

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інформаційних технологій
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня
Освітній рівень

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Шифр і назва спеціальності

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва спеціальності

Освітня програма Телекомунікації та радіотехніка

Назва освітньої програми

на тему **ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ
МУЛЬТИМЕДІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

ДРТР.022187.01.08.ПЗ

Виконав: здобувач 2 курсу, група ТР_м-22-1


підпис

Олександр Мейхер
Ім'я, прізвище

Керівник: к.т.н., доцент


підпис

Віктор Стецюк
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:

Іав. кафедри: д-р техн. наук, доцент

18 12 2023 р.


підпис

Сергій Підченко
Ім'я, прізвище

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *інформаційних технологій*
Кафедра *телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій*
Освітній рівень *другий (магістерський)*
Галузь знань *17 – Електроніка та телекомунікації*
Спеціальність *172 – Телекомунікації та радіотехніка*
Освітня-професійна програма *Телекомунікації та радіотехніка*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою

« 1 » 09 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Мейхеру Олександр Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: інноваційна технологія використання мультимедійного середовища в навчальному процесі

керівник роботи Стецюк Віктор Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

к. т. н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено наказом по університету від « 15 » серпня 2023 р. № 30.

2. Термін подання здобувачем роботи на кафедру: 05.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Мета роботи: підвищення ефективності використання мультимедійного середовища на основі безпроводових мереж в навчальному процесі

Об'єкт дослідження: процеси організації потоків даних мультимедіа

Предмет дослідження: телекомунікаційні та мультисервісні мережі

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

- 1) провести огляд існуючих мережних та мультимедійних технологій, здійснити аналіз технічного стану приміщень навчального закладу;
- 2) сформувати математичний апарат керування трафіком безпроводових мереж;
- 3) розробити методику проектування безпроводових мереж в навчальних закладах;
- 4) запропонувати структурну схему і топологію сучасної мультимедійної мережі конкретного приміщення.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень): слайди презентації.

6. Консультанти розділів роботи.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 15.08.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапу (розділу) дипломної роботи	Термін виконання етапу роботи	Примітка
1	Одержання завдання на МР	15.08.23	Виконав
2	Пошук літературних джерел за заданою тематикою	16.08.23-18.08.23	Виконав
3	Формування завдання, об'єкта, предмета	21.08.23-22.08.23	Виконав
4	Виконання вступу до роботи	23.08.23-25.08.23	Виконав
5	Виконання 1 розділу роботи	28.08.23-01.09.23	Виконав
6	Виконання 2 розділу роботи	04.09.23-29.09.23	Виконав
7	Проходження практики. Звіт з практики	04.09.23-20.10.23	Виконав
8	Виконання 3 розділу роботи	20.10.23-03.11.23	Виконав
9	Виконання 4 розділу роботи	06.11.23-17.11.23	Виконав
10	Формування висновків	20.11.23-21.11.23	Виконав
11	Формування переліку посилань	22.11.23-24.11.23	Виконав
12	Створення презентації	27.11.23-30.11.23	Виконав
13	Підготовка роботи до перевірки на антиплагіат	4.12.23	Виконав
14	Подання готової роботи на кафедру	05.12.23	Виконав
15	Одержання відгуків та рецензій	11.12.23	Виконав

Здобувач


Підпис


Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис


Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: «Інноваційна технологія використання мультимедійного середовища в навчальному процесі»

Автор роботи: Мейхер Олександр Андрійович

Керівник роботи: Стецюк Віктор Іванович

Пояснювальна записка: 124 сторінки, 60 рисунків, 7 таблиць, 24 джерела, 2 додатки.

Графічна частина: 12 слайдів презентації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МУЛЬТИМЕДІА, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ, БЕЗДРОТОВІ МЕРЕЖІ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, НАВЧАЛЬНИЙ ПРОЦЕС.

Мета роботи: підвищення ефективності використання мультимедійного середовища на основі безпроводових мереж в навчальному процесі

Об'єкт дослідження: процеси організації потоків даних мультимедіа

Предмет дослідження: телекомунікаційні та мультисервісні мережі

В першому розділі досліджується ситуація, яка склалася в країні в освітньому процесі в умовах дефіциту електроенергії. Представлено математичний апарат, який описує тривалість перебоїв в енергосистемі, середню кількість відключень на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту короткочасних перерв. Здійснено детальний огляд та аналіз мережевих пристроїв.

У другому розділі розглянута технічна специфікація безпроводових мереж різного типу. Розроблено структуру безпроводового каналу Wi-Fi у вигляді пари передавач-приймач. Створено математичну модель керування трафіком безпроводових мереж на основі систем масового обслуговування, яка в свою чергу базується на теорії телетрафіка. В рамках поставлених задач, удосконалено методи оцінки прогнозованої пропускної здатності та якості обслуговування. Проведено детальну класифікацію систем масового обслуговування. Розроблена оригінальна структура системи масового обслуговування, максимально адаптована до лабораторії мультимедіа навчального закладу.

У третьому розділі побудовано варіативні схеми забезпечення навчального процесу та організації робочого місця викладача лабораторії мультимедіа. Враховано найрізноманітніші типи мережевого та мультимедійного обладнання. Розглянуто проводові та безпроводові мережні технології. Побудовано топологію мережі.

В четвертому розділі здійснено підбір реального обладнання лабораторії мультимедіа. Пропонуються конкретні моделі промислових зразків, їх поєднання, приводяться детальні технічні характеристики. Запропонована апаратна реалізація дозволяє побудувати мультимедійну мережу навчальної аудиторії з великою кількістю варіативних поєднань. Акцент здійснено на забезпеченні мультимедійності та інтерактивності із дотриманням бездротових енергозберігаючих автономних технологій.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	6
Вступ	7
1. Аналіз літературних та електронних джерел за темою дослідження	11
1.1. Аналіз стану енергетичної інфраструктури країни	11
1.2. Мережеве обладнання	17
Висновки до розділу 1	23
2. Математична модель керування трафіком безпроводових мереж	24
2.1. Технічна специфікація безпроводових мереж	24
2.2. Моделювання безпроводових мультимедійних мереж	32
Висновки до розділу 2	46
3. Розробка схеми та топології мережі лабораторії мультимедіа	48
3.1. Схема організації мультимедійного робочого місця викладача	48
3.2. Топологія мережі лабораторії мультимедіа	66
Висновки до розділу 3	71
4. Підбір обладнання лабораторії мультимедіа	72
4.1. Стаціонарний маршрутизатор	72
4.2. Автономний портативний маршрутизатор	73
4.3. Wi-Fi адаптер	77
4.4. Мультимедійний адаптер	79
4.5. USB-USB адаптер	82
4.6. Відтворювальний пристрій	84
Висновки до розділу 4	93
Висновки	94
Перелік джерел посилання	96
Додатки	99
Додаток А. Копії публікацій	99
Додаток Б. Слайди презентації	112

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

РІП –	Розподіл інформаційних потоків
СМО –	Системам масового обслуговування
Bluetooth –	Технологія безпроводового зв'язку
IP –	Internet Protocol address, унікальний числовий ідентифікатор мережевого рівня
LAN –	Local Area Network, локальна мережа
MAC –	Media Access Control, управління доступом до посередників
OSI –	Open System Interconnection, середовище зв'язку відкритих систем
CAIDI –	Customer Average Interruption Duration Index
MAIFI –	Momentary Average Interruption Frequency Index
SAIDI –	System Average Interruption Duration Index, SAIDI
SAIFI –	System Average Interruption Frequency Index)
SMART TV –	технологія телевізійних приймачів із вбудованою системою Internet
VPN	Virtual Private Network, віртуальна приватна мережа
Wi-Fi	Wireless Fidelity, технологія безпроводового зв'язку
WLAN	Wireless Local Area Networks, стандарт безпроводового локального зв'язку IEEE 802.11
WMAN	Wireless Metropolitan Area Networks, стандарт безпроводового зв'язку масштабу міста IEEE 802.16
WPAN	Wireless Personal Area Networks, стандарт безпроводового персонального зв'язку IEEE 802.15
WWAN	Wireless Wide Area Network, стандарт глобального безпроводового зв'язку

ВСТУП

На сьогоднішній день безпроводові технології займають чільне місце у наукових дослідженнях та серед новинок технічних розробок. Ми стоїмо на порозі ери безпроводових технологій, на наших очах змінюється світ, переходить у віртуальний простір та у простір телекомунікацій без провідників та без меж взагалі. Розробляються концепції безпроводових мереж індивідуального характеру, локального, об'єму міст та глобального. Впроваджуються системи Smart та Home Smart City, основою яких є безпроводові пристрої, здатні само організовуватися у гнучкі мережі.

Розвиток безпроводових технологій позначився також і на навчальному процесі. Навчальні заклади стали активно використовувати мережі Wi-Fi. Разом із тим актуальними залишаються і проводові телекомунікаційні мережі. На сьогоднішній день саме такий симбіоз поєднання проводових мереж із безпроводовими технологіями являється найбільш популярним. Однак зручність та перевага безпроводових комунікацій безперечна. Відсутність проводів та зручність прокладання мереж без застосування монтажних робіт дозволяють зекономити чимало коштів навчальному закладові.

Для організації освітнього процесу, окрім наявності розвинутої структури телекомунікаційних мереж, важливим являється наявність сучасних технологій візуалізації. Тут також розвиток науки і техніки не стоїть на місці. На зміну старим методам із крейдою і маркером приходять сучасні інтерактивних форми навчання. Поєднання цих технологій із мережними технологіями із залученням локальних та глобальних мереж дозволяє ще збільшити та функціонально доповнити можливості навчального процесу.

Технологія бездротових мереж однозначно завойовуватиме все більшу популярність, оскільки забезпечує ряд безперечних зручностей: низька вартість обладнання, простота встановлення, налагодження і експлуатації, висока гнучкість побудови інфраструктури, можливість будувати архітектуру типу “mesh”, висока швидкість передачі даних, та інш.

Однак, забезпечення навчання в сьогоденних умовах тривоги, блекаутів та тривалих перерв в електропостачанні, дається дуже не просто. Аналіз актуальних літературних джерел та проведений пошук за темою дослідження показав актуальність даного питання. Навіть у розвинутих країнах з нормально працюючими енергетичними ресурсами також можливі ситуації відсутності електроенергії. За останні десятиліття ми спостерігали повені, шторми, землетруси та інші природні явища по всій земній кулі. Тому розвитку енергонезалежних технологій, в тому числі в навчальному процесі, приділяється велика увага. Всі телекомунікаційні пристрої стаціонарного характеру (персональні комп'ютери, проектори, телевізійні приймачі, інтерактивні дошки, тощо, потребують живлення. Дефіцит електроенергії призводить до втрати зв'язку в локальних і глобальних мережах. Дана проблематика потребує інноваційних рішень, впровадження безпроводових енергозберігаючих технологій.

Актуальність роботи полягає у комплексному вирішенні проблеми забезпечення навчального процесу в умовах дефіциту електроенергії із застосуванням безпроводових технологій. Розроблено математичний апарат роботи безпроводових мультимедійних мереж на основі систем масового обслуговування (СМО). Відомо ряд робіт [6-17], присвячених розгляду теорії масового обслуговування, частина яких адаптована саме до телекомунікаційних мереж [6, 9, 13, 14]. В ряді робіт [7, 8, 10-12, 15-17] приводиться загальний математичний апарат аналізу СМО. Процеси, які розглядаються в рамках даної теорії, носять стохастичний характер, тобто опис процесів у СМО в телекомунікаціях ґрунтується на математичному апараті теорії імовірності, носячи детермінованими або стохастичний характер. Теорія систем масового обслуговування, в свою чергу базується на теорії телетрафіка, головною задачею якої є дослідження основних процесів телекомунікаційних систем. В рамках описаної постановки задачі, найважливішим етапом проектування телекомунікаційних мереж є оцінка прогнозованої пропускної здатності та якості обслуговування в умовах впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Науково обґрунтоване планування та оптимізація телекомунікаційних та мультимедійних мереж, які забезпечують надання інформаційних послуг із заданими показниками якості обслуговування, є дуже складною науково-технічною проблемою, без вирішення якої неможливе створення інформаційної інфраструктури, що відповідає потребам розвинутого суспільства.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Магістерська робота виконана відповідно до поточних та перспективних планів наукової роботи Хмельницького національного університету, кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій за тематикою дослідження безпроводових мультимедійних телекомунікаційних мереж.

Мета роботи і задачі дослідження.

Метою дипломної підвищення ефективності використання мультимедійного середовища на основі безпроводових мереж в навчальному процесі.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані наступні задачі:

- 1) провести огляд існуючих мережних та мультимедійних технологій, здійснити аналіз технічного стану приміщень навчального закладу;
- 2) сформувати математичний апарат керування трафіком безпроводових мереж;
- 3) розробити методику розрахунку безпроводових мереж в навчальних закладах;
- 4) запропонувати структурну схему і топологію сучасної мультимедійної мережі конкретного приміщення.

Об'єкт дослідження – процеси організації потоків даних мультимедіа.

Предмет дослідження – телекомунікаційні та мультисервісні мережі.

Методи дослідження. Дослідження базуються на загальних положеннях математичного аналізу. Теоретичні дослідження проводилися з використанням теорії імовірності. Експериментальні дослідження проведені з використанням теорії вимірів та обробки результатів експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів.

Створено математичну модель керування трафіком безпроводових мереж на основі систем масового обслуговування.

В рамках поставлених задач, удосконалено методи оцінки прогнозованої пропускної здатності та якості обслуговування. Показано, що в якості перспективного напрямку наукових досліджень систем масового обслуговування на основі телетрафіка, необхідне поєднання імовірнісних методів аналізу, синтезу та оптимізації розподілу інформаційних потоків.

Проведено детальну класифікацію систем масового обслуговування. Розроблена оригінальна структура системи масового обслуговування, максимально адаптована до лабораторії мультимедіа навчального закладу.

Побудовано унікальні варіативні схеми забезпечення навчального процесу та організації робочого місця викладача лабораторії мультимедіа із врахуванням найрізноманітніших типів мережевого та мультимедійного обладнання.

Побудовано топологію телекомунікаційної мережі, адаптованої для лабораторії мультимедіа.

Практичне значення отриманих результатів.

Робота пройшла апробацію на міжнародній конференції у Франції: Стецюк В. І. Організація бездротових мереж у навчальному процесі на основі систем масового обслуговування / В. І. Стецюк, О. А. Мейхер // The XII International Scientific and Practical Conference "Youth, education and science through today's challenges", November 04-06, 2023, Bordeaux, France. 454 p. – С. 409-414. ISBN – 9-789-46485-381-0. URL: <https://eu-conf.com/ua/events/youth-education-and-science-through-today-schallenges/>.

Публікації. На базі даної магістерської роботи була опублікована стаття у фаховому журналі “Використання бездротових технологій у навчальному процесі в умовах дефіциту електроенергії” / В. І. Стецюк, О. А. Мейхер // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2023. – № 6.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз стану енергетичної інфраструктури країни.

Бурхливий розвиток безпроводових технологій позначився також і на навчальному процесі. Це стосується в основному візуалізації подання матеріалу та запровадження інтерактивних форм навчання. Існують навіть пристрої, які вдало поєднують у собі ці дві важливі функції – візуалізацію та інтерактивність. Поєднання цих технологій із мережними технологіями із залученням локальних та глобальних мереж дозволяє ще збільшити та функціонально доповнити можливості навчального процесу. Однак в сьогоденних реаліях збоїв, тривалих перерв в електропостачанні та блекаутів наявність вказаних технологій зводиться не гарантує безперервного якісного проведення занять. Проектори, SMART TV, інтерактивні дошки по-перше потребують живлення, яке може бути відсутнім, і, по-друге, дефіцит електроенергії призводить до втрати зв'язку в локальних і глобальних мережах. Дана проблематика потребує інноваційних рішень, впровадження безпроводових енергозберігаючих технологій.

Військова ситуація в Україні дуже вплинула на всі сфери життя суспільства, зокрема внесла корективи в освітній процес. Вимушені відключення електроенергії створюють перешкоди на всіх рівнях освіти: стаціонарній денній формі навчання, дистанційному навчанню, змішаним формам. Особливо це стосується дефіциту електроенергії та періодичних блекаутів (*blackout* – з англійської мови термін, який служить для визначення системних аварій в енергосистемі, що супроводжується масовим відключенням споживачів). Подібні інциденти мають масштабний та інколи тривалий характер (від кількох годин, до кількох діб) [1]. Тільки за перший рік повномасштабного вторгнення Російської Федерації здійснено 255 атак на об'єкти енергетичної інфраструктури України (рис. 1.1). Слід також врахувати планові відключення електроенергії, стихійні лиха, аварії та позапланові заходи, внаслідок яких може бути відсутнім енергопостачання.

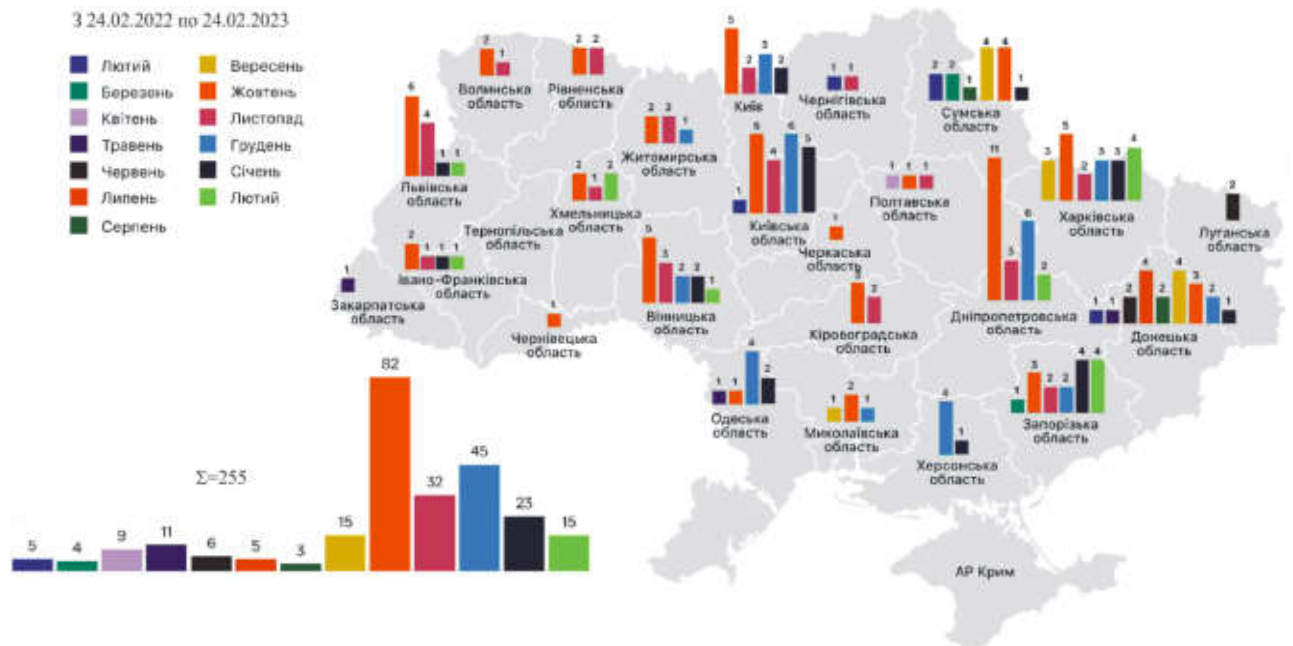


Рисунок 1.1 – Інфографіка атак РФ на об'єкти енергетичної інфраструктури України

Бездіяльність у даному напрямку може призвести до втрати мотивації учасників навчального процесу, що у свою чергу може мати довгострокові наслідки для їхнього майбутнього та майбутнього країни. Неприпустимою являється перспектива одержання недостатньої кваліфікації та недостатнього рівня компетентностей для здобувачів освіти. Особливо це стосується технічних напрямків освіти, де надзвичайно важливим є здобуття практичних навиків, робота зі спеціалізованим обладнанням (приладами, макетами, установками, тощо).

В рамках організації освітнього процесу постає необхідність гнучкого та комплексного підходу до вирішення проблеми дефіциту електроенергії. Робота закладів освіти та їх окремих підрозділів вимагає впровадження сучасних енергозберігаючих технологій, автономних джерел енергії, технологій безпроводового зв'язку та інших новацій, направлених на створення повністю незалежних умов роботи.

Математична модель процесів дефіциту електроенергії та блекаутів може бути побудована на основі індексів SAIDI, CAIDI, SAIFI та MAIFI.

SAIDI (System Average Interruption Duration Index, SAIDI) – індекс середньої тривалості переривання в роботі системи, тобто показник середньої тривалості відключення для кожного абонента електромережі. Даний індекс зазвичай використовується як показник надійності електропостачання, який на практиці стараються мінімізувати: чим нижчий показник, тим вищий рівень надійності [2].

SAIDI розраховується як відношення сумарної тривалості відключень за звітний період до загальної кількості клієнтів:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^k (t_i \cdot n_i)}{n} \quad (1.1)$$

де t_i – тривалість i -ї перерви в електропостачанні, хв.;

n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;

n – загальна кількість абонентів;

k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;

i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

SAIDI вимірюється в одиницях часу, як правило у хвилинах. Зазвичай даний показник вимірюють протягом року (рис. 1.2).

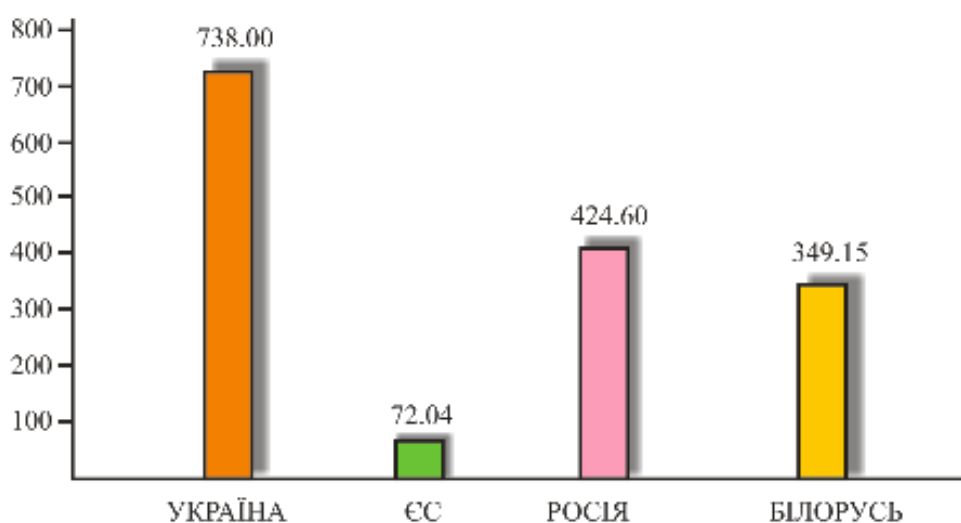


Рисунок 1.2 – Приклад індексу SAIDI за 2018 р.

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) – це середня кількість знеструмлень одного абонента. Інакше кажучи, даний індекс характеризує частоту перерв в електропостачанні. Аналогічно SAIDI, чим нижчі показники, тим вищий рівень надійності електропостачання абонентів. SAIFI розраховується як відношення сумарної кількості відключених абонентів за звітний період до загальної кількості абонентів:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n} \quad (1.2)$$

де n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;

n – загальна кількість абонентів;

k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;

i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.



Рисунок 1.3 – Приклад індексу SAIFI за період від 2016 до 2020 р.

