

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Тема наукової роботи: КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ
СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ З ПІДВИЩЕНОЮ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ

Виконав	_____	О. О. Шабдаш
Керівник роботи	_____	І. О. Музика
Нормоконтроль	_____	Д. І. Кузнецов
Завідувач кафедри	_____	А. І. Купін

Кривий Ріг
2024

Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем та мереж

Ступінь вищої освіти
Спеціальність

магістр
123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії

_____ А. І. Купін

“ ____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 20__ року №__

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 81 сторінка, 57 рисунків, 32 таблиці, 37 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – процеси передачі даних у комп'ютерній мережі.

Робота складається з п'яти розділів.

Перший розділ присвячено опису та аналізу наявного апаратного обладнання.

Другий розділ виконано проектування та створення моделі нової комп'ютерної мережі для школи.

Третій розділі присвячений вибору оптимального мережевого обладнання, як активного, так і пасивного. Проведені розрахунки вартості обраного обладнання.

У четвертому розділі розглянуто теорію багатокритеріального вибору, а саме один із його методів: метод "зміщеного ідеалу". Розглянуто його принципи, та проведено експеримент з порівняння роутерів.

П'ятий розділ присвячений встановленню та налаштуванню мережевих служб операційної системи Ubuntu Server та програмного забезпечення для відеоспостереження.

**КОМП'ЮТЕРНА МЕРЕЖА, МАРШРУТИЗАТОР, КОМУТАТОР, СЕРВЕР,
ПЕРСОНАЛЬНИЙ КОМП'ЮТЕР, МЕРЕЖЕВІ СЛУЖБИ**

					КНУ.РМ.123.24.01.Р			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Шабадаш				РЕФЕРАТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Музика							
						ЗКІ-23м		
Н.контроль	Кузнецов							
Затвердив	Купін							

Explanatory note: 81 pages, 57 figures, 32 tables, 37 sources used.

The object of the study is data transfer processes in a computer network.

The work consists of five sections.

The first section is devoted to the description and analysis of the existing hardware.

The second section is devoted to the design and creation of a model of a new computer network for a school.

The third section is devoted to the selection of optimal network equipment, both active and passive. Calculations of the cost of the selected equipment are made.

The fourth section considers the theory of multi-criteria selection, namely one of its methods: the "displaced ideal" method. Its principles are considered, and an experiment is conducted to compare routers.

The fifth section is devoted to the installation and configuration of network services of the Ubuntu Server operating system and video surveillance software.

COMPUTER NETWORK, ROUTER, SWITCH, SERVER, PERSONAL
COMPUTER, NETWORK SERVICES

					KHY.PM.123.24.01.P	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1 ОПИС І АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	11
1.1. Опис та аналіз мережі	11
1.2. Опис та аналіз мережевого обладнання	14
2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ.....	17
2.1 Проектування нової комп'ютерної мережі	17
2.2 Моделювання нової комп'ютерної мережі	23
3 ВИБІР МЕРЕЖЕВОГО ОБЛАДНАННЯ	26
3.1 Вибір активного обладнання	26
3.1.1 Вибір сервера.....	26
3.1.2 Вибір RAID-контролера	28
3.1.3 Вибір комутатора	30
3.1.4 Вибір безперебійної станції живлення	31
3.1.5 Вибір IP-камери.....	33
3.1.6 Вибір роутера.....	35
3.1.7 Вибір інтерактивної панелі	36
3.1.8 Вибір багатофункціонального пристрою	38
3.1.9 Пропонування збірки ПК	39
3.1.10 Пропонування збірки ноутбуків	40
3.2 Вибір пасивного обладнання.....	42
3.2.1 Вибір комутаційної шафи	42
3.2.2 Вибір патч-панелі	44
3.2.3 Вибір кабелю	45
3.2.4 Вибір короба	48
3.2.5 Вибір розеток.....	49

					КНУ.РМ.123.24.01.3			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Шабадаш						
Перевірив		Музика						
Н.контроль		Кузнецов				ЗКІ-23м		
Затвердив		Купін						

3.3	Обране обладнання.....	50
4	ТЕОРІЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ	51
5	ВСТАНОВЛЕННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	60
5.1	Встановлення та налаштування операційної системи Ubuntu Server .	60
5.2	Встановлення та налаштування DHCP сервера.....	64
5.3	Встановлення та налаштування DNS сервера	67
5.4	Встановлення та налаштування FTP сервера	70
5.5	Програмне забезпечення для IP-камер.....	73
	ВИСНОВКИ.....	78
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

					КНУ.РМ.123.24.01.3			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Шабдаш							
Перевірив	Музика							
Н.контроль	Кузнецов					ЗКІ-23м		
Затвердив	Купін							

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ACL (Access Control List) – Список контролю доступу;
ARP (Address Resolution Protocol) – Протокол визначення адрес;
BGP (Border Gateway Protocol) – Прикордонний протокол маршрутизації;
BIOS (Basic Input/Output System) – Базова система введення/виведення;
DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) – Протокол динамічної конфігурації хостів;
DNS (Domain Name System) – Система доменних імен;
DoS (Denial of Service) – Атака відмова в обслуговуванні;
DSCP (Differentiated Services Code Point) – Кодова точка диференційованих послуг;
EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) – Покращений внутрішній протокол маршрутизації;
FTP (File Transfer Protocol) – Протокол передачі файлів;;
HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – Протокол передачі гіпертексту
LAN (Local Area Network) – Локальна мережа;
NAC (Network Access Control) – Контроль доступу до мережі;
OSPF (Open Shortest Path First) – Протокол відкритого найкоротшого шляху;
SSH (Secure Shell) – Безпечна оболонка;
SSL (Secure Sockets Layer) – Рівень захищених сокетів;
TACACS+ (Terminal Access Controller Access-Control System Plus) – Протокол контролю доступу;
UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) – Уніфікований розширюваний інтерфейс прошивки;
UTP (Unshielded Twisted Pair) – Неекранована вита пара;
STP (Shielded Twisted Pair) – Екранована вита пара;
VoIP (Voice over IP) – Голос через IP;
VPN (Virtual Private Network) – Віртуальна приватна мережа.

ВСТУП

Сучасний світ переживає стрімкий розвиток інформаційних технологій, які стають невід'ємною частиною кожної галузі суспільного життя, зокрема й освіти. Ефективне функціонування закладів загальної середньої освіти сьогодні потребує наявності надійної та високошвидкісної комп'ютерної мережі, що дозволяє забезпечити швидкий обмін інформацією, доступ до освітніх ресурсів, підтримку інтерактивного навчання та дистанційного формату освіти.

Підвищення пропускної здатності мережі закладу освіти є актуальним завданням, оскільки з кожним роком зростає кількість підключених пристроїв та обсяг даних, які передаються через мережу. Це створює нові виклики для мережевої інфраструктури та потребує впровадження сучасних технологій, таких як використання оптичних ліній зв'язку, маршрутизаторів з високою продуктивністю, та мережевих протоколів, що забезпечують швидке й безпечно з'єднання.

Метою цього проекту є розробка та впровадження комп'ютерної мережі для закладу загальної середньої освіти з підвищеною пропускною здатністю, яка відповідає сучасним вимогам. Проект передбачає аналіз поточних можливостей мережі, визначення ключових технічних характеристик, планування необхідного обладнання та реалізацію структурованої системи, що гарантуватиме стабільність роботи та можливість подальшого масштабування.

Об'єктом дослідження в магістерській роботі виступають процеси передачі даних у комп'ютерній мережі. Предметом дослідження є комп'ютерна мережа закладу загальної середньої освіти з підвищеною пропускною здатністю.

У сучасних умовах розвиток комп'ютерних мереж стає ключовим елементом ефективного функціонування освітніх закладів. Збільшення кількості пристроїв, що підключаються до мережі, та зростання обсягів даних, які передаються, потребують створення систем, здатних забезпечувати стабільну та швидку передачу даних. Це особливо актуально для закладів загальної середньої освіти, де інформаційна інфраструктура повинна підтримувати високе навантаження, забезпечувати стабільний доступ до навчальних ресурсів та інтерактивних платформ, а також сприяти впровадженню новітніх технологій у навчальний процес.

					КНУ.РМ.123.24.01.ВС			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Шабадаш			ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Музика						
Н.контроль		Кузнецов			3КІ-23м			
Затвердив		Купін						

На основі комплексного аналізу апаратного та програмного забезпечення було створено модель комп'ютерної мережі з підвищеною пропускнуою здатністю, яка покликана відповідати сучасним вимогам та забезпечувати повноцінне обслуговування освітнього процесу.

					КНУ.РМ.123.24.01.ВС	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 ОПИС І АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ ТА ОБЛАДНАННЯ

1.1. Опис та аналіз мережі

Існуюча мережа має тип топології зірка з центральним комутатором, що пов'язує всі комп'ютери. Вона охоплює комп'ютери розташовані в кабінеті інформатики, а також має додаткові розгалуження для підключення декількох безпроводних точок доступу. Схема діючої локальної мережі наведена на рисунку 1.1. Система побудована з використанням: 4-парного мідного неекранованого кабелю категорії 5 для підключення комп'ютерів та маршрутизаторів, та невеликого відрізка 4-парного мідного неекранованого кабелю категорії 5e вуличної прокладки для під'єднання точки доступу в кабінеті директора.

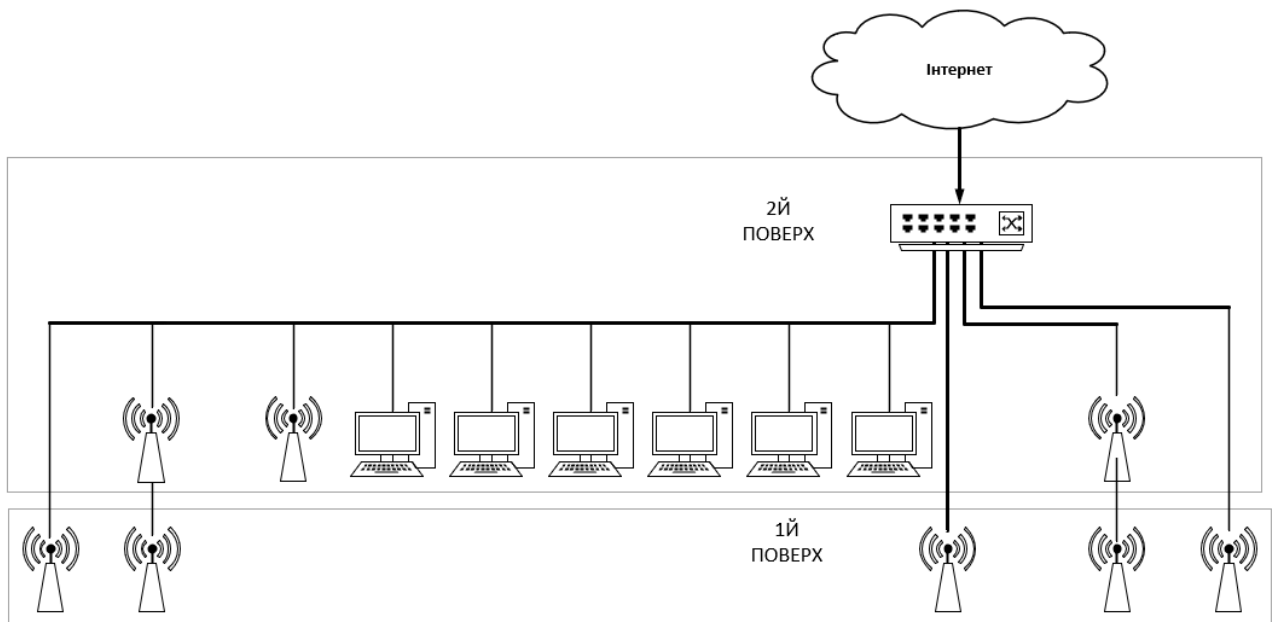


Рисунок 1.1 – Схема існуючої топології локальної мережі

До комутатора комп'ютери та маршрутизатори підключені за технологією 1000Base-Tx зі швидкістю передачі даних 1000 Мбіт/с. Кабельна система побудована із використанням симетричного 4-парного мідного кабелю UTP категорії 5 від компанії «ОК-Net».

Мережа організована за топологією "ієрархічна зірка", де центральний комутатор забезпечує з'єднання між усіма комп'ютерами та маршрутизаторами.

					КНУ.РМ.123.24.01.01. ОІАІМТО					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ОПИС І АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ ТА ОБЛАДНАННЯ					
Розробив	Шабдаш							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Музика									
Н.контроль	Кузнецов							ЗКІ-23м		
Затвердив	Купін									

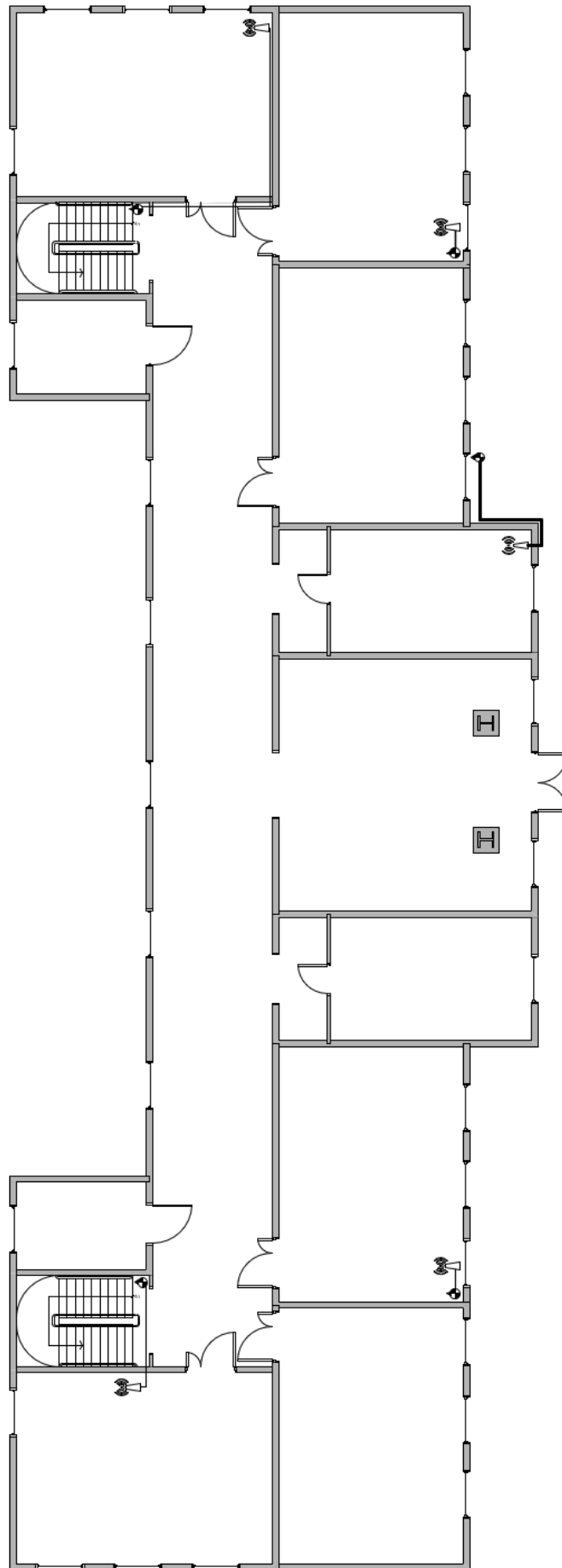


Рисунок 1.2 — Схема розташування обладнання першого поверху

					КНУ.РМ.123.24.01. 01. ОІАІМТО	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

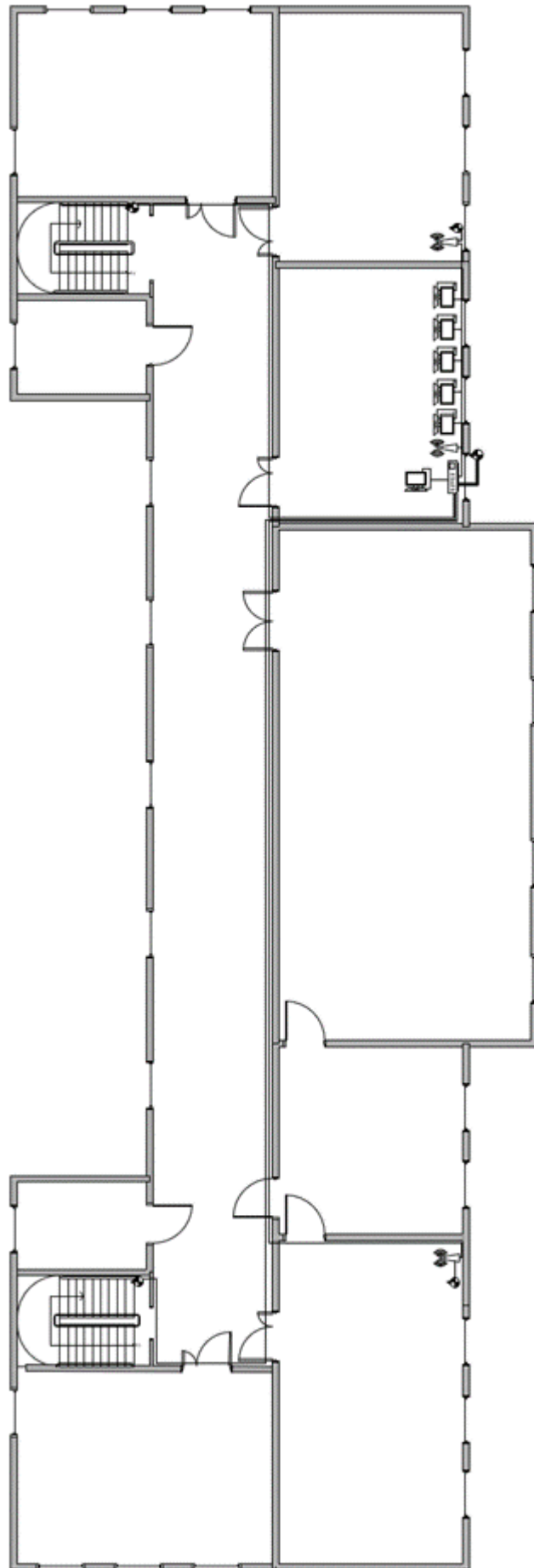


Рисунок 1.3 – Схема розташування обладнання другого поверху

					КНУ.РМ.123.24.01. 01. ОІАІМТО	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

1.2. Опис та аналіз мережевого обладнання

Комутатор

В існуючій мережі використовується комутатор Fast Ethernet рівня 2/4 з 28 портами. 24 порти 10/100BASE-TX і чотири комбіновані порти Gigabit Ethernet RJ-45/SFP (підключається малий форм-фактор) [1].



Рисунок 1.4 — Використовуваний комутатор Edge-Core ECS3510-28T

Таблиця 1.1 — Детальні характеристики комутатора

Марка/Модель	Edge-Core ECS3510-28T
Кількість портів	24× Fast Ethernet
Додаткові порти	4× Combo Gigabit Ethernet RJ-45 /SFP
Пропускна здатність	12.8 Гбіт/с
Швидкість переадресації	9.5 Гбіт/с
Підтримка PoE	Ні
Безпека	802.1p, DSCP, ACL, захист від DoS, TACACS+, SSH, SSL
Ціна	5,599 грн

Роутер

В даній мережі використовуються 300 Мбіт/с бездротовий маршрутизатор компанії TP-Link серії N, а саме TP-Link TL-WR841N [2].



Рисунок 1.5 — Використовуваний маршрутизатор TL-WR841N

					КНУ.РМ.123.24.01. 01. ОІАІМТО	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

Таблиця 1.2 — Детальні характеристики маршрутизатора

Марка/Модель	TL-WR841N
Стандарт Wi-Fi	Wi-Fi 4 (802.11n)
LAN порти	4
Пропускна здатність	До 300 Мбіт/с
Радіус дії	До 40 м
Особливості	Вбудований фаєрвол, контроль доступу, батьківський контроль
Ціна	749 грн

Робоче місце

В якості робочого місця використовувалися персональні комп'ютери від компанії Founder Technology, що входить до групи компаній Acer. Дана компанія була обрана урядом Китайської Народної Республіки в якості виробника партії персональних комп'ютерів, що були надані Міністерству освіти України у рамках спільної програми підтримки освіти. На даний час ці комп'ютери мають вже застарілу конфігурацію, яка не відзначається високою продуктивністю. За нинішніми мірками ресурси даного ПК доволі обмежені, хоч для базових завдань він все ще придатний [3].



