПб.: «Питер», 2003. – 368 с.

14. Портнов, Э.Л. Оптические кабели связи [Текст] / Э.Л. Портнов– М. «Информсвязь», 2000 – 112 с.

15. Руководство по Cisco IOS [Текст]. - СПб.: Питер, М.: Издательство «Русская Редакция», 2008. -784 с

16. Официальный сайт производителя оборудования Cisco Systems [Электронный ресурс] / Режим доступа – <http://www.cisco.com>.

17. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования: Учебник для студентов ВУЗов по специальности «Телекоммуникации» [Текст] / Под ред. В.К. Стеклова. – К.; 2003 – 352 с.

18. Дональд, Дж. Стерлинг. Техническое руководство по волоконной оптике [Текст] / Дональд Дж. Стерлинг., пер. Московченко А. – Издательство «ЛОРИ» – 1998.

19. Официальный сайт компании D-Link. Техническое описание медиаконвертора DMC-920 [Электронный ресурс] / Режим доступа – http://ftp.dlink.ru/pub/transciever_mediaconverter/DMC-920/Data_sh.

20. Основы организации сетей Cisco, том 2 [Текст].: Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. - 215 с.

21. Слепов Н.Н. Оптоволоконные системы дальней связи. Перспективы развития [Текст] // Н.Н. Слепов. - Электроника: НТБ – 2004. – 109 с.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

22. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. / М. Кульгин. - Изд. «Питер», 1999. – 154 с.
23. Виткев О. Основы сетей Cisco, том 1. / Виткев О. М.: Издательский дом "Вильяме", 2005. – 231 с.
24. Перминов С. Построение розничных и дистрибьюторских сетей. / С. Перминов. - СПб.: Информатика. Компьютеры, 2014. - 55с.
25. Олексюк В., Балик Н., Балик А. Організація комп'ютерної локальної мережі. / В. Олексюк, Н. Балик, А. Балик. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2006. – 41 с.
26. Столлинс В. Операционные системы. / В. Столлинс // – Москва- Санкт-Петербург- Киев: Вильямс, 2002. – 845 с
27. 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, Л.О. Дубчак, Р.Б. Трембач, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, С.В. Івасьєв / Під ред. О.М. Березького. – Тернопіль: ТНЕУ, 2016. – 60 с.
28. Методичні вказівки до написання техніко-економічного розділу для дипломних проектів на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напряму підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» / І.Р. Паздрій. – Тернопіль: ТНЕУ, 2015.- 36 с.

					ДП.КСМ. 07255/16.00.00.000 ПЗ	51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		