Для деяких країн середнє значення індексу надійності електропостачання SAIFI вказано у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Середнє значення показника SAIFI для різних країн

Країна	Значення SAIFI
США	0,9
Великобританія	0,77
Бельгія	0,94
Швеція	1,2
Італія	3,8
Нідерланди	0,14
Франція	1,26
Україна	6,3

CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) – індекс середньої тривалості відновлення електропостачання. Розраховується як відношення сумарної тривалості відключення абонентів за звітний період до сумарної кількості відключених абонентів. Виражає середній час відновлення електропостачання одного відключеного абонента:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{\sum_{i=1}^k (t_i \cdot n_i)}{n_i} \quad (1.3)$$

де t_i – тривалість i -ї перерви в електропостачанні, хв.;

n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;

k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;

i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

Попередні показники (SAIDI, SAIFI та CAIDI) характеризують ситуацію тривалих відключень електроенергії.

Разом із тим, MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index) – індекс середньої частоти коротких перерв (менш ніж 3 хвилини) в електропостачанні. Розраховується як відношення сумарної кількості відключених клієнтів за звітний період до загальної кількості клієнтів. Виражає середню кількість коротких знеструмлень одного клієнта:

$$MAIFI = \frac{\sum_{j=1}^r n_j}{n} \quad (1.4)$$

де n_j – кількість абонентів, відключених в результаті j -ї короткої перерви в електропостачанні;

n – загальна кількість абонентів;

r – кількість коротких перерв в електропостачанні упродовж звітнього періоду;

j – номер короткої перерви в електропостачанні $j=1, 2, 3 \dots r$.

Сучасний стан розвитку телекомунікацій пропонує надзвичайно широкий діапазон безпроводових технологій. Технологія безпроводового зв'язку набула широкого поширення останнім часом. Це є логічно очікуваним та прогресивним процесом розвитку телекомунікацій, оскільки забезпечує ряд безперечних зручностей як для провайдерів, так і для користувачів. Безпроводові мережі мають порівняно невелику комерційну вартість монтажу, на відміну від прокладання кабелів. І це стосується як територій із щільною забудовою, так і тривалих відкритих просторів. У першому випадку прокладання дротових комунікацій потребує втручання в густу сітку міських комунікацій, стикається з проблемами щільної забудови, приватних територій, необхідністю проведення дорогих і трудомістких земляних робіт. У випадку прокладання тривалих трас на відкритих територіях, це може бути нерентабельним через малочисельне заселення даних територіальних одиниць та невеликої кількості абонентів. Разом із тим технології безпроводового зв'язку мають високу гнучкість побудови інфраструктури, можуть працювати точково в самих необхідних та густозаселених місцях. Крім того, сучасні мережі дозволяють будувати mesh архітектуру, забезпечуючи розширення зони обслуговування без втрати якості та швидкості передачі даних. Кожна складова даної архітектури автоматично отримує інформацію про всі інші точки доступу в мережі, здійснює свою ідентифікацію та володіє функціями самовідновлення та самоадаптації.

1.2. Мережеве обладнання.

Організація навчального процесу на сучасному методичному та науковому рівнях потребує використання певних технічних засобів. Конкретну структуру та номенклатуру буде розроблено в наступних розділах. Але є складові, без яких буде неможливо обійтися – це мережеве обладнання (дротове та бездротове). Це концентратори, комутатори, роутери, тощо.

Мережевий концентратор або хаб (Hub) забезпечує об'єднання *n*-ї кількості робочих місць у єдину локальну мережу (LAN)) для контролю і розподілу Ethernet-ресурсів та обміну даними. Основним призначення мережного концентратора є переадресація вхідних повідомлень, тобто одержання сигналу з інформацією на один з портів і передача далі на інші порти (рис. 1.4).

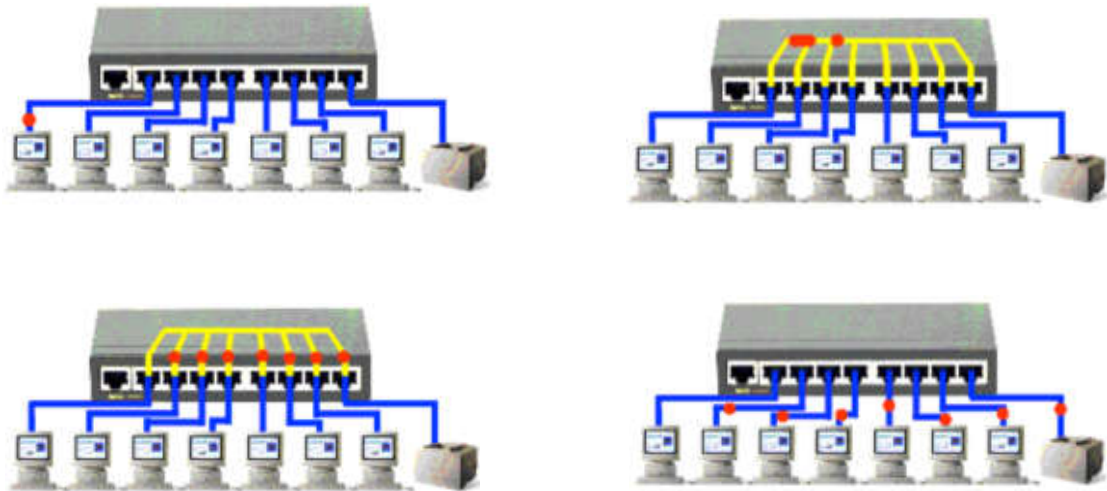


Рисунок 1.4 – Мережевий концентратор

Концентратор працює на фізичному (першому) рівні мережевої моделі OSI, ретранслюючи вхідний сигнал з одного з портів сигнал на всі інші (підключені) порти. Таким чином, пропускна спроможність мережі розділена між всіма пристроями, а передача ведеться у режимі напівдуплексу. Мережевий концентратор також забезпечує безперебійну роботу мережі при відключенні

пристрою від одного з портів або пошкодженні кабелю, на відміну, наприклад, від мережі на коаксіальному кабелі.

Однак у роботі концентратора неминучі колізії (тобто спроба двох і більше пристроїв почати передачу одночасно) через можливе зіткнення пакетів даних на одному з портів, що значно сповільнює процес передачі даних. В цьому випадку пристрої самостійно припиняють передачу та відновлюють спробу через випадковий проміжок часу.

Апаратна реалізація мереж на основі концентраторів передбачає застосування кабельної інфраструктури типу кручена пара (рис. 1.5) [3, 4].

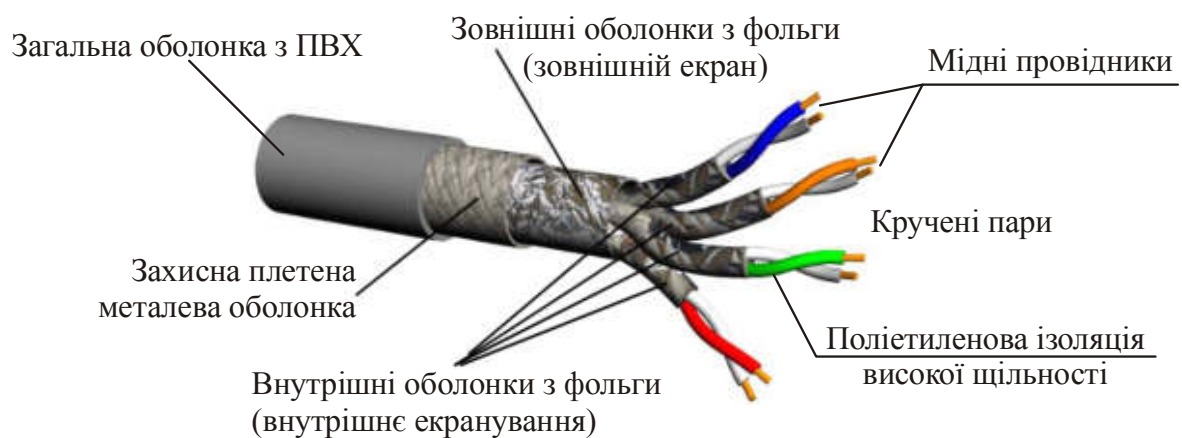


Рисунок 1.5 – Кабель типу кручена пара

На сьогоднішній день комутатори втрачають свої позиції в порівнянні з іншими мережевими пристроями. Вони мали суттєву перевагу на початку розитку комунікаційних мереж – низьку вартість. Однак в міру вдосконалення та здешевлення мікроконтролерів та інших електронних компонентів дана перевага концентратора повністю зникла. Разом із тим концентраторам притаманні всі недоліки топології “загальна шина”, тобто зниження пропускну здатності мережі зі збільшенням кількості вузлів. Крім того, оскільки фізично вузли не ізолювані один від одного, всі вони будуть працювати зі швидкістю передачі даних найгіршого вузла. Якщо хоча би один із вузлів працює на низькій швидкості (скажімо 10 Мбіт/с), а всі інші можуть працювати на більшій швидкості (скажімо 100 Мбіт/с), то все рівно всі вузли

працюватимуть на найменшій швидкості (в нашому випадку 10 Мбіт/с). Ще одним недоліком є низька захищеність інформації та можливість її взлому.

Комутатор (*switch*, перемикач) – це мережевий пристрій, який забезпечує з'єднання вузлів мережі однієї робочої групи, наприклад ПК, ноутбуки, планшети телефони, тощо (рис. 1.6) [5]. При цьому з'єднання не виходить за рамки одного або декількох сегментів мережі. На відміну від концентраторів, вони підтримують аналіз пакетів даних та передають їх конкретному одержувачу, а не всім учасникам мережі.

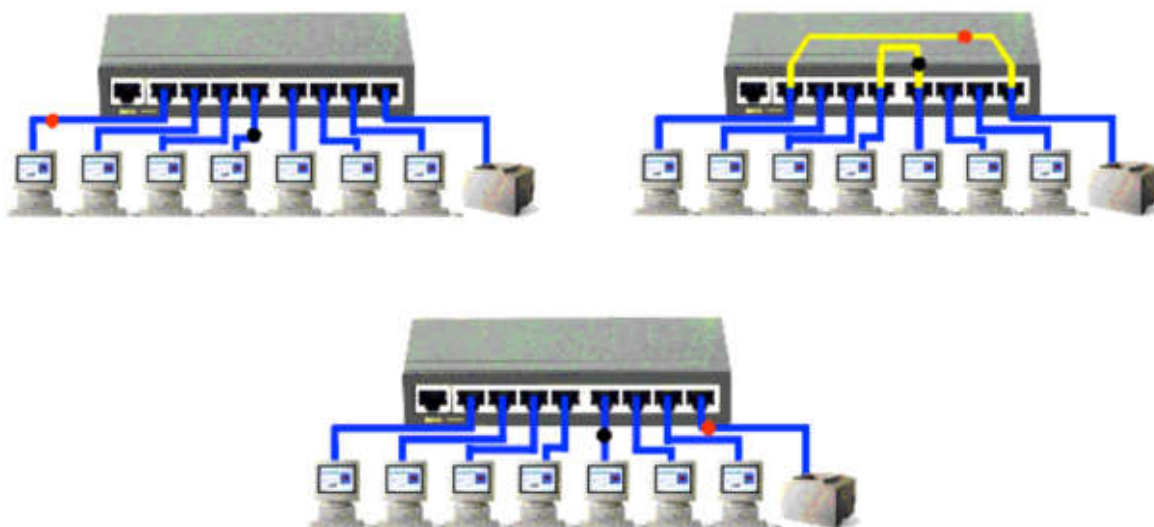


Рисунок 1.6 – Мережевий комутатор (switch)

Як бачимо, на відміну від концентратора, який розподіляє трафік з одного підключеного пристрою для всіх інших, комутатор передає дані лише безпосередньо на одержувача. Це позбавляє решту сегментів мережі від обробки даних, які їм не були призначені.

Спочатку комутатори використовувалися для розвантаження та оптимізації великих мереж Ethernet, а потім повністю витіснили концентратори забезпечивши ряд суттєвих переваг:

- підвищення ефективності та продуктивності роботи мережі;
- підвищення рівня безпеки;
- зменшення мережевого навантаження;
- наявність фільтрації та пріоритету;

- бронювання каналів зв'язку;
- налаштування у віддаленому режимі.

Вони працюють на каналному (другому) рівні мережевої моделі OSI, на відміну від концентраторів, що працюють лише на фізичному (першому) рівні. Комутатори здатні забезпечувати незалежну та вибірккову передачу кадрів Ethernet між портами за рахунок розкриття заголовків кадрів та пересилання їх за потрібними портами відповідно до MAC-адреси одержувача (на відміну від концентраторів, що пересилають дані у всі порти), а також роботу в різних режимах та з різними швидкостями. Тобто ключове використання комутатора полягає у визначенні MAC-адреси та надсиланні пакетів даних строго конкретному адресату, а не всіх пристроям, які є у мережі. У той же час комутатор може передавати дані і в зворотньому напрямку (від одержувача – адресанту), що робить його повнодуплексним пристроєм.

Всі мережеві комутатори можна розділити на дві великі групи: некеровані та керовані. Некеровані комутатори автоматично передають дані, тобто адміністратор не може самостійно налаштувати функціональність або оновлення програмного забезпечення. Керовані комутатори, як і попередні, працюють автоматично, але в той же час можна налаштувати функціональність або передачу трафіку. На відміну від концентраторів, комутатори не втратили своєї актуальності, особливо керовані моделі, які можуть використовуватися у великих корпоративних мережах, глобальних мережах, мати достатньо широкий сучасний функціонал. Актуальність даного обладнання також підтверджується підтримкою широких діапазонів швидкостей. Так існують учасні мультигігабітні мережеві комутатори можуть забезпечувати швидкість від 2 до 10 Гбіт/с.

Стосовно недоліків комутаторів, то слід відмітити наступні:

- в порівнянні з концентратором, мають більшу вартість та складність налаштування (в цьому сенсі концентратор – суто апаратний простий і безвідмовний пристрій);
- відмова роботи комутатора призводить до втрати працездатності всієї мережі;

- не може виступати як DHCP-сервер, який роздає IP адреси (англ. DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol – протокол динамічного налаштування вузла).

Маршрутизатор або роутер (англ. Router) – це фізичний мережевий пристрій, який використовується для об'єднання двох або більше мереж та встановлює з'єднання між локальною мережею та Інтернетом шляхом передачі інформації в мережі з пакетною комутацією даних. Він керує процесом маршрутизації, тобто на підставі інформації про топологію мережі і встановлених правил приймає рішення про пересилання пакетів мережевого рівня між різними сегментами мережі. Маршрутизатор працює на мережному рівні моделі OSI, на відміну від комутатора, який працює на каналному. Він виконує цю функцію за допомогою аналізу заголовку пакету даних, який містить IP-Адреса призначення пакету та на його основі визначає найбільш ефективний маршрут до адреси призначення.

Апартно роутери містять LAN-порти (зазвичай 4, рідше 8) та Wi-Fi антени для об'єднання безпроводових пристроїв та підключення до Інтернету. Роутери можуть бути одно- (2,4 ГГц) та дводіапазонні (2,4 ГГц та 5 ГГц).

Маршрутизатор має складну операційну систему з великою кількістю налаштувань, де можна обрати фільтри сайтів, підключитися до VPN, встановити жорстке обмеження по використаному трафіку, змінити конфігурацію Wi-Fi, тощо.

На відміну від концентратора та комутатора, які займаються передачею кадрів, маршрутизатор повинен маршрутизувати пакети в інші мережі, поки цей пакет досягне свого пункту призначення. Він єдиний з усіх забезпечує повнодуплексний режим роботи каналів з'язку (рис. 1.7). Однією з ключових особливостей пакетів є те, що вони містять не лише дані, але й адресу призначення. Більше того, маршрутизатор є єдиним із цих трьох пристроїв, який дозволяє поділити одну IP-адресу між кількома мережевими клієнтами (табл. 1.2).

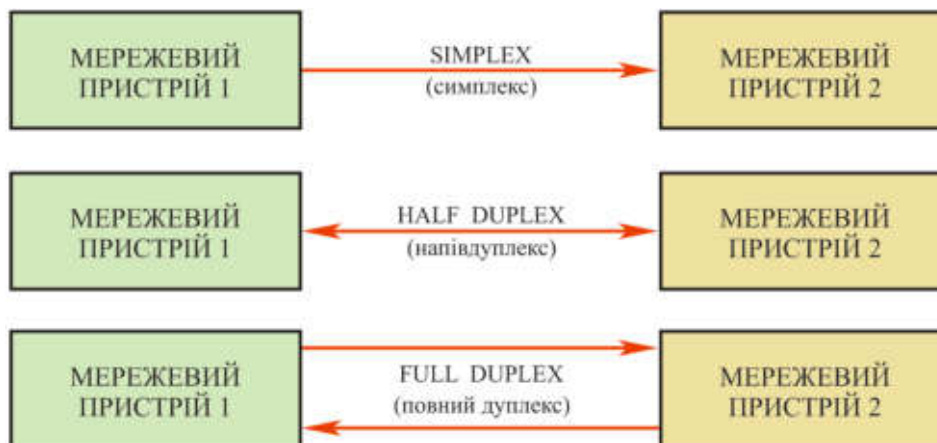


Рисунок 1.7 – Режими передачі даних

Таблиця 1.2 – Порівняльні характеристики мережевих пристроїв

Параметр	Мережевий пристрій		
	Концентратор	Комутатор	Маршрутизатор
Рівень	Фізичний рівень	Канальний рівень	Мережевий рівень
Функція	Централізоване з'єднання пристроїв в локальну мережу	Адресне підключення між кількома пристроями	З'єднання локальних мереж з глобальною мережею Інтернет
Форма передачі даних	Електричний сигнал або біти	Кадр & пакет	Пакет
Порти	Початковий рівень: 4-8 Середній рівень: 12-32	4-48	2/4/8 + Wi-Fi
Тип передачі	Кадр захоплення, одноадресна, багатоадресна або ширококомвна	Спочатку ширококомвна, потім одноадресна і/або багатоадресна	На початковому рівні Broadcast, потім Unicast і Multicast
Тип пристрою	Неінтелектуальний пристрій	Інтелектуальний пристрій	Інтелектуальний пристрій
Тип мереж	LAN	LAN	LAN, MAN, WAN
Режим передачі	Half duplex	Half duplex	Full duplex
Швидкість	10 Мбіт/с	10/100 Мбіт/с, 1 Гбіт/с	1-100 Мбіт/с (бездротовий); 0,1-1 Гбіт/с (дротовий)
Адреса, передачі даних	MAC адреса	MAC адреса	IP адреса

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. В даному розділі досліджується ситуація, яка склалася в країні в освітньому процесі в умовах дефіциту електроенергії. Знеструмлення, планові відключення електроенергії, стихійні лиха, аварії, незаплановані події, які можуть призвести до відключення електроенергії, спричиняють низку незручностей та вимушених перерв у навчальному процесі. Погіршує цю ситуацію тривалий зимовий період, характерний для нашої країни. Наведені статистичні дані підтверджують масштабність цієї проблеми та вказують на необхідність мінімізації або повного усунення перерв у навчальному процесі, пов'язаних з дефіцитом електроенергії. У роботі представлено математичний апарат, який описує тривалість перебоїв в енергосистемі, середню кількість відключень на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту короткочасних перерв.

2. Здійснено детальний огляд та аналіз мережевих пристроїв. Приводяться переваги та недоліки пристроїв різного типу. Аналізуються режими роботи, методи передачі інформації в мережі, типи та кількість портів, швидкості передачі пакетів даних, тощо. Важливою формою аналізу є визначення рівня мережевої моделі OSI для кожного типу обладнання. Проведений аналіз дозволить в подальших розділах здійснити оптимальний підбір реального мережевого обладнання для організації навчального процесу.

2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ТРАФІКОМ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ

2.1. Технічна специфікація безпроводових мереж.

Технологія бездротового зв'язку набула широкого поширення останнім часом. Це є логічно очікуваним та прогресивним процесом розвитку телекомунікацій, оскільки забезпечує ряд безперечних зручностей як для провайдерів, так і для користувачів. Безпроводові мережі мають порівняно невелику комерційну вартість монтажу, на відміну від прокладання кабелів. І це стосується як територій із щільною забудовою, так і тривалих відкритих просторів. У першому випадку прокладання дротових комунікацій потребує втручання в густу сітку міських комунікацій, стикається з проблемами щільної забудови, приватних територій, необхідністю проведення дорогих і трудомістких земляних робіт. У випадку прокладання тривалих трас на відкритих територіях, це може бути нерентабельним через малочисельне заселення даних територіальних одиниць та невеликої кількості абонентів. Разом із тим технології бездротового зв'язку мають високу гнучкість побудови інфраструктури, можуть працювати точково в самих необхідних та густозаселених місцях. Крім того, сучасні мережі дозволяють будувати mesh архітектуру, забезпечуючи розширення зони обслуговування без втрати якості та швидкості передачі даних. Кожна складова даної архітектури автоматично отримує інформацію про всі інші точки доступу в мережі, здійснює свою ідентифікацію та володіє функціями самовідновлення та самоадаптації.

На сьогоднішній день існує цілий ряд безпроводових технологій [1] (рис. 2.1):

- персональні мережі WPAN (Wireless Personal Area Networks), основані на стандарті IEEE 802.15, представниками якої є Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN;
- локальні мережі WLAN (Wireless Local Area Networks), основані на стандарті IEEE 802.11, представник – Wi-Fi;
- мережі масштабу міста WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks),

основані на стандарті IEEE 802.16, наприклад WiMAX;

- глобальні мережі WWAN (Wireless Wide Area Network), прикладами якої є сімейство технологій мобільного зв'язку CSD (Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), EV-DO (Evolution-Data Only, Evolution-Data Optimized), HSPA (High Speed Packet Access), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), LTE, LTE Advanced (Long-Term Evolution).

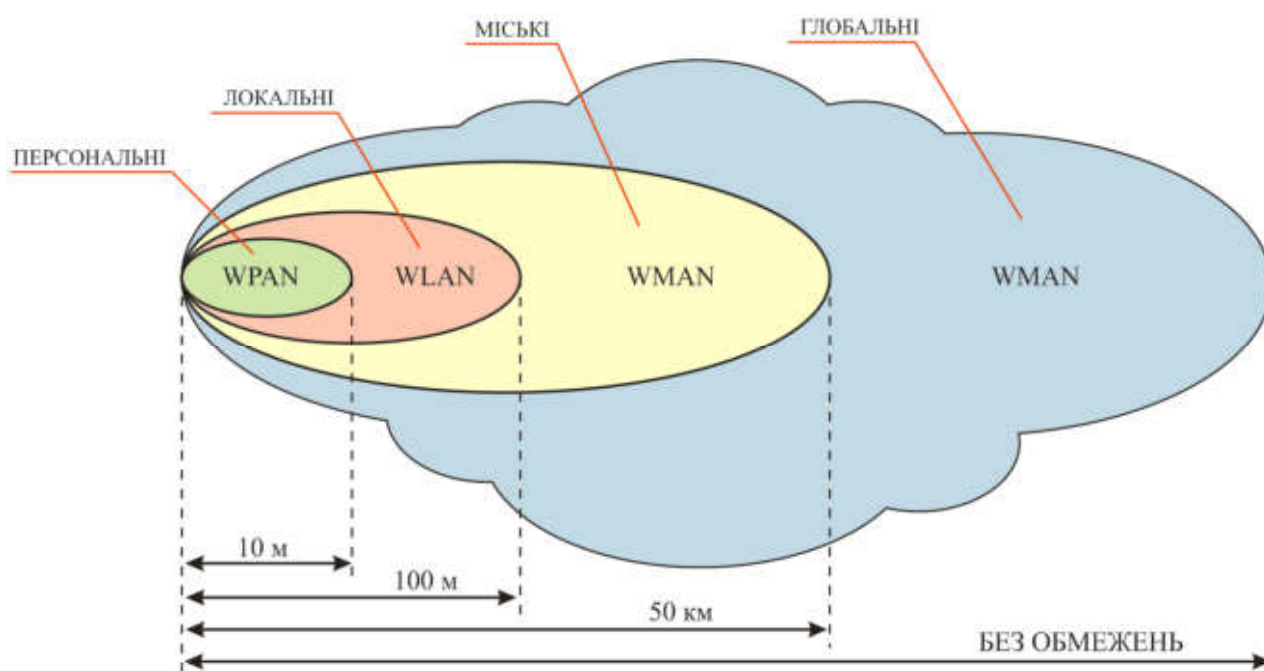


Рисунок 2.1 – Ієрархія безпроводових технологій

Крім того існує ряд інших сучасних технологій в області телекомунікацій, які мають потужний технічний потенціал [2]: супутниковий Інтернет, безпроводові оптичні канали, тощо. Однак всі вони мають високу вартість обладнання і тарифів обслуговування, складність та певні технічні незручності реалізації.