Рисунок 1.6 — Використовуваний ПК від Founder Technology

Таблиця 1.3 — Використовувана конфігурація ПК в комп'ютерній мережі

Марка/Модель	Founder
Материнська плата	ECS H61H2-I (V1.1)
Процесор	Intel Pentium G630
Оперативна пам'ять	Kingston DDR3 2GB 1333MHz
Носій інформації	WD Blue 500 GB HDD
Слоти розширення	1x PCIe 2.0 x16, 2x PCIe 2.0 x1, 1 x PCI
Відеокарта	Вбудована
Мережевий адаптер	1x LAN (RJ45)
Блок живлення	HuntKey HK320-55AP 220W

Висновок: Проведене дослідження мережі школи виявило, що існуюче обладнання є морально застарілим. Це призводить до низки проблем, таких як низька швидкість передачі даних, обмежені можливості для дистанційного навчання та недостатній рівень інформаційної безпеки. Застаріле обладнання не дозволяє забезпечити ефективну підтримку сучасних освітніх технологій та створює значні перешкоди для розвитку цифрової компетентності учнів.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Проектування нової комп'ютерної мережі

У цій роботі потрібно спроектувати локальну мережу для середньої школи, розташованої у двоповерховій будівлі. Завдання включає розміщення та організацію мережі для декількох десятків робочих місць. Окрім забезпечення локального зв'язку, необхідно налаштувати доступ до глобальної мережі Інтернет та створити точки доступу Wi-Fi.

З урахуванням сучасних тенденцій до діджиталізації, зростаючим потребам у високошвидкісному підключенні та набутою популярністю формою дистанційного навчання, проєктована мережа повинна бути здатною обробляти великі обсяги даних, бути надійною та продуктивною. Для забезпечення одночасного підключення великої кількості комп'ютерів та декількох безпроводних точок доступу слід передбачити швидкість передачі даних на рівні 10 Гбіт/с.

Проектуючи локальну мережу, ми ставимо за мету забезпечити її гнучкість, надійність та високу продуктивність. Мережа повинна легко розширюватися, а пристрої автоматично отримувати IP-адреси, уникнувши ручних налаштувань.

Щоб досягти цих цілей, ми застосуємо принцип гібридної структури, поділивши мережу на три рівні:

- Ядро мережі;
- Рівень агрегації;
- Рівень доступу.

Такий підхід дозволить нам створити масштабовану та надійну мережу, яку можна легко розширювати або модифікувати в майбутньому.

Централізованим елементом мережі (ядром) буде спеціалізований сервер, який виконуватиме роль:

- DHCP-сервер: Автоматичне розподілення IP-адрес, масок підмереж та шлюзів для всіх клієнтів мережі.
- FTP-сервер: Надання можливості передачі файлів між клієнтами мережі, зокрема, для обміну навчальними матеріалами.
- DNS-сервер: Забезпечення доменних імен для всіх пристроїв мережі, спрощуючи доступ до ресурсів.
- Файловий сервер: Централізоване зберігання навчальних матеріалів, відеозаписів з IP-камер та інших даних, забезпечуючи доступ до них авторизованим користувачам.

					КНУ.РМ.123.24.01.02.ПТМКМ					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ					
Розробив	Шабадаш							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Музика									
Н.контроль	Кузнєцов							ЗКІ-23м		
Затвердив	Купін									

Для підвищення безпеки та надійності сервер буде обладнаний двома мережевими картами. Одна з них буде підключена до зовнішньої мережі (Інтернет) і використовуватиметься для доступу до мережесих ресурсів та оновлення програмного забезпечення. Інша карта буде підключена до внутрішньої мережі навчального закладу і забезпечуватиме локальний доступ до сервера. Таке рішення дозволить ізолювати внутрішню мережу від зовнішніх загроз та підвищити стабільність роботи сервера.

Рівень агрегації в мережевій ієрархії відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування мережі. Її основна задача – об'єднання трафіку від різних абонентів та оптимізація його передачі.

Завдяки використанню технологій агрегації лінків та інтелектуального розподілу навантаження, рівень агрегації забезпечує:

- Високу пропускну здатність: Здатність обробляти значні обсяги даних, що особливо важливо для сучасних мереж.
- Надійність: Резервування та балансування навантаження мінімізують вплив відмов окремих компонентів на загальну роботу мережі.
- Гнучкість: Можливість адаптації до змінних умов мережі та зростання обсягів трафіку.
- Безпеку: Забезпечення захисту мережі від різноманітних загроз завдяки фільтрації та сегментації трафіку.

Рівень агрегації є важливим компонентом сучасних мережесих інфраструктур, оскільки він дозволяє ефективно об'єднувати різноманітні мережесі ресурси та забезпечувати високу якість обслуговування користувачів.

Рівень доступу, відповідаючи за підключення робочих станцій та мережесих периферійних пристроїв до локальної мережі, при правильній конфігурації може:

- Збільшити безперебійність роботи мережі: Швидко виявляти та усувати несправності.
- Оптимізувати використання мережесих ресурсів: Ефективно розподіляти навантаження між пристроями та каналами.
- Забезпечити високий рівень безпеки: Впроваджувати системи захисту від кіберзагроз на основі мережесого доступу (NAC).
- Захистити мережу від вразливостей: Блокувати експлойти протоколів Ethernet (ARP, DHCP).
- Автоматизувати обслуговування користувачів: Спростити процедури підключення та налаштування пристроїв.

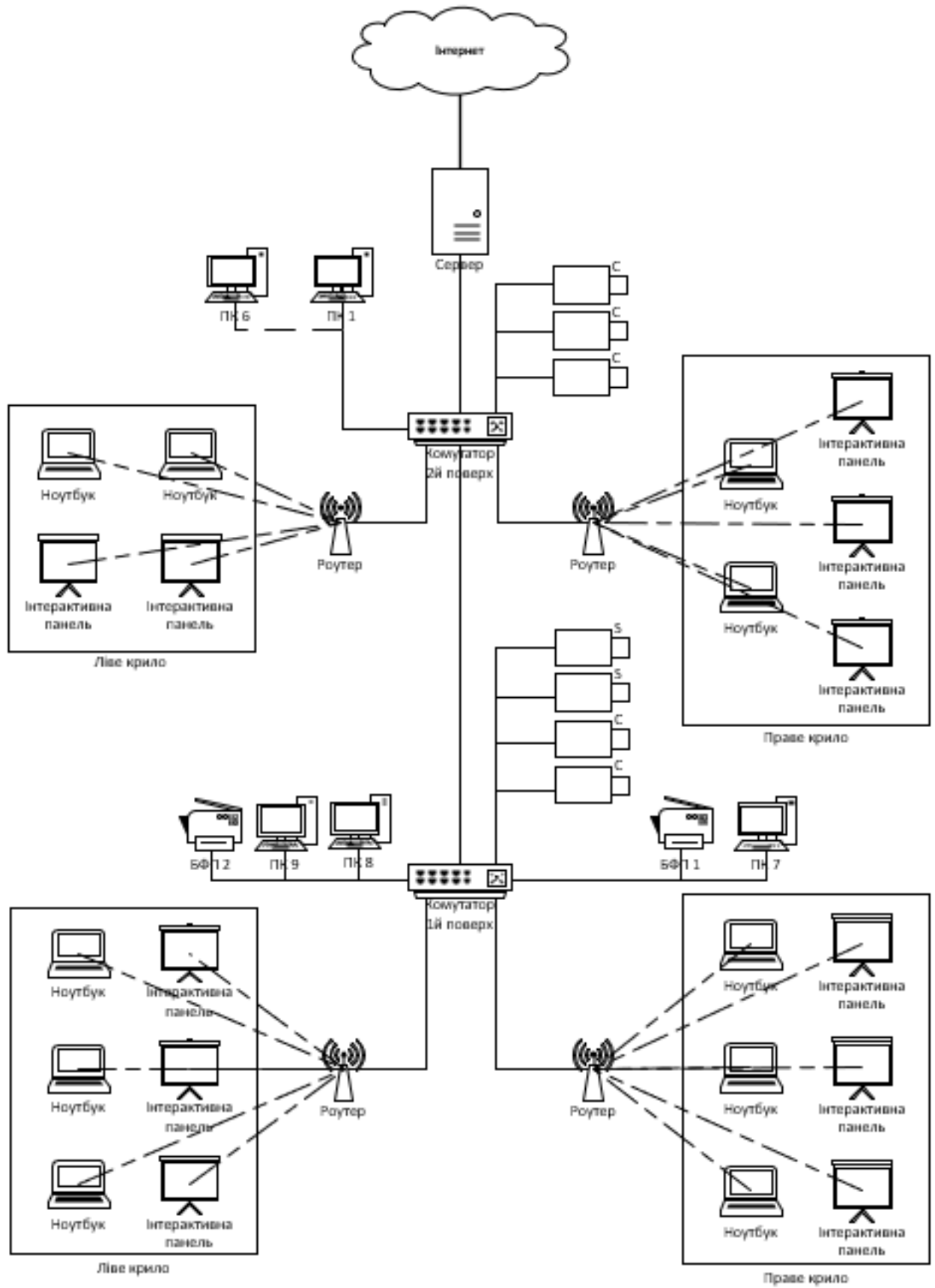


Рисунок 2.1 — Схема зпроектованої гібридної мережі

При проектуванні мережі було вирішено, що кожен клас буде оснащений інтерактивною дошкою, та ноутбуком для викладача, за допомогою яких вчитель зможе якісніше проводити освітній процес та залучити до нього учнів. Створення інтерактивних уроків та гейміфікація викладацького процесу дасть можливість учням стати активними учасниками власної освіти. Комп'ютерний клас також оснащений комп'ютерами для комфортного навчання та роботи з навчальними програмами. Кабінети адміністрації, тобто вчительська та кабінет директора будуть оснащені комп'ютерами, а також багатофункціональними пристроями, що дозволить працювати з документацією, а також за потреби сканувати та друкувати потрібні документи. Також було прийнято рішення використовувати ІР-камери, що підвищать рівень безпеку дітей, так і дорогоцінного оснащення від несанкціонованого проникнення та крадіжки.

Тобто розташування обладнання виглядає наступним чином:

Перший поверх:

- Кабінет директора: комутатор для першого поверху, комп'ютер та багатофункціональний пристрій;
- Вчительська – 2 комп'ютери та багатофункціональний пристрій;
- Навчальні класи: 6 ноутбуків та 6 інтерактивних панелей
- ІР-камери: 2 зовнішнього та 2 внутрішнього встановлення.

Другий поверх:

- Комп'ютерний клас: сервер, комутатор для другого поверху, інтерактивна панель та 6 персональних комп'ютерів;
- Навчальні класи: 4 ноутбуків та 4 інтерактивних панелей;
- 3 ІР-камери внутрішнього встановлення.

Для проектування локальної комп'ютерної мережі буде використовуватись програмне забезпечення Microsoft Visio.

Microsoft Visio — це програмне забезпечення для створення діаграм і схем, яке дозволяє користувачам візуалізувати складні дані, процеси та зв'язки у зручній графічній формі. Ця програма є популярним інструментом у сфері бізнесу, інженерії та освіти завдяки своїй здатності перетворювати інформацію в діаграми, які легко розуміти. Visio пропонує широкий набір шаблонів і форм для створення блок-схем, організаційних структур, технічних креслень, мережевих схем і навіть планів приміщень. Інтуїтивний інтерфейс дозволяє швидко налаштовувати схеми за допомогою функцій перетягування[4].

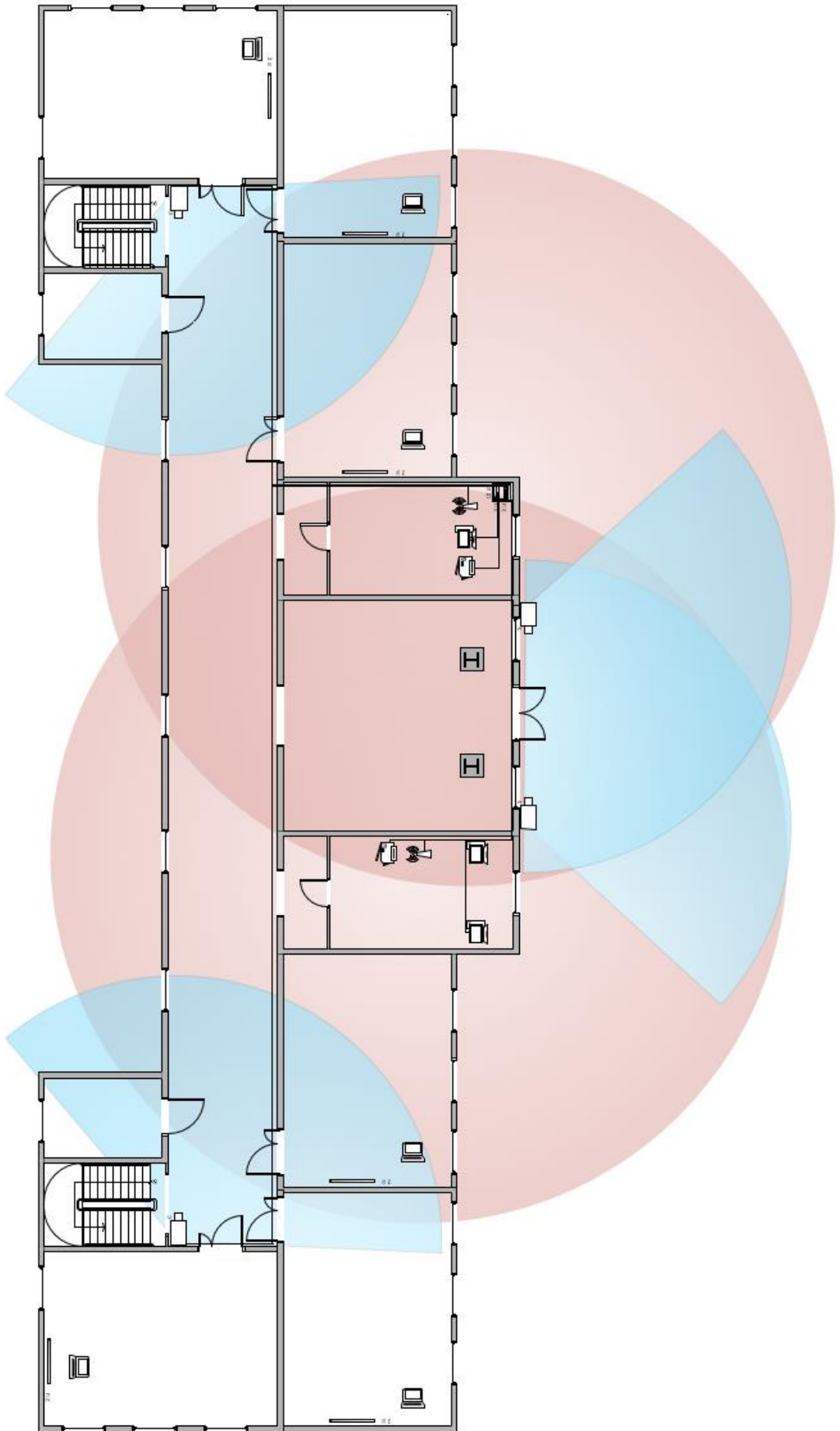


Рисунок 2.2 — План-схема комп'ютерної мережі першого поверху школи

					КНУ.РМ.123.24.01.02.ПТМКМ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

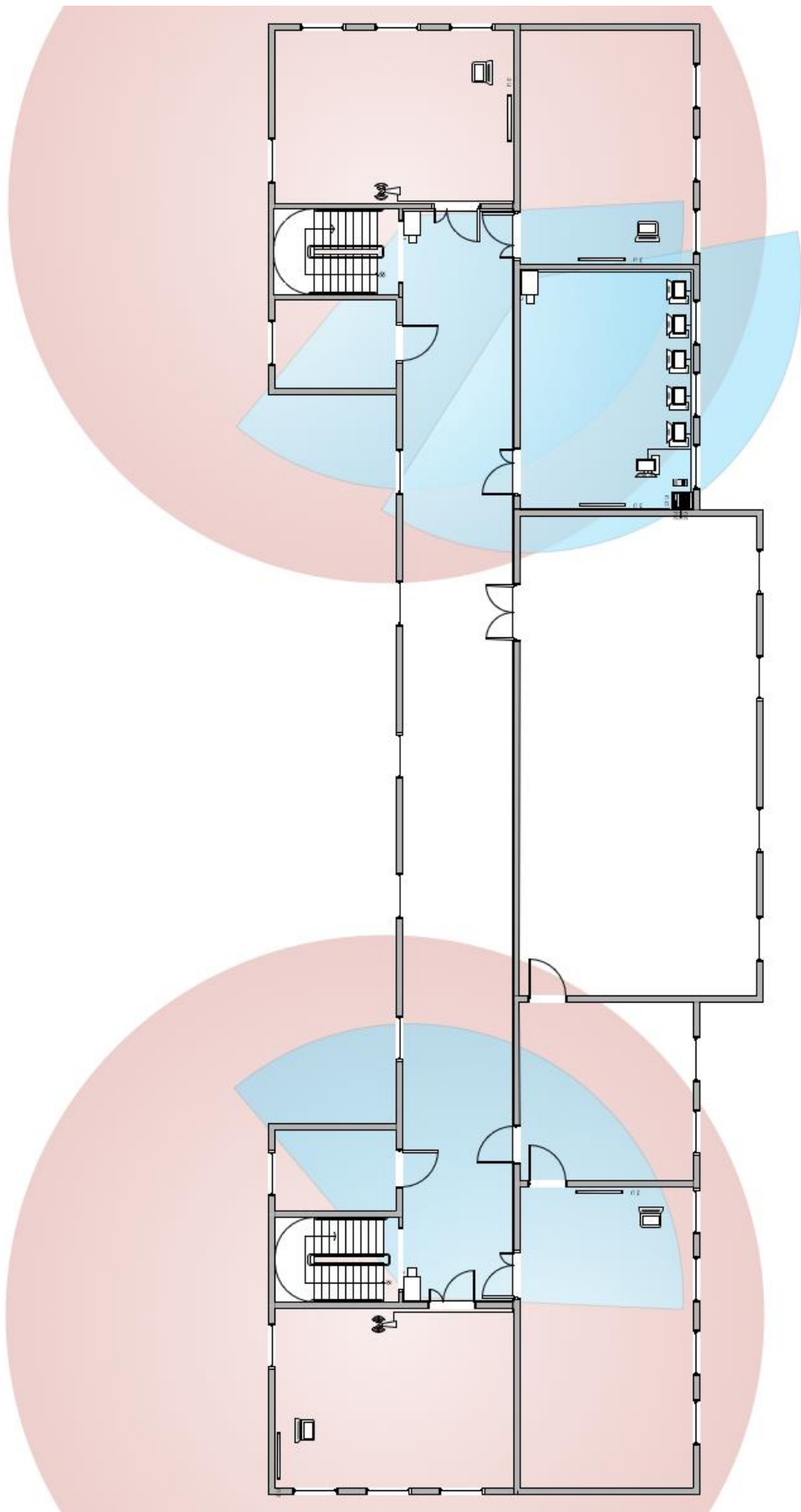


Рисунок 2.3 — План-схема комп'ютерної мережі другого поверху школи

					КНУ.РМ.123.24.01.02.ПТМКМ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

2.2 Моделювання нової комп'ютерної мережі

Для моделювання локальної комп'ютерної мережі буде використовуватись програмне забезпечення Cisco Packet Tracer.

Cisco Packet Tracer – це потужний інструмент візуального моделювання мереж, який надає користувачам широкі можливості для створення, конфігурування та аналізу різноманітних мережевих топологій. Програма широко використовується в освітніх установах, лабораторіях та корпоративних середовищах для навчання, досліджень та розробки.

Глибокий аналіз функціоналу та можливостей:

- Реалістичне моделювання: Packet Tracer забезпечує високий рівень реалістичності при моделюванні мережевого обладнання та протоколів. Користувачі можуть створювати складні мережі з використанням широкого спектру пристроїв Cisco, таких як маршрутизатори, комутатори, точки доступу Wi-Fi, сервери, клієнти та інше обладнання.

- Конфігурація та управління: Програма дозволяє детально конфігурувати кожен елемент мережі за допомогою командного рядка або графічного інтерфейсу. Це включає в себе налаштування IP-адрес, маршрутизації, VLAN, ACL, QoS та інших параметрів.

- Симуляція мережевих протоколів: Packet Tracer підтримує широкий спектр мережевих протоколів, включаючи TCP/IP, OSPF, EIGRP, BGP, DHCP, DNS, HTTP, FTP та інші. Це дозволяє моделювати різноманітні сценарії роботи мереж, такі як маршрутизація, комутація, VPN, VoIP та інші.

- Візуалізація мережевого трафіку: Програма надає потужні інструменти для візуалізації мережевого трафіку. Користувачі можуть відстежувати рух пакетів, аналізувати затримки, втрати пакетів та інші показники якості.

- Налагодження мереж: Packet Tracer включає в себе набір інструментів для виявлення та усунення неполадок у мережах. Це дозволяє швидко ідентифікувати причини проблем та розробляти ефективні рішення.

- Створення навчальних лабораторій: Packet Tracer дозволяє створювати інтерактивні навчальні лабораторії, що сприяють ефективному засвоєнню матеріалу. Викладачі можуть розробляти завдання різного рівня складності, а студенти можуть самостійно виконувати лабораторні роботи.