Для організації навчального процесу в межах окремого навчального закладу, корпусу чи аудиторії найбільш придатною являється технологія Wi-Fi. Вона потребує малих капіталовкладень, забезпечує достатню швидкість для всіх видів телекомунікацій, включаючи передачу мультимедіа.

Сучасний підхід до організації навчального процесу передбачає використання різноманітних технологій, серед яких все більшу популярність здобувають безпроводові технології. Серед найбільш перспективних слід відмітити Bluetooth та Wi-Fi. Саме ці технології дозволяють здійснювати обмін інформацією між мобільними пристроями та організувати комунікації з мультимедійним обладнанням (Smart TV, проектор, навушники, аудіогарнітура, акустичні системи, мережеве обладнання, тощо).

Bluetooth – це сучасна енергоефективна технологія безпроводової передачі даних та організації персональних мереж (англ. Wireless personal area network, WPAN). За специфікацією технологія відноситься до IEEE 802.15.1. За рівнем моделі OSI – до фізичного. Фізичний рівень – нижній рівень моделі, який визначає метод передачі даних, поданих у двійковому вигляді, від одного пристрою до іншого. До фізичного рівня належать фізичні, електричні та механічні інтерфейси між двома системами в загальному каналі зв'язку. Фізичний рівень визначає такі види середовищ передачі даних як оптоволокну, вита пара, коаксіальний кабель, супутниковий та ефірний канали передачі даних. Протоколи фізичного рівня: IEEE 802.15 (Bluetooth), IRDA, EIA RS-232, EIA-422, EIA-423, RS-449, RS-485, DSL, ISDN, SONET/SDH, 802.11 Wi-Fi, Etherloop, GSM Um Radio interface, ITU та ITU-T, TransferJet, ARINC 818, G.hn/G.9960, Modbus Plus. Передача інформації здійснюється радіочастотним ефірним способом із використанням методів цифрового кодування сигналів. Радіозв'язок Bluetooth здійснюється в ISM-діапазоні (Industry, Science and Medicine) в частотному діапазоні 2,402-2,48 ГГц. У Bluetooth застосовується метод розширення спектру зі стрибкоподібною перебудовою частоти (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Метод FHSS простий у реалізації, забезпечує стійкість до широкосмугових перешкод, а обладнання недороге. Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями як персональні комп'ютери (настільні, ноутбуки, планшети), смартфони, принтери, цифрові фотоапарати, миші, клавіатури, джойстики, навушники, гарнітури, акустичні системи, тощо. Технологія Bluetooth дозволяє організувати зв'язок на відстанях від 10 до 100 метрів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технологія Bluetooth

Клас	Максимальна потужність, мВт	Максимальна потужність, дБм	Радіус дії, м
1	100	20	100
2	2,5	4	10
3	1	0	менше 10

В залежності від версії технології Bluetooth, швидкість передачі даних варіюється (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Швидкість передачі даних Bluetooth

Версія Bluetooth	Швидкість	Особливості технології
Bluetooth 2	до 2.1 Мбіт/с	Enhanced Data Rate – покращена швидкість передачі даних Sniff Subrating – енергозберігаюча технологія
Bluetooth 3	до 24 Мбіт/с	Alternate MAC/PHY (AMP) – адаптація до специфікації IEEE 802.11, підвищення швидкості
Bluetooth 4	до 1 Мб/с	Bluetooth Low Energy – зниження енергоспоживання 128-бітове AES-шифрування – підвищення рівню безпеки
Bluetooth 5	до 2 Мб/с	Збільшення радіусу дії, послідовне підключення пристроїв (для пристроїв інтернету речей, IoT), визначення місцеположення

До недоліків слід віднести невелику відстань зв'язку (в реальності 10-20 м) та низьку швидкість передачі даних (що особливо важливе для мультимедійних та інтерактивних систем).

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity) – технологія безпроводової широкосмугової передачі даних для організації локальних мереж (Wireless Local Area Networks, WLAN) з одночасним рівним доступом до загального каналу кількох користувачів. Технологія Wi-Fi основана на сімействі стандартах безпроводових мереж IEEE 802.11x (табл. 2.3). Вони визначають тільки перші два рівня моделі OSI – фізичний і канальний (рис. 2.2).

Таблиця 2.3 – Покоління Wi-Fi

Назва покоління	Стандарт IEEE	Рік введення	Максимальна швидкість, Мбіт/с (\leq)	Смуги радіочастот, ГГц
Wi-Fi 0	802.11	1997	2	2,4
Wi-Fi 1	802.11b	1999	11	2,4
Wi-Fi 2	802.11a	1999	54	5
Wi-Fi 3	802.11g	2003	54	2,4
Wi-Fi 4	802.11n	2008	600	2,4 / 5
Wi-Fi 5	802.11ac	2014	6933	5
Wi-Fi 6	802.11ax	2019	9608	2,4 / 5
Wi-Fi 6E		2020		6
Wi-Fi 7	802.11be	(2024)	46120	2,4 / 5 / 6

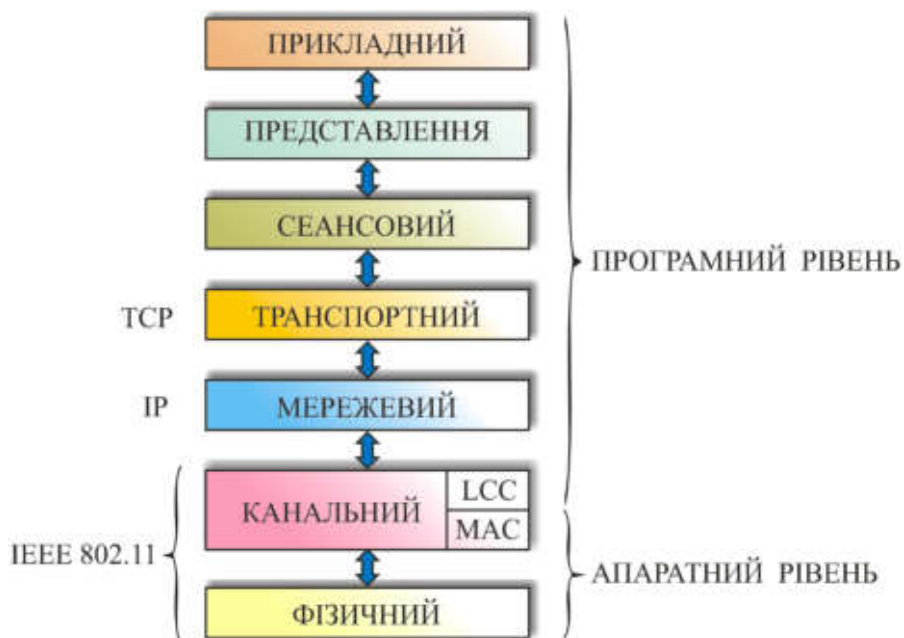


Рисунок 2.2 – Рівні моделі OSI стандарту 802.11

Канальний рівень стандарту 802.11 складається з двох підрівнів: управління логічним зв'язком (LLC) та управління доступом до носія (MAC). 802.11 використовує той же LLC і 48-бітову адресацію, що й інші мережі стандартів 802, що дозволяє легко об'єднувати безпроводові та проводові мережі, однак рівень MAC має кардинальні відмінності.

Налаштування Wi-Fi має топологію “зірка”, тобто всі її вузли з'єднуються безпосередньо з центральним елементом – безпроводовим маршрутизатором. У

такій топології кінцеві пристрої можна додати та видалити з мережі, не впливаючи на цілісність її структури та передачу даних. Але цей підхід створює єдину точку відмови. Що стосується мережевого і транспортного рівня, то для них Wi-Fi зазвичай використовує інші стандартні протоколи – UDP або TCP для транспортного рівня та IPv4 або IPv6 для мережевого рівня. Прикладний рівень, що відповідає за сумісність пристроїв, не визначено повністю. Він варіативним для виробників програмних рішень. Інакше кажучи, на фізичному рівні стандарт визначає спосіб роботи із середовищем передачі, швидкість і методи модуляції. На MAC рівні – принцип, за яким пристрої сумісно використовують загальний канал, способи підключення пристроїв до точок доступу, аутентифікацію та механізми захисту даних. У найпростішому випадку побудову безпроводового каналу передачі можна розглянути у вигляді пари передавач-приймач (рис. 2.3).

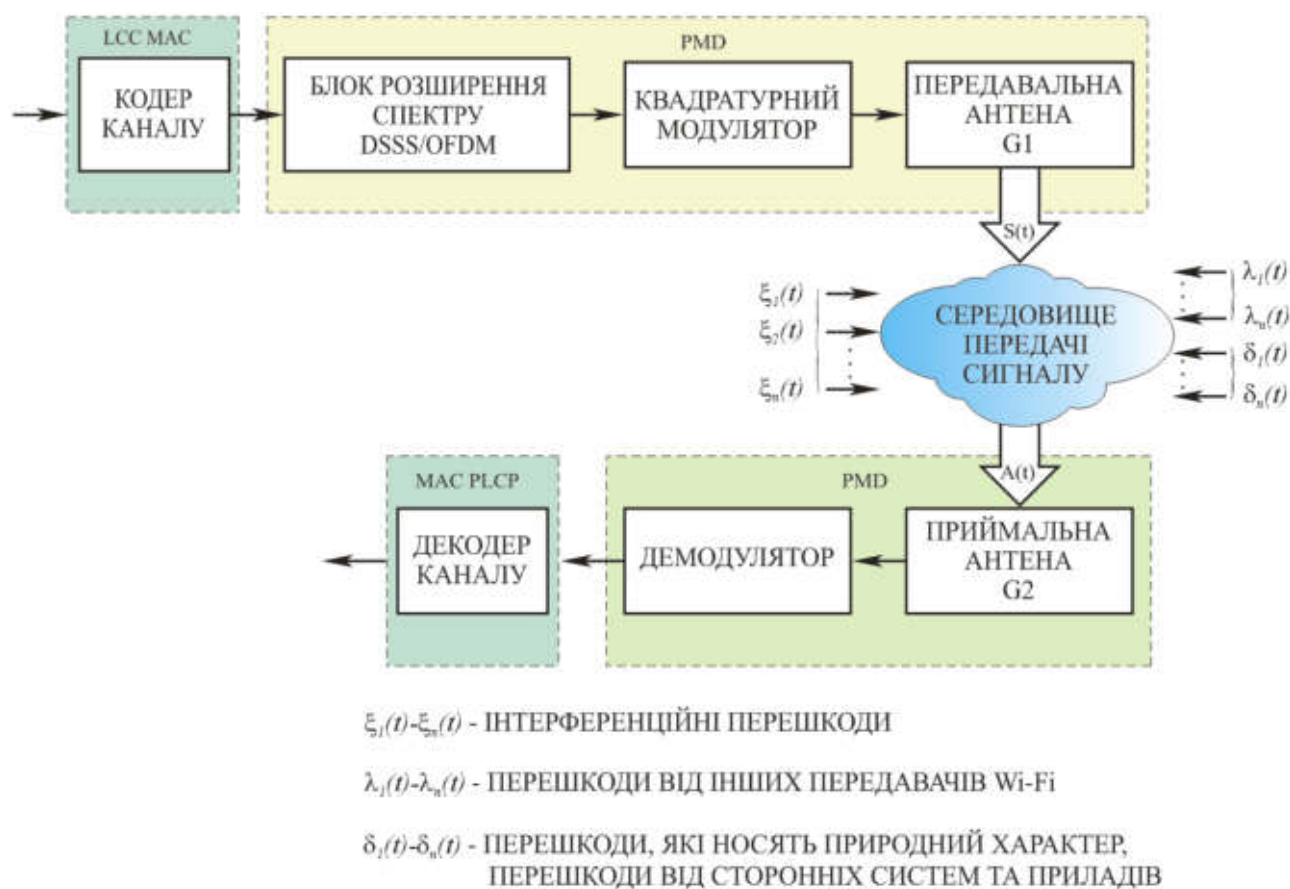


Рисунок 2.3 – Структура безпроводового каналу Wi-Fi.

На каналному рівні (підрівні LLC і MAC) виконується завадостійке кодування, каналним кодером. Тут виконується формування кадру PPDU, який містить службову та корисну інформацію в каналі передачі. Підрівень PMD каналного рівня, перетворює двійкову послідовність у модульоване височастотне коливання за допомогою квадратурного модулятора і блоку розширення спектра. Для стандартів 802.11n і вище використовується OFDM модуляція, а для нижчих – DSSS (метод розширення спектру широкосмугового сигналу шляхом формування прямої послідовності псевдовипадкових символів). На виході передавальної антени G1 формується сигнал $S(t)$ і надходить у середовище передачі (для бездротових каналів зв'язку – ефір). Потужність сигналу передавача є заздалегідь визначеною величиною – 100 мВт. Поряд із цим значенням внутрішні шуми електричних кіл передавача є незначними і ними можна знехтувати. Основні перешкоди, що призводять до спотворення та загасання сигналу, діють у середовищі передачі. На приймальній стороні відбуваються зворотні операції: приймальна антена G2 збуджується струмами високої частоти, узгоджений і підсилений сигнал надходить у демодулятор та у декодер каналу на підрівні MAC PLCP.

Стандарт IEEE 802.11 передбачає два основні способи організації локальної мережі: за принципом рівний з рівним або мережа типу ad-hoc та мережа і у вигляді чітко структурованої архітектури (рис. 2.4).

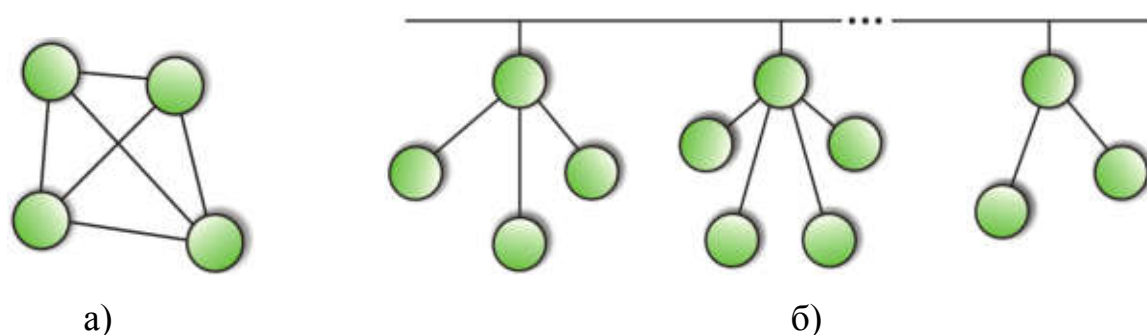


Рисунок 2.4 – Архітектура мережі 802.11:

а) мережа типу Ad-hoc; б) структурована архітектури мережі

Безпроводова мережах типу Ad-hoc (рис. 2.4, а) – децентралізована, неадміністрована, не має постійної та чіткої архітектури: всі зв'язки

утворюються випадково, причому між будь-якими елементами. У випадку структурованих бездротових мереж IEEE 802.11 (рис. 2.4, б), все організована якраз навпаки: є головна стаціонарна точка доступу (Access Point, AP), яка працює на фіксованому каналі. Зв'язок між всіма пристроями подібної мережі та між елементами зовнішніх мереж відбувається тільки через дану точку доступу. Саме так працюють більшість мереж Wi-Fi, де такою точкою доступу є роутер. Робота всіх елементів мережі IEEE 802.11 має підпорядковуватися принципу, за яким переміщення мобільного пристрою з однієї зони покриття Wi-Fi в іншу для користувача буде непомітним і не потребуватиме додаткового налаштування.

Основними режимами роботи точки доступу Wi-Fi є:

- режим крапки доступу Access Point (AP);
- режим бездротового мосту Wireless Bridge;
- режим AP/Bridge (AP+Bridge);
- режим повторювача Repeater (Bridge/Repeater);
- режим роумінгу (Roaming);
- режим бездротової системи розподілу WDS (Wireless Distribution System).

Слід також враховувати реальні втрати сигналу Wi-Fi, на шляху якого є певні перешкоди (фізичні об'єкти або середовища) (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Втрати сигналу Wi-Fi при проходженні через перешкоди.

№	Перешкода	Втрати сигналу, дБ	Ефективна відстань, %
1	Відкритий простір	0	100
2	Скляне вікно (без тонування)	3	70
3	Скляне вікно (з тонуванням металоплівкою)	5-8	50
4	Дерев'яна стіна	10	30
5	Міжкімнатна стіна, 15,2 см	15-20	15
6	Несуча стіна, 30,5 см	20-25	10
7	Моголітне залізобетонне перекриття	20-25	10

Фізично визначено два широкосмугових радіочастотних діапазони передачі: інфрачервоний 850-950 нм та радіочастотний. Інфрачервоні пристрої не набули широко поширення. Радіочастотні методи працюють у діапазоні 2,4 ГГц і зазвичай використовують смугу 83 МГц від 2,400 до 2,483 ГГц. Технології широкосмугової передачі сигналів, що використовуються у Wi-Fi, збільшують надійність та пропускну здатність, дозволяючи багатьом розрізним пристроям поділяти одну смугу частот з мінімальними перешкодами один для одного.

Перевагами Wi-Fi є: дешева бездротова технологія, висока швидкість передачі даних, зручна топологія мережі, безпечний рівень випромінювання Wi-Fi-пристроїв, стандарт є уніфікованим у всіх країнах світу. Тому саме технології Wi-Fi надається перевага, при організації мереж в освітніх закладах.

Таким чином, підводячи підсумок, відзначимо, що в процесі проектування бездротової мережі необхідно брати до уваги: стандарт зв'язку, топологію мережі, тип обладнання та зону ефективну покриття. В інакшому випадку дальність зони обслуговування може бути незадовільною, можлива поява затримок і помилок, тощо. Тому, на сьогоднішній день представляється актуальним пошук нових методів і засобів мінімізації впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів на роботу безпроводових мереж. Одним із таких напрямків є удосконалювання математичних моделей бездротових мереж, розробка оптимальних структур і топологій мережного обладнання.

2.2. Моделювання безпроводових мультимедійних мереж.

Системам масового обслуговування (СМО) присвячено цілий ряд фундаментальних та прикладних робіт [6-13]. Здійснити математичне моделювання роботи безпроводових мереж можна на основі теорії систем масового обслуговування (СМО), яку ще називають теорією черг. Процеси, які розглядаються в рамках даних теорій, носять випадковий характер, мають певний розподіл у часі та містять закономірності статистичного характеру. Тобто опис процесів у СМО в телекомунікаціях ґрунтується на математичному апараті теорії імовірності. Крім того, деякі величини можуть бути

детермінованими, або стохастичними. Вибір математичної моделі (рис. 2.5) являється основою будь-якого наукового дослідження, звужує круг пошуку, конкретизує вирішення поставлених задач.

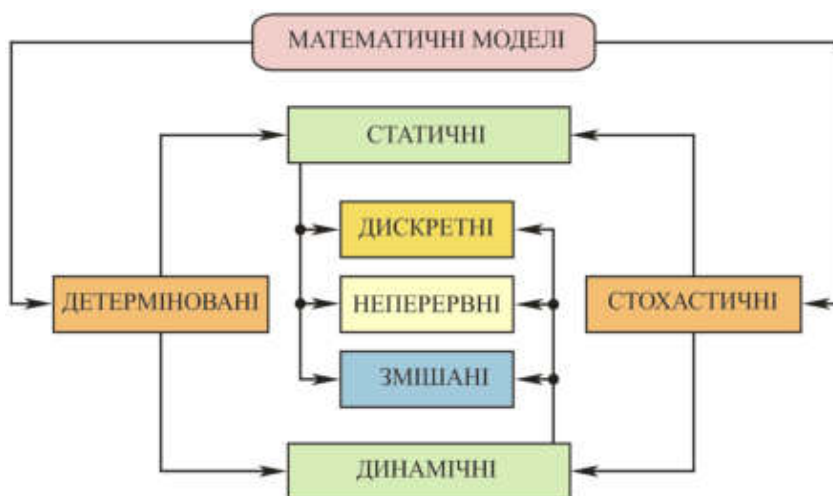


Рисунок 2.5 – Класифікація математичних моделей за характером процесів

Теорія систем масового обслуговування, в свою чергу базується на теорії телетрафіка, в якості фундамента, але являється набагато ширшою. В свою чергу, головною задачею теорії телетрафіка є дослідження основних процесів телекомунікаційних систем (пропускна здатність, час затримки, кількість потоків даних, тощо), які в основному носять стохастичний характер. Кожен із цих процесів може бути описаний за допомогою таких понять, як „заявка на обслуговування”, „черга обслуговування”, „вхідний потік”, „вихідний потік”, тощо. В рамках описаної постановки задачі, найважливішим етапом проектування телекомунікаційних мереж є оцінка прогнозованої пропускної здатності та якості обслуговування. В цьому випадку, аналітичні розрахунки та аналіз телекомунікаційних систем слід розглядати, як реакцію системи на вплив зовнішніх факторів. Зовнішніми факторами безпроводових телекомунікаційних мереж можна вважати: відмови, апаратні та програмні збої, утворення мережних петель, тощо. Крім того, в нашому випадку слід врахувати і сам вміст інформації у мережі, її тип, кореляційні зв'язки, адже розглядається мультимедійний трафік (текст, аудіо, відео, додаткові дані, тощо). Це достатньо

“різношорстна” інформація, яка може істотно відрізняються між собою за смугами пропускання, об’ємом інформації, пріоритетами та механізмами обслуговування. Науково обґрунтоване планування та оптимізація телекомунікаційних та мультимедійних мереж, які забезпечують надання інформаційних послуг із заданими показниками якості обслуговування, є дуже складною науково-технічною проблемою, без вирішення якої неможливе створення інформаційної інфраструктури, що відповідає потребам розвинутого суспільства.

Система масового обслуговування на основі телетрафіка може бути розглянута як набір імовірнісних методів *аналізу*, *синтезу* та *оптимізації* розподілу інформаційних потоків (РІП). Подібний симбіоз дозволить ефективно проектувати, будувати та експлуатувати інформаційні мережі.

Задача аналізу – це встановлення залежностей і значень величин, які характеризують якість обслуговування, від характеристик і параметрів вхідного потоку вимог, схеми і дисципліни обслуговування. Це стосується в основному вже існуючих, побудованих мереж, коли необхідно оцінити якісні характеристики даної мережі, проаналізувати швидкість та надійність обслуговування, визначити проблемні місця та надати рекомендації щодо їх усунення.

Задача синтезу (проектування телекомунікаційної мережі) полягає у визначенні структурних параметрів мережі при заданих потоках, дисципліні та якості обслуговування. Тобто дана задача являється зворотною до задачі аналізу. Метою задача синтезу є вибір оптимальної структури та топології мережі, проектування всіх вузлів та методу взаємодії між ними.

Задача оптимізації систем масового обслуговування направлена на покращення технічних та економічних показників телекомунікаційних мережі шляхом мінімізації апаратних та програмних засобів при збереженні якісних та функціональних параметрів (швидкодії, пропускній здатності, кількості потоків, тощо). Задача оптимізації дуже близька до задач аналізу та синтезу, але відрізняється направленістю математичної задачі саме на досягнення найкращих показників роботи мережі.

Також при формуванні математичної моделі на основі систем масового обслуговування необхідно окреслити початкові вихідні дані (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Вихідні дані математичного моделювання СМО в безпроводових мережах

Для СМО такими ввідними є:

- процес втрати пакетів даних (характеризується кількістю та швидкістю, втраченої в каналі зв'язку інформації, яка може відбуватися наприклад при перевантаженнях мережі; вимірюється як відсоток втрачених пакетів від надісланих пакетів;

- смуга пропускання в каналі зв'язку (характеризує номінальну пропускну здатність каналі зв'язку передачі даних, визначає ширину каналу, вимірюється у бітовій швидкості bit/c);

- затримка передачі даних у різних ланках тракту (визначає інтервал між передачею та прийомом пакетів даних, вимірюється в *мілісекундах*);

- варіації, флуктуації затримки (характеризує нерівномірність затримок пакетів даних при їх передачі каналом зв'язку); можуть виникати внаслідок змін параметрів лінії передачі в часі і різної швидкості поширення частотних складових одного і того ж сигналу та проявляються у вигляді випадкових швидких змін місця розташування фронтів цифрового сигналу в часі, що

призводить до розсинхронізації і, як наслідок, спотворення переданої інформації;

- пріоритет обробки даних у черзі (характеризує порядок обслуговування множини пакетів даних).

Класифікація систем масового обслуговування (рис. 2.7) також має важливе наукове та прикладне значення.

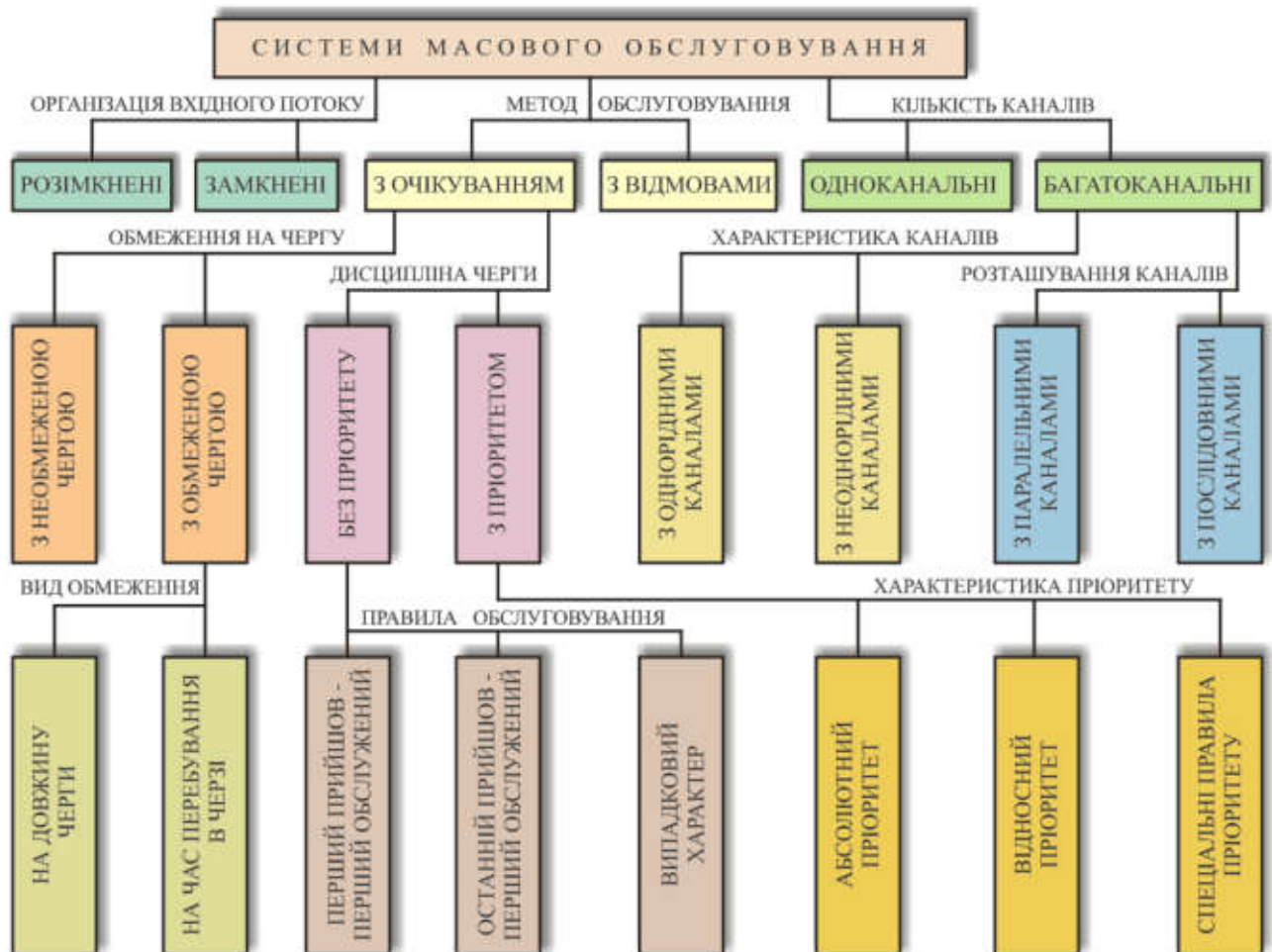


Рисунок 2.7 – Класифікація систем масового обслуговування

Кожна конкретна система масового обслуговування може мати свою структуру та свої правила формування потоків обробки даних. Однак всі вони характеризуються певними загальними характеристиками та складовими (рис. 2.8), наприклад вхідний потік даних (пакетів), черга заявок на обслуговування, індивідуальна апаратна реалізація (пристрої та канали обслуговування), вихідний потік оброблених даних, тощо.

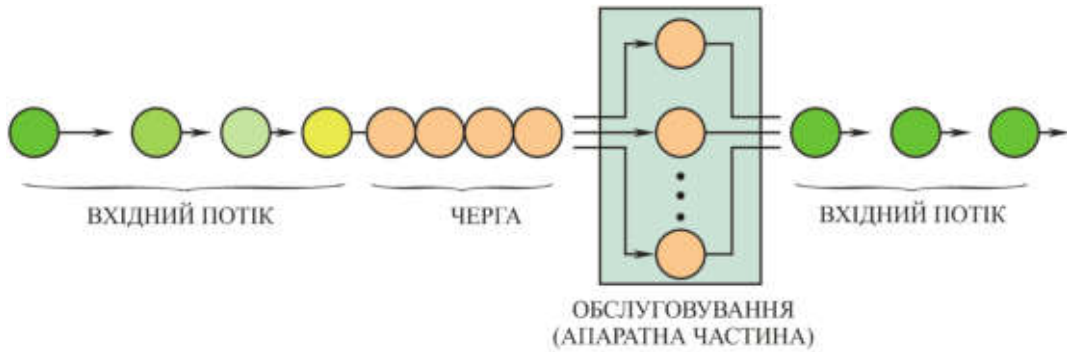


Рисунок 2.8 – Загальна схема систем масового обслуговування

Структура і характеристика системи масового обслуговування з елементами класифікаційних ознак в більш розгорнутому вигляді представлена на рис. 2.9.

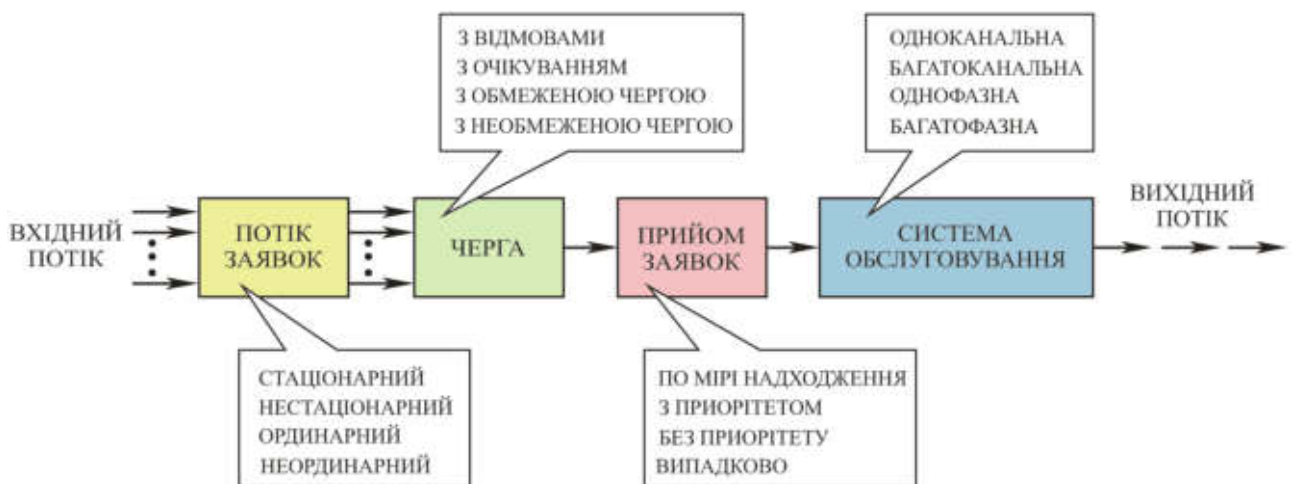


Рисунок 2.9 – Структура і характеристика системи масового обслуговування

Вхідний потік в більшості випадків являється випадковим неконтрольованим процесом, залежить від ряду випадкових факторів та може бути представлений на основі елементів теорії ймовірності (кількість вимог, що надходять в одиницю часу, є випадковою величиною). Розгляд і вивчення процесів надходження і обробки вхідних потоків дозволяє встановлювати певні закони цього процесу та, як наслідок, покращувати якість обслуговування. Вхідні потоки даних можуть носити стаціонарний характер, нестаціонарний, ординарний або неординарний.

Черга заявок на обслуговування характеризується довжиною та правилами (дисципліною) обслуговування. Довжина черги може бути обмежена або не обмежена. Обмеження стосується ситуації, коли черга досягає свого максимуму і наступна заявка до системи не допускається та відбувається відмова обслуговування. Разом із тим, довжина черги не обмежена, якщо в черзі може бути будь-яка кількість заявок. Порядок надходження заявок обслуговування називається дисципліною обслуговування (правилом обслуговування). Черги можуть бути з відмовами, з очікуванням, можуть мати або не мати обмеження. Обробка вхідних пакетів даних може відбуватися по мірі надходження або випадково, містити ознаку пріоритетності або ні. В свою чергу, система обслуговування може бути одноканальною, багатоканальною, однофазною або багатфазною (рис. 2.10).

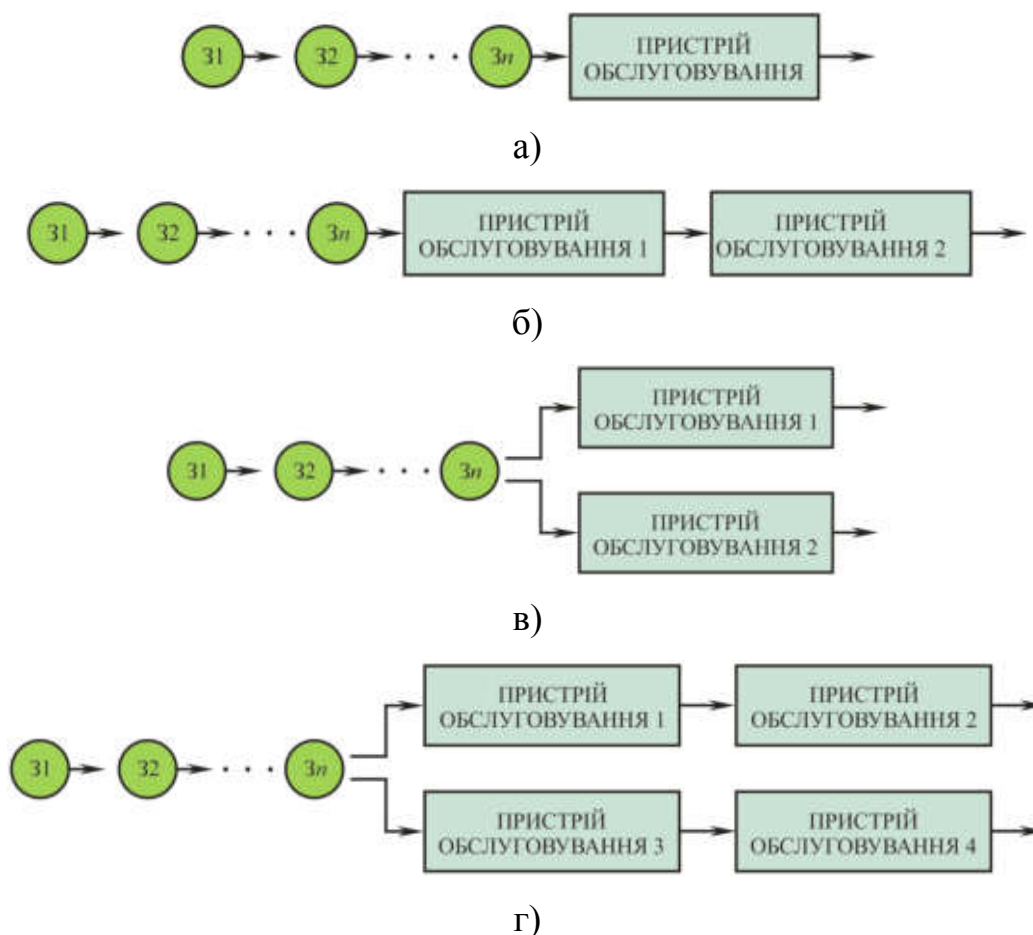


Рисунок 2.10 – Варіанти конфігурацій систем масового обслуговування:

- а) одноканальна однофазна система; б) одноканальна двофазна система; в) двоканальна однофазна система; г) двоканальна двофазна система;

z_1-z_n – заявки на обслуговування

Так, наприклад, одноканальна експоненціальна система масового обслуговування визначається наступними властивостями: вона містить пристрій обслуговування (канал обробки інформації), у який входять заявки. Заявки надходять з певною періодичністю (інтенсивність потоку заявок, λ). Якщо черги немає, то заявка займає вільний канал. Якщо ж в даний інтервал часу йде обробка попередньої заявки, то заявка, що надійшла пізніше становиться в чергу. Обслужені заявки покидають пристрій обслуговування, звільняючи місце наступним. Заявки, що надходять утворюють пуассонівський потік подій, при якому час між приходами будь-яких двох послідовних заявок являється величиною випадкова з експоненціальною функцією розподілу ймовірностей. Це стосується і функції часу $f(t)$, яка являється теж незалежною випадковою величиною з експоненціальною функцією розподілу.

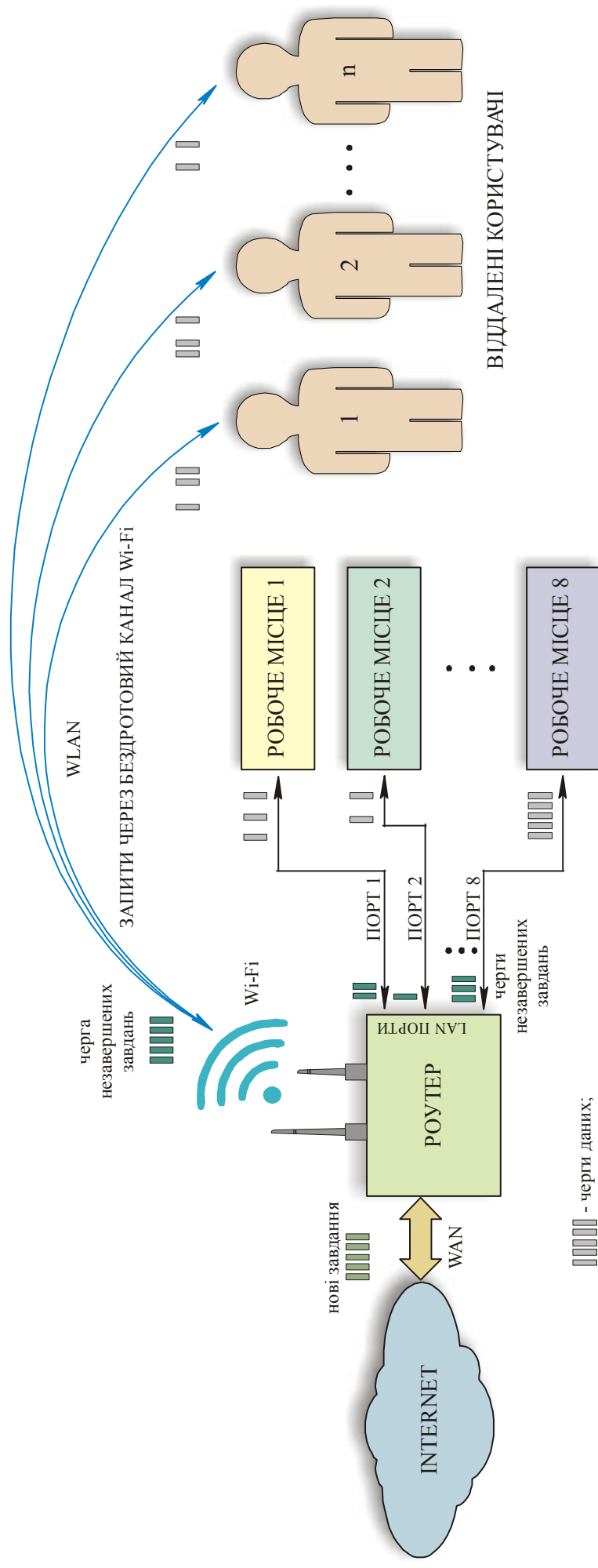
Використовуючи загальні принципи теорії масового обслуговування в телекомунікаційних мережах, можна інтерполювати цей досвід на реальний приклад для навчальної аудиторії, трафіки обміну інформацією в якій представлені у вигляді моделі масового обслуговування (рис. 2.11). Роутер займає центральне місце, формуючи топологію мережі типу “зірка”. Як елемент апаратно-програмної конфігурації він представляє собою пристрій обслуговування та має наступні входи і виходи:

- WAN порт (Wide Area Network) – вхід глобальної мережі Internet, через який поступають нові заявки на обслуговування;

- LAN порти (Local Area Network) – виходи локальної мережі (в нашому випадку рекомендується 8 портів, включаючи робоче місце викладача), через які виходять обслужені заявки та поступають нові. Дані порти використовуються для організації стаціонарних робочих місць;

- WLAN порт (Wireless Local Area Network) – безпроводова мережа, організована за технологією Wi-Fi, через яку організована робота віддалених робочих місць (абонентів).

На вихідних портах LAN і WLAN можуть утворюватися черги заявок, та навіть виникати відмови обслуговування (наприклад, якщо канал перевантажено, відбувся програмний чи апаратний збій, короткочасна втрата живлення, тощо).



LAN - Local Area Network (локальна мережа);
 WAN - Wide area network (глобальна мережа).

Рисунок 2.11 – Представлення навчальної аудиторії в якості моделі масового обслуговування

Випадковий потік вимог (заявок) характеризується функцією розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми вимогами $f(t)$ [14]:

$$\begin{aligned} f(t) &= P(t_3 \leq t); \\ t_3 &= t_n - t_{n-1} \end{aligned} \quad (2.1)$$

де $P(t_n \leq t)$ – імовірність того, що час між послідовними вимогами $t_n \leq t$;
 t_3 – інтервал часу між сусідніми подіями (заявками).

Однією із основних характеристик систем масового обслуговування є інтенсивність потоку заявок (вимог), λ . Для цього необхідно розглянути не менш важливу характеристику – середнє значення інтервалів між заявками t_3 , що для випадкової величини є математичним сподіванням $E(t)$. Інтенсивність потоку надходження заявок являється величиною, зворотною до математичного сподівання $E(t)$:

$$\lambda = 1 / E(t) \quad (2.2)$$

Так, наприклад, якщо заявки надходять у середньому з інтервалом $E(t)=100$ мс, то інтенсивність потоку заявок для цього випадку буде $\lambda=10$ заявок на секунду.

При розгляді потоку заявок мобільних операторів найбільш поширеною математичною моделлю є експонентний закон розподілу інтервалів часу між заявками:

$$P(t_3 \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.3)$$

При цьому густина (щільність) даного розподілу дозволяє розрахувати імовірність будь-якої тривалості інтервалів між вимогами:

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.4)$$

Однак, у випадку розгляду телекомунікаційних безпроводових мереж, для визначення ймовірності тану мережі у будь-який проміжок часу в якості математичної моделі краще використовувати марківські або напівмарківські розподіли. Якщо потік даних одночасно має властивості стаціонарності та ординарності та відсутність наслідку, то такий потік є найпростішим або пуассонівським. Він характеризується набором ймовірностей $P(n,t)$ n повідомлень за часовий інтервал t . Для потоку подій підпорядкованому закону Пуассона ймовірність того, що кількість заявок на обслуговування за час t визначається формулою:

$$P(n,t) = \frac{(\lambda t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!} \quad (2.5)$$

де λ – інтенсивність потоку заявок;

$n=0,1,2\dots$ – кількість заявок (вимог).

Величина λt у виразі (2.5) і є розподілом Пуассона, тобто даний параметр дозволяє визначати ймовірність надходження до системи конкретної кількості заявок n за інтервал часу t за заданої інтенсивності надходження вимог λ .

Пуассонівський потік має важливу властивість, яка полягає в тому, що процедури поділу та об'єднання інформаційних потоків дають знову пуассонівські потоки. Тоді, якщо вхідний потік формується з N незалежних джерел, кожен з яких породжує пуассонівський потік інтенсивністю

$$\lambda_i (i = 1, 2, \dots, N), \quad (2.6)$$

то його інтенсивність буде визначатися як сума незалежних потоків:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N, \quad (2.7)$$

Таким чином, у разі поділу пуассонівського потоку на N незалежних потоків отримаємо, що інтенсивність потоку λ_i дорівнюватиме $r_i \lambda$, де r_i – частка i -го потоку у вхідному потоці вимог.

Візьмемо для прикладу експоненціальний потік заявок з інтенсивністю $\lambda=0,5$ та побудуємо розподіл Пуассона випадкової кількості вимог, на інтервалі часу $t=30$ с (рис. 2.12).