- Співпраця та обмін: Packet Tracer підтримує співпрацю кількох користувачів в одній мережі, що дозволяє проводити спільні проекти та обмінюватися досвідом.

Cisco Packet Tracer є незамінним інструментом для всіх, хто бажає освоїти основи мережевих технологій або поглибити свої знання в цій галузі. Програма надає широкі можливості для навчання, досліджень та розробки, що робить її незамінним інструментом для студентів, викладачів, інженерів та всіх, хто працює в сфері інформаційних технологій [5].

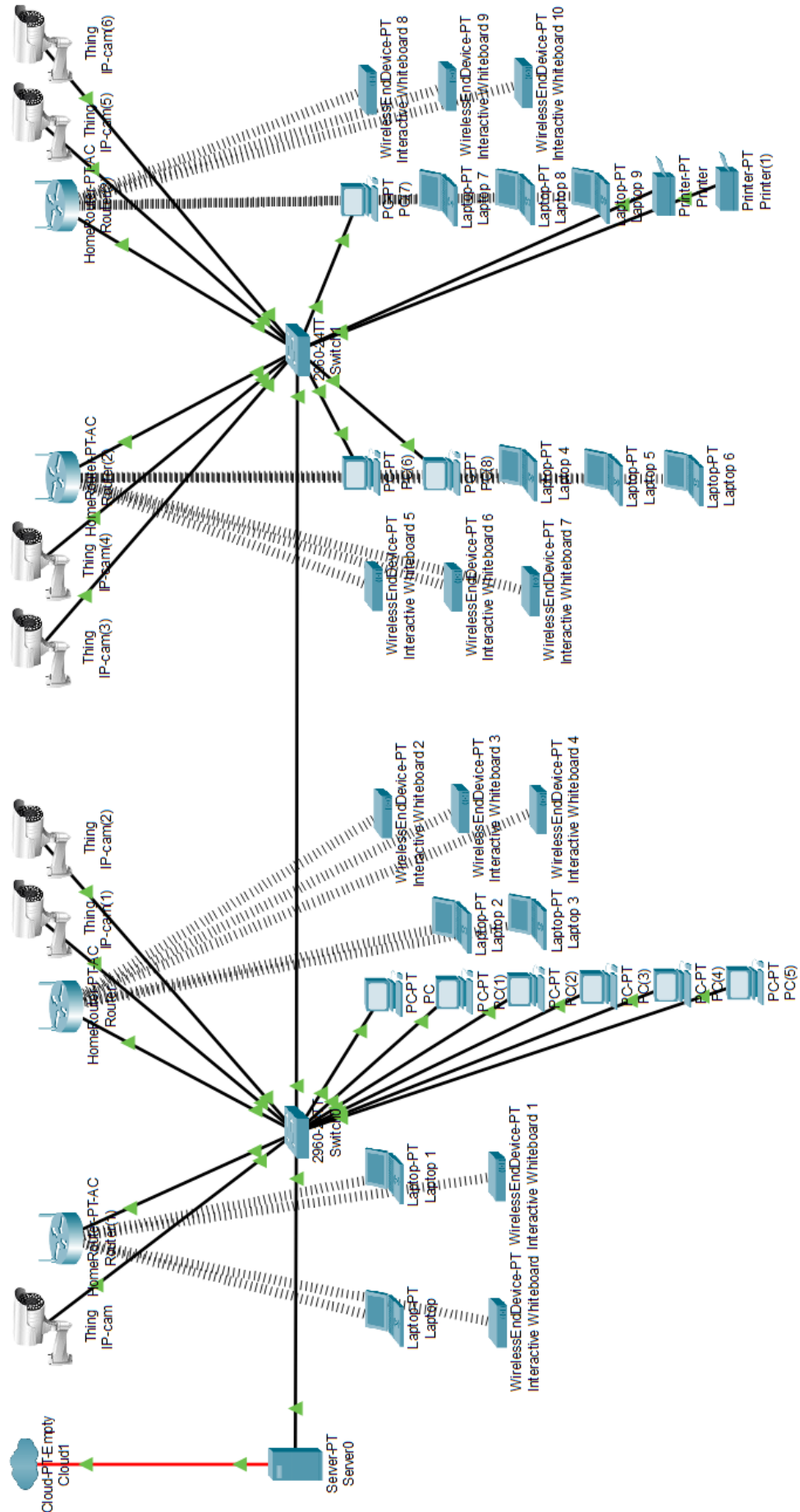


Рисунок 2.4 — Модель комп'ютерної мережі школи

Висновок: В процесі виконання розділу були сформовані задачі, які треба виконати та були визначені принципи та методики якими ці задачі будуть виконуватися. Для реалізації поставленого завдання було обрано технологію 10-Gigabit Ethernet, оскільки вона в повній мірі задовольняє всі вимоги, а саме використовує середовище передачі даних типу кручена пара, і використовує стандарт 10GBase-T. Було спроектовано та побудовано загальну локальну комп'ютерну мережу школи, з розташування мережевого обладнання та його прив'язкою до поверху.

					КНУ.РМ.123.24.01.02.ПТМКМ	Арк.
	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3 ВИБІР МЕРЕЖЕВОГО ОБЛАДНАННЯ

Мережеве обладнання — це комплекс пристроїв, які забезпечують функціонування комп'ютерних мереж, дозволяючи об'єднувати пристрої, передавати, отримувати та обробляти інформацію. Воно є невід'ємною частиною будь-якої сучасної мережі, забезпечуючи надійний зв'язок між пристроями та підтримуючи ефективність і стабільність мережевої інфраструктури. Основна його роль полягає в управлінні потоками даних, оптимізації маршрутів їх передачі, а також у підтримці безперервного та безпечного функціонування мережі.

3.1 Вибір активного обладнання

Активне мережеве обладнання – це обладнання, що включає пристрої, які беруть участь у процесах обробки, контролю та управління передачею даних у мережі. Таке обладнання має власну електронну систему, що потребує електроживлення для виконання складних завдань, як-от маршрутизація трафіку, комутація даних, балансування навантаження між вузлами, шифрування та захист інформації. Воно виконує ключову роль у забезпеченні інтелектуальних функцій мережі. До прикладів активного обладнання належать сервери, що виступають центрами зберігання та обробки інформації, маршрутизатори, які визначають оптимальні шляхи для передачі даних, комутатори, що забезпечують зв'язок між пристроями у локальній мережі, а також точки доступу Wi-Fi, які забезпечують бездротовий зв'язок.

3.1.1 Вибір сервера

Сервер – це потужний комп'ютер, який надає різноманітні послуги або ресурси іншим комп'ютерам або пристроям в мережі. Сервери можуть виконувати різні функції, такі як зберігання файлів, надання доступу до баз даних, підтримка веб-сайтів, управління електронною поштою або забезпечення доступу до додатків. Вони часто працюють безперервно і мають високу продуктивність, надійність та масштабованість для обробки великої кількості запитів одночасно. Сервери можуть бути фізичними пристроями або віртуальними машинами, і зазвичай підключені до мережі через високошвидкісні з'єднання для забезпечення доступу до своїх ресурсів з інших комп'ютерів або мобільних пристроїв.

					КНУ.РМ.123.24.01.03.ВМО					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИБІР МЕРЕЖЕВОГО ОБЛАДНАННЯ					
Розробив	Шабадаш							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Музика									
Н.контроль	Кузнецов							ЗКІ-23м		
Затвердив	Купін									

При виборі сервера основними ключовими факторами, які впливають на вибір, є наступні:

- Потужність процесора;
- Кількість ОЗП;
- Загальний обсяг носія і швидкість доступу до даних;
- Кількість і швидкість мережевих інтерфейсів;
- Споживання електроенергії та ефективність охолодження.

Таблиця 3.1 — Порівняння серверів

Марка/ Модель	ARTLINE Business T25(T25v39)	ARTLINE Business T28V02	ARTLINE Business T37(T37v41)
Процесор	Intel Xeon E-2436	AMD Ryzen 7 PRO 4750G	Intel Xeon E-2488
Частота процесора	2,9 – 5,0 GHz	3,6 – 4,4 GHz	3,2 – 5,6 GHz
ОЗП	32 ГБ DDR5-4800 ECC	16 ГБ DDR4-3200 Gaming	128 ГБ DDR5-4800 ECC
Сховище	2×500 ГБ SSD + 2×2000 ГБ HDD	2×500 ГБ SSD	2×500 ГБ SSD + 2×1000 ГБ SSD + 2×4000 ГБ HDD
Мережеві адаптери	2×1 Gbps	2×1 Gbps	2×1 Gbps + 1×10 Gbps
Слоти розширення	1 x PCI-E x16 (Gen5 x16 Link) 1 x PCI-E x8 (Gen4 x4 Link)	1 x PCI-E x16 (Gen5 x16 Link) 1 x PCI-E x8 (Gen4 x4 Link)	1 x PCIe 4.0 x16 (x16 mode) 2x PCIe 3.0 x1
Охолодження	3 x 120mm fans	3 x 120mm fans	2 x 120mm fans
Блок живлення	650 Вт 80+ Gold	400 Вт 80+ Bronze	650 Вт 80+ Gold
Особливості	Баланс продуктивності та ємності для відео, підходить для зберігання даних	Економічний вибір для базових серверних завдань і роботи мережевих служб	Висока продуктивність і великий обсяг для зберігання великих архівів
Гарантія	38 міс.	38 міс.	38 міс.
Ціна	58,929 грн	50,848 грн	124,086 грн

Проаналізувавши технічні характеристики, функціональні можливості та співвідношення ціни до якості серед запропонованих моделей, було прийнято рішення обрати модель ARTLINE Business T37(T37v41), яка найбільше відповідає встановленим вимогам і завданням[6].



Рисунок 3.1 — Обраний сервер ARTLINE Business T37(T37v41)

Враховуючи, що планується використовувати сервер для зберігання відеозаписів з IP-камер, освітніх матеріалів та документів, необхідно забезпечити високий рівень надійності та продуктивності зберігання даних. Для цього потрібен RAID-контролер, який дозволить організувати масив дисків у такій конфігурації, що забезпечить резервування даних, швидкий доступ та захист від втрати інформації в разі відмови одного з дисків. Однак у обраній моделі сервера RAID-контролер відсутній, тому виникає потреба в його додатковому встановленні для забезпечення цих вимог.

3.1.2 Вибір RAID-контролера

RAID-контролер — це апаратний або програмний пристрій, який керує масивами жорстких дисків (RAID). Його основна функція — об'єднання кількох фізичних дисків у єдиний логічний пристрій, забезпечуючи підвищення продуктивності, надійності та захисту даних. RAID-контролери часто використовуються в серверах і системах зберігання даних для забезпечення безперебійної роботи і відновлення інформації у випадку збоїв.

Апаратні RAID-контролери встановлюються в сервери або робочі станції й забезпечують оптимальну продуктивність завдяки вбудованій кеш-пам'яті та спеціалізованим процесорам.

Програмні RAID реалізуються на рівні операційної системи, але вимагають ресурсів основного процесора, що може впливати на продуктивність.

Задля забезпечення високої продуктивності і стабільності функціонування RAID-масивів, було прийнято рішення використовувати апаратний RAID-контролер.

					КНУ.РМ. 123.24.01.03.ВМО	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

При виборі RAID-контролера варто орієнтувати на параметри:

- Тип і рівні RAID;
- Сумісність;
- Пропускна здатність;
- Кількість підтримуваних пристроїв;
- Кеш-пам'ять;
- Підтримка сучасних технологій.

Таблиця 3.2 — Порівняння RAID-контролерів

Марка/ Модель	LSI Mega RAID SAS 9271-8i	Broadcom Mega RAID 9460-16i	LSI Mega RAID SAS 9361-8i
Інтерфейс	PCIe 3.0 x8	PCIe 3.0 x8	PCIe 3.0 x8
Тип підтримуваних дисків	SATA/SAS	SATA/SAS/NVMe	SATA/SAS
Кількість портів	8	16	8
Швидкість передачі	6 Гбіт/с	12 Гбіт/с	12 Гбіт/с
Підтримувані рівні RAID	0, 1, 5, 6, 10, 50, 60	0, 1, 5, 6, 10, 50, 60	0, 1, 5, 6, 10, 50, 60
Кеш-пам'ять	1 ГБ DDR3	2 ГБ DDR4	1 ГБ DDR3
Ціна	34,440 грн	55,860 грн	30,232 грн

Серед представлених контролерів LSI MegaRAID SAS 9361-8i відповідає потребам обраного сервера, оскільки дозволяє створити надійну та масштабовану систему зберігання даних із високою продуктивністю, та має хороше співвідношення ціни до функціоналу. Цей вибір забезпечить баланс між безпекою даних, ефективністю роботи та сумісністю з обраним обладнанням[7,8,9].



Рисунок 3.2 — Обраний RAID-контролер LSI Mega RAID SAS 9361-8i

3.1.3 Вибір комутатора

Комутатор — це мережевий пристрій, який забезпечує взаємодію між різними пристроями у комп'ютерній мережі, дозволяючи їм обмінюватися даними. Основна його функція полягає у прийомі, обробці та перенаправленні мережевих пакетів на основі MAC-адрес пристроїв, підключених до його портів. Це сприяє ефективному управлінню трафіком, мінімізує колізії та підвищує продуктивність мережі. Комутатор функціонує на канальному рівні (2 рівень моделі OSI) і забезпечує швидке та точне передавання даних.

Комутатор може одночасно обробляти кілька з'єднань, що робить його важливим для підвищення ефективності мереж, особливо у складних корпоративних середовищах. Додаткові функції, такі як підтримка VLAN, контроль доступу та моніторинг трафіку, дозволяють створювати масштабовані й безпечні мережі.

Комутатори поділяються на керовані та некеровані:

- Керовані комутатори здатні працювати як на канальному, так і на мережевому рівнях OSI. Вони мають систему управління через Web-інтерфейс, SNMP та інші протоколи, що надає можливість налаштування додаткових функцій.

- Некеровані комутатори не потребують налаштування і виконують базові функції маршрутизації пакетів.

Пристрої, підключені до комутатора, можуть працювати в режимі повного дуплексу (одночасний прийом і передавання даних), що подвоює швидкість передачі між комутатором і пристроєм, або в напівдуплексному режимі. Крім того, порти комутатора можуть підтримувати різні швидкості з'єднання, наприклад, 100 Мбіт/с або 1 Гбіт/с.

Для нашої системи було прийнято рішення використовувати керовані комутатори, які дозволять контролювати та пріоритезувати трафік і забезпечити оптимальну взаємодію між підключеними пристроями.

При виборі комутатора ключовими факторами є:

- Кількість портів;
- Підтримка VLAN;
- Пропускна здатність і швидкість комутації;
- Живлення через Ethernet (PoE)
- Хороший рівень безпеки

Таблиця 3.3 — Порівняння комутаторів

Марка/ Модель	TP-Link JetStream TL-SG3428[10]	TP-Link TL-SG3424P[11]	Cisco CBS 220-24T- 4G[12]
Кількість портів	24×Gigabit Ethernet	24×Gigabit Ethernet	24×Gigabit Ethernet
Додаткові порти	4 SFP порти для оптичних модулів	4 SFP порти для оптичних модулів	4 SFP порти для оптичних модулів
Пропускна здатність	56 Гбіт/с	52 Гбіт/с	41 Гбіт/с
Швидкість переадресації	56 Гбіт/с	48 Гбіт/с	56 Гбіт/с
Підтримка PoE	Ні	Так, до 320 Вт	Ні
Безпека	802.1X Authentication, ACL, захист від DoS, Storm Control, Static Routing	802.1X Authentication, ACL, захист від DoS, Storm Control, Static Routing	802.1X Authentication, ACL, захист від DoS, Storm Control
Ціна	8,899 грн	10,372 грн	9,553 грн

Проаналізувавши представлені моделі вибір був зроблений на користь комутатора TP-Link TL-SG3424P. Причиною є підтримка технології PoE, налаштування VLAN для безпеки та просте управління через веб-інтерфейс і SNMP[10,11,12].



Рисунок 3.3 — Обраний комутатор TP-Link TL-SG3424P

3.1.4 Вибір безперебійної станції живлення

Безперебійна станція живлення (UPS) — це пристрій, що забезпечує постійне електроживлення для комп'ютерної або мережевої апаратури в разі перебоїв з електрикою. UPS працює, зберігаючи енергію в акумуляторах, що дозволяє підключеним пристроям працювати навіть під час короткочасних

відключень електроенергії або перепадів напруги. Вони можуть бути використані для комп'ютерних систем, серверів, мережевих пристроїв та іншого обладнання, що потребує стабільного джерела живлення для запобігання втратам даних або пошкодженню техніки. Крім того, UPS часто має вбудовані функції фільтрації напруги та захисту від перенапруг, що допомагає захистити обладнання від потенційних пошкоджень через коливання електричної мережі.

Обираючи безперебійну станцію живлення треба взяти до уваги такі важливі параметри, як:

- Потужність
- Тип батарей
- Час автономної роботи
- Рівень захисту
- Кількість виходів

Таблиця 3.4 — Порівняння безперебійних станції живлення

Марка/ Модель	Must PV18- 3224VPM	Logic Power LPY- C-PSW-5000VA	Logic Power LPM- PSW-1500VA
Потужність	3200 Вт	3500 Вт	1050 Вт
Акумулятори	Працює з 24V (2x12V)	Працює з 48V (4x12V)	Працює з 12V (1x12V)
Захист	Захист від перенапруги, короткого замикання, перевантаження	Захист від перевантаження, стабілізація напруги, перевантаження	Захист від перенапруги, короткого замикання
Форма вихідної напруги	Правильна синусоїда	Правильна синусоїда	Правильна синусоїда
Час роботи (залежить від АКБ)	До 8 годин	До 10 годин	До 4 годин
Кількість виходів	0	2	2
Ціна	13,999 грн	38,623 грн	7,656 грн

Спираючись на перелік важливих параметрів, та взявши до уваги параметри першазначених станцій безперебійного живлення, було обрано станцію Logic Power LPY-C-PSW-5000VA. Причиною є висока потужність, хороша ступінь захисту, а також високий час роботи[13,14,15].



Рисунок 3.4 — Обрана безперебійна станція живлення
Logic Power LPY-C-PSW-5000VA

3.1.5 Вибір IP-камери

IP-камера — це пристрій для відеоспостереження, який використовує Інтернет-протокол (IP) для передачі відео та аудіо сигналів через мережу. Від традиційних аналогових камер IP-камери відрізняються тим, що можуть підключатися до будь-якої мережі (локальної або Інтернету) без необхідності використання спеціалізованих відеокабелів. Вони можуть мати різні функції, такі як нічне бачення, детекція руху, двосторонній звук і високоякісна відеозйомка в реальному часі. IP-камери використовуються в системах відеоспостереження для забезпечення безпеки, моніторингу та зберігання відео архівів. Оскільки вони підключаються до мережі, їх можна віддалено контролювати та переглядати через Інтернет або спеціалізоване програмне забезпечення.

Обираючи IP-камеру потрібно орієнтуватися на такі критерії як:

- Якість зображення та роздільна здатність
- Нічне бачення
- Підтримка PoE
- Кут огляду
- Сховище даних
- Додаткові функції

Таблиця 3.5 — Порівняння IP-камер

Марка/ Модель	Hikvision DS-2CD2043G2-I	Dahua IPC-HFW1431S	TP-Link Tapo C320WS
Роздільна здатність	4 Мп (2688×1520)	4 Мп (2560×1440)	4 Мп (2560×1440)
Нічне бачення	До 30 м	До 50 м	До 30 м (кольорове)
Кут огляду	103°	104°	113°
Тип підключення	PoE (Ethernet)	PoE (Ethernet)	Wi-Fi/ Ethernet
Особливості	AI-функції, захист IP67, стиснення H.265 для економії місця.	Антивандальний корпус, потужне нічне бачення, стиснення H.265	Кольорове нічне бачення, локальне або хмарне зберігання, підтримка microSD, стиснення H.265
Ціна	5,733 грн	4,042 грн	2,499 грн

Серед представлених моделей під поставлені критерії найкраще всього підходить Dahua IPC-HFW1431S. Дана модель виділяється високим ступенем захисту IP67, підтримкою технології PoE та H.265 що забезпечить довгий час роботи і збереження місця на носії[16,17,18].



Рисунок 3.5 — Обрана IP-камера Dahua IPC-HFW1431S

3.1.6 Вибір роутера

Роутер(маршрутизатор) — це мережевий пристрій, який направляє пакети даних між різними мережами, забезпечуючи з'єднання між локальними мережами (LAN) і зовнішніми мережами, такими як Інтернет. Роутери працюють на 3 рівні моделі OSI (мережевий рівень) і використовують IP-адреси для прийняття рішень щодо маршрутизації даних. Вони аналізують інформацію про мережу, визначають найкращий шлях для передачі пакетів і передають їх від однієї мережі до іншої. Маршрутизатори можуть мати додаткові функції, такі як фільтрація трафіку, NAT (перетворення адрес), забезпечення безпеки через брандмауери, а також підтримка VPN-з'єднань. Вони є невід'ємною частиною інфраструктури, яка забезпечує доступ до Інтернету та з'єднання між різними сегментами мереж.