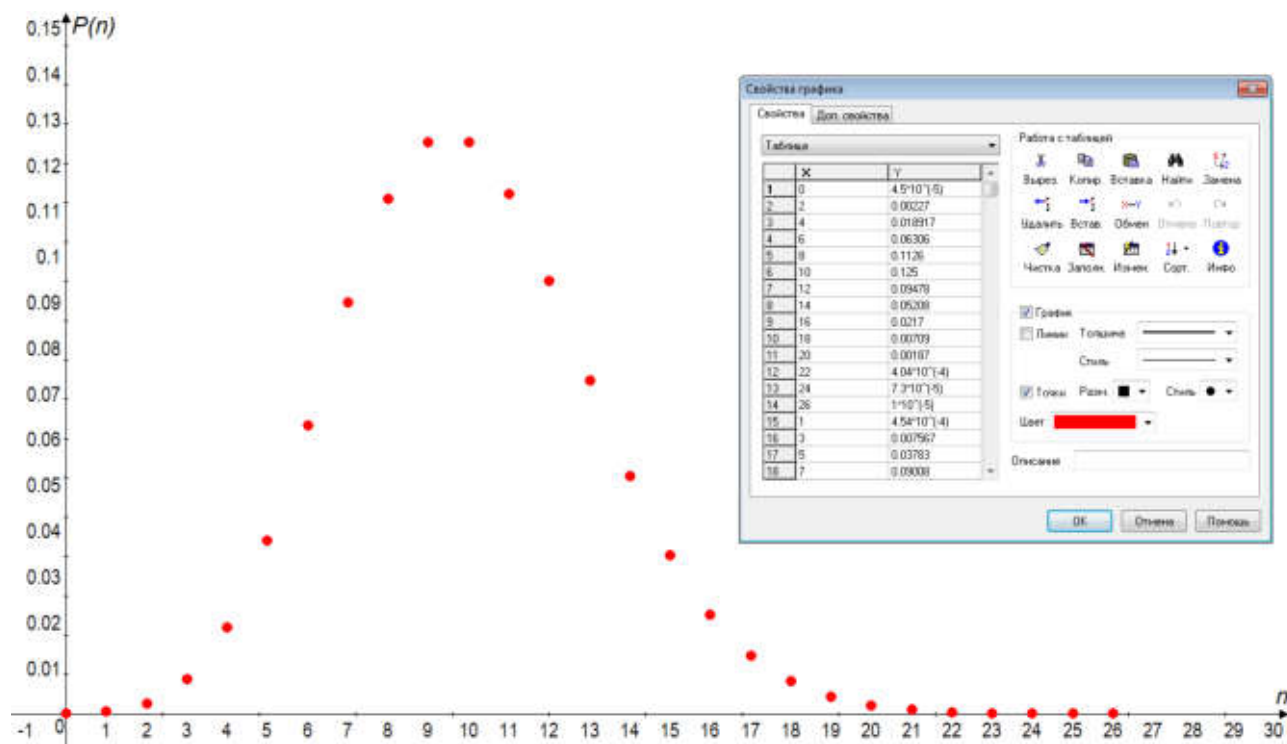
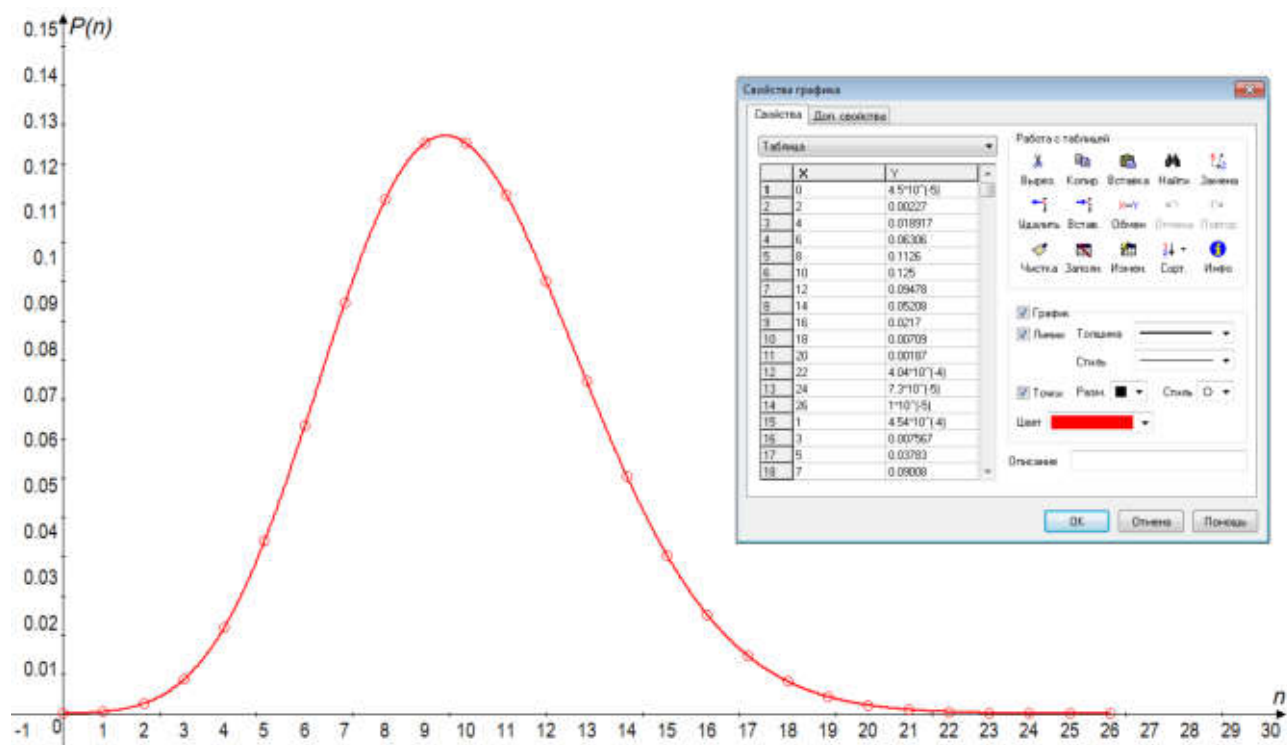


Рисунок 2.12 – Розподіл Пуассона при заданих параметрах:

- інтенсивність потоку заявок $\lambda=0,5$;
- обраний інтервал часу $t = 30$ с

	X	Y
1	0	4.5*10 [^] (-5)
2	2	0.00227
3	4	0.018917
4	6	0.06306
5	8	0.1126
6	10	0.125
7	12	0.09478
8	14	0.05208
9	16	0.0217
10	18	0.00709
11	20	0.00187
12	22	4.04*10 [^] (-4)
13	24	7.3*10 [^] (-5)
14	26	1*10 [^] (-5)
15	1	4.54*10 [^] (-4)
16	3	0.007567
17	5	0.03783
18	7	0.09008

	X	Y
1	0	4.5*10 [^] (-5)
2	2	0.00227
3	4	0.018917
4	6	0.06306
5	8	0.1126
6	10	0.125
7	12	0.09478
8	14	0.05208
9	16	0.0217
10	18	0.00709
11	20	0.00187
12	22	4.04*10 [^] (-4)
13	24	7.3*10 [^] (-5)
14	26	1*10 [^] (-5)
15	1	4.54*10 [^] (-4)
16	3	0.007567
17	5	0.03783
18	7	0.09008

Рисунок 2.13 – Одержані розрахунки розподілу Пуассона

З одержаних табличних даних та графіка видно, що середнє (центральне) значення випадкової величини n (кількості заявок), розподілених за законом Пуассона (2.5), визначається як $n=\lambda t=10$. З одержаних даних видно, що при зростанні кількості заявок n імовірність $P(n)$ спочатку зростає, а по мірі досягнення певного пікового значення – спадає. За формою апроксимуючої кривої графіка (рис. 2.12) можна зробити висновок, що вона максимально подібна до форми кривої нормального закону розподілу Гаусса.

При проектуванні безпроводових мереж може бути використано різноманітні підходи, зокрема до організації черг. Так, наприклад, можна обрати управління чергами типу FIFO (first in, first out “першим прийшов – першим пішов”). В такому випадку розрахунок періоду генерації заявок FIFO:

$$t_2 = 1/f \quad (2.8)$$

де f – частота роботи мережі;

Швидкість мережі можна охарактеризувати середнім часом обслуговування:

$$t_c = C / R \quad (2.8)$$

де C – кількість інформації у поточному пакеті даних, тобто інформаційна ємність (біт);

R – швидкість передачі даних (біт/с).

Швидкість передачі даних в безпроводовій мережі обраного типу може бути представлена диференціальним рівнянням 1-го порядку, що описує керування довгою буферною чергою:

$$r'(t) + \alpha p(t)r^2(t) = \beta \tau^{-1}(1 - p(t)) \quad (2.10)$$

де $r'(t)$ – швидкість передачі даних, пакети/с.;

$p(t)$ – функція вірогідності втрати пакетів;

τ – затримка, с.;

α – параметр мультиплекативного зменшення розміру вікна передачі даних при втраті пакету;

β – параметр адитивного збільшення розміру вікна передачі даних при відсутності втрати пакетів

Розглянута математична модель дозволяє описати роботу безпроводової мережі на основі технології Wi-Fi, яка найкраще підходить до вирішення поставленої задачі. Перевагами Wi-Fi є невелика доля капіталовкладень у мережу, достатня для передачі мультимедіа швидкість передачі даних, зручна топологія мережі, безпечний рівень випромінювання Wi-Fi-пристроїв, що особливо актуально в навчальних закладах. Крім того дана технологія добре підтримується широкою номенклатурою персональних гаджетів, які присутні у всіх учасників навчального процесу.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. В даному розділі розглянута технічна специфікація безпроводових мереж типу Wi-Fi (стандарту IEEE 802.11) та BLUETOOTH (стандарту IEEE 802.15), на основі якої проведено аналіз роботи даних технологій. Рекомендується для організації навчального процесу використовувати мережі стандарту 802.11, так як вона забезпечує достатню швидкість та пропускну здатність для всіх видів телекомунікацій, включаючи передачу мультимедіа.

2. Розроблено структуру безпроводового каналу Wi-Fi у вигляді пари передавач-приймач. Показано, що внутрішні шуми електричних кіл передавача є незначними і ними можна знехтувати. Основні ж перешкоди, що призводять до спотворення та загасання сигналу, діють у середовищі передачі. Приведені можливі варіанти архітектури мережі стандарту 802.11. Слід відзначити, що в процесі проектування бездротової телекомунікаційної мережі необхідно брати до уваги: стандарт зв'язку, топологію мережі, тип обладнання та зону ефективну покриття.

3. Створено математичну модель керування трафіком безпроводових мереж на основі систем масового обслуговування, яка в свою чергу базується на теорії телетрафіка. Процеси, які розглядаються в рамках теорій масового обслуговування, носять випадковий характер, мають певний розподіл у часі та містять закономірності статистичного характеру. Опис процесів у системах масового обслуговування в телекомунікаціях ґрунтується на математичному апараті теорії імовірності. В рамках поставлених задач, удосконалено методи оцінки прогнозованої пропускну здатності та якості обслуговування. Показано, що в якості перспективного напрямку наукових досліджень систем масового обслуговування на основі телетрафіка, необхідно обирати поєднання імовірнісних методів аналізу, синтезу та оптимізації розподілу інформаційних потоків. Саме подібний симбіоз дозволить ефективно проектувати, будувати та експлуатувати інформаційні мережі.

4. Розроблено методикку розрахунку безпроводових мереж в навчальних закладах.

5. Проведено детальну класифікацію систем масового обслуговування. Розроблена оригінальна структура системи масового обслуговування, максимально адаптована до лабораторії мультимедіа навчального закладу.

6. При дослідженні та оптимізації телекомунікаційних безпроводових мереж, для визначення ймовірності стану мережі у будь-який проміжок часу в математичній моделі використовуються марківські процеси. Потоки даних бездротових телекомунікаційних мереж, що розглядаються в даній роботі, одночасно мають властивості стаціонарності, ординарності та характеризуються відсутність наслідку, а отже потоки даних у них можна розглядати за найпростішим пуассонівським розподілом. В якості прикладу, в роботі промодельовано експоненціальний потік заявок з інтенсивністю $\lambda=0,5$ та побудовано розподіл Пуассона випадкової кількості вимог, на інтервалі часу $t=30$ с. З аналізу одержаних даних видно, що при зростанні кількості заявок n імовірність втрати пакетів $P(n)$ спочатку зростає, а по мірі досягнення певного пікового значення – різко спадає. Крім того, аналіз показує, що вона максимально подібна до форми кривої нормального закону розподілу Гаусса.

3. РОЗРОБКА СХЕМИ ТА ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ ЛАБОРАТОРІЇ МУЛЬТИМЕДІА

3.1. Схема організації мультимедійного робочого місця викладача.

Для організації робочого місця викладача з використанням безпроводових технологій та мультимедійних додатків в навчальному процесі в умовах блекауту запропоновано ряд варіативних схем, в залежності від наповнення лабораторії мультимедіа конкретним обладнанням (рис. 3.1-3.8).

Для забезпечення нормальної та безперебійної роботи навчальної лабораторії необхідно мати наступне обладнання:

- стаціонарний Wi-Fi роутер;
- портативний автономний роутер;
- пристрій візуалізації;
- автономне джерело живлення.

Варіативність, в основному, пов'язана із типом відтворювального пристрою: звичайний телевізійний приймач, телевізор з функцією SMART TV, простий проектор, проектор з функцією BLUETOOTH або Wi-Fi, інтерактивна дошка. У звичайному режимі все обладнання може працювати в штатному режимі із використанням власної мережі 220 В для стаціонарного телекомунікаційного обладнання. При цьому обмін інформацією здійснюється через локальну та глобальну мережі навчального закладу. У разі відсутності зовнішньої подачі електроенергії задіюється портативний роутер, який забезпечує зв'язок через мережу доступного мобільного оператора. В цьому випадку необхідне обладнання, яке потребує живлення 220 В, під'єднується до портативного джерела енергії (UPS, зовнішні акумулятори з перетворювачем напруги або портативну зарядну станцію). Для повноцінної візуалізації та унаочнювання демонстраційного матеріалу достатньо живити робочий стіл викладача та пристрій візуалізації. Передачу мультимедійних даних пропонується здійснювати також за допомогою безпроводових технологій, використовуючи для цього адаптери VGA та HDMI. Інтерактивність навчального процесу може забезпечувати інтерактивна дошка.

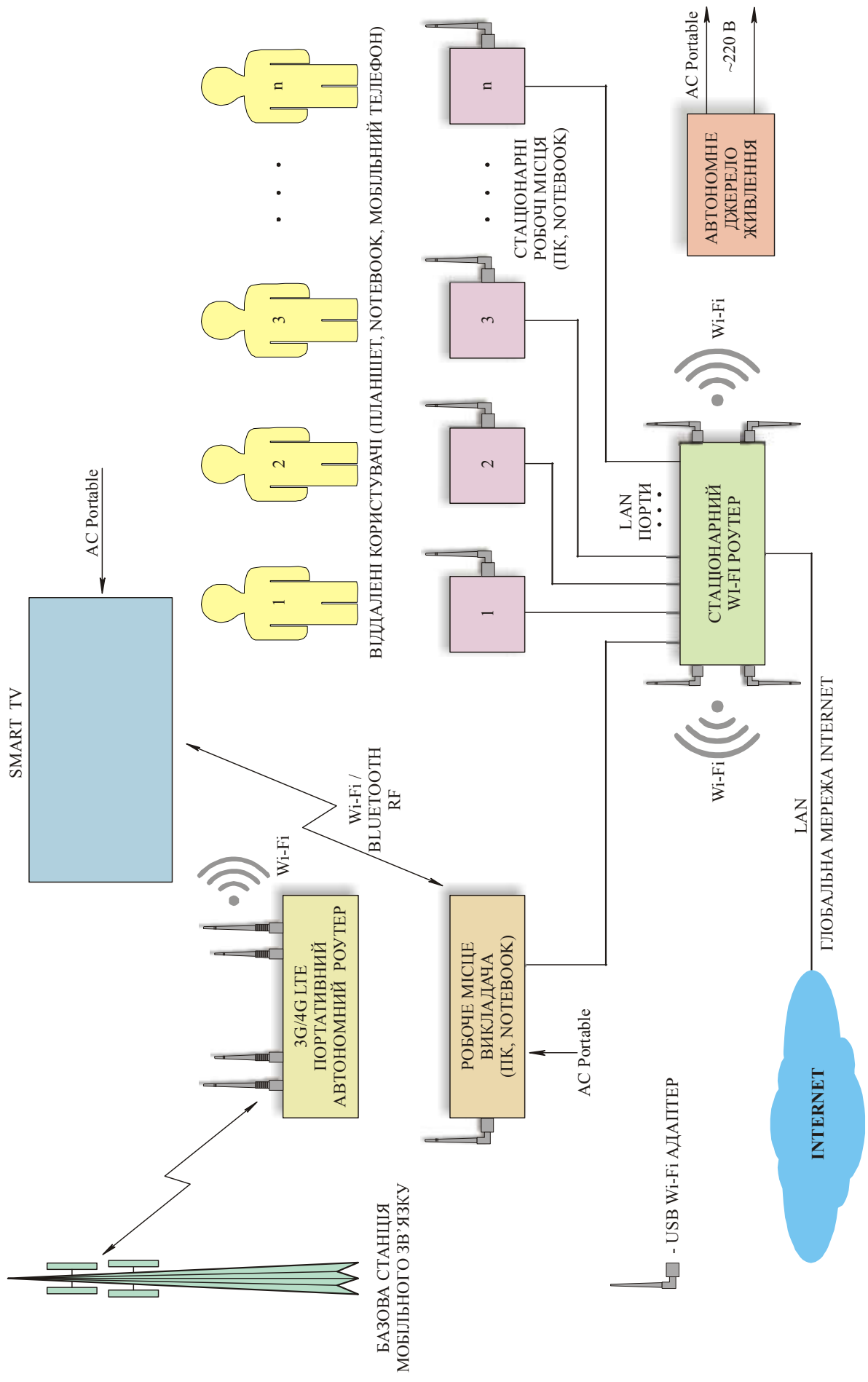


Рисунок 3.2 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 2)

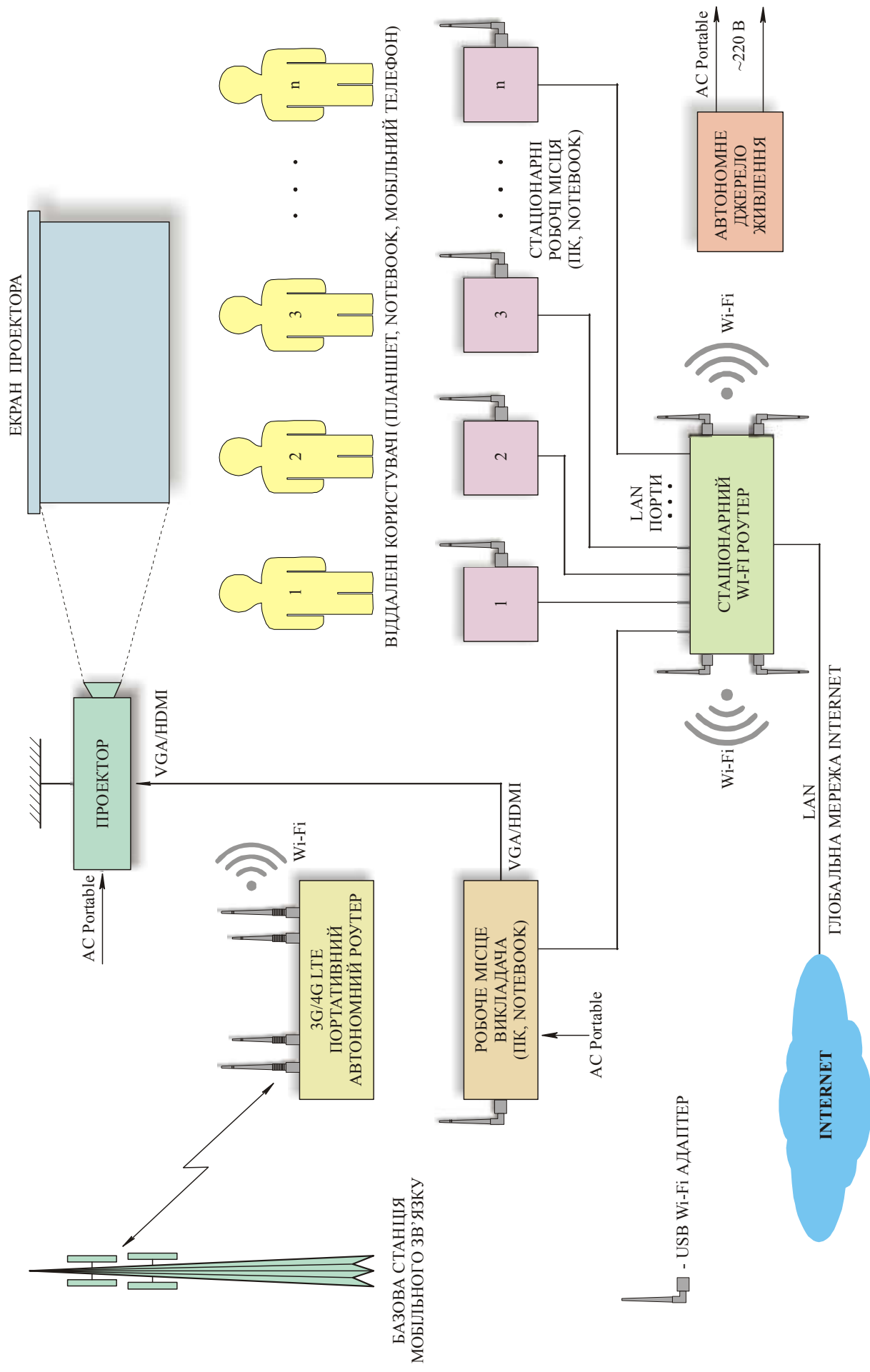


Рисунок 3.3 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 3)