При виборі роутера важливими факторами є:

- Продуктивність і пропускна здатність;
- Радіус дії сигналу;
- Кількість одночасних підключень;
- Безпека мережі;
- Простота налаштування та управління.

Таблиця 3.6 — Порівняння роутерів

Марка/ Модель	TP-Link Archer AX55	MikroTik hAP ac ²	ASUS RT-AX58U
Стандарт Wi-Fi	Wi-Fi 6 (802.11ax)	Wi-Fi 5 (802.11ac)	Wi-Fi 6 (802.11ax)
LAN порти	4	5	4
Пропускна здатність	До 3 Гбіт/с (Wi-Fi)	До 1 Гбіт/с (Wi-Fi)	До 3 Гбіт/с (Wi-Fi)
Швидкість Wi-Fi	1501 Мбіт/сек	3000 Мбіт/сек	1167 Мбіт/с
Радіус дії	До 60 м	До 50 м	До 65 м
Особливості	Висока швидкість Wi-Fi, MU-MIMO, Home Shield, OFDMA для ефективною роботи з багатьма клієнтами	Два діапазони Wi-Fi (2.4 ГГц і 5 ГГц), RouterOS з великою кількістю функцій	Потужний процесор для високої пропускної здатності, підтримка AiMesh для розширення мережі
Ціна	3,333 грн	3,089 грн	5,299 грн

Розглядаючи характеристики представлених моделей вибір був зроблений на користь TP-Link Archer AX55[19]. Він повністю відповідає поставленим вимогам, маючи найновіший стандарт Wi-Fi, а також високу

пропускну здатність і продуктивність за рахунок технологій MU-MIMO та OFDMA.



Рисунок 3.6 — Обраний роутер TP-Link Archer AX55

3.1.7 Вибір інтерактивної панелі

Інтерактивна панель — це великий сенсорний екран, який використовується для інтерактивного навчання, презентацій або візуалізації даних. Вона поєднує в собі можливості традиційної дошки та мультимедійних технологій, дозволяючи користувачам писати, малювати, а також управляти програмами та контентом на екрані за допомогою спеціального пера або дотику пальцем. Інтерактивні панелі часто використовуються в освітніх установах, корпоративних офісах та інших місцях, де потрібна інтерактивність та спільна робота над матеріалом. Вони можуть бути підключені до комп'ютера або мережі, що дозволяє демонструвати різноманітні медіа-матеріали, включаючи відео, графіки та презентації.

При виборі інтерактивної панелі ключовими факторами є:

- Роздільна здатність
- Технологія сенсора
- Підключення та сумісність
- Можливості інтеграції з програмним забезпеченням

Таблиця 3.7 — Порівняння інтерактивних панелей

Марка/ Модель	Promethean Activ Panel 9 Premium 65	B-Pro 65"	Newline TT-6521Q Lyra
Розмір екрану	65"	65"	65"
Роздільна здатність	4K UHD (3840x2160)	4K UHD (3840x2160)	4K UHD (3840x2160)
Яскравість	350 кд/м ²	450 кд/м ²	450 кд/м ²
Покриття екрану	Антиблікове скло	Антиблікове скло	Антимікробне
Технології вводу	20 точок дотику, Vellum Touch	40 точок дотику	20 точок дотику

Продовження таблиці 3.7

Марка/ Модель	Promethean Activ Panel 9 Premium 65	B-Pro 65"	Newline TT-6521Q Lyra
Операційна система	Android 9	Android 14	Android 11
Особливості	Забезпечує інтеграцію пристроїв та швидкий обмін даними. Оптимізована для освітніх цілей, інтегрується з іншими рішеннями для класів	Вбудований спікерфон з 8 мікрофонів і технологією шумопридушення, сучасний інтерфейс, оптимізовано для освітніх потреб	Вбудоване антимікробне покриття, підтримує Wi-Fi 6, сумісність із багатьма ОС
Ціна	129,000 грн	97,900 грн	112,800 грн

Дослідивши всі переваги та недоліки представлених панелей вибір було зроблено на користь панелі Promethean Activ Panel 9 Premium 65. Фактор високої ціни нівелюється широким функціоналом, якістю та комфортом використання продукту від відчизняного виробника[20,21,22].



Рисунок 3.7 — Обрана інтерактивна панель
Promethean Activ Panel 9 Premium 65

3.1.8 Вибір багатофункціонального пристрою

Багатофункціональний пристрій (БФП) — це офісне обладнання, яке об'єднує в одному пристрої функції принтера, сканера, копіювального апарата та іноді факсу. БФП дозволяє друкувати документи, створювати цифрові копії за допомогою сканування, розмножувати паперові матеріали через копіювання та надсилати інформацію через факсимільний зв'язок. Завдяки своїй універсальності та компактності багатофункціональні пристрої широко використовуються в офісах, освітніх закладах і домашніх умовах для виконання різних завдань, пов'язаних із документами. Сучасні БФП часто мають підтримку мережевого підключення через Wi-Fi або Ethernet, що дозволяє керувати ними з декількох пристроїв, а також інтеграцію з хмарними сервісами для збереження чи друку файлів безпосередньо з онлайн-сховищ.

При виборі інтерактивної панелі важливими параметрами є:

- Функціональність (копіювання, сканування, друк);
- Продуктивність (швидкість роботи, обсяг пам'яті);
- Зручність використання (інтерфейс, підключення, ергономічність);
- Додаткові функції (двосторонній друк, автоподатчик).

Таблиця 3.8 — Порівняння багатофункціональних пристроїв

Марка/ Модель	Brother MFC- L8900CDW	HP Color LaserJet Pro	Epson EcoTank Pro ET-5850
Тип друку	Лазерний кольоровий	Лазерний кольоровий	Струменевий
Роздільна здатність	До 2400 x 600 dpi	До 600 x 600 dpi	До 4800 x 2400 dpi
Швидкість друку	33 стор./хв	28 стор./хв	25 стор./хв
Мережеві можливості	Ethernet, Wi-Fi, NFC	Ethernet, Wi-Fi, AirPrint	Ethernet, Wi-Fi, хмарні сервіси
Ємність лотка	300 аркушів	300 аркушів	500 аркушів
Особливості	Дуплекс, сканування до хмари	Автодуплекс, сенсорний екран	Економне заправлення, низька вартість друку
Ціна	35,800 грн	28,429 грн	35,336 грн

Оглянувши представлені моделі вибір був зроблений на користь багатофункціонального пристрою HP ColorLaserJet Pro, завдяки своїй надійності, ергономічності та відмінному співвідношенню ціни до функціоналу[23,24,25].



Рисунок 3.8 — Обраний багатофункціональний пристрій
HP Color LaserJet Pro

3.1.9 Пропонування збірки ПК

Вибір персонального комп'ютера для шкільного використання є відповідальним завданням, оскільки від цього залежить ефективність навчального процесу. Комп'ютер повинен забезпечувати швидку роботу програмного забезпечення, надійність та довговічність в умовах інтенсивного використання.

При виборі персональних комп'ютерів для комп'ютерного класу школи важливо врахувати такі ключові фактори:

- Продуктивність (процесор, оперативна пам'ять, накопичувач);
- Графіка;
- Енергоспоживання;
- Міцність і надійність корпусу;
- Ціна та сервісне обслуговування.

Таблиця 3.9 — Порівняння персональних комп'ютерів

Марка/ Модель	ARTLINE Home H55v07	ARTLINE Home H54v08	ARTLINE Home H54v03
Процесор	Intel Core i3- 12100F	Intel Core i3- 12100F	Intel Core i3- 12100F
Частота процесора	3.3 – 4.3 GHz	3.3 – 4.3 GHz	3.3 – 4.3 GHz
Оперативна пам'ять	16 ГБ DDR4-3200	16 ГБ DDR4-3200	16 ГБ DDR4-3200
Відеокарта	NVIDIA GeForce GTX 1650 4 ГБ	AMD Radeon RX 6500 XT 4 ГБ	AMD Radeon RX 6500 XT 4 ГБ
SSD	480 ГБ M.2 NVMe	480 ГБ SSD	480 ГБ SSD
HDD	1 ТБ	1 ТБ	1 ТБ
Материнська плата	Intel H610 PRIME H610M-K D4	Intel H610 PRIME H610M-K D4	Intel H610 PRIME H610M-K D4

Продовження таблиці 3.9

Корпус	QUBE BOREY	QUBE FLASH	QUBE FLASH
Охолодження	4 x 120mm fans	1 x 120mm fans 1 x 80mm fans	1 x 120mm fans
Операційна система	Без ОС	Без ОС	Без ОС
Гарантія	38 місяців	38 місяців	38 місяців
Ціна	26,103 грн	27,516 грн	27,516 грн

Оглянувши характеристики представлених моделей вибір був зроблений на користь моделі ARTLINE Home H55v07. Дана модель вирізняється хорошим охолодженням, потужним блоком живлення та приємною ціною[26].



Рисунок 3.9 — Обраний комп'ютер ARTLINE Home H55v07

3.1.10 Пропонування збірки ноутбуків

Вибір ноутбука для викладачів освітніх установ є важливим процесом, який впливає на якість навчального процесу та ефективність виконання професійних обов'язків. Сучасні технології дедалі більше інтегруються у сферу освіти, що зумовлює необхідність врахування специфічних вимог до технічного забезпечення. У цьому контексті ноутбук викладача має відповідати ряду ключових критеріїв.

При виборі ноутбука для вчителів варто звернути увагу на такі параметри, як:

- Продуктивність (процесор, оперативна пам'ять, накопичувач)
- Якість та чіткість дисплею
- Кількість функціональних портів
- Операційна система
- Ергономічність
- Автономність

– Співвідношення ціна/якість
Таблиця 3.10 — Порівняння ноутбуків

Марка/ Модель	2E Imaginary 15 Black (NL50MU-15UA21)	Lenovo IdeaPad 3 15ITL6 (82H801F3RM)	Acer Aspire 5 A515-45-R97Q (NX.A83EX.00L)
Дисплей	15.6" (1920x1080) IPS, 60 Гц	15.6" (1920x1080) IPS, 60 Гц	15.6" (1920x1080) IPS, 60 Гц
Процесор	Intel Core i3-1115G4	Intel Core i3-1115G4	AMD Ryzen 5 5500U
Частота процесора	1.7-4.1 GHz	3.0-4.1 GHz	2.1-4.0 GHz
Оперативна пам'ять	16 ГБ DDR4 3200 МГц	8 ГБ DDR4 3200 МГц	8 ГБ DDR4 3200 МГц
Накопичувач	512 ГБ SSD	512 ГБ SSD	512 ГБ SSD
Графіка	Intel UHD Graphics	Intel UHD Graphics	AMD Radeon Graphics
Wi-Fi стандарт	Wi-Fi 6 (802.11ax)	Wi-Fi 5 (802.11ac)	Wi-Fi 6 (802.11ax)
Порти	2 x USB 3.0, 1 x USB 2.0, HDMI	2 x USB 3.0, 1 x USB 2.0, HDMI	2 x USB 3.0, 1 x USB 2.0, HDMI
Батарея	38 Вт·год	38 Вт·год	48 Вт·год
ОС	DOS	DOS	Windows 11 Home
Ціна	19,999 грн	17,550 грн	20,358 грн

Спираючись на поставлені критерії та порівнявши параметри представлених моделей було вирішено, що найкращим варіантом для комфортної роботи вчителів буде модель Acer Aspire 5 A515-45-R97Q (NX.A83EX.00L). Серед конкурентів він відрізняється хорошою продуктивністю, ергономічністю, великим періодом автономності, а також відмінним співвідношенням ціна/якість[27].



Рисунок 3.10 — Обраний ноутбук Acer Aspire 5 A515-45-R97Q
(NX.A83EX.00L)

					КНУ.РМ. 123.24.01.03.ВМО	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

3.2 Вибір пасивного обладнання

Пасивне мережеве обладнання — це компоненти, які забезпечують фізичну інфраструктуру мережі, але не беруть участі в обробці чи керуванні даними. Таке обладнання не потребує електроживлення та виконує допоміжні функції, сприяючи з'єднанню активних пристроїв і підтримці фізичної цілісності мережі. Його роль полягає у створенні надійних фізичних шляхів для передачі сигналів. Серед найпоширеніших прикладів пасивного обладнання — мережеві кабелі, що передають дані між пристроями, мережеві розетки, що є точками підключення пристроїв, а також комутаційні шафи і стійки, які використовуються для організованого розміщення мережевого обладнання.

3.2.1 Вибір комутаційної шафи

Комутаційна шафа (або серверна шафа)— це спеціалізована конструкція, призначена для розміщення та організації мережевого обладнання, такого як комутатори, маршрутизатори, патч-панелі, джерела безперебійного живлення (UPS) та інші пристрої, які забезпечують функціонування комп'ютерних мереж. Шафи можуть бути настінними або підлоговими та виготовляються за стандартами, що дозволяють забезпечити сумісність із 19-дюймовим мережевим обладнанням.

Роль комутаційної шафи в комп'ютерній мережі визначається такими факторами:

- Організація мережі: дозволяє компактно й упорядковано розмістити обладнання, забезпечуючи легкий доступ для обслуговування.
- Захист обладнання: забезпечує фізичний захист від механічних пошкоджень, пилу, вологи та несанкціонованого доступу.
- Ефективне охолодження: конструкція шафи передбачає вентиляційні отвори або можливість встановлення вентиляторів, що знижує ризик перегріву обладнання.
- Безпека даних: використання замків та систем доступу до шафи підвищує рівень захищеності мережевої інфраструктури.
- Масштабованість: забезпечує резерв місця для майбутнього розширення мережі.

При виборі комутаційної шафи для мережевого обладнання важливо враховувати такі параметри:

- Габарити (Висота, Ширина, Глибина)
- Матеріал
- Навантаження
- Система охолодження
- Монтаж

Таблиця 3.11 — Порівняння комутаційних шаф

Марка/ Модель	Hypernet WMNC-40-12U- SOHO-FLAT	Tripp Lite SRW6U	Hypernet WMNC66-6U- FLAT-BLACK
Тип	Настінний	Настінний	Настінний
Висота	12U	6U	6U
Ширина	540 мм	600 мм	600 мм
Глибина	400 мм	445 мм	600 мм
Навантаження	60 кг	91 кг	60 кг
Матеріал дверей	Загартоване скло	Загартоване скло	Загартоване скло
Система охолодження	Пасивне, є місця для встановлення вентиляторів	Пасивне, є місця для встановлення вентиляторів	Пасивне, є місця для встановлення вентиляторів
Кабельний доступ	Верхній та нижній вводи	Верхній та нижній вводи	Верхній та нижній вводи
Сумісність	19"	19"	19"
Особливості	Розбірна конструкція, можливість реверсу дверей	Знімні бокові панелі, можливість реверсу дверей	Розбірна конструкція, можливість реверсу дверей
Ціна (грн)	5,535 грн	17,062 грн	5,250 грн

Серед представлених моделей комутаційних шаф вибір був зроблений на користь Hypernet WMNC66-6U-FLAT-BLACK[28,29,30].



Рисунок 3.11 — Обрана комутаційна шафа Hypernet WMNC66-6U-FLAT-BLACK

3.2.2 Вибір патч-панелі

Патч-панель (англ. patch panel) — це пасивний мережевий пристрій, що слугує точкою підключення кабелів у телекомунікаційних і комп'ютерних мережах. Вона представляє собою панель з роз'ємами (портами), які дозволяють організувати та впорядкувати підключення між кабелями передачі даних і активним мережевим обладнанням, таким як комутатори чи маршрутизатори.

Патч-панель відіграє важливу роль у сучасних комп'ютерних мережах з наступних причин:

- Зручність обслуговування: Завдяки патч-панелі можна легко додавати, видаляти або переміщувати мережеві пристрої без необхідності переробляти всю кабельну систему.
- Надійність: Патч-панелі виготовляються з високоякісних матеріалів і мають довгий термін служби.
- Гнучкість: Дозволяють легко адаптувати мережу до змінних потреб.
- Масштабованість: Можна легко розширювати мережу шляхом додавання нових патч-панелей.

При виборі патч-панелі необхідно враховувати такі параметри, як:

- Категорія: Вибирайте патч-панель відповідної категорії (Cat.5e, Cat.6, Cat.6a тощо), яка відповідає швидкості передачі даних, необхідній для вашої мережі.
- Кількість портів: Розрахуйте необхідну кількість портів з урахуванням кількості робочих місць, серверів та іншого мережевого обладнання. Залиште певний резерв для майбутнього розширення.
- Тип: Вибирайте між модульними та укомплектованими патч-панелями. Модульні панелі дозволяють замінювати окремі порти, що може бути корисним при модернізації мережі.
- Екранування: В залежності від рівня електромагнітних перешкод в приміщенні, розгляньте варіанти з екранованими (FTP) або неекранованими (UTP) патч-панелями.
- Виробник: Віддавайте перевагу продукції відомих виробників, які гарантують високу якість та надійність своїх виробів.
- Сумісність: Переконайтесь, що обрана патч-панель сумісна з іншим мережевим обладнанням, яке використовується в школі.

Таблиця 3.12 — Порівняння патч-панелей

Марка/ Модель	Electronical NPP-C624-002	Electronical NPP- C624CM-001	Alantec Black 5901738558366
Кількість портів	24	24	24
Категорія	Cat 6	Cat 6	Cat 6a
Екранування	FTP	UTP	UTP

Продовження таблиці 3.12

Марка/ Модель	Electronical NPP-C624-002	Electronical NPP- C624CM-001	Alantec Black 5901738558366
Висота	1U	1U	1U
Організатор кабелю	Так	Так	Так
Гарантія	12 місяців	12 місяців	12 місяців
Ціна	1,653 грн	1,239 грн	1,893 грн

Серед представлених моделей патч-панелей вибір був зроблений на користь Electronical NPP-C624-002[31].



Рисунок 3.12 — Обрана патч-панель Electronical NPP-C624-002

3.2.3 Вибір кабелю

Якість та надійність комп'ютерної мережі в навчальному закладі, зокрема в школі, є критичним фактором для ефективного навчального процесу. Одним з ключових елементів такої мережі є кабель, який забезпечує фізичне з'єднання між різними пристроями. Неправильний вибір кабелю може призвести до зниження швидкості передачі даних, підвищення рівня шумів, а в деяких випадках — навіть до повного збою мережі. Тому вибір кабелю є завданням, яке вимагає розуміння його характеристик та впливу на загальну продуктивність мережі.

При виборі кабелю для шкільної мережі необхідно враховувати такі параметри, як:

- Тип кабелю: Найпоширенішими типами кабелів для локальних мереж є виті парна (UTP) і оптичний кабель. Кожен тип має свої переваги і недоліки, які слід враховувати при виборі.
- Категорія кабелю: Для мереж зі швидкістю 1 Гбіт/с і вище рекомендується використовувати кабель категорії 5e або 6. Кабель категорії 6a підтримує швидкості до 10 Гбіт/с.
- Довжина кабелю: Довжина кабелю визначається топологією мережі та відстанню між пристроями.
- Екранування: Екранування кабелю захищає від зовнішніх перешкод і знижує рівень шумів.

Розглянемо найпоширеніші типи кабелів, їхні характеристики та застосування в освітніх закладах:

Вита пара (Unshielded Twisted Pair, UTP):

- Найпоширеніший тип кабелю завдяки своїй доступності та простоті монтажу.
- Складається з декількох пар витих мідних жил, що знижує перешкоди.
- Категорії UTP: 5e, 6, 6a визначають пропускну здатність та відстань передачі даних.
- Переваги: низька вартість, легкий монтаж, широкий вибір категорій.
- Недоліки: чутливість до електромагнітних перешкод, обмежена довжина.

Захищена вита пара (Shielded Twisted Pair, STP):

- Аналогічна UTP, але кожна пара жил додатково екранована фольгою або опліткою.
- Забезпечує кращий захист від перешкод, що особливо важливо в середовищі з високим рівнем електромагнітних шумів.
- Переваги: висока стійкість до перешкод, підходить для складних електромагнітних умов.
- Недоліки: вища вартість, складніший монтаж.

Оптичний кабель:

- Передає дані за допомогою світлових імпульсів по скляному або пластиковому волокну.
- Забезпечує високу пропускну здатність, стійкий до електромагнітних перешкод.
- Використовується для створення гігабітних і багатогігабітних мереж, а також для передачі даних на великі відстані.
- Переваги: висока швидкість передачі, імунітет до електромагнітних перешкод, велика довжина передачі.
- Недоліки: висока вартість, складний монтаж, вимагає спеціального обладнання.

Таблиця 3.14 — Таблиця порівняння типів кабелів

Характеристика	UTP	STP	Оптичний кабель
Вартість	Низька	Середня	Висока
Пропускна здатність	Середня	Висока	Дуже висока
Стійкість до перешкод	Середня	Висока	Дуже висока

Продовження таблиці 3.14

Довжина сегмента	Обмежена	Більша, ніж UTP	Дуже велика
Складність монтажу	Низька	Середня	Висока
Застосування	Більшість локальних мереж	Місця з високим рівнем шумів, серверні кімнати	Гігабітні мережі, передача даних на великі відстані

Зважаючи на невеликий розмір зпроектованої мережі, було вирішено використовувати неекрановану виту пару Cat6, вона забезпечує покращену передачу сигналу в широкій смузі та підвищує швидкість передачі даних у локальних мережах. Однією з ключових характеристик Cat6 є здатність підтримувати передачу даних на швидкості до 10 Гбіт/сек.

Таблиця 3.15 — Порівняння кабелів

Параметр	Cat 6 U/UTP 4x2x23 AWG Data33KM	UTP 6Cat. 4x2x0.51 LSZH Legrand 32754	КПВ-ВП (250) 4x2x0,57 (U/UTP-cat.6) Одескабель
Екранування	U/UTP	U/UTP	U/UTP
Матеріал провідників	Мідь	Мідь	Мідь
Перетин жил	0,57 мм	0,51 мм	0,57 мм
Ізоляція оболонки	ПВХ	LSZH	ПВХ
Ціна	22,60 грн/м	55,30 грн/м	23,90 грн/м

Після аналізу кількох виробників кабелю, було прийнято рішення на користь продукції компанії «Одескабель». Їхній кабель повністю задовольняє всі технічні та експлуатаційні вимоги, які ми висували[32].



Рисунок 3.13 — Обраний кабель КПВ-ВП (250) 4x2x0,57 (U/UTP-cat.6) Одескабель

Розрахунок довжини кабелю

Таблиця 3.16 — Розрахунок необхідної кількості мережевого кабелю

Поверх	Довжина кабелю
1	$(28 + 27,7 + 24 + 22,7 + 22,8 + 21 + 16,2 + 7,7 + 6 + 5,2 + 4) \times 1,1 = 209,33 \text{ м}$
2	$(36,8 + 31,9 + 21 + 19,6 + 16 + 8,9 + 8,5 + 8 + 7,5 + 6,1 + 5,4 + 3,8 + 3,7) \times 1,1 = 194,92 \text{ м}$
=	404,25 м

3.2.4 Вибір короба

Короб — це спеціальний пристрій, призначений для з'єднання та захисту кінців мережевих кабелів. Вона дозволяє організувати акуратну прокладку кабелів, запобігти їх пошкодженню та забезпечити надійне підключення до мережевого обладнання.

Обраний нами кабель Cat.6 має діаметр 6 мм, максимальна кількість кабелів, яка буде прокладатися в одному напрямку дорівнює 7. Також для зручності монтажу та обслуговування планується, що короб буде заповнено на 40%. Отже ось які дані ми маємо:

Діаметр кабелю (d) = 6 мм

Кількість кабелів (N) = 7 шт

Коефіцієнт заповнення = 40% або 0.4

Для початку обчислимо площу перерізу одного кабелю за формулою:

$$S_{\text{кабелю}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

Підставимо значення $d=6\text{мм}$:

$$S_{\text{кабелю}} = 3.14 \cdot \left(\frac{6}{2}\right)^2 = 3.14 \cdot 3^2 = 3.14 \cdot 9 \approx 28.26\text{мм}^2$$

Далі обчислимо сумарну площу для 7 кабелів

$$S_{\text{загальне}} = S_{\text{кабелю}} \cdot N$$

Підставимо значення:

$$S_{\text{загальне}} = 28.26 \cdot 7 \approx 197.82\text{мм}^2$$

Наступним кроком обчислимо площу коробу з урахуванням коефіцієнта заповнення

$$S_{\text{короба}} = \frac{S_{\text{загальне}}}{\text{Коефіцієнт заповнення}}$$

Підставимо значення:

$$S_{\text{короба}} = \frac{197.82}{0.4} \approx 494.55 \text{ мм}^2$$

Після проведених підрахунків отримуємо що необхідна площа коробу становить 495 мм². Тобто для нашої мережі підійде кабельний короб 25×20 мм або більше[33].

Отже, для прокладки кабелю у коробі по всій будівлі необхідно:

1 поверх – 52 м;

2 поверх – 64 м;

На вертикальну проводку — 7 м.

Загалом, на 2 поверхи будівлі потрібно 123 м + 10% запасу, що дорівнює 136 метри коробу.



Рисунок 3.14 — Обраний короб

3.2.5 Вибір розеток

Мережева розетка — це кінцевий пристрій у структурованій кабельній системі, який забезпечує підключення кінцевого обладнання (наприклад, комп'ютерів, принтерів, IP-камер) до локальної мережі (LAN) через Ethernet-кабель. Вона є сполучною ланкою між кабелями, прокладеними в стінах чи підлозі, та пристроями користувачів.

Для нашої мережі було обрано звичайну неекрановану розетку RJ45 ATCOM UTP Cat.6. Ціна: 142 грн.[34]



Рисунок 3.15 — Обрана розетка RJ45 ATCOM UTP Cat.6

					КНУ.РМ. 123.24.01.03.ВМО	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

3.3 Обране обладнання

Таблиця 3.17 — Обране активне та пасивне обладнання

Обладнання	Компанія	Модель	Кількість	Ціна
Активне обладнання				
Сервер	ARTLINE	Business T37(T37v41)	1 шт.	124,086 грн
RAID-контролер	LSI	Mega RAID SAS 9361-8i	1 шт.	30,232 грн
Комутатор	TP-Link	TL-SG3424P	2 шт.	10,372 грн
БСЖ	LogicPower	LPY-C-PSW-5000VA	2 шт.	38,623 грн
ІР-камера	Dahua	IPC-HFW1431S	7 шт.	4,042 грн
Роутер	TP-Link	Archer AX55	4 шт.	3,333 грн
Інтерактивна панель	Promethean	Activ Panel 9 Premium 65	11 шт.	129,000 грн
БФП	HP Color	LaserJet Pro	2 шт.	28,429 грн
Збірка ПК	ARTLINE	Home H55v07	9 шт.	26,103 грн
Збірка ноутбуків	Acer	Aspire 5 A515-45-R97Q (NX.A83EX.00L)	10 шт.	20,358 грн
Пасивне обладнання				
Комутаційна шафа	Hupernet	WMNC66-6U FLAT-BLACK	2 шт.	5,250 грн
Патч-панель	Electronical	NPP-C624-002	2 шт.	1,653 грн
Розетка	ATCOM	RJ45 UTP Cat.6.	15 шт.	143 грн
Короб	Schneider Electric	Міні-канал 25X25 Ultra, ПВХ	136 м	68,80 грн
Кабель	Одескабель	КПВ-ВП 4x2x0,57 (U/UTP-cat.6)	404,25 м	23,90 грн/м
Всього:			2,495,588 грн	

Висновок: У цьому розділі було проведено комплексну роботу з вибору обладнання, яке найкраще відповідає технічним вимогам та потребам проєкту. Проаналізовано різні варіанти пристроїв, їх характеристики, функціональні можливості та співвідношення ціни і якості. На основі проведеного аналізу обрано оптимальне обладнання, що забезпечить ефективність і надійність роботи системи.

4 ТЕОРІЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ

Теорія багатокритеріального вибору (БКВ) є потужним інструментом для прийняття рішень в умовах невизначеності та множинності критеріїв. Вона дозволяє систематизувати та оцінити альтернативи, враховуючи різноманітні фактори, що впливають на кінцевий вибір. Ця теорія знаходить широке застосування в економіці, інженерії, медицині, соціальних науках та інших сферах.

Основні поняття та визначення

Критерій: Окремий аспект, за яким оцінюються альтернативи. Критерії можуть бути кількісними (ціна, швидкість) або якісними (надійність, комфорт).

Альтернатива: Кожен із можливих варіантів рішення.

Цільова функція: Математичний вираз, що відображає загальну оцінку альтернативи на основі значень критеріїв.

Ваги критеріїв: Числові значення, що відображають відносну важливість кожного критерію для прийняття рішення.

Матриця рішень: Таблична форма представлення альтернатив та їхніх значень за різними критеріями.

Метод "зміщеного ідеалу" застосовується для вирішення задач вибору найкращого об'єкта, особливо коли є значна кількість об'єктів і критеріїв для порівняння.

Суть методу полягає в наступному:

Нехай множина A включає кінцеву кількість багатокритеріальних об'єктів $\{k_{1,i} \dots k_{m,i}\}$, $i=1 \dots N$. Всі критерії оцінюються за шкалами інтервалів або відносин.

Ідеальний об'єкт $\{k_1^+ \dots k_m^+\}$ формується на основі максимального значення корисності кожного критерію в межах множини A . Тобто, $k_j^+ = \max k_{j,i}$, якщо корисність об'єкта зростає зі збільшенням критерію k_j , а якщо $k_j^+ = \min k_{j,i}$ корисність об'єкта убиває зі збільшенням критерію k_j . У випадку, коли ідеальний об'єкт належить множині A , він автоматично стає розв'язком багатокритеріальної задачі.

					КНУ.РМ.123.24.01.04.ТБВ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Шабадаш			ТЕОРІЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНО ГО ВИБОРУ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Музика						
Н.контроль		Кузнєцов			ЗКІ-23м			
Затвердив		Купін						

Також визначається найгірший об'єкт $\{k_1^- \dots k_m^-\}$, який формується виходячи з мінімального значення корисності кожного критерію в межах множини A .

Далі проводиться перехід від початкових шкал вимірювання до нормованих, які знаходяться в інтервалі $[0,1]$, $d_{i,j} = \frac{k_j^+ - k_{i,j}}{k_j^+ - k_j^-}$, $d_{i,j}$ — можна інтерпретувати, як відстань багатокритеріального об'єкта за критерієм k_j , до ідеального об'єкта. При цьому всі $d_{i,j}$ для ідеального об'єкта дорівнюють 0, а $d_{i,j}$ для найгіршого об'єкта будуть рівні 1.

Після цього особи, які приймають рішення (ОПР), мають визначити відносну вагу важливості критеріїв $W_1 \dots W_m$. У випадку, коли ОПР важко точно встановити $W_1 \dots W_m$, через недостатню усвідомленість мети, доцільно використовувати ентропійний підхід для визначення ваг відносної важливості критеріїв. Основою цього підходу є певні теоретичні припущення.

Якщо варіативність певного критерію серед об'єктів множини A є незначною або дорівнює нулю, цей критерій вважається малоінформативним. У такому випадку його можна або повністю виключити з розгляду, або враховувати з низькою вагою. Навпаки, значна варіативність критерію свідчить про його важливість, і саме на нього слід звернути увагу при виборі найкращого об'єкта.

Для оцінки варіативності критеріїв зазвичай використовують ентропію. У цьому методі ентропія для кожного критерію обчислюється за формулою:

$$h_j = -c \sum_{i=1}^N \frac{d_{j,i}}{\sum_{l=1}^N d_{j,l}} \ln \left[\frac{d_{j,i}}{\sum_{l=1}^N d_{j,l}} \right] \quad (4.1)$$

Через те, що ОПР не мають чітко сформованої системи переваг, оцінки $W_1 \dots W_m$, можуть бути неточними. Тому як ваги критеріїв беремо $\lambda_j = \frac{W_j}{h_j}$.

Для порівняння об'єктів як метрику застосовують вираз: $L_i^p = \sum_{j=1}^m [\lambda_j (1 - d_{j,i})]^p$. Із зростанням параметра p знижується вплив L_j^p критеріїв, значення яких наближені до найгірших, і натомість зростає вплив критеріїв, значення яких максимально близькі до ідеального.

Оскільки метод "зміщеного ідеалу" працює з кількісними характеристиками об'єктів, усі якісні критерії порівняння були переведені у числову форму.

Давайте детально розглянемо методику визначення пріоритетів при виборі Wi-Fi точки доступу та IP камер

Таблиця 4.1 — Порівняння Wi-Fi – роутерів

Модель	TP-Link Archer AX55	MikroTik hAP ac ²	ASUS RT-AX58U
Пропускна здатність	До 3 Гбіт/с (Wi-Fi)	До 1 Гбіт/с (Wi-Fi)	До 3 Гбіт/с (Wi-Fi)
Радіус дії	До 60 м	До 50 м	До 65 м
Швидкість Wi-Fi	1501 Мбіт/сек	3000 Мбіт/сек	1167 Мбіт/с
Ціна	3,333 грн	3,089 грн	5,299 грн

Таблиця 4.2 — Порівняння IP – камер

Модель	Hikvision DS-2CD2043G2-I	Dahua IPC-HFW1431S	TP-Link Tapo C320WS
Тип підключення	PoE (Ethernet)	PoE (Ethernet)	Wi-Fi/ Ethernet
Нічне бачення	До 30 м	До 50 м	До 30 м
Кут огляду	103°	104°	113°
Ціна	5,733 грн	4,042 грн	2,499 грн

Оберемо найважливіші критерії та задамо їм значення.

Таблиця 4.3 – Критерії визначення якості обладнання роутерів

Характеристика	Ідеальне значення	Проміжні значення	Найгірше значення
Макс. швидкість	3 (3000 Мбіт/с)	2 (1501 Мбіт/с)	1 (1167 Мбіт/с)
Пропускна здатність	2 (3 Гбіт/с)		1 (1 Гбіт/с)
Радіус дії	3 (65м)	2 (60 м)	1 (50 м)
Ціна	3,089 грн		5,299 грн

Таблиця 4.4 – Критерії визначення якості обладнання камер

Характеристика	Ідеальне значення	Проміжні значення	Найгірше значення
Нічне бачення	2(до 50 м)		1(до 30 м)
Кут огляду	3 (113 град)	2 (104 град)	1 (103 град)
Ціна	2,499 грн.		5,733 грн.

Для визначення найважливіших критеріїв і вибору оптимального обладнання використовується метод розстановки пріоритетів (МРП).

Метод розстановки пріоритетів — це експертний метод, який дозволяє вибирати найкращий об'єкт із групи однорідних за допомогою набору критеріїв. МРП не обмежує кількість порівнюваних об'єктів чи критеріїв.

Метод базується на адекватності суджень експертів, яку попередньо перевіряють одним із відповідних методів. Рекомендована кількість експертів — не більше 7 осіб. Порівнюваними об'єктами можуть бути проекти, конструкції, процеси, постачальники чи продукція.

Основні етапи методу включають:

1. Вибір об'єктів для порівняння

Об'єкти класу повинні бути однорідними, тобто належати до одного класу.

2. Вибір критеріїв для порівняння

Більша кількість критеріїв забезпечує точніші результати, однак підвищує трудомісткість методу. Потрібно обирати найбільш значущі критерії. Вони можуть бути кількісними (наприклад, швидкість у км/год) або якісними (дизайн, зручність), для яких експерти створюють шкалу оцінювання. Наприклад, органолептичні показники, як-от смак, оцінюють за п'ятибальною шкалою, після чого середнє значення узагальнюється.

3. Складання матриці вихідних даних

У лівому стовпці матриці записують нумерацію критеріїв, а в її центральній частині — значення цих критеріїв для кожного варіанту.

4. Складання матриць парних порівнянь

Для кожного критерію створюють матриці парних порівнянь, щоб визначити ранги варіантів. У даній матриці варіанти оцінюють за допомогою знаків відносин:

«>» — краще ;
 «<» — гірше ;
 «=» — рівні .

Знакам відносин привласнюють числові значення в балах, наприклад:

«>» — 3 бали;
 «<» — 1 бал;
 «=» — 2 бали.

5. Розрахунок коефіцієнтів оцінки

Обчислюють коефіцієнт розмаху значень k :

$$k = \frac{\max}{\min} \quad (4.2)$$

де \max - максимальне числове значення з матриці вихідних даних,
 \min - мінімальне числове значення з матриці вихідних даних.

Значення k розраховують для всіх критеріїв.

Невизначеність γ :

$$\gamma = \frac{k-1}{k+1} + \sqrt{\frac{0,05}{m}} \quad (4.3)$$

де m - число критеріїв,

0,05 - ймовірність помилки 5%.

Числові значення знаків відносини:

«>» → $1 + \gamma$
 «<» → $1 - \gamma$
 «=» → 1

6. Формування матриці для оцінки важливості критеріїв

Цей етап є одним із найважливіших у розрахунках, адже його точність значною мірою залежить від обґрунтованості суджень експертів, що може вплинути на загальну похибку результатів.

Для порівняння критеріїв за їх важливістю використовуються знаки відносин: ">" позначає більш важливий критерій, "<" – менш важливий, "=" – рівнозначний.

Суми балів для кожного критерію обчислюють по рядках, після чого визначають загальну суму стовпця Σ . Для отримання відносних балів важливості, суми кожного рядка ділять на Σ . Чим вищий бал, тим вагомішим є критерій.

7. Формування підсумкової матриці для визначення пріоритетів

На завершальному етапі будується матриця відносних пріоритетів, використовуючи дані з попередніх таблиць. У цій матриці під номерами критеріїв вказують їхні вагові бали з таблиці "Порівняння критеріїв за важливістю". У рядках, що стосуються постачальників, зазначають ранги з таблиці "Зведена таблиця рангів за критеріями".

Далі проводять розрахунки по рядках, визначаючи загальну суму Σ у колонці. Щоб знайти відносний пріоритет варіанту, суму його рядка ділять на загальну Σ . Постачальник із найвищим відносним пріоритетом вважається найкращим за обраними критеріями.

Якщо кількість критеріїв є значною, це може змінити результат на користь іншого постачальника, тому важливо обирати лише найбільш значущі критерії для порівняння.

- 1) TP-LinkArcher AX55
- 2) MikroTikHAP ac²
- 3) ASUSRT-AX58U

Таблиця 4.5 – Матриця вхідних даних

№	Критерії	1	2	3
1	Макс. швидкість	2	3	1
2	Пропускна здатність	2	1	2
3	Радіус дії	2	1	3
4	Ціна	3,333	3,089	5,299

«>» - 3б

«=>» - 2б

«<>» - 1б

Таблиця 4.6 – Матриця парних порівнянь по критерію «Макс. швидкість»

Поставник	1	2	3	Сума	Ранг
1	0	>	=	7	0,29167
2	<	0	<	3	0,125
3	=	>	0	7	0,29167
4	=	>	=	7	0,29167
				24	1

Таблиця 4.7 – Матриця парних порівнянь по критерію «Пропускна здатність»

Поставник	1	2	3	Сума	Ранг
1	0	>	>	7	0,29167
2	<	0	=	4	0,16667
3	<	=	0	4	0,16667
4	>	>	>	9	0,375
				24	1

Таблиця 4.8 – Матриця парних порівнянь по критерію «Радіус дії»

Поставник	1	2	3	Сума	Ранг
1	0	=	>	6	0,25
2	=	0	>	6	0,25
3	<	<	0	3	0,125
4	>	>	>	9	0,375
				24	1

Таблиця 4.9 – Матриця парних порівнянь по критерію «Ціна»

1	2	3	Ціна	Ранг
0	<	<	5	0,20833
>	0	<	7	0,29167
>	>	0	9	0,375
<	<	<	3	0,125
			24	1

Таблиця 4.10 – Свідна таблиця рангів по критеріям

№	Критерії	1	2	3
1	Макс. швидкість	0,29167	0,125	0,29167
2	Пропускна здатність	0,29167	0,16667	0,16667
3	Радіус дії	0,25	0,25	0,125
4	Ціна	0,20833	0,29167	0,375

Розрахунок коефіцієнтів оцінки знаків відношень між критеріями по формулам (4.1) та (4.2).

Критерій 1

$$k = \frac{2}{1} = 2,$$

$$\gamma = \frac{2-1}{2+1} + \sqrt{\frac{0.05}{4}} = 0,445,$$

$$\langle \rangle \rightarrow 1 + 0,685 = 1,445$$

$$\langle \rangle \rightarrow 1 - 0,685 = 0,555$$

Критерій 2

		max	min
k	3	3	1
γ	0,612		
>	1,612		
<	0,388		

Критерій 3

		max	min
k	3	3	1
γ	0,612		
>	1,612		
<	0,388		

Критерій 4

		max	min
k	1,248051	3361	2693
γ	0,22234		
>	1,22234		
<	0,77766		

Таблиця 4.11 – Числові значення коефіцієнтів та знаків відношень

	Критерій 1	Критерій 2	Критерій 3	Критерій 4
k	2	3	3	1,248
γ	0,445	0,612	0,612	0,222
>	1,445	1,612	1,612	1,222
<	0,555	0,388	0,388	0,778

Таблиця 4.12 – Порівняння критеріїв по важливості

№	Критерій	1	2	3	4	Сума	Бал
1	Швидк.	0	>	<	<	2,611	0,202387412
2	Потужн.	=	0	<	<	2,176	0,168669095
3	Радіус	>	>	0	=	4,057	0,314471746
4	Ціна	>	>	=	0	4,057	0,314471746
						12,901	1

$$\sum 1 = 0,202 * 0,292 + 0,169 * 0,292 + 0,314 * 0,25 + 0,314 * 0,208 = 0,252$$

$\Sigma 1$	0,2523579
$\Sigma 2$	0,2237504
$\Sigma 3$	0,2443783
$\Sigma 4$	0,2795171
	1,0000037

Отже, як можна побачити найбільший пріоритет у четвертого постачальника, отже по даним критеріям найкращим виявилась точка доступу TP-LinkArcher AX55.

5 ВСТАНОВЛЕННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Якщо апаратна частина комп'ютерної мережі є її фундаментом, то програмне забезпечення – це серце, яке надає їй життя. Саме програмні компоненти визначають функціональні можливості мережі, її продуктивність та надійність. В даному розділі розглянемо процес встановлення та налаштування програмного забезпечення, необхідного для забезпечення ефективної роботи спроектованої мережі.

5.1 Встановлення та налаштування операційної системи Ubuntu Server

Ubuntu Server – це потужна, відкрита та масштабована операційна система, призначена для побудови різноманітних серверних інфраструктур. Її популярність обумовлена стабільністю, широким набором інструментів та активною спільнотою розробників. Процес встановлення Ubuntu Server відносно простий, але вимагає розуміння основних концепцій Linux та серверних технологій. Даний опис детально розгляне всі етапи встановлення, від підготовки до налаштування системи після інсталяції[35].

Підготовка до встановлення

Перед початком встановлення необхідно:

1. Завантажити образ ISO: Завантажте останню стабільну версію Ubuntu Server з офіційного сайту. Вибір версії залежить від вимог до функціональності та підтримки.
2. Створити завантажувальний носій: Запишіть завантажений образ на USB-накопичувач або DVD-диск за допомогою утиліт, таких як Rufus (для Windows) або dd (для Linux).
3. Підготувати апаратне забезпечення: Переконайтеся, що ваш сервер відповідає мінімальним системним вимогам Ubuntu Server.
4. Створити резервні копії: Перед встановленням створіть резервні копії важливих даних, оскільки процес встановлення може призвести до форматування жорсткого диска.

Процес встановлення

1. Завантаження з завантажувального носія:
 - Перезавантажуємо сервер і обираємо завантаження з USB-накопичувача або DVD-диска в меню завантаження BIOS/UEFI.
 - Запуститься інсталятор Ubuntu Server.

					КНУ.РМ.123.24.01.05.ВТНПЗ					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВСТАНОВЛЕННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ					
Розробив	Шабадаш							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Музика									
Н.контроль	Кузнецов							3КІ-23м		
Затвердив	Купін									

2. Вибір мови та клавіатури

На початковій вітальній сторінці інсталятора вибираємо мову встановлення та розкладку клавіатури. За потреби можна обрати варіант з «Ідентифікацією клавіатури», для автоматичного виявлення розкладки.

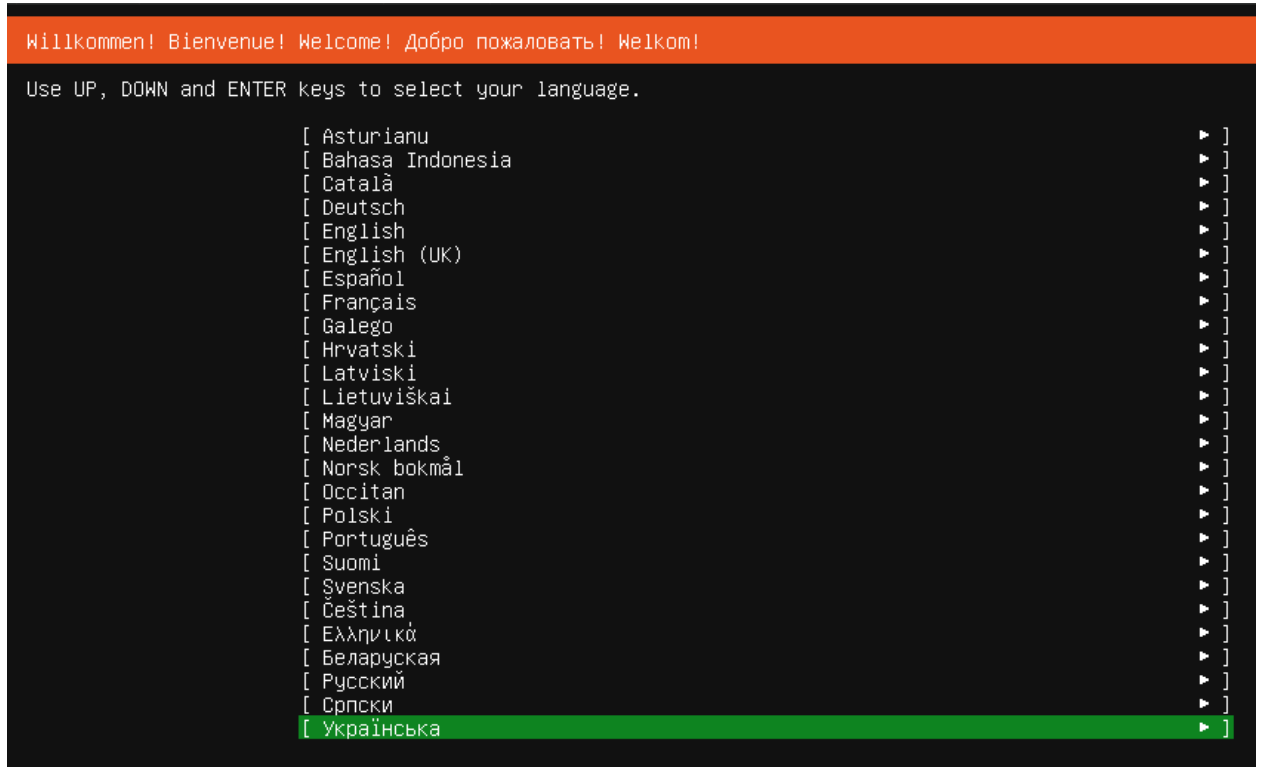


Рисунок 5.1 — Вибір мови встановлення

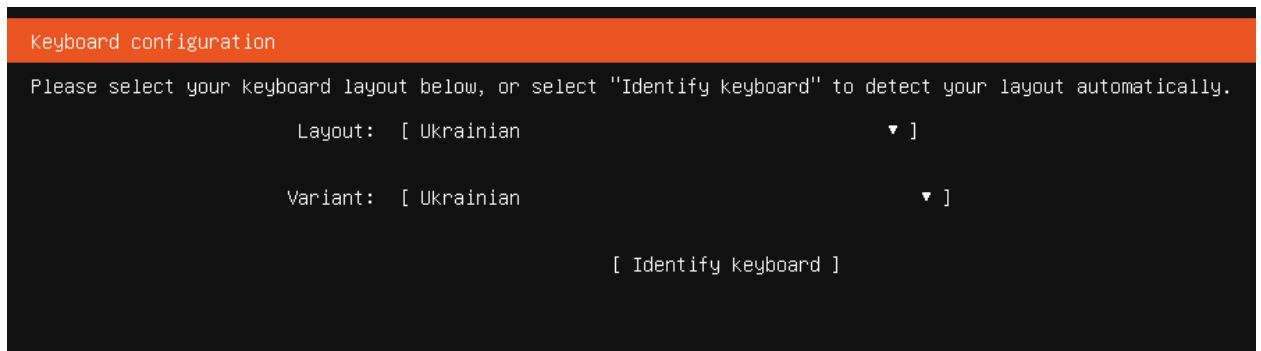


Рисунок 5.2— Вибір мови операційної системи та стартової мови розкладки

3. Вибір типу встановлення

На наступній сторінці в залежності від потреби обираємо тип інсталяції:

- Стандартна установка: Встановлює більш широкий набір пакетів, включаючи веб-сервер, базу даних та інші служби.
- Мінімальна установка: Встановлює лише базові пакети, необхідні для роботи сервера.
- Останні версії: Встановлює останні версії пакетів, що може бути корисним для розробників.

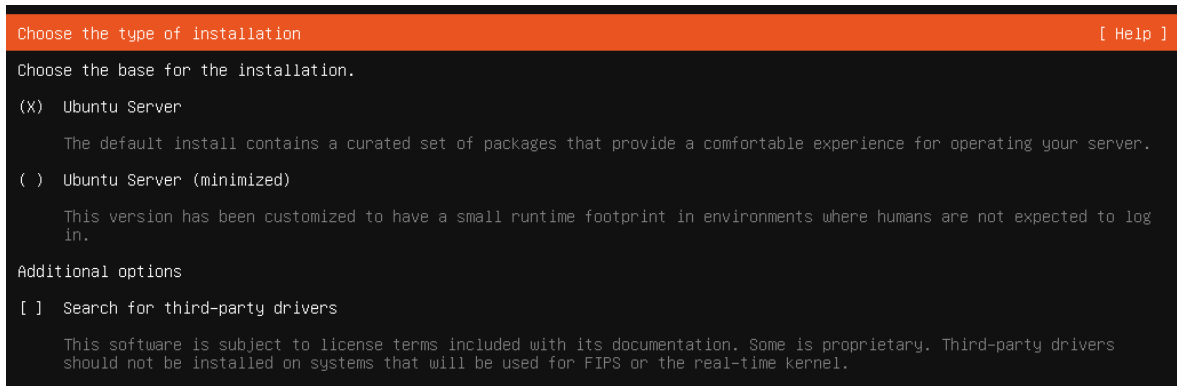


Рисунок 5.3 — Вибір типу встановлення операційної системи

4. Налаштування мережі

Потрапивши на сторінку налаштування мережі обираємо мережеву карту для налаштування (якщо їх декілька обираємо, яку саме хочемо налаштувати).

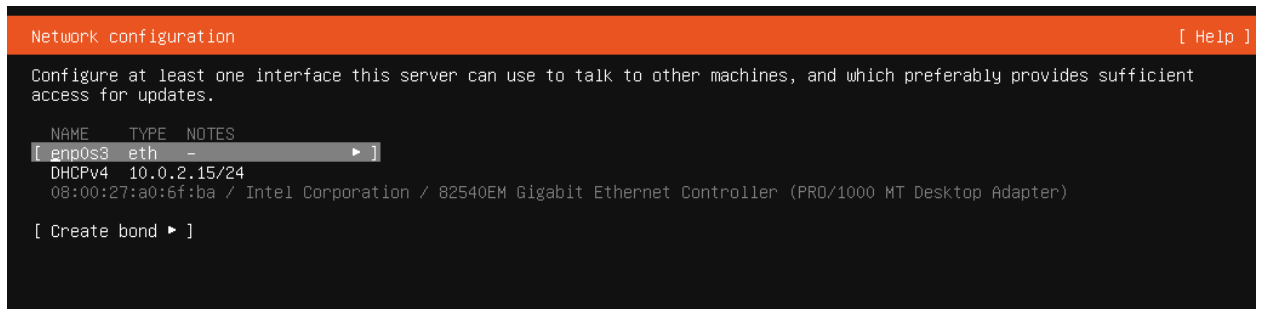


Рисунок 5.4 — Вибір мережевої карти

Обравши мережеву карту для налаштування перейодимо в вікно конфігурації IPv4. Змінюємо метод налаштування на «Ручний».

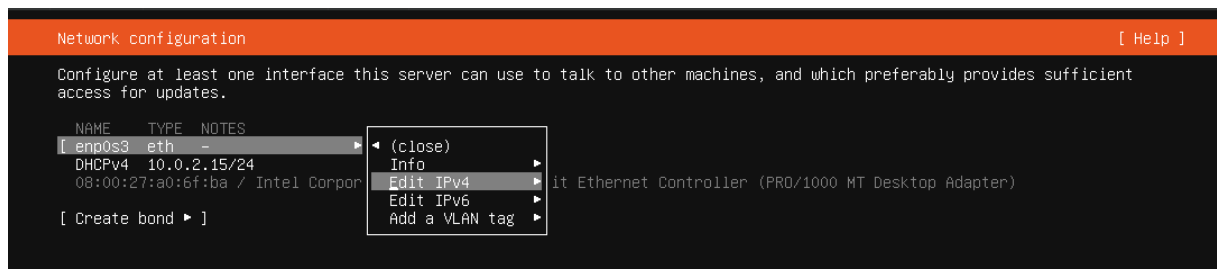


Рисунок 5.5 — Вибір параметра налаштування

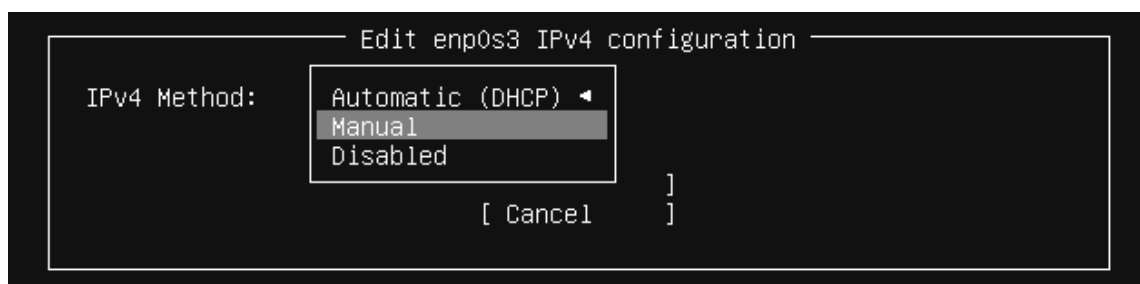


Рисунок 5.6 — Вибір методу налаштування

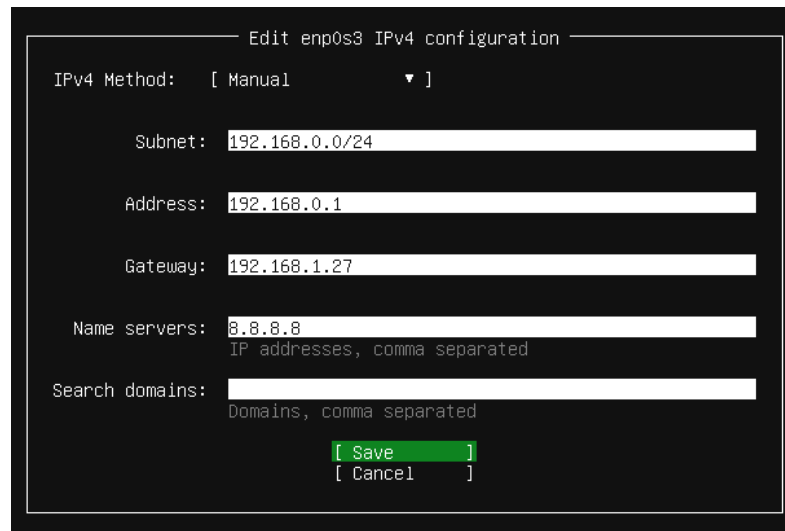


Рисунок 5.7 — Процес налаштування даних мережі

5. Розділення жорсткого диска

Вибираємо метод розділення диска:

- Автоматичне розділення: Інсталятор автоматично створить розділи.
- Ручне розділення: Дозволяє вручну налаштувати розміри та типи розділів.

6. Налаштування профілю

Заповнюємо форму профілю, обираємо ім'я для сервера, та створюємо профіль користувача адміністратора. Тимчасово встановлюємо пароль root для користувача, після завершення встановлення його можна змінити.

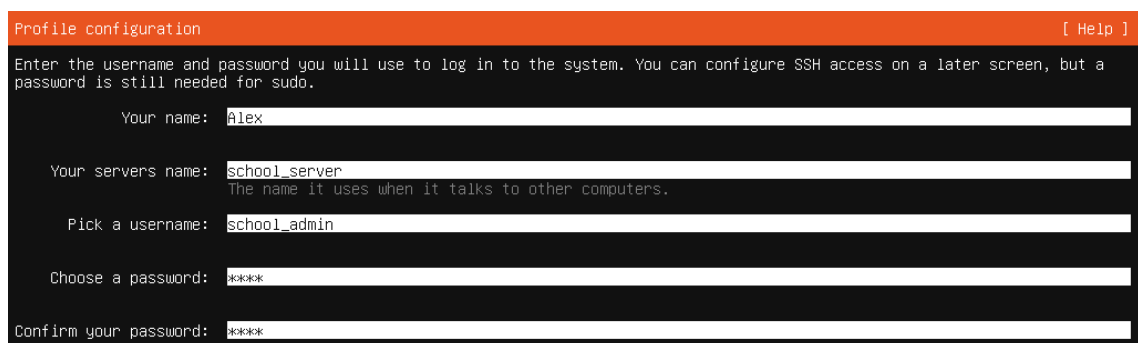


Рисунок 5.8 — Налаштування профілю користувача

7. Вибір програмного забезпечення:

За потреби обираємо додаткове програмне забезпечення, яке хочемо встановити, наприклад, SSH-сервер, веб-сервер, базу даних.

8. Завершення встановлення:

Після завершення всіх налаштувань натискаємо кнопку "Встановити зараз" для початку встановлення. По завершенню інсталятор запросить видалити інсталяційний носій і перезавантажити сервер, що ми і робимо.

5.2 Встановлення та налаштування DHCP сервера

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) – це мережевий протокол, який автоматично надає IP-адреси, маски підмережі, шлюзи за замовчуванням та інші конфігураційні параметри клієнтам мережі. Це значно спрощує адміністрування мереж, особливо великих. В даній роботі буде розглянуто детальний процес налаштування DHCP сервера на операційній системі Ubuntu Server.

Установка DHCP сервера

1) Оновлення пакетів: Перед встановленням DHCP сервера рекомендується оновити список пакетів та встановити останні версії за допомогою `apt update`:

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo apt update
В кеші:1 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble InRelease
В кеші:2 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates InRelease
В кеші:3 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-backports InRelease
В кеші:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu noble-security InRelease
Отр:5 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/main Translation-uk [292 kB]
Отр:6 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/restricted Translation-uk [644 B]
Отр:7 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/universe Translation-uk [1 098 kB]
Отр:8 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/multiverse Translation-uk [22,7 kB]
Отримано 1 414 kB за 10сВ (143 kB/s)
Зчитування переліків пакунків... Виконано
Побудова дерева залежностей... Виконано
Зчитування інформації про стан... Виконано
66 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.
```

Рисунок 5.9 — Результат виконання команди `apt update`

2) Встановлення сервера: Для встановлення DHCP сервера використовується пакет `isc-dhcp-server`:

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo apt install isc-dhcp-server
Зчитування переліків пакунків... Виконано
Побудова дерева залежностей... Виконано
Зчитування інформації про стан... Виконано
The following additional packages will be installed:
  isc-dhcp-common
Пропоновані пакунки:
  isc-dhcp-server-ldap poliscyscoreutils
НОВІ пакунки, які будуть встановлені:
  isc-dhcp-common isc-dhcp-server
оновлено 0, встановлено 2 нових, 0 відмічено для видалення і 66 не оновлено.
Необхідно завантажити 1 281 kB архівів.
Після цієї операції об'єм зайнятого дискового простору зросте на 4 281 kB.
Бажаєте продовжити? [Y/n] Y
Отр:1 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/universe amd64 isc-dhcp-server amd64 4.4.3-P1-4ubuntu2 [1 236 kB]
Отр:2 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/universe amd64 isc-dhcp-common amd64 4.4.3-P1-4ubuntu2 [45,8 kB]
Отримано 1 281 kB за 0сВ (2 590 kB/s)
Передналаштування пакунків...
Selecting previously unselected package isc-dhcp-server.
(Reading database ... 80777 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../isc-dhcp-server_4.4.3-P1-4ubuntu2_amd64.deb ...
Unpacking isc-dhcp-server (4.4.3-P1-4ubuntu2) ...
Selecting previously unselected package isc-dhcp-common.
Preparing to unpack .../isc-dhcp-common_4.4.3-P1-4ubuntu2_amd64.deb ...
Unpacking isc-dhcp-common (4.4.3-P1-4ubuntu2) ...
Setting up isc-dhcp-server (4.4.3-P1-4ubuntu2) ...
generating /etc/default/isc-dhcp-server...
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/isc-dhcp-server.service → /usr/lib/systemd/system/isc-dhcp-server.service.
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/isc-dhcp-server6.service → /usr/lib/systemd/system/isc-dhcp-server6.service.
Setting up isc-dhcp-common (4.4.3-P1-4ubuntu2) ...
Processing triggers for man-db (2.12.0-4build2) ...
Scanning processes...
Scanning linux images...

Running kernel seems to be up-to-date.

No services need to be restarted.

No containers need to be restarted.

No user sessions are running outdated binaries.

No VM guests are running outdated hypervisor (qemu) binaries on this host.
```

Рисунок 5.10 — Результат виконання команди `apt install isc-dhcp-server`

					КНУ.РМ.123.24.01.05.ВТНПЗ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

Конфігурація DHCP сервера

Основний конфігураційний файл DHCP сервера розташований за адресою `/etc/dhcp/dhcpd.conf`. Цей файл містить всі необхідні налаштування для роботи сервера.