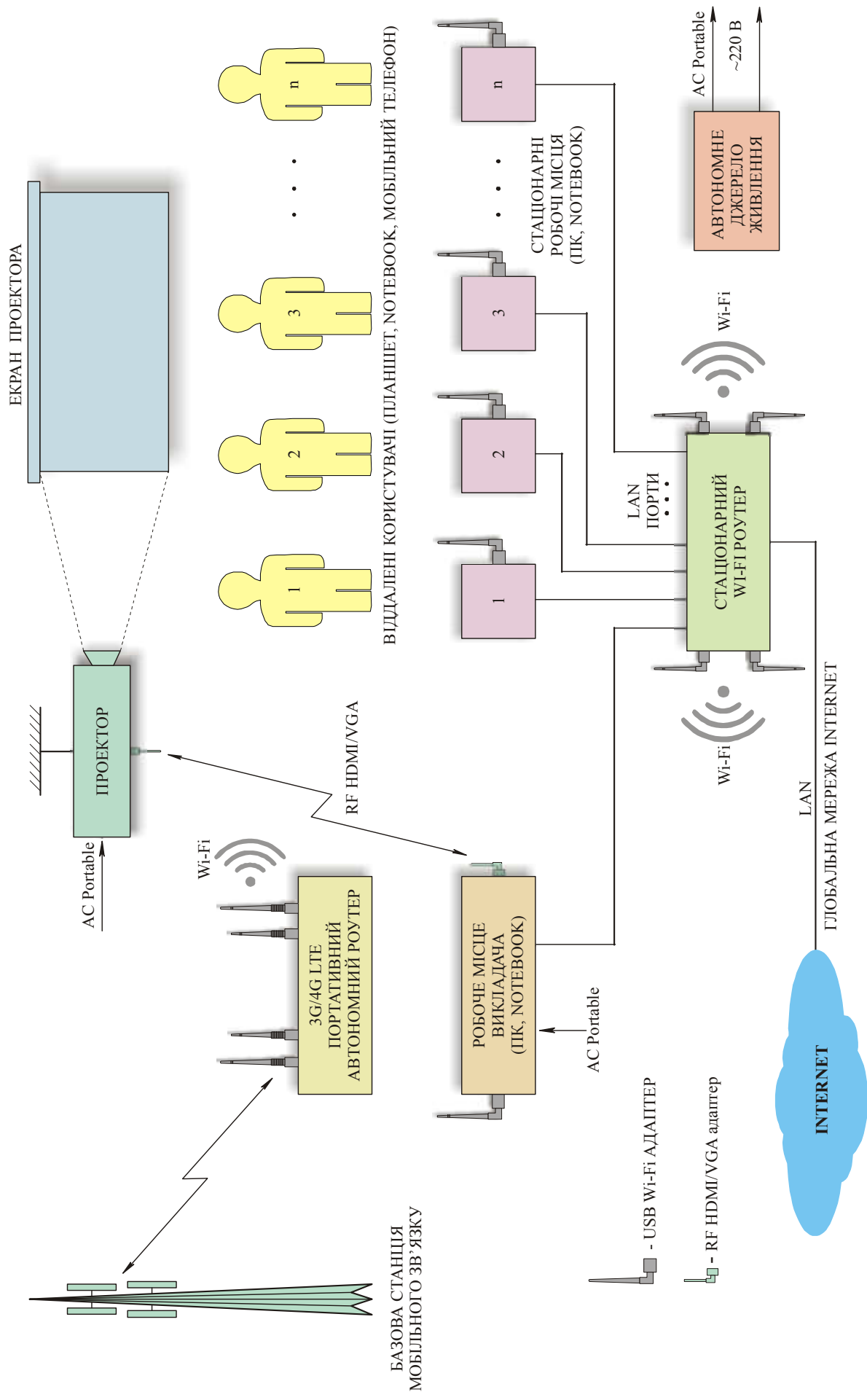


Рисунок 3.4 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 4)

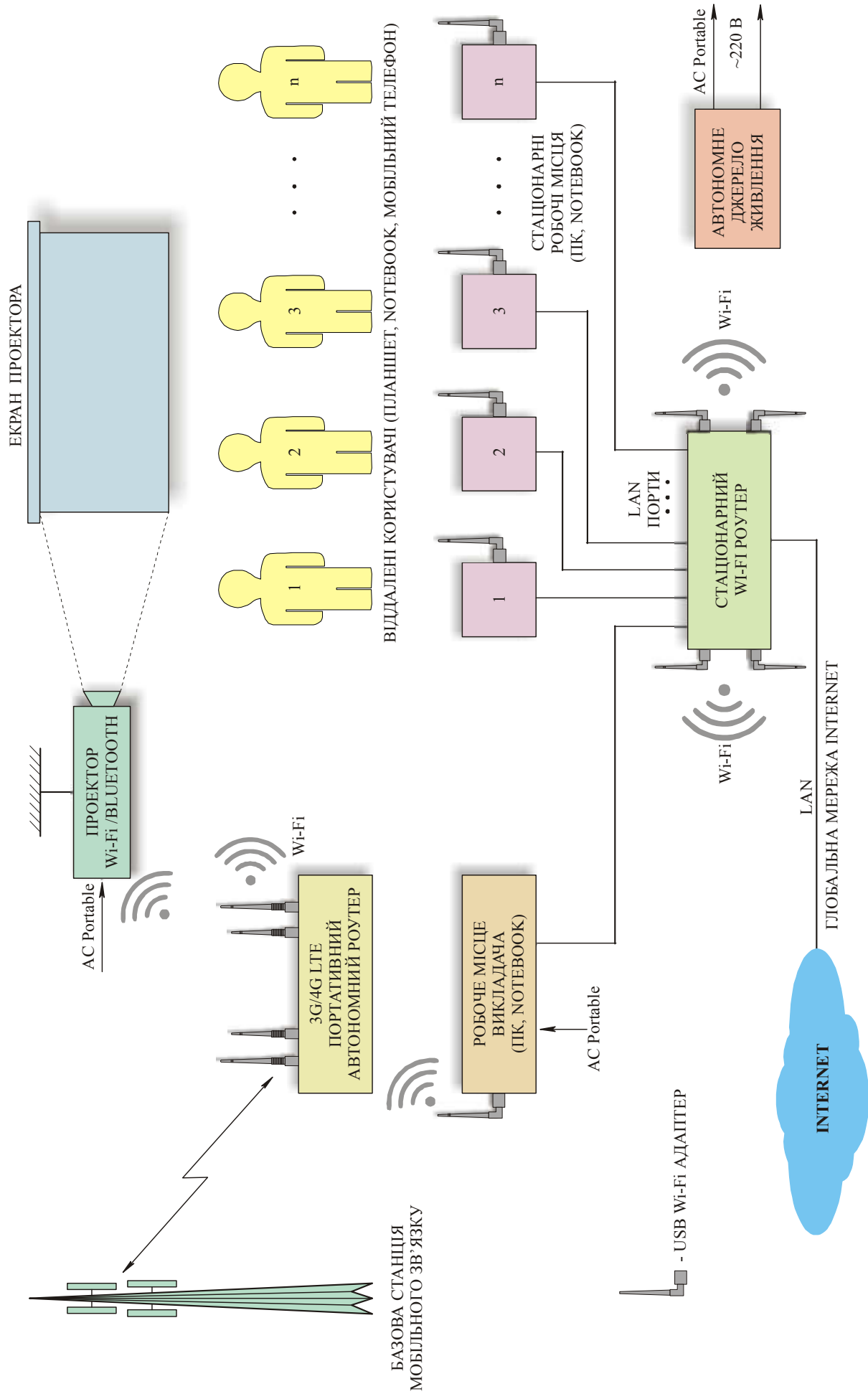


Рисунок 3.5 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 5)

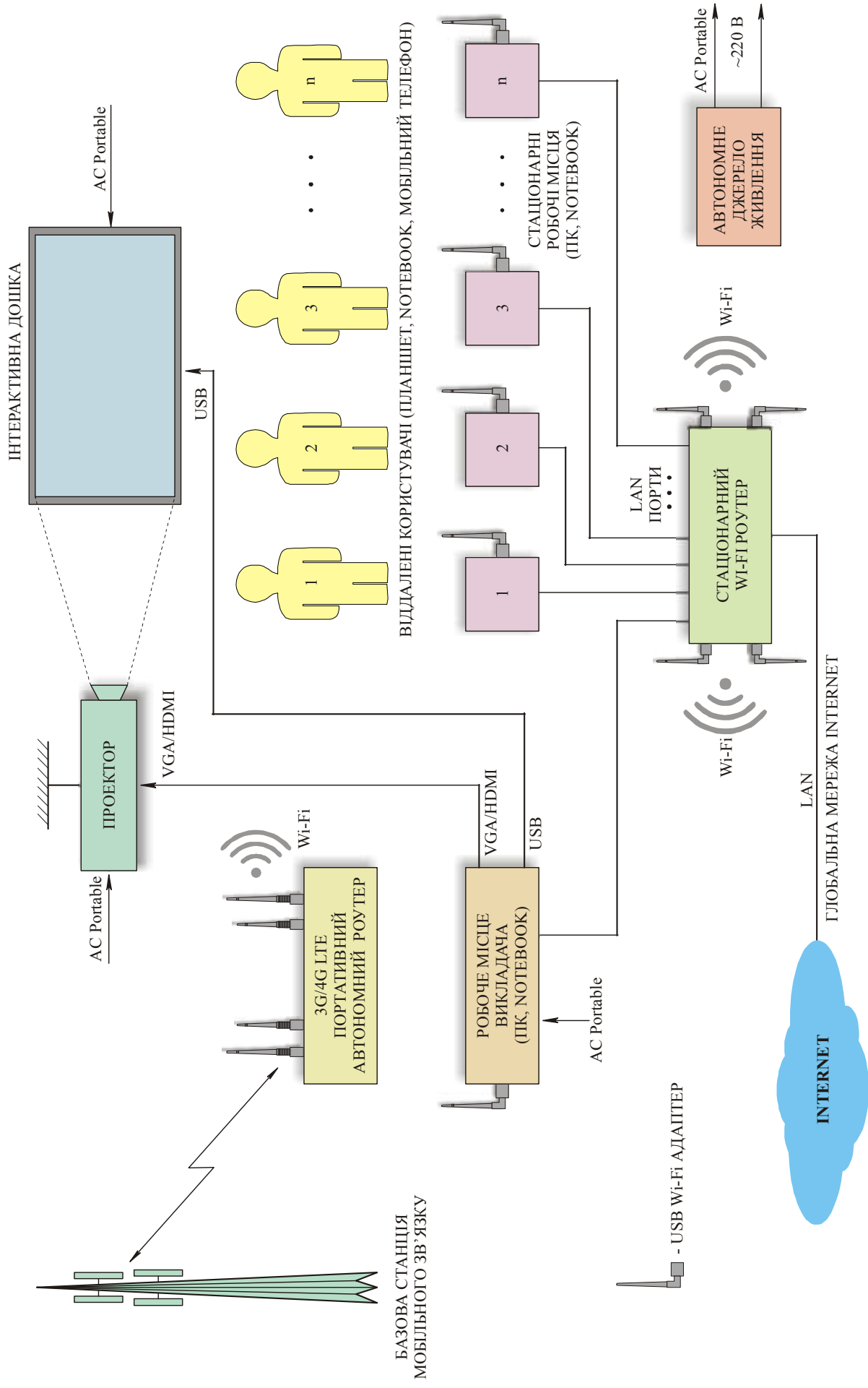


Рисунок 3.6 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 6)

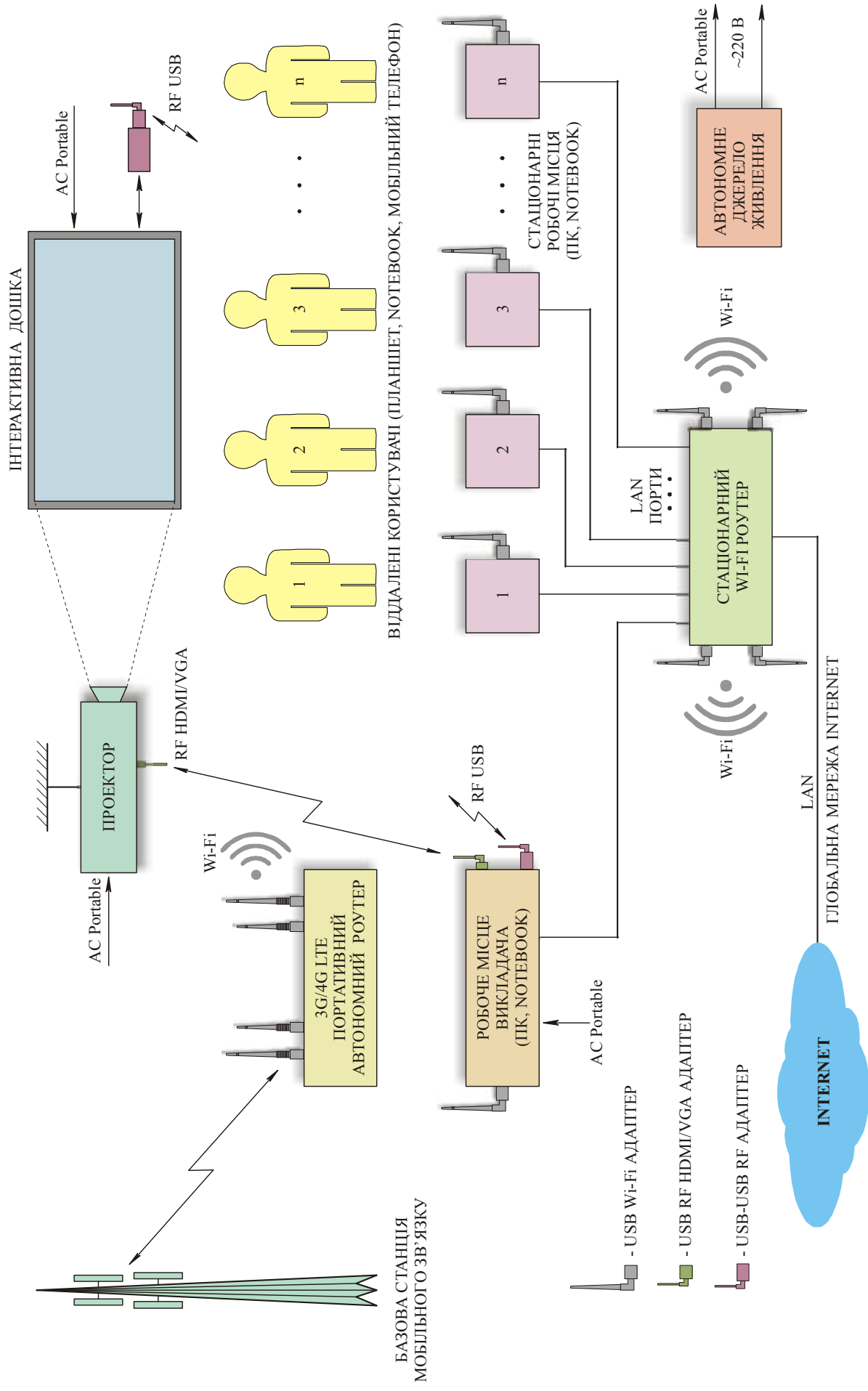


Рисунок 3.7 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 7)

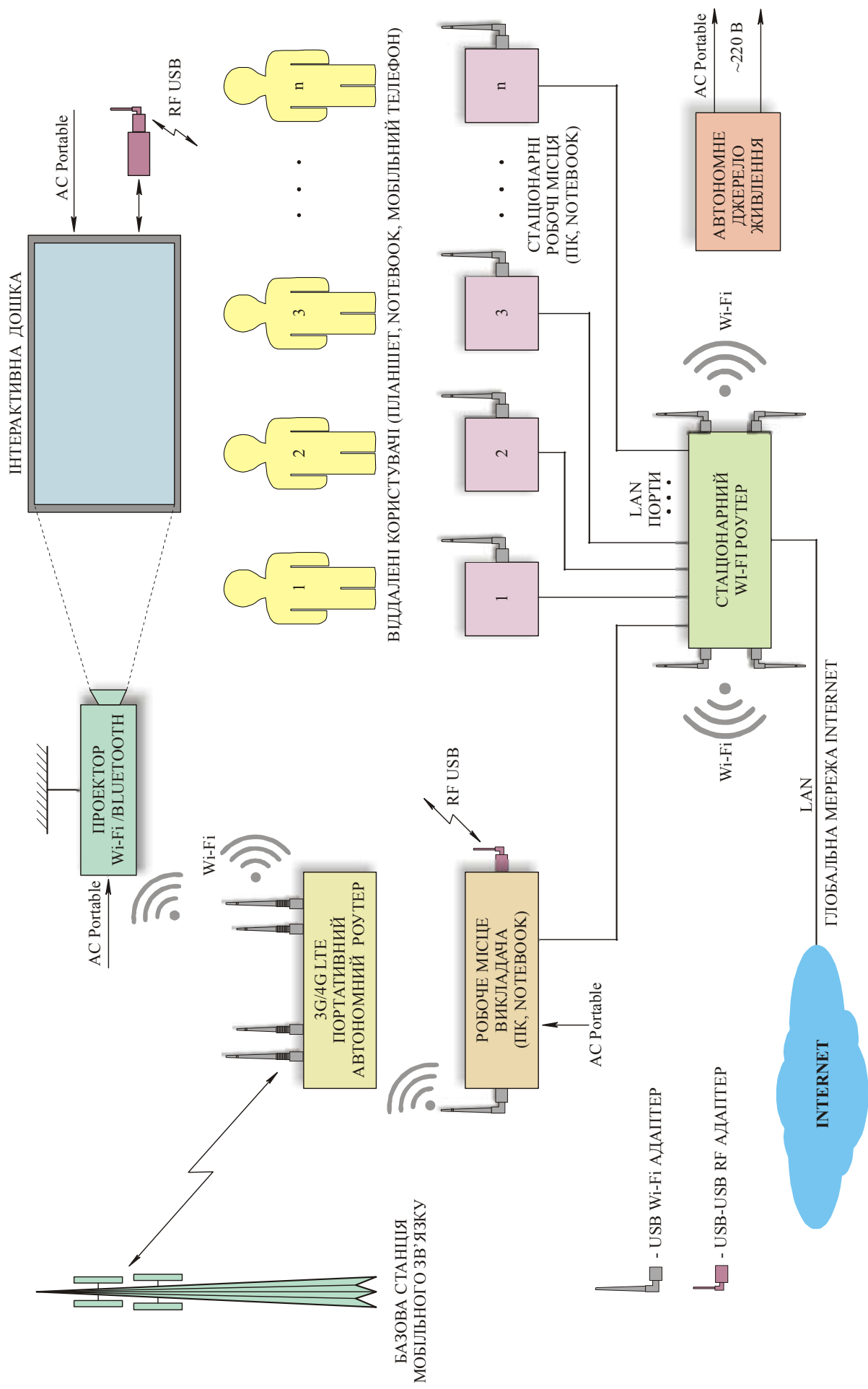


Рисунок 3.8 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 8)

Роботу обладнання лабораторії можна розглядати в 2 режимах:

- стаціонарний режим: електроенергія мережі ~ 220 В присутня та всі пристрої лабораторії працюють в звичайному режимі;

- автономний режим: зовнішня електроенергія мережі ~ 220 В відсутня, необхідно-критичні пристрої лабораторії працюють від автономного джерела. До таких пристроїв відносяться: робоче місце викладача та пристрій відтворення.

Розглянемо кожен варіант більш детально.

Варіант 1. Схема та підбір обладнання здійснені з розрахунку наявності в якості відтворювального пристрою звичайного телевізійного приймача. В цьому випадку робоче місце викладача під'єднується за допомогою мультимедійного кабелю VGA або HDMI (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Мультимедійні кабелі:

а) VGA; б) HDMI

Дана схема найбільш проста, потребує мінімум обладнання, причому найбільш поширеного та недорогого. В звичайному режимі все обладнання живиться від мережі ~ 220 В, а мережа працює від стаціонарного мережного роутера.

У випадку втрати електроенергії задіюється автономне джерело енергії, яке живить лише 2 складових: робоче місце викладача і телевізійний приймач. Якщо у викладача ноутбук, то в цьому випадку жити потрібно лише телевізор. Сучасні телевізійні приймачі діагоналлю 42-55" споживають 70-80 Вт. Будь-яке сучасне автономне джерело живлення без проблем забезпечує таку потужність, причому тривалий час.

Варіант 2. Якщо ж замінити звичайний телевізійний приймач на SMART TV, ситуація в корні міняється. Подібні пристрої мають безпроводові технології Wi-Fi та BLUETOOTH, що дозволяє організувати з ними дистанційну роботу. В плані живлення все залишається аналогічним варіанту 1.

Варіант 3. Із використанням в якості відтворювального пристрою проектора, з'являється певна варіативність. Можна використовувати як кабельне з'єднання, так і безпроводовий варіант. Нехай у даному випадку встановлено найпростіший проектор. В такому випадку комутація може бути здійснена через мультимедійні інтерфейси VGA або HDMI.

В плані споживання електроенергії ситуація двояка: якщо використовувати лампові пристрої, то вони мають споживання в тричі більше ніж телевізійний приймач, порядку 200-300 Вт. Однак із проекторами LED ситуація покращується, адже вони споживають набагато менше (в середньому 30-50 Вт).

Варіант 4.

Якщо ж необхідно організувати безпроводовий варіант роботи з проектором, то є 2 варіанта: встановити додаткові радіочастотні адаптери VGA (HDMI) або придбати проектор з функціями Wi-Fi, BLUETOOTH. Подібні адаптери масово випускаються промисловістю, надзвичайно прості та дешеві. Комплект передавач-приймач забезпечує дальність роботи 200 м, що більш ніж достатньо для будь-якої аудиторії. В плані енергоспоживання змін немає, адже споживання адаптерів надзвичайно низьке – 2-5 Вт.

Варіант 5.

Даний варіант являється продовженням розвитку попереднього, тобто встановлення проектора з функціями Wi-Fi або BLUETOOTH. Різниця полягає лише в особливостях налаштування.

Варіант 6.

Даний варіант пропонує радикально змінити відтворювальний пристрій, встановивши інтерактивну дошку. Це найбільш бажаний варіант, адже окрім простої демонстрації мультимедійного контенту даний пристрій володіє мультимедійними властивостями. Для навчального процесу це надзвичайно корисна функція. Однак тут, як при застосуванні проектора, можлива певна варіативність: проводове з'єднання та версії безпроводових модифікацій.

В даному варіанті пропонується найпростіший випадок – проводове з'єднання. Для цього, на відміну від проектора, де потрібно було комутувати VGA або HDMI сигнали, додається ще USB. Максимально можлива довжина пасивних кабелів залежить від покоління USB:

- USB 1.0 – 3 метри;
- USB 2.0 – 5 метрів;
- USB 2.0 – 8 метрів.

Однак існують активні USB-кабелі, організовані за допомогою крученої пари або оптоволокна, які можуть забезпечувати відстані комутацій від 20 до 500 метрів.

Енергоспоживання з використанням інтерактивної дошки зміниться незначно. Власні потреби у споживанні лише 5-7 Вт. Найбільша доля споживання припадає на сам проектор.

Варіант 7.

Для забезпечення безпроводового варіанту роботи інтерактивної дошки потрібно використати 2 радіочастотних адаптера: VGA або HDMI (у варіанті 4 ми подібний вже застосовували) та – безпроводовий подовжувач USB (USB HUB). Він забезпечує впевнену відстань роботи до 30 м, що більш ніж достатньо для більшості аудиторій і залів. Безпроводові подовжувачі USB ще не дуже поширені та мають достатньо високу вартість. Однак, як і будь-які інші телекомунікаційні, мережні та комп'ютерні технології, прогнозується її швидке здешевлення.

Споживання адаптерів невелике і в цілому ним можна знехтувати в порівнянні з проектором, який споживає львину долю, порядку 200-300 Вт.

Варіант 8.

Як вже було показано у варіанті 5, використовуючи проектор з безпроводовими технологіями Wi-Fi або BLUETOOTH, можна забезпечити зручну дистанційну передачу даних. В цьому випадку безпроводовий адаптер VGA або HDMI непотрібен і структура спрощується. Однак адаптер USB HUB залишається актуальним.

В якості автономного джерела живлення також можлива певна варіативність:

- безперебійний блок живлення (UPS);

- портативна зарядна станція;
- зовнішній акумулятор з дискретним перетворювачем напруги.

Безперебійні джерела живлення (БДЖ) мають власний корпус, в якому розташовані: плата перетворювача напруги, акумулятори та вхідні/вихідні розетки (рис. 3.10). Для домашніх чи офісних задач, БДЖ як правило, містять 2-4 акумулятори та розраховані на потужність від 300 Вт до 5 кВт.



Рисунок 3.10 – Безперебійний блок живлення (UPS)

У безперебійних блоках живлення, як правило, використовуються гелеві акумулятори (рис. 3.11), ємністю 7-12 А·год.



Рисунок 3.11 – Гелевий акумулятор

Портативні зарядні станції – це сучасні універсальні пристрої автономного електроживлення з великою кількістю вихідних портів та широкою номенклатурою напруг (рис. 3.12). По суті це Power Bank великої ємності, обладнаний перетворювачем напруги для формування напруг постійного та змінного струму (+5, +9 +12, +15, +2, ~220 В). Він дозволяє заряджати всі існуючі гаджети напряму оригінальними напругами.