1) Визначення інтерфейсу

Спочатку необхідно визначити мережевий інтерфейс, через який буде надаватися DHCP сервіс. Це можна зробити за допомогою команди `ip a`:

```
school_admin@schoolserver:~$ ip a
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN group default qlen 1000
   link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
   inet 127.0.0.1/8 scope host lo
       valid_lft forever preferred_lft forever
   inet6 ::1/128 scope host noprefixroute
       valid_lft forever preferred_lft forever
2: enp0s3: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP group default qlen 1000
   link/ether 08:00:27:2f:7c:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
   inet 10.0.2.15/24 metric 100 brd 10.0.2.255 scope global dynamic enp0s3
       valid_lft 84396sec preferred_lft 84396sec
   inet6 fd00::a00:27ff:fe2f:7c00/64 scope global dynamic mngtmpaddr noprefixroute
       valid_lft 85955sec preferred_lft 13955sec
   inet6 fe80::a00:27ff:fe2f:7c00/64 scope link
       valid_lft forever preferred_lft forever
```

Рисунок 5.11 — Результат виконання команди `ip a`

Припустимо, що ми будемо використовувати інтерфейс `eth0`.

2) Редагування конфігураційного файлу

Відкриємо файл конфігурації для редагування за допомогою команди `nano /etc/dhcp/dhcpd.conf`

Додамо наступний блок конфігурації для нашої підмережі:

```
subnet 192.168.1.0 netmask 255.255.255.0
{
    range 192.168.1.100 192.168.1.200;
    option routers 192.168.1.1;
    option domain-name-servers 8.8.8.8, 8.8.4.4;
}
```

- `subnet`: визначає підмережу, для якої будуть застосовані налаштування.
- `range`: задає діапазон IP-адрес, які будуть видаватися клієнтам.
- `option routers`: вказує ігшлюз за замовчуванням.
- `option domain-name-servers`: задає DNS сервера.

3) Налаштування основного конфігураційного файлу

Відредагуємо файл `/etc/default/isc-dhcp-server`:

В рядку `INTERFACESv4` вкажемо наш мережевий інтерфейс:

```
INTERFACESv4="eth0"
```

```
# Defaults for isc-dhcp-server (sourced by /etc/init.d/isc-dhcp-server)

# Path to dhcpd's config file (default: /etc/dhcp/dhcpd.conf).
#DHCPOV4_CONF=/etc/dhcp/dhcpd.conf
#DHCPOV6_CONF=/etc/dhcp/dhcpd6.conf

# Path to dhcpd's PID file (default: /var/run/dhcpd.pid).
#DHCPOV4_PID=/var/run/dhcpd.pid
#DHCPOV6_PID=/var/run/dhcpd6.pid

# Additional options to start dhcpd with.
# Don't use options -cf or -pf here; use DHCPOV4_CONF/ DHCPOV4_PID instead
#OPTIONS=""

# On what interfaces should the DHCP server (dhcpd) serve DHCP requests?
# Separate multiple interfaces with spaces, e.g. "eth0 eth1".
INTERFACESv4="eth0"
INTERFACESv6=""
```

Рисунок 5.12 — Процес редагування файлу

Запуск DHCP сервера

Після внесення всіх змін перезапустимо службу DHCP сервера використавши команду `systemctl restart isc-dhcp-server`

Перевірка роботи DHCP сервера

Для перевірки роботи DHCP сервера можна скористатися утилітою `dhcpcd`:

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo dhcpcd
dhcpcd-10.0.6 starting
dev: loaded udev
DUID 00:01:00:01:2e:f0:0f:a6:08:00:27:2f:7c:00
enp0s3: IAID 27:2f:7c:00
enp0s3: soliciting an IPv6 router
enp0s3: Router Advertisement from fe80::2
enp0s3: adding address fd00::e837:738:405a:c53b/64
enp0s3: adding route to fd00::/64
enp0s3: adding default route via fe80::2
enp0s3: soliciting a DHCP lease
enp0s3: offered 10.0.2.15 from 10.0.2.2
enp0s3: leased 10.0.2.15 for 86400 seconds
enp0s3: adding route to 10.0.2.0/24
enp0s3: adding default route via 10.0.2.2
Dropped protocol specifier '.dhcp' from 'enp0s3.dhcp'. Using 'enp0s3' (ifindex=2).
```

Рисунок 5.13 — Результат виконання команди `dhcpcd`

Ця команда змусить мережевий інтерфейс отримати IP-адресу від DHCP сервера.

					КНУ.РМ.123.24.01.05.ВТНПЗ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

5.3 Встановлення та налаштування DNS сервера

Система доменних імен є фундаментальною службою Інтернету, яка перетворює доменні імена на IP-адреси, зрозумілі для комп'ютерів. Ubuntu Server, як одна з найпопулярніших операційних систем для серверів, надає зручні інструменти для налаштування власного DNS-сервера. Розглянемо детальний процес налаштування DNS на Ubuntu Server, використовуючи програмне забезпечення BIND (Berkeley Internet Name Domain).

Підготовка середовища

Перед початком налаштування необхідно:

- 1) Оновлення пакетів: Запустити команду `sudo apt update && sudo apt upgrade` для оновлення списку пакетів та інсталяції останніх версій.

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo apt update && sudo apt update
[sudo] password for school_admin:
В кеші:1 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble InRelease
В кеші:2 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates InRelease
В кеші:3 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-backports InRelease
В кеші:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu noble-security InRelease
Зчитування переліків пакунків... Виконано
Побудова дерева залежностей... Виконано
Зчитування інформації про стан... Виконано
66 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.
В кеші:1 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble InRelease
В кеші:2 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates InRelease
В кеші:3 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-backports InRelease
В кеші:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu noble-security InRelease
Зчитування переліків пакунків... Виконано
Побудова дерева залежностей... Виконано
Зчитування інформації про стан... Виконано
66 packages can be upgraded. Run 'apt list --upgradable' to see them.
```

Рисунок 5.14 — Оновлення пакетів

- 2) Інсталяція BIND: Виконати команду `sudo apt install bind9` для інсталяції основного пакета BIND.

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo apt install bind9
Зчитування переліків пакунків... Виконано
Побудова дерева залежностей... Виконано
Зчитування інформації про стан... Виконано
Пропоновані пакунки:
  bind-doc
  bind9
Нові пакунки, які будуть встановлені:
  bind9
оновлено 0, встановлено 1 нових, 0 відмічено для видалення і 66 не оновлено.
Необхідно завантажити 254 kB архівів.
Після цієї операції об'єм зайнятого дискового простору зросте на 949 kB.
Отр:1 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble-updates/main amd64 bind9 amd64 1:9.18.28-0ubuntu0.24.04.1 [254 kB]
Отримано 254 kB за 1сВ (218 kB/s)
Selecting previously unselected package bind9.
(Reading database ... 80849 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../bind9_1:9.18.28-0ubuntu0.24.04.1_amd64.deb ...
Unpacking bind9 (1:9.18.28-0ubuntu0.24.04.1) ...
Setting up bind9 (1:9.18.28-0ubuntu0.24.04.1) ...
info: Selecting GID from range 100 to 999 ...
info: Adding group `bind' (GID 111) ...
info: Selecting UID from range 100 to 999 ...

info: Adding system user `bind' (UID 110) ...
info: Adding new user `bind' (UID 110) with group `bind' ...
info: Not creating home directory `/var/cache/bind'.
wrote key file "/etc/bind/rndc.key"
named-resolvconf.service is a disabled or a static unit, not starting it.
Created symlink /etc/systemd/system/bind9.service → /usr/lib/systemd/system/named.service.
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/named.service → /usr/lib/systemd/system/named.service.
Processing triggers for man-db (2.12.0-4build2) ...
Processing triggers for ufw (0.36.2-6) ...
Scanning processes...
Scanning linux images...

Running kernel seems to be up-to-date.
No services need to be restarted.
No containers need to be restarted.
No user sessions are running outdated binaries.
No VM guests are running outdated hypervisor (qemu) binaries on this host.
```

Рисунок 5.15 — Встановлення BIND

					КНУ.РМ.123.24.01.05.ВТНПЗ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

Налаштування конфігураційних файлів

Основні конфігураційні файли BIND розташовані в директорії `/etc/bind`. Найважливішими з них є:

- `named.conf`: Основний конфігураційний файл, який містить загальні настройки BIND.

```
// This is the primary configuration file for the BIND DNS server named.
//
// Please read /usr/share/doc/bind9/README.Debian for information on the
// structure of BIND configuration files in Debian, *BEFORE* you customize
// this configuration file.
//
// If you are just adding zones, please do that in /etc/bind/named.conf.local

include "/etc/bind/named.conf.options";
include "/etc/bind/named.conf.local";
include "/etc/bind/named.conf.default-zones";
```

Рисунок 5.16 — Конфігурація файлів BIND

- `named.conf.options`: Файл з опціями, що впливають на поведінку сервера.

```
options {
    directory "/var/cache/bind";
    forwarders {
        8.8.8.8;
        8.8.4.4;
    };
    dnssec-validation auto;
    listen-on { any; };
    allow-query { any };
};
```

Рисунок 5.17 — Список параметрів BIND

У цьому файлі необхідно налаштувати такі параметри:

- `listen-on`: Визначає інтерфейси, на яких буде слухати DNS-сервер.
 - `allow-query`: Вказує, які клієнти можуть надсилати запити.
 - `directory`: Встановлює шлях до директорії з зональними файлами.
 - `forwarders`: Задає список DNS-серверів, які будуть використовуватися для переадресації запитів, які не можуть бути оброблені локально.
- `named.conf.local`: Файл для користувацьких налаштувань.

```
//
// Do any local configuration here
//
// Consider adding the 1918 zones here, if they are not used in your
// organization
//include "/etc/bind/zones.rfc1918";
```

Рисунок 5.18 — Вигляд файлу користувацьких налаштувань

– `named.conf.default-zones`: Файли, які містять інформацію про зони, що обслуговуються DNS-сервером.

```
// prime the server with knowledge of the root servers
zone "." {
    type hint;
    file "/usr/share/dns/root.hints";
};

// be authoritative for the localhost forward and reverse zones, and for
// broadcast zones as per RFC 1912
zone "localhost" {
    type master;
    file "/etc/bind/db.localhost";
};

zone "127.in-addr.arpa" {
    type master;
    file "/etc/bind/db.127";
};

zone "0.in-addr.arpa" {
    type master;
    file "/etc/bind/db.0";
};

zone "255.in-addr.arpa" {
    type master;
    file "/etc/bind/db.255";
};
```

Рисунок 5.19 — Інформація про зони DNS

Зональні файли

Зональний файл містить інформацію про зону, включаючи доменні імена, їхні типи, значення TTL (Time To Live) та IP-адреси.

Створення зонального файлу

Для створення зонального файлу для вашої зони (наприклад, `example.com`) виконайте наступні команди:

```
sudo mkdir /var/cache/bind/db
sudo nano /var/cache/bind/db/example.com
```

Приклад зонального файлу для зони `example.com`:

```
$TTL 86400
@      IN      SOA      ns1.example.com. admin.example.com. (
                    2023010101 ; Serial
                    3600      ; Refresh
                    600       ; Retry
                    2419200   ; Expire
                    86400 ) ; Negative Cache TTL
;
ns1    IN      A        192.168.1.10
www    IN      A        192.168.1.11
```

Рисунок 5.20 — Приклад зонального файлу

Запуск і перезапуск BIND

Для запуску BIND використовується команда `sudo systemctl start bind9`

Для перезапуску: `sudo systemctl restart bind9`

					КНУ.РМ.123.24.01.05.ВТНПЗ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

5.4 Встановлення та налаштування FTP сервера

Протокол FTP (File Transfer Protocol) є одним з найпоширеніших методів передачі файлів між різними комп'ютерами через мережу. Налаштування FTP-сервера на Ubuntu Server дозволяє забезпечити безпечний і зручний обмін даними. Дана робота детально описує процес встановлення та конфігурування FTP-сервера vsftpd на Ubuntu Server, надаючи необхідну інформацію для виконання цього завдання.

Встановлення vsftpd

- 1) Оновлення системи: Перед встановленням будь-якого програмного забезпечення рекомендується оновити список пакетів та встановити всі доступні оновлення:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

- 2) Встановлення vsftpd: Для встановлення vsftpd використовується команда `sudo apt install vsftpd` :

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo apt install vsftpd
Зчитування переліків пакунків... Виконано
Побудова дерева залежностей... Виконано
Зчитування інформації про стан... Виконано
НОВІ пакунки, які будуть встановлені:
 vsftpd
оновлено 0, встановлено 1 нових, 0 відмічено для видалення і 2 не оновлено.
Необхідно завантажити 120 kB архівів.
Після цієї операції об'єм зайнятого дискового простору зростає на 312 kB.
Отр:1 http://ua.archive.ubuntu.com/ubuntu noble/main amd64 vsftpd amd64 3.0.5-0ubuntu3 [120 kB]
Отримано 120 kB за 0св (595 kB/s)
Передналаштування пакунків...
Selecting previously unselected package vsftpd.
(Reading database ... 83734 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack ../vsftpd_3.0.5-0ubuntu3_amd64.deb ...
Unpacking vsftpd (3.0.5-0ubuntu3) ...
Setting up vsftpd (3.0.5-0ubuntu3) ...
Processing triggers for man-db (2.12.0-4build2) ...
Scanning processes...
Scanning linux images...

Running kernel seems to be up-to-date.

No services need to be restarted.

No containers need to be restarted.

No user sessions are running outdated binaries.

No VM guests are running outdated hypervisor (qemu) binaries on this host.
```

Рисунок 5.21 — Встановлення FTP

- 3) Запуск та автозапуск служби: Після встановлення необхідно запустити службу vsftpd та додати її в автозапуск:

```
sudo systemctl start vsftpd
sudo systemctl enable vsftpd
```

					КНУ.РМ.123.24.01.05.ВТНПЗ	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo systemctl enable vsftpd
Synchronizing state of vsftpd.service with SysV service script with /usr/lib/systemd/systemd-sysv-install.
Executing: /usr/lib/systemd/systemd-sysv-install enable vsftpd
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/vsftpd.service → /usr/lib/systemd/system/vsftpd.service.
```

Рисунок 5.22 — Налаштування служб автозапуску

Конфігурація vsftpd

Основна конфігурація vsftpd здійснюється шляхом редагування файлу `/etc/vsftpd.conf`. Для відкриття цього файлу в текстовому редакторі nano можна використати команду:

```
sudo nano /etc/vsftpd.conf.
```

```
listen=YES
listen_ipv6=YES
anonymous_enable=NO
local_enable=YES
write_enable=YES
local_umask=022
dirmessage_enable=YES
use_localtime=YES
xferlog_enable=YES
connect_from_port_20=YES
idle_session_timeout=600
data_connection_timeout=120
nopriv_user=ftpsecure
ls_recurse_enable=YES
secure_chroot_dir=/var/run/vsftpd/empty
pam_service_name=vsftpd
rsa_cert_file=/etc/ssl/certs/ssl-cert-snakeoil.pem
rsa_private_key_file=/etc/ssl/private/ssl-cert-snakeoil.key
ssl_enable=NO
```

Рисунок 5.23 — Конфігурація файлів FTP

Основні параметри конфігурації

- `listen=YES`: Вмикає активний режим роботи сервера.
- `listen_ipv6`: Вмикає/вимикає підтримку IPv6.
- `anonymous_enable`: Вмикає/вимикає анонімний доступ. Для підвищення безпеки рекомендується вимкнути цей параметр.
- `local_enable`: Дозволяє автентифікацію локальних користувачів.
- `write_enable`: Дозволяє користувачам записувати файли на сервер.
- `local_umask`: Маска доступу для нових файлів, що створюються локальними користувачами.
- `dirmessage_enable`: Вмикає/вимикає відображення вітального повідомлення при вході.
- `xferlog_enable`: Вмикає/вимикає логування передачі файлів.

Створення користувача FTP

Для створення користувача FTP можна використати команду `useradd`:

```
sudo useradd ftpuser
sudo passwd ftpuser
```

```
school_admin@schoolserver:~$ sudo useradd ftpuser
[sudo] password for school_admin:
school_admin@schoolserver:~$ sudo passwd ftpuser
New password:
Retype new password:
passwd: password updated successfully
```

Рисунок 5.24 — Створення FTP користувача

Після створення користувача необхідно додати його до групи ftp:

```
sudo usermod -a -G ftp ftpuser
```

Перезапуск служби vsftpd

Після внесення змін до конфігураційного файлу необхідно перезапустити службу vsftpd:

```
sudo systemctl restart vsftpd
```


5.5 Програмне забезпечення для IP-камер

Програма Smart PSS Lite – це корисне програмне забезпечення, яке призначене для перегляду та керування IP-камерами та реєстраторами від компанії Dahua. Призначається для керування системами відеоспостереження, при цьому з такою програмою ви не залежатимете від особливостей вашого браузера і не матимете проблем, які можуть виникнути через оновлення.

Універсальний інтерфейс компанії сприяє тому, що програма Smart PSS Lite підходить всім компаніям, незалежно від їх розмірів. Камера дозволить відображати зображення одночасно до 64 камер з одним вікном, що дозволить підлаштувати централізовану безпекову політику. Щоб встановити програму Smart PSS Lite, потрібно спочатку її звантажити з офіційного сайту Dahua.

Після цього розпочнеться безпосередньо встановлення:

- після запуску з'явиться вікно установки – потрібно буде вибрати мову програми, погодитись з умовами ліцензії та натиснути «Next»;

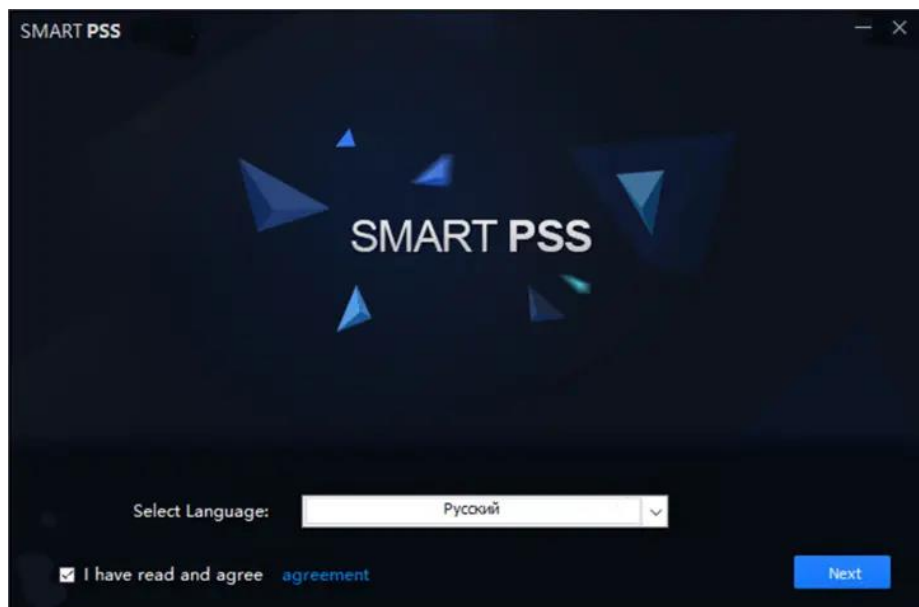


Рисунок 5.25 — Вибір мови програми

- у наступному вікні з'явиться вікно для вибору компонентів установки, де вам буде наданий вибір між Smart PSS, що дозволить керувати налаштуваннями підключеного обладнання та переглядати відео в реальному часі, або Storage Service – це мережевий сервер зберігання відео, встановлений на ПК;

- у нашому випадку потрібно прибрати галочку з другого пункту, тому як в більшості випадків вона не потрібна і натисніть "Next";

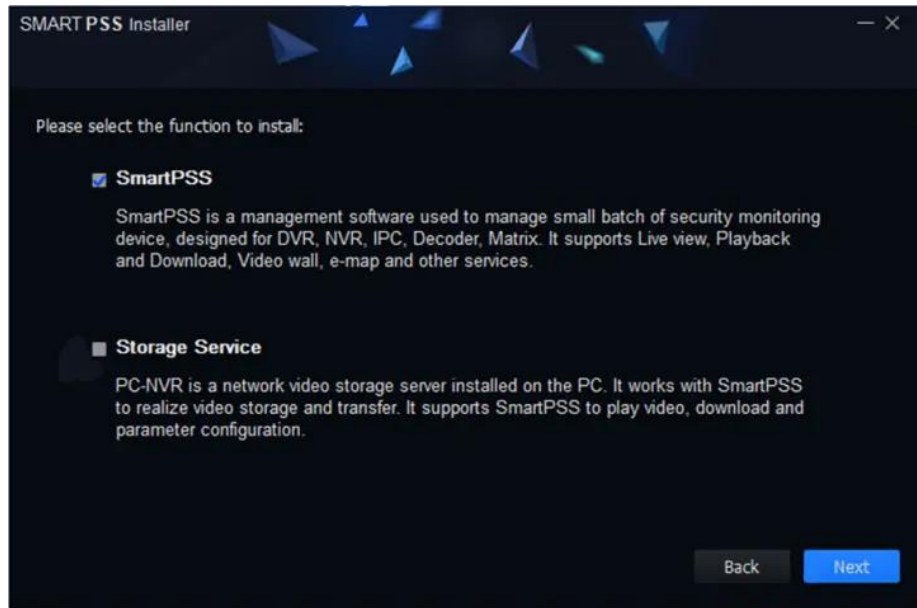


Рисунок 5.26 — Вибір компонентів установки

– далі установник запропонує вибрати папку, в яку потрібно буде встановити програму - рекомендується залишити шлях установки той, який пропонує стандартно і натисніть "Install", після чого почнеться безпосередньо установка.



Рисунок 5.27 — Вибір місця встановлення

Після цього потрібно буде дочекатися, поки інсталятор до кінця встановить програму і відобразить вікно з повідомленням про те, що інсталяцію успішно завершено. Натисніть Finish і програма запуститься в автоматичному режимі.



Рисунок 5.28 — Процес встановлення програми

Коли встановлення завершено, необхідно пройти реєстрацію в програмі. Для цього потрібно придумати пароль адміністрація програми та ввести "Пароль", після чого повторно ввести його в поле "Підтвердження". Сам пароль повинен складатися як мінімум з 8 символів і містити не менше двох типів символів - цифри, літери або спецсимволи.

Якщо ви не хочете під час кожного запуску програми знову вводити пароль, то можете поставити галочку біля «Автоматичний вхід після реєстрації». Вкрай не рекомендуємо ставити там галочку в тому випадку, якщо до комп'ютера, куди встановлюється програма, можуть отримати доступ люди, у яких не повинно бути доступу до системи відеоспостереження. Після цього натисніть "Далі".

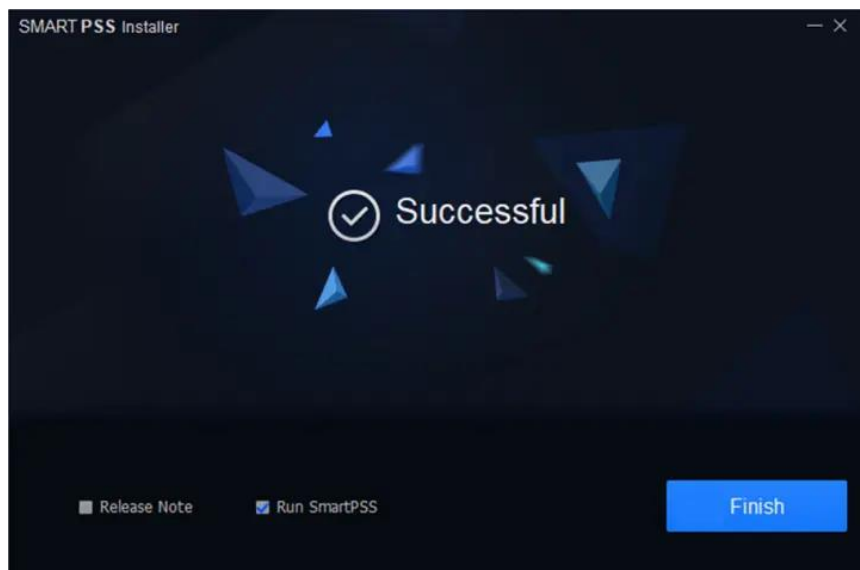


Рисунок 5.29 — Завершення процесу встановлення

З'явиться вікно, в якому потрібно буде вибрати запитання та вписати відповіді на них – у майбутньому це допоможе вам відновити пароль, якщо трапиться так, що ви його забули. Коли всі поля заповнені, натисніть кнопку «Готово».

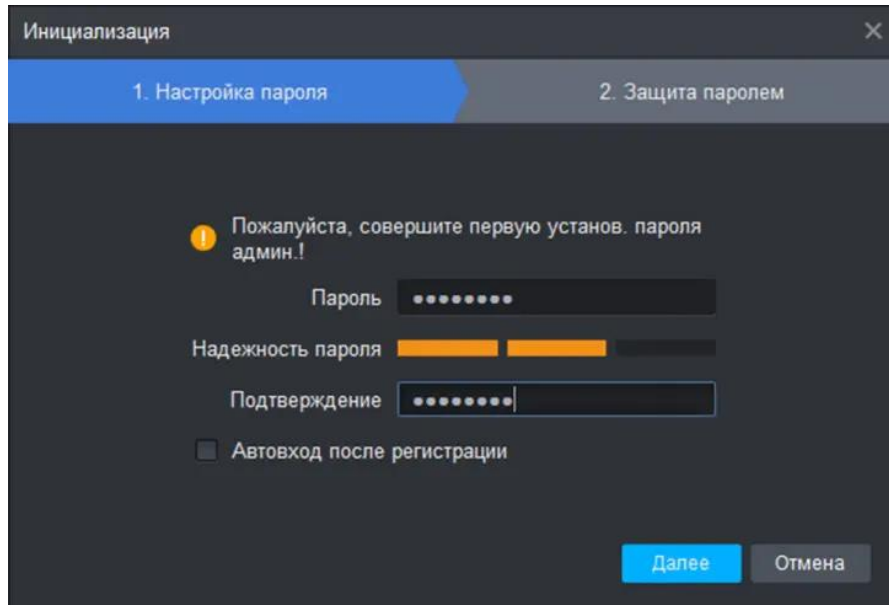


Рисунок 5.30 — Встановлення пароля

Після цього буде вікно для авторизації – необхідно буде ввести логін та пароль. У разі логін зазвичай стандартний – admin, а пароль той, що ви вже вказували під час реєстрації. Вона має бути автоматично заповнена після реєстрації, а якщо порожня – заповніть. Щоб забезпечити високу безпеку, рекомендується зняти галочку із «Запам'ятати пароль», у такому разі щоразу при запуску програми потрібно буде заново вводити пароль.

Якщо залишити галочку на «Авто логін», то під час наступного запуску авторизація буде відбуватися без участі користувача. Після цього потрібно натиснути кнопку "Авторизація". Якщо ви під час реєстрації поставили галочку біля «Автоматичний вхід після реєстрації», авторизація буде відбуватися в автоматичному режимі.

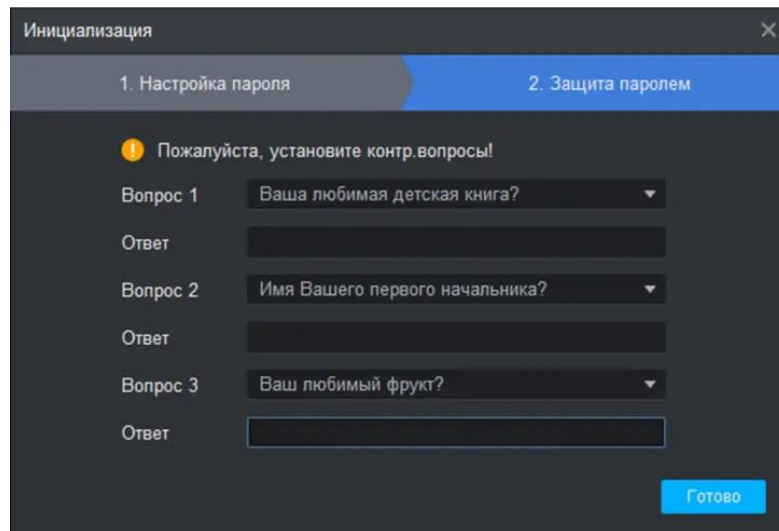


Рисунок 5.31 — Додаткові заходи безпеки

Після цього з'явиться вікно програми, де буде вікно помічника – його потрібно буде закрити.

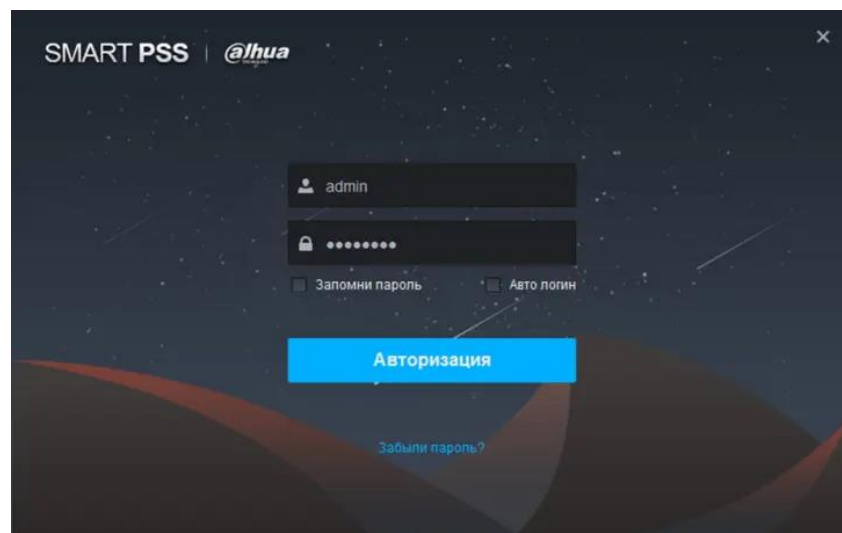


Рисунок 5.32 — Вікно ідентифікації

Коли ви вперше запуснете програму і закриєте асистента, перед вами буде відкрито вікно з порожньою таблицею пристроїв. З її допомогою додаються нові пристрої до бази, видаляються непотрібні та відображаються вже внесені дані.

Висновок: У цьому розділі було виконано роботи з налаштування мережевих служб на операційній системі Ubuntu Server. Зокрема, встановлено та налаштовано DHCP, DNS та FTP для забезпечення коректної роботи мережі. Додатково здійснено встановлення і налаштування програмного забезпечення для інтеграції та управління IP-камерами, що дозволяє забезпечити стабільний контроль і зберігання відеоданих.

ВИСНОВКИ

В ході магістерської роботи було отримані наступні результати:

Перший розділ магістерської роботи присвячений аналізу існуючого активного та пасивного обладнання мережі. Було вивчено технічні характеристики, функціональні можливості, а також рівень відповідності сучасним вимогам. У результаті аналізу було виявлено, що наявне обладнання не забезпечує належного рівня продуктивності, надійності та безпеки, що унеможлиблює ефективну підтримку освітнього процесу в сучасних умовах. Застарілі технології та відсутність можливостей для масштабування стали основними причинами необхідності модернізації.

У другому розділі проведено розробку проєкту локальної мережі. Проєктування виконувалось за допомогою спеціалізованих програмних засобів, таких як Microsoft Visio для створення структурних схем, та Cisco Packet Tracer для моделювання роботи мережі. В результаті було створено детальну модель локальної мережі, яка враховує специфіку освітньої установи, розташування обладнання, потреби в пропускій здатності та забезпечення безперебійного зв'язку між усіма компонентами системи.

Третій розділ зосереджено на виборі оптимального обладнання для модернізації мережі школи. Було проведено аналіз ринку мережевого обладнання, оцінено його технічні характеристики, сумісність та відповідність поставленим завданням. На основі аналізу були підібрані активні та пасивні компоненти, які забезпечують високу продуктивність, енергоефективність і відповідність бюджету. Окрім цього, було виконано розрахунок загальної вартості проєкту.

У четвертому розділі детально описано дослідження методу "зміщеного ідеалу", який було використано для порівняння обраних варіантів обладнання. Цей метод дозволив обґрунтувати доцільність вибору конкретних моделей пристроїв на основі багатокритеріального аналізу.

П'ятий розділ зосереджено на практичних аспектах налаштування локальної мережі. Було виконано конфігурацію ключових мережевих служб, зокрема DHCP, DNS та FTP, які забезпечують автоматизацію управління IP-адресами, підтримку доменних імен та обмін файлами. Особлива увага приділена налаштуванню програмного забезпечення для роботи з IP-камерами, яке забезпечує високоякісне відеоспостереження та збереження відеофайлів на сервері. Детально описані всі етапи налаштування.

					КНУ.РМ.123.24.01.В		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ Літера Аркуш Аркушів ЗКІ-23м		
Розробив	Шабадаш						
Перевірив	Музика						
Н.контроль	Кузнецов						
Затвердив	Купін						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сторінка товару на офіційному сайті Edge Core URL: <https://www.edge-core.com/ru/product/ecs3510-28t/> (дата звернення..2024)
2. Сторінка товару на офіційному сайті TP-Link URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/home-networking/wifi-router/tl-wr841n/#overview> (дата звернення..2024)
3. Асер буде поставляти комп'ютери Founder для української освіти URL: <https://www.unian.ua/economics/transport/690220-acer-bude-postavlyati-kompyuteri-founder-dlya-ukrajinskoji-osviti.html> (дата звернення..2024)
4. Сторінка Microsoft Visio на офіційному сайті Microsoft URL: <https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/visio/flowchart-software> (дата звернення..2024)
5. Сторінка Cisco Packet Tracer на офіційному сайті Cisco URL: <https://www.netacad.com/cisco-packet-tracer> (дата звернення..2024)
6. Порівняння серверів на офіційному сайті Artline URL: <https://artline.ua/uk/comparison?category=servery-artline&products=T25v39%2CT37v41%2CT28v02> (дата звернення..2024)
7. Сорінка RAID-контролера LSI Logic Mega RAID SAS 9271-8i SGL на сайті інтернет-магазину Onix URL: https://www.onix.kiev.ua/product.aspx?id=MEGARAIID_SAS_9271-8I_SGL (дата звернення ..2024)
8. Сорінка RAID-контролера Broadcom Mega RAID 9460-16i на сайті інтернет-магазину Onix URL: <https://www.onix.kiev.ua/product.aspx?id=9460-16i> (дата звернення..2024)
9. Сорінка RAID-контролера RAID LSI Mega RAID SAS 9361-8i на сайті інтернет-магазину E-Server URL: <https://e-server.com.ua/uk/kontroler-raid-lsi-megaraid-sas-9361-8i-2gb-05-25420-17?srsItd=AfmBOoqBg5AF8GFA2REVpuhSSQH0EDnaaRPmUtZiUAWTrp-t26FJD7nH> (дата звернення..2024)
10. Сторінка комутатора на офіційному сайті TP-Link URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/business-networking/managed-switch/tl-sg3428/> (дата звернення ..2024)
11. Сторінка комутатора на офіційному сайті TP-Link URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/service-provider/managed-switch/tl-sg3424p/> (дата звернення..2024)
12. Сторінка комутатора на сайті інтернет магазину Itel URL: <https://itel.ua/cbs220-24fp-4g-eu> (дата звернення..2024)

					КНУ.РМ.123.24.01.СПД					
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ					
Розробив	Шабадаш							Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Музика									
Н.контроль	Кузнєцов							ЗКІ-23м		
Затвердив	Купін									

13. Сторінка безперебійного джерела живлення на офіційному сайті MUST URL: <https://www.mustenergy.com.ua/product/invertor-must-pv18-3224-vpm2-3-2kvt/> (дата звернення..2024)

14. Сторінка безперебійного джерела живлення на офіційному сайті LogicPower URL: <https://logicpower.ua/ua/solnechnye-invertora/colnechnyy-invertor-ibp-lpy-c-psw-5000va-3500w-mppt48v/specifications> (дата звернення..2024)

15. Сторінка безперебійного джерела живлення на офіційному сайті LogicPower URL: <https://logicpower.ua/ua/ibp-s-pravilnoy-sinusoidoy/ibp-s-pravilnoy-sinusoidoy-12v-lpm-psw-1500va-1050vt/specifications> (дата звернення..2024)

16. Сторінка IP-камери на офіційному сайті Hikvision URL: https://hikvision.systems/product/DS-2CD2043G2-I-4?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAouG5BhDBARIsAOc08RSbZoSk672pP8AeF0iCO3mcTG34FiuZX-de-X8j48IzOiQf8KWh3VkaAo07EALw_wcB (дата звернення..2024)

17. Сторінка IP-камери на офіційному сайті Dahua URL: <https://dahua-technology.com.ua/dahua-dh-ipc-hfw1431s1p-s4-28mm> (дата звернення..2024)

18. Сторінка IP-камери на офіційному сайті TP-Link URL: <https://www.tp-link.com/uk-ua/home-networking/cloud-camera/tapo-c320ws/v2.2/> (дата звернення..2024)

19. Порівняння роутерів на сайті маркетплейсу Rozetka URL: <https://rozetka.com.ua/ua/comparison/c80193/ids=305802453,372616290,431023415/> (дата звернення..2024)

20. Сторінка інтерактивної панелі на офіційному сайті Promethean URL: <https://prometheanworld.com.ua/shop/interaktyvna-panel-activpanel-9-premium-tsina-harakterystyky-kupyty-dlya-osvity/> (дата звернення..2024)

21. Сторінка інтерактивної панелі на офіційному сайті B-PRO URL: <https://b-pro.com.ua/katalog/prezentacijne-obladnannya/interaktivnij-displej-b-pro-65-z-android-13.0> (дата звернення..2024)

22. Сторінка інтерактивної панелі на офіційному сайті Newline URL: <https://newline-interactive.com/ru/products/lyra/> (дата звернення..2024)

23. Сторінка багатофункціонального пристрою на сайті онлайн-сервісу Hotline URL: <https://hotline.ua/ua/computer-printery-kopiry-mfu/brother-mfc-18900cdw-mfc18900cdwre1/> (дата звернення..2024)

24. Сторінка багатофункціонального пристрою на сайті онлайн-сервісу Hotline URL: https://hotline.ua/ua/computer-printery-kopiry-mfu/hp-color-lj-prom283fdw-plus-wi-fi-7kw75a/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAi_G5BhDXARIsAN5SX7qOyTRPJec-cQfU1F4LkxGmo0F_5k_R1O38dINMmk0rSSVOOzhx5mgaAkwGEALw_wcB (дата звернення..2024)

25. Сторінка багатофункціонального пристрою на сайті онлайн-сервісу E-Katalog URL: <https://ek.ua/ua/EPSON-ECOTANK-ET-5850.htm> (дата звернення..2024)

					КНУ.РМ.123.24.01.СПД	Арк.
Арк.	№ документа	Підпис	Дата			

26. Порівнянням комп'ютерів на офіційному сайті Artline URL: <https://artline.ua/uk/comparison?category=kompyutery-artline&products=H55v07,H54v08,H54v03> (дата звернення..2024)

27. Порівнянням ноутбуків на сайті онлайн-сервісу Hotline URL: <https://hotline.ua/ua/computer/noutbuki-netbuki/cmp/?s=24212304-24316910-24252024&referer=%2Fcomputer-noutbuki-netbuki%2Facer-aspire-5-a515-45-r97q-nxa83ex001%2F%3Ftab%3Dabout> (дата звернення..2024)

28. Сторінка серверної шафи на офіційному сайті Hypernet URL: <https://shop.hypernet.com.ua/nastennye-shkafy/shkaf-kommutatsionnyu-12u-540x400-nastennyyu-eriya-soho-razbornoy-hypernet-wmnc-40-12u-soho-flat/> (дата звернення..2024)

29. Сторінка серверної шафи на сайті інтернет-магазину Arsi URL: https://arsi.top/ua/p2429796958-shkaf-servernyj-tripp.html?srsId=AfmBOopwDKJKhIMebCKil_gcOxxMOX2Yfp4zmFhLEjTJpH-JUvNQpEry (дата звернення..2024)

30. Сторінка серверної шафи на сайті інтернет-магазину Pasivka URL: https://pasivka.com.ua/ua/wmnc66-6u-flat-black.html?gad_source=4&gclid=Cj0KCQiAvP-6BhDyARIsAJ3uv7YQyuVrFJnUAuXO3U9j5YmFJZ3grdKiG7zwUzXa2lXRSRyHeUEDpHkaAt16EALw_wcB (дата звернення..2024)

31. Порівняння патч-панелей на сайті маркетплейсу Rozetka URL: <https://rozetka.com.ua/ua/comparison/c4631586/ids=390275637,390276261,415347306/> (дата звернення..2024)

32. Порівняння мережевих кабелів на сайті інтернет-магазину Electrica Shop URL: <https://electrica-shop.com.ua/ua/compare.php> (дата звернення..2024)

33. Сторінка кабельного каналу на сайті інтернет-магазину Electrica Shop URL: https://electrica-shop.com.ua/ua/p30267-mini-kanal_25h25_ultra_pvh (дата звернення..2024)

34. Сторінка мережевої розетки на сайті маркетплейсу Rozetka URL: <https://rozetka.com.ua/ua/238693369/p238693369/> (дата звернення..2024)

35. Офіційний сайт Ubuntu Server URL: <https://ubuntu.com/download/server> (дата звернення..2024)

36. Сторінка програмного забезпечення Rufus на платформі цифрової дистрибуції Microsoft Store URL: https://apps.microsoft.com/detail/9pc3h3v7q9ch?cid=msft_web_chart&hl=uk-UA&gl=UA (дата звернення..2024)

37. Установка програми Smart PSS Lite - докладна інструкція URL: <https://dahua-technology.com.ua/ua/ustanovka-programmy-smart-pss> (дата звернення..2024)