Рисунок 3.12 – Портативна зарядна станція

Існують навіть такі станції, які можна об'єднувати в загальну групу для отримання більшої потужності, а також підключати до домашньої енергосистеми, для одержання резервного джерела живлення на випадок надзвичайних ситуацій. Портативні зарядні станції відносно недавно з'явилися на ринку, але однозначно займають не останнє місце у виборі автономних систем електроживлення. В портативних зарядних станціях найчастіше використовуються літій-іонні (Li-ion) (рис. 3.13) або літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄) (рис. 3.14) або акумулятори. Останні забезпечують достатньо велику кількість порядку 2000-3000 циклів заряду-розряду.



Рисунок 3.13 – Літій-залізо-фосфатні акумулятори



Рисунок 3.14 – Літій-іонні акумулятори

Варіант із зовнішнім акумулятором та дискретним перетворювачем напруги мають певну гнучкість в порівнянні із попередніми варіантами. Тут ми маємо справу з двома окремими пристроями – акумулятор і перетворювач напруги (інвертор), кожен в окремому корпусі (рис. 3.15).



Рисунок 3.15 – Перетворювач напруги

Як правило, дані перетворювачі розраховані на напругу 12 В (рідше 24-48 В), тому в якості акумуляторних батарей можна використовувати будь-які пристрої із напругою 12 В. Найчастіше це автомобільні акумулятори різних типів – кислотно-свинцеві, абсорбційні (AGM), гелеві (GEL), малосурм'яністі, кальцієві, срібно-кальцієві, гібридні, тощо (рис. 3.16).

Інвертор забезпечує перетворення постійного струму +(12-48) В у змінний струм ~220 В. Однак є кілька проблем, пов'язаних із будь-якими перетворювачами, включаючи даний вид, UPS та інші. Перша проблема – формування правильної синусоїди вихідного сигналу. А друга проблема –

великі вхідні струми, адже напруга всього 12 В. Навіть при достатньо невеликих значеннях вихідної потужності 500-1000 Вт, вхідні струми мають значення 40-80 А! Це колосальні значення, які вимагають використання провідників великого перерізу та спеціальних клем.



Рисунок 3.16 – Кислотно-свинцеві акумулятори

Будь-який із перерахованих варіантів використовує акумулятори в якості первинного джерела енергії. Перераховані вище типи акумуляторів – лише невелика частина існуючих акумуляторних технологій. Так, наприклад, тільки Li-іон акумулятори відомі в наступних інтерпретація:

- літій-кобальтовий (LiCoO_2);
- літій-марганцевий (LiMn_2O_4);
- літій-нікель-марганець-кобальт-оксидний (LiNiMnCoO_2 або NMC);
- літій-залізо-фосфатний (LiFePO_4);
- літій-нікель-кобальт-алюміній-оксидний (LiNiCoAlO_2);
- літій-титанатний ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$)

Літій-іонні батареї мають велику кількість позитивних характеристик: велика щільність енергії, висока швидкість заряду, відсутність ефекту пам'яті, достатньо велика навантажувальна здатність, довговічність, невеликі масо-габаритні показники, тощо.

Однак існує і ряд суттєвих недоліків: потреба в електронних компонентах захисту та контролю заряду, при неправильній експлуатації батареї можуть спалахувати та навіть вибухати, екологічні проблеми.

Зведена таблиця акумуляторних технологій представлена нижче.

Таблиця 3.1 – Акумуляторні технології

Тип	Позначення	Напруга, В	Робоча температура, °С	Питома енергія, Вт·год/кг
Літій-іонні	Li-ion (Li-co, Li-pol, Li-Mn, LiFeP, LFP, Li-Ti, Li-Cl, Li-S	3,2-4,2	-20...+40	280
Нікель-сольові	Na/NiCl	2,58	-50...+70	140
Нікель-кадмієві	Ni-Cd	1,2-1,35	-50...+40	40-80
Нікель-водневі	Ni-H ₂	1,55	-40...+60	75
Нікель-цинкові	Ni-Zn	1,65	-30...+40	60
Нікель-метал-гідридні	Ni-MH	1,2-1,25	-60...+55	60-72
Залізо-нікелеві	Ni-Fe	1,2	-40...+46	100
Цинк-бромні	Zn-Br	1,82	Тест до +700	70-145
Цинк-хлорні	Zn-Cl	1,98-2,2	-20...+30	160-250
Срібно-цинкові	Ag-Zn	1,85	-40...+50	<150
Срібно-кадмієві	Ag-Cd	1,6	-30...+50	45-90
Свинцево-кислотні	Pb	2,11-2,17	-40...+40	30-60

Але яким би не було джерело автономного живлення та тип акумуляторів, які в ньому застосовуються, вони мають скінчену електроємність і можуть забезпечувати споживача енергією обмежений час. Розрахувати необхідну ємність такого джерела можна наступним чином:

$$E = 1,2 \frac{P \cdot t}{U \cdot k}, \quad (A \cdot год.) \quad (3.1)$$

де P – сумарна потужність навантаження;

T – час роботи;

V – напруга на виході акумулятора;

k – коефіцієнт ємності (паспортні дані акумулятора);

1,2 – деякий резерв.

Так, наприклад, для нашого випадку (варіант 1) із споживанням 80 Вт (220 В) і блекаутом, тривалістю 8 годин (робочий день), маємо:

$$E = 1,2 \frac{80 \cdot 8}{12 \cdot 1} = 64 \text{ (А·год.)} \quad (3.2)$$

Для порівняння, портативна зарядна станція, представлена на рис. 3.12 (SWAREY S500) має наступні технічні характеристики: 518 Вт·год., 144 А·год., 500 Вт (1000 Вт пік.), 230 В. Тобто дане джерело автономного живлення забезпечить більш ніж подвійний запас енергії: $144/64=2,25$ і зможе пропрацювати 2 робочих дня по 8 годин.

Можна піти від зворотного – розрахувати час автономної роботи підключеного обладнання

$$t = \frac{E \cdot U}{P} \eta, \text{ (год.)} \quad (3.3)$$

де η – коефіцієнт корисної дії UPS (в сучасних пристроях – 0,85...0,9).

Так, наприклад, використовується UPS з відомими характеристиками, скажімо він має 2 акумулятори 12 В, ємністю 12 А·год. Споживана потужність навантаження залишається тією ж – 80 Вт. Звідси маємо:

$$t_{UPS} = \frac{24 \cdot 12}{80} 0,85 = 3 \text{ (год.)} \quad (3.4)$$

Таким чином стандартний UPS забезпечить 3 години автономної роботи, що відповідає більш ніж 2 академічним годинам навчального навантаження.

Якщо ж обрати автомобільний акумулятор середньої ємності – 100 А·год. з якісним перетворювачем, з ККД=0,98, то час автономної роботи складе:

$$t_{inv.} = \frac{100 \cdot 12}{80} 0,98 = 14,7 \text{ (год.)} \quad (3.5)$$

Будь-який варіант забезпечення автономного електроживлення являється прийнятним, крім того, слід забезпечити відносно низьку вартість даного обладнання.

3.2. Топологія мережі лабораторії мультимедіа.

Топологія мережі – це конфігурація графа, вершини якого є вузлами мережі, а ребра лініями зв'язку між ними (геометрична структура мережі). Вузлами, як правило являються конкретні апаратні складові мережі: комп'ютери, роутери, маршрутизатори, різноманітне комунікаційне обладнання, тощо. Лінії зв'язку бувають провідні та безпроводні. У плані фізичної реалізації – звичайні двопровідні лінії, фідери (коаксіальний кабель), кручена пара, оптоволокло. Інакше топологію можна описати як конфігуровану структуру розташування мережного обладнання, з'єднаного між собою лініями зв'язку.

Мережева топологія може бути:

- фізичною – описує реальне розташування та зв'язки між вузлами мережі;

- логічною – описує проходження сигналів у межах фізичної топології;

- інформаційною – описує потоки інформації, що передаються мережею.

Існують наступні основні топології мережі:

- шина (рис. 3.17, *a*);

- кільце (рис. 3.17, *б*);

- зірка (рис. 3.17, *в*);

- ієрархічна (деревовидна) (рис. 3.17, *г*);

- сітка (mesh) (рис. 3.17, *д*);

- змішана (рис. 3.17, *е*)

Топологія “шина” (“загальна “шина”) (рис. 3.17, *a*) характеризується паралельним під'єднанням всіх елементів мережі до однієї лінії зв'язку, забезпечуючи одночасний обмін інформацією між ними. Всі елементи мережі мають однаковий статус, рівноправні, але передача інформації, як правило, здійснюється по чергово, так як лінія зв'язку одна (інакше виникатимуть затримки, колізії, конфлікти, тощо). Режим обміну пакетами даних – напівдуплексний (HALF DUPLEX). І хоча обмін інформацією здійснюється по чергово, мережі подібного типу надзвичайно поширені. Слід також

відмітити, що в шинній топології відсутній центральний (головний) елемент, який координує роботу всієї мережі. Це являється перевагою системи, адже відмова подібного елемента не призведе до непрацездатності всієї мережі. Тобто шинна структура має високу надійність. Разом із тим, під'єднання нових елементів мережі не викликає проблем та найчастіше може здійснюватися “на гарячу”. Однак коротке замикання в будь-якій точці кабелю шини виводить із ладу всю мережу. Будь-яку відмову мережного обладнання в шині дуже важко локалізувати, так як всі складові ввімкнені паралельно. Також при проходженні пакетів даних по лініях зв'язку мережі з топологією “шина” відбувається їх послаблення. Енергетика сигналів не відновлюється, що накладає жорсткі обмеження на сумарну довжину ліній зв'язку.

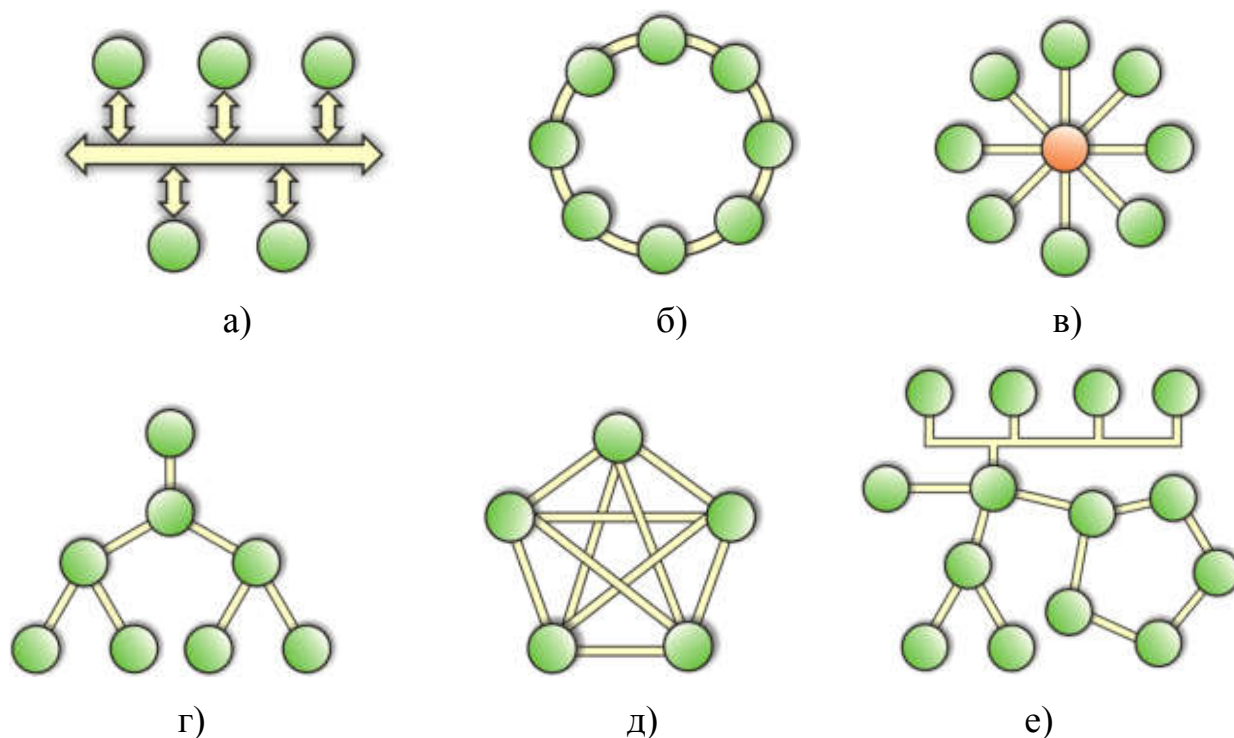


Рисунок 3.17 – Різновиди топологій інформаційних мереж:

- а) шинна; б) кільце; в) зірка; г) ієрархічна (деревовидна); д) сітка (mesh);
е) змішана

Топологія “кільце” (рис. 3.17, б) організована таким чином, що кожен елемент мережі пов’язаний тільки із двома сусідніми – попереднім та наступним у послідовній ланці. Від одного він одержує інформацію, а іншому передає і так далі по колу. Позитивною особливістю кільцевої топології є

відновлення (регенерація) сигналу в кожній ланці, що повністю виключає можливість зменшення енергетики в каналах зв'язку. Тут також немає чітко вираженої централізації – всі вузли мережі можуть бути рівноправними

Топологія “зірка” (рис. 3.17, в), на відміну від двох попередніх, містить централізоване ядро, до якого підключаються всі інші елементи мережі власними виділеними лініями зв'язку. Обмін інформацією та керуючі функції повністю покладені на центральний вузол, на який припадає максимальне навантаження. Тому до нього пред'являється ряд додаткових вимог за швидкістю, пропускну здатністю, потужністю, об'ємом пам'яті, тощо. Однак у зіркоподібній структурі ніякі конфлікти у принципі неможливі, тому що керування повністю централізоване. Дана топологія дозволяє легко контролювати роботу мережі, локалізувати несправності мережі шляхом простого відключення від центра тих або інших абонентів, а також здійснювати ефективне керування доступом. До недоліків відносять значно більші витрати кабелю на прокладання мережі, адже кожному абоненту необхідно прокласти свою власну виділену лінію.

Ієрархічна або деревовидна топологія мережі (рис. 3.17, г) локально схожа до зіркової із центральним вузлом, який здійснює керування, найближчими за структурою об'єктами, але в міру віддалення, чітко проглядається децентралізація. Це симбіотична мережа, яка поєднує в собі відповідно переваги та недоліки централізованих та децентралізованих мереж.

Топологія мережі “сітка” (анг. mesh) (рис. 3.17, д) забезпечує організацію зв'язку між складовими “кожен із кожним”. Але, як бачимо, в порівнянні із зірковою технологією, тут відсутній центральний керуючий елемент мережі. Кожна структурна одиниця мережі mesh працює автономно і може бути як приймачем, так і передавачем (ретранслятором) сигналу. Елементи мережі мають власні унікальні ідентифікаційні номери, що унеможлиблює конфлікти або колізії. Мережа може легко масштабуватися, при цьому забезпечуючи регенерацію сигналу. Сіткова топологія набуває все більшої популярності, особливо з розвитком безпроводових технологій, технологій SMART HOME, SMART CITY, тощо.

Змішана топологія (рис. 3.17, е) визначається тим, що на окремих локальних ділянках мережі можуть бути присутні яскраво виражені всі попередні технології (шинна, кільцева, зіркова, деревовидна, тощо). Але в цілому топологія мережі не підпорядковується окремим простим структурам. Подібна топологія характерна для великих гібридних мереж.

Топологія мережі лабораторії мультимедіа має яскраво виражену “зіркову” форму (рис. 3.18). Вона забезпечує 8 стаціонарних робочих місць (включаючи робоче місце викладача) на основі провідних ліній (кручена пара), та потрібну кількість (n) віддалених робочих місць, на основі бездротової технології Wi-Fi.

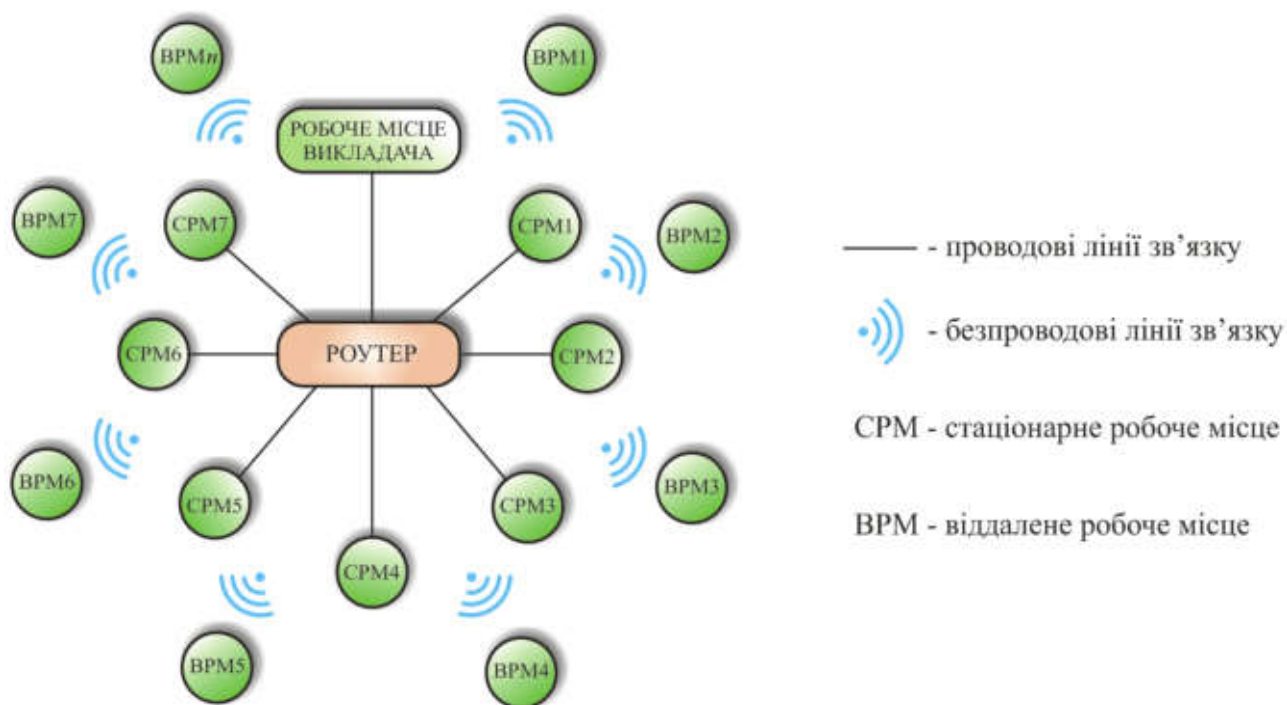


Рисунок 3.18 – Топологія мережі лабораторії мультимедіа (варіант 1)

У випадку застосування мультимедійних каналів зв'язку (керування проектором, телевізійним приймачем, інтерактивною дошкою), топологія мережі лабораторії мультимедіа перетворюється у “подвійну зірку” (рис. 3.19). Робоче місце викладача відіграє роль вторинного централізованого джерела інформації. У стаціонарному вигляді мережі зберігається 8 робочих місць на основі провідних ліній, та забезпечує необхідну кількість (n) віддалених

робочих місць, на основі бездротової технології Wi-Fi. Керування мультимедійними додатками може здійснюватися як у дротовому режимі (VGA, HDMI, USB), так і у бездротовому: спеціалізовані радіочастотні адаптери.

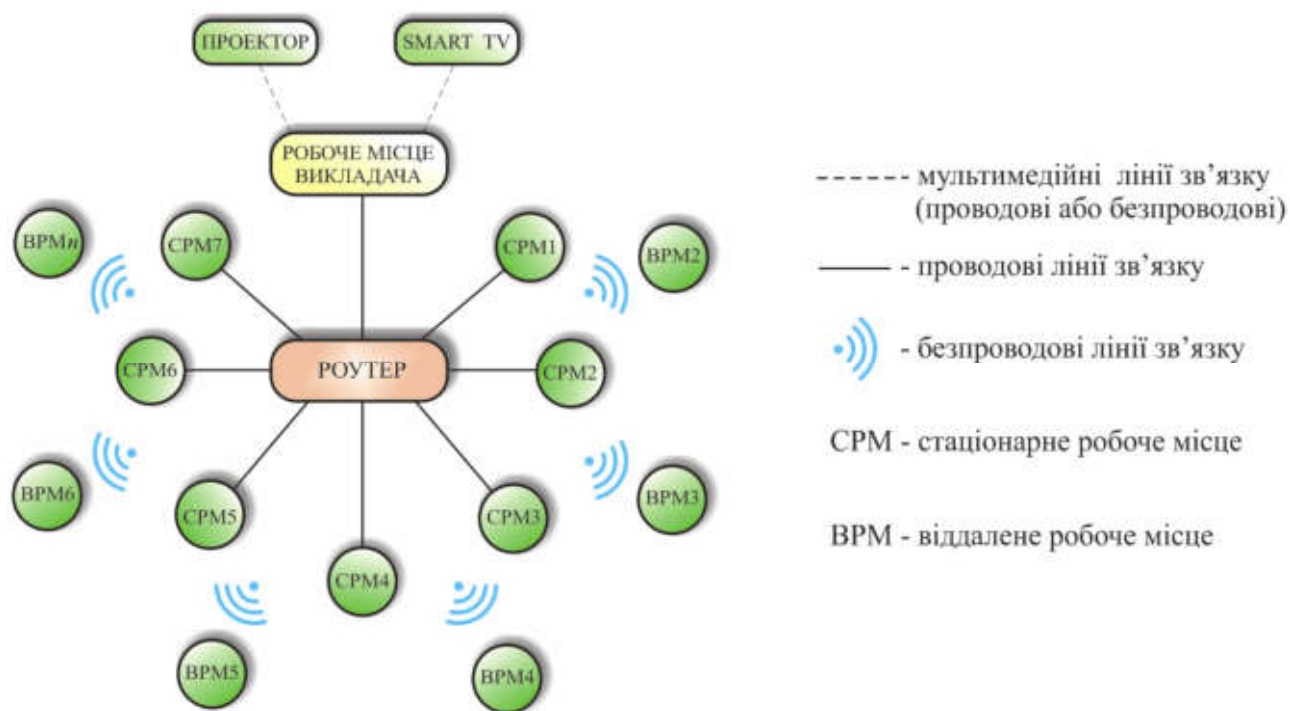


Рисунок 3.19 – Топологія мережі лабораторії мультимедіа (варіант 2)

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Побудовано варіативні схеми забезпечення навчального процесу та організації робочого місця викладача лабораторії мультимедіа. Враховано найрізноманітніші типи мережевого та мультимедійного обладнання. Розглянуто проводові та безпроводові мережні технології.

2. Для організації безперервного навчального процесу в умовах дефіциту електроенергії і блекаутів, запропоновано використання ряду автономних та портативних пристроїв: 3G/4G LTE роутера та автономного джерела живлення. Розраховано час автономної роботи з різними варіантами мережного та мультимедійного обладнання. Надаються рекомендації стосовно вибору типів та ємності акумуляторів для автономних джерел живлення.

3. Побудовано топологію мережі. Показано, що лабораторія мультимедіа має топологію “зірка” у випадку простої побудови, та “подвійна зірка” у випадку застосування мультимедійних каналів зв’язку.

4. ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ МУЛЬТИМЕДІА

4.1. Стационарний маршрутизатор

Стационарний маршрутизатор (роутер) лабораторії мультимедіа являється центральним вузлом розподілу інформаційних потоків. За наявності електроенергії ~220 В енергомережі, роутер працює у звичайному режимі, перерозподіляючи як дротові так і безпроводові звернення між робочими місцями. Крім того він має вихід у локальну мережу всього навчального закладу, а також у глобальну мережу Internet. Критеріями вибору конкретної моделі є наявність 8 портів LAN та 2 діапазонів WLAN (2,4 та 5 ГГц). Поставленим задачам відповідає пристрій MikroTik RB4011iGS (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Стационарний маршрутизатор MikroTik

Технічні характеристики маршрутизатора MikroTik RB4011iGS+
+5НасQ2HnD-IN:

- призначення серверний;
- частотний діапазон Wi-Fi 2.4 ГГц, 5 ГГц (двохдіапазонний);
- швидкість LAN портів 1 Гбіт/с.;
- стандарт Wi-Fi 802.11a/b/g, Wi-Fi 4 (802.11n), Wi-Fi 5 (802.11ac);
- підтримка PoE, VPN;
- кількість антен 4;
- WAN-порт;
- Ethernet;
- інтерфейси 10x10/100/1000 Ethernet, 1xSFP+;

- підтримка протоколів L2TP, IPsec, DHCP, NAT;
- ємність пам'яті 512 Мб;
- об'єм оперативної пам'яті 1 Гб;
- архітектура ARM 32 bit;
- процесор AL21400;
- кількість ядер процесора 4;
- номінальна частота процесора 1.4 ГГц;
- максимальна потужність споживання 44 Вт;
- підтримка MIMO 2x2 і 4x4;
- кут випромінювання 360°
- датчики температури друкованої плати, напруги.

Однак працездатність мережі в повному форматі (з мережею Internet) можлива лише при наявності живлення ~220 В. У разі відсутності централізованого електроживлення, стаціонарний розтер працювати не зможе, так як все попереднє мережеве комутаційне обладнання знеструмлене. Забезпечивши автономність живлення роутера можна відновити тільки локальну мережу лабораторії.

4.2. Автономний портативний маршрутизатор

За відсутності електроенергії забезпечити роботу мережі WLAN з виходом у Internet можна за допомогою технологій мобільного зв'язку 3G/4G LTE. Для цього необхідно мати мобільний приймальний термінал і забезпечити "роздачу" трафіку іншим пристроям. Всі сучасні телефони обладнані функцією точки доступу. Однак мобільний телефон має невеликий радіус дії, малу швидкість ретрансляції мережі та обмежену кількість підключень.

За відсутності електроенергії найпростішим та найдешевшим варіантом забезпечення Internet з'єднання на рівні провайдера послуг є використання спеціальних енергонезалежних роутерів. Принцип роботи їх аналогічний мобільним телефонам, але вони забезпечують вихідні параметри на рівні стаціонарних роутерів та мають у складі потужний акумулятор.

Промисловість забезпечує велику номенклатуру подібних пристроїв. Одним із представників є портативний 4G/3G Wireless Router H80 (рис. 4.2). Це портативний пристрій має кишеньковий розмір та взаємодіє з усіма відомими операторами мобільного зв'язку (Київстар, Vodafone, Lifecell).



Рисунок 4.2 – 4G/3G Wireless Router H80

Технічні характеристики:

- версії протоколів: 4G LTE, DC-HSPA+, HSPA+, HSPA, HSUPA, HSDPA;
- тип: USB WI-FI Роутер (модем);
- максимальна швидкість приймання даних:
 - 4G (LTE) – 100 Мбіт/с;
 - 3G (UMTS) – до 43,2 Мбіт/с;
- максимальна швидкість відправлення даних:
 - 4G (LTE) – 50 Мбіт/с;
 - 3G (UMTS) – до 12,6 Мбіт/с;
- частотний діапазон:
 - 4G-FDD: B1/B3;
 - 3G-UMTS WCDMA: B1;
- спільне використання: підтримка до 10 користувачів;
- Wi-Fi: 802.11b/g/n 2,4 і 5 ГГц;
- акумулятор: 2400 мА·год.;
- час роботи в режимі очікування: 30 годин;
- час автономної роботи: 8 годин;

- радіус дії WI-FI – 10 м;
- інтерфейс: USB 2.0 (USB-порт);
- підтримка операційних систем: Windows XP/7/8/8,1/10, Mac, Linux.

Існують також і класичні стаціонарні роутери, оснащені слотом для SIM карти, наприклад роутер TCL LINKHUB LTE Home Station.



Рисунок 4.3 – Роутер TCL LINKHUB LTE Home Station

Роутер має наступні технічні параметри.

Загальні характеристики:

- режими роботи – мобільний інтернет, проводований інтернет, резервний інтернет, стаціонарний Wi-Fi роутер;
- WAN-порт – 10/100 Мбіт/с;
- слот для SIM-карти;
- інтерфейси і порти – 1хслот Micro-SIM, 1xWAN/LAN-порт, RJ-45 (10/100 Мбіт/с), 1x LAN-порт RJ-45 (10/100 Мбіт/с), 2x SMA external ant., 1xRJ-11 VOIP телефонія, DC IN 12V, кнопка Reset, кнопка WPS, кнопка увімкнення;
- додаткові можливості – підтримка MIMO (4G), VPN, IPTV, Multi-SSID, гостьова мережа;
- акумулятор – зовнішній 15000 mAh;
- автономна робота – до 4-х днів;
- працює з 4G від Lifecell, Vodafone та Київстар;

- підключення до 32 пристроїв одночасно;
- малий час очікування початку відтворення HD-контенту.

Характеристики Wi-Fi:

- частотний діапазон Wi-Fi – 2.4 ГГц;
- стандарти Wi-Fi IEEE – 802.11b, 802.11g, 802.11n;
- максимальна швидкість Wi-Fi – до $\downarrow\uparrow$ 300 Мбіт/с;
- антени Wi-Fi – внутрішні.

Характеристики модема:

- стандарти зв'язку – 3G, 4G (LTE Cat.4);
- максимальна швидкість 4G – до \downarrow 150 / \uparrow 50 Мбіт/с;
- антени 4G LTE – 2x зовнішні SMA знімні, підтримка MIMO.

Програмні характеристики

- операційна система – пропрієтарна;
- підтримка операційних систем – Windows XP/Vista/7/8/8.1/10/11, MAC OS X, iPadOS, iOS, Android, UNIX, Linux;
- віддалене управління – WEB-інтерфейс, Android, iOS;
- захист інформації / Брандмауер – TCP/IP Filter, WPA, WPA2-PSK, демілітаризована зона (DMZ), фільтр MAC-адресів;
- підтримка протоколів – DHCP, ICMP, IPv6, PPPoE, PPTP.

За потреби збільшення радіусу зони дії мережі від автономного роутера, можна використати комплект зовнішніх антен (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Зовнішні антени

4.3. Wi-Fi адаптер.

Сучасні ноутбуки, смартфони планшети в обов'язковому порядку обладнані технологіями безпроводового зв'язку Wi-Fi і BLUETOOTH. Однак стаціонарні комп'ютери містять тільки проводовий порт LAN. В нашому випадку, для організації безпроводової мережі для кожного робочого місця потрібен безпроводовий мережевий адаптер. Швидкість та якість роботи сучасних зовнішніх Wi-Fi адаптерів максимально наближені до швидкості та якості роботи проводових адаптерів. Фізично адаптер складається зі швидкісного радіомодема, що забезпечує прийом і передачу сигналів, і процесора, відповідального за мережеві функції. При виборі конкретної моделі безпроводового Wi-Fi адаптер слід обирати мультистандартні пристрої, що розширює можливості їх застосування.

Wi-Fi адаптери можуть мати найрізноманітніший формфактор: портативний (у вигляді мініатюрної антени), стаціонарні та вбудовані.

Портативний USB Wi-Fi адаптер представлений на рис. 4.5.



Рисунок 4.5 – Зовнішній Wi-Fi адаптер

Це достатньо поширені пристрої, які мають майже однакові технічні характеристики:

- підтримка стандартів IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b;
- швидкість: 600 Мбіт/с.;
- діапазон частот: 2,4...2,4835 ГГц;
- антена 2dBi;
- порт USB 2.0;
- протоколи захисту мережі: 64/128-бітне WEP шифрування даних, WPA, WPA-PSK, WPA2, WPA2-PSK, TKIP/AES.

Стационарний USB Wi-Fi адаптер Asus USB-AC58 представлений на рис. 4.6.



Рисунок 4.6 – Зовнішній Wi-Fi адаптер

- стандарт WiFi – 802.11 b/g/n/ac;
- частотний діапазон Wi-Fi – 2.4+ 5 ГГц (двохдіапазонний);
- швидкість передачі даних – 1300 Мбіт/с.;
- інтерфейси – USB;
- захист інформації – 64/128bit WEP, WPA, TKIP, WPA-PSK, WPA2-PSK, WPA3;
- антени – зовнішні, знімні.

Вбудований Wi-Fi адаптер для ПК у вигляді мережної карти (рис. 4.7).



Рисунок 4.7 – Вбудований Wi-Fi адаптер

Одним із представників пристроїв подібного типу є дводіпазонний безпроводовий адаптер Wi-Fi INTEL 8260AC (рис. 4.7, а). Його характеристики:

- інтерфейс: PCI Express x1;
- антени: 2xR SMA;
- максимальна швидкість: 867 Мбіт/с;
- стандарт: Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac.

4.4. Мультимедійний адаптер.

Для організації зв'язку в мультимедійних каналах необхідно забезпечити комутацію інтерфейсів VGA та HDMI. Причому це можна зробити традиційним проводовим з'єднанням за допомогою відповідних кабелів, а можна, використовуючи безпроводові технології. Існують адаптери як окремого виконання, так і пристрої, які об'єднують цих два інтерфейса в обох номінаціях. Розглянемо спочатку проводовий варіант окремого HDMI адаптера. Подібні пристрої часто називають розгалужувачами або сплітерами. HDMI адаптер UHD HVS-02 представлено на рис. 4.8. Це 4-канальний активний розгалужувач (HDMI 1x4) призначений для комутації одного вхідного мультимедійного каналу на 4 незалежних навантаження.

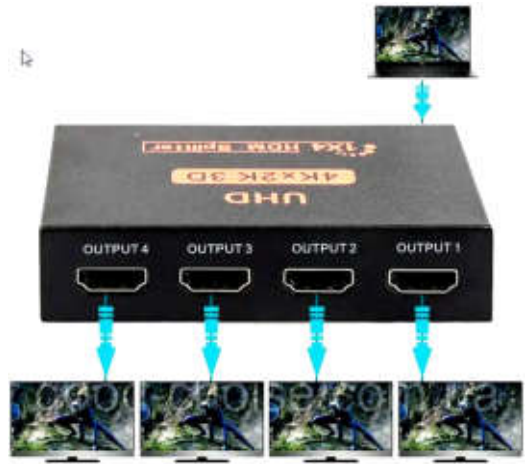
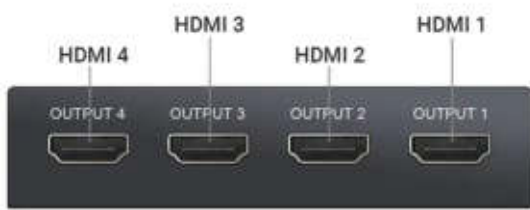


Рисунок 4.8 – Проводовий HDMI адаптер

Пристрій UHD забезпечує наступні технічні параметри:

- кількість входів – 1;
- кількість виходів – 4;
- підтримка 3D Full HD 2k, 4k (3840×2160);
- розрізнявальна здатність – 2k, 4k;
- підсилення відеосигналу;
- формати аудіо – DTS-HD / Dolby-trueHD / LPCM7.1 / DTS / Dolby-AC3 / DSD / HD (HBR);
- формати відео – HDMI v1.4/2,0, HDCP, Blue-Ray 24/50/60fs/HD-DVD/xvYCC;
- пропускна здатність – 300 МГц;
- швидкість передачі даних – 10,2 ГБіт/с.;
- максимальна довжина кабелю (720p) – до 25 м;
- максимальна довжина кабелю (1080p) – до 15 м;
- максимальна довжина кабелю (4k) – до 8 м.

Безпроводовий універсальний VGA/HDMI адаптер Mt-Viki MT-WX02. Це пристрій, який поєднує в одному корпусі відразу два мультимедійних інтерфейси – аналоговий VGA та цифровий HDMI. Комплект складається із приймача і передавача, для безпроводової передачі мультимедійних сигналів через мережу Wi-Fi на відстань до 50 метрів.



Рисунок 4.9 – Безпроводовий універсальний VGA/HDMI адаптер

VGA/HDMI адаптер Mt-Viki MT-WX02 має наступні технічні характеристики:

- відстань передачі – 50 метрів;
- Wi-Fi стандарт – 802.11b/g/n/a/ac;
- інтерфейси HDMI і VGA;
- окремий аудіо вхід – 3.5 мм;
- розрізнявальна здатність – 1920x1080 / 60 Гц, 2к, 4к;
- використання систем Windows / mac OS / ios / Android;
- 5 каналів передачі на вибір користувача;
- живлення – Type-C;
- автоматичне визначення та настроювання режимів відображення;
- автоматичне вирівнювання зображення;
- функція Plug and Play.

4.5. USB-USB адаптер.

Як видно із розроблених у 3 розділі схем організації мультимедійного робочого місця викладача (варіанти № 7 і 8), у випадку застосування інтерактивної дошки постає необхідність комутації USB сигналів від робочого місця викладача до самої дошки. Це, звичайно можна зробити за допомогою шнура USB. Але у випадку організації повністю безпроводового з'єднання виникає потреба віддалено комутувати USB порт. Подібні пристрої майже відсутні у продажу і тільки з'являються перші спроби фізичної комерційної реалізації адаптерів даного типу. Корпорація Icron Technologies анонсувала надходження у продаж першого у світі безпроводового концентратора USB 2.0, що базується на стандартній радіотехнології 802.11g – Icron WiRanger USB 2.0 Hub (рис. 4.10). Адаптер дозволяє підключати периферійні пристрої до порту USB віддалено (принтери, сканери, зовнішні диски, тощо), на відстані до 30 м. Цей 4-портовий концентратор забезпечує повністю “прозоре” використання

будь-якого USB-пристрою – він не вимагає додаткового програмного забезпечення та налаштування конфігурації.



Рисунок 4.10 – Безпроводовий подовжувач USB Icron WiRanger USB 2.0 Hub

У комплект входить два приймально-передавальні пристрої, які передають інформацію за своїми закритими і надійно захищеними протоколами Wi-Fi, високого ступеня захисту. Процес передачі даних відбувається автоматично і не потребує налаштувань. Необхідно тільки під'єднати обидві частини адаптера до відповідних USB портів пристроїв. Швидкість передачі достатньо висока – близько 58 Мбіт/с.

4.6. Відтворювальний пристрій.

Відтворювальний пристрій – найважливіший елемент будь-якої аудиторії навчального закладу. Тому і присутня подібна широка варіативність схемних реалізацій даного проекту. Як було розглянуто у 3 розділі, пропонуються наступні варіації пристроїв відтворення інформації:

- простий телевізійний приймач;
- телевізійний приймач SMART TV;
- проектор;
- проектор з безпроводовими інтерфейсами Wi-Fi/BLUETOOTH;
- інтерактивна дошка.

Фактично всі сучасні телевізійні приймачі містять роз'єми VGA і HDMA, а моделі SMART TV ще й безпроводові інтерфейси Wi-Fi/BLUETOOTH. Аналогічна ситуація з проекторами: вони також бувають у простому виконанні

(тільки дротові з роз'ємами VGA і HDMA), а також з безпроводовими інтерфейсами Wi-Fi/BLUETOOTH.

Тому окремого розгляду потребує інтерактивний комплект. Забезпечити інтерактивність навчального процесу (лекцій, презентацій, демонстрацій, демонстрацію всього спектру мультимедіа) можна за допомогою наступного обладнання:

- інтерактивний дисплей;
- інтерактивний тотем;
- інтерактивний стіл (парта);
- інтерактивна дошка;

Інтерактивний дисплей. Інтерактивний дисплей (рис. 4.11) – сучасний інтерактивний пристрій, який поєднує технологію рідкокристалічних відтворювальних пристроїв та системи введення інформації. На відміну від інтерактивної дошки, це закінчене рішення, що включає в себе мінікомп'ютер, сенсорну панель, акустичну систему і програмне забезпечення. Вони можуть мати досить великі розміри 60-70", підтримують функцію Multi-Touch на 10-20 торкань, Можуть містити додаткові пристрої (відеокамеру, мікрофон, спеціальний інтелектуальний маркер, тощо). Мультимедійні інтерактивні екрани можна використовувати в навчальному процесі, у відеоконференціях, для демонстрації інформаційних презентацій, у телестудіях, залах нарад, у громадських установах, музеях, аеропортах, вокзалах, тощо.



Рисунок 4.11 – Інтерактивний дисплей

Серед основних переваг слід виділити:

- відсутність процедури калібрування;
- високу якість зображення (яскравість, контраст, кольорова гама);
- універсальність (можна використовувати в якості монітора або телевізора);
- відсутність тіні на дисплеї від користувача, як в інтерактивних дошках.

Однак є і суттєвий недолік – колосальна вартість подібних пристроїв.

Інтерактивний тотем – цифровий інтерактивний відкритий вертикальний засіб візуалізації (одне з найсучасніших мультимедійних рішень) (рис. 4.12). Пристрої можуть бути встановлені в коридорах, музеях, класах, на відкритих просторах (мають високий ступінь захисту від зовнішнього середовища – IP69). Пристрої забезпечують інтерактивну навігацію та взаємодію з користувачем. Мають дистанційне адміністрування та вбудоване програмне забезпечення.



Рисунок 4.12 – Інтерактивний тотем

Інтерактивний стіл (парта) – сучасний засіб креативного інтерактивного навчання, який можна використовувати для індивідуальних занять або для роботи з невеликими групами. Фактично це повноцінний інтерактивний дисплей, але у іншому формфакторі (рис. 4.13), який дозволяє більш зручніше та ергономічніше організувати навчальний процес. Особливо для дітей.



Рисунок 4.13 – Інтерактивний стіл (парта)

Подібне розташування робочої поверхні дозволяє змінювати висоту столу та також кути нахилу в широких межах. Пристрій дозволяє створювати графічні продукти 2D та 3D, містить вбудований інструмент для формування швидкого посилання у вигляді QR-коду для подальшого перегляду та завантаження проведеного уроку, має багато дотиковий мультитач, вбудовані засоби мультимедіа (перегляд та обробка файлів аудіо, відео, фото, тексту, тощо).

Інтерактивна дошка – це пристрій графічного відтворення інформації в поєднанні з функцією зворотного зв'язку, яка забезпечує його реакцію на зовнішню дію, що і забезпечує інтерактивність. Це невід'ємна частина сучасної мультимедійної платформи навчального закладу. Зазвичай інтерактивна дошка містить дошку-екран, короткофокусний проектор, персональний комп'ютер (ноутбук, нетбук) та спеціалізоване програмне забезпечення. По суті це симбіоз звичайної маркерної дошки з ПК (рис. 4.14). Інтерактивна дошка дозволяє гнучко працювати з елементами візуалізації – з одного боку вона дублює інформацію з екрану робочого місця викладача, з іншого дозволяє формувати зображення безпосередньо на екрані. Окрім того, ці дві функції можна поєднувати – вивести потрібну інформацію на екран з ПК та за необхідністю прямо поверх проводити додаткові графічні побудови та позначення. В цьому допомагає спеціалізоване програмне забезпечення, яке синхронно працює з діями оператора. Зворотній зв'язок відбувається через порт USB.

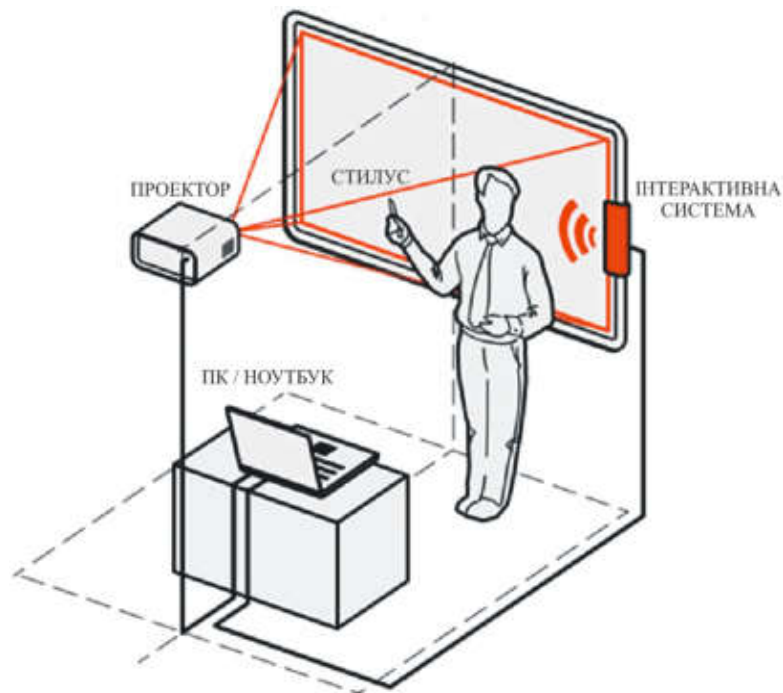


Рисунок 4.14 – Інтерактивна дошка

Таким чином, у комбінації з мультимедійним проектором стає великим інтерактивним екраном, на якому можна працювати як на ПК або ноутбуці, тільки віддалено. Маючи доступ до мережі Internet можна одним дотиком руки прямо на поверхні великого екрану відкривати вікна, здійснювати пошук, демонструвати необхідну інформацію або просто рисувати.

В якості органів керування можна використовувати жести рук, спеціальні маркери або стилуси. Технологія інтерактивних дощок може бути різною:

- сенсорно-резистивна;
- електромагнітна;
- лазерна;
- ультразвукова;
- інфрачервона;
- мікроточкова;
- ємнісна;
- оптична.

Сенсорно-резистивна технологія дозволяє маніпулювати не лише маркерами, але й звичайною указкою або простою рукою (рис. 4.15). Датчики, розташовані між шарами екрану, розпізнають дотик і передають інформацію

про нього на комп'ютер. Технологія надзвичайно зручна, дозволяє багато точковий режим роботи.

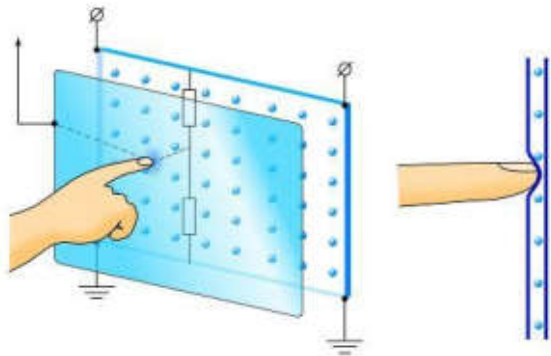


Рисунок 4.15 – Сенсорно-резистивна технологія інтерактивної дошки

Електромагнітна технологія передбачає використання спеціального електронного активного маркера, який живиться від власного джерела енергії. Технологія дозволяє працювати безконтактно, що являється очевидною перевагою – немає механічного контакту, фізичного зношування робочих поверхонь. Однак наявність маркера в будь-якій технології вимагає бережливого його зберігання. Відсутність маркера повністю унеможливорює інтерактивну функціональність.

Лазерна технологія представлена на рис. 4.16. Вона також вимагає використання спеціального маркера, однак при цьому дошка може бути зроблена з будь-якого матеріалу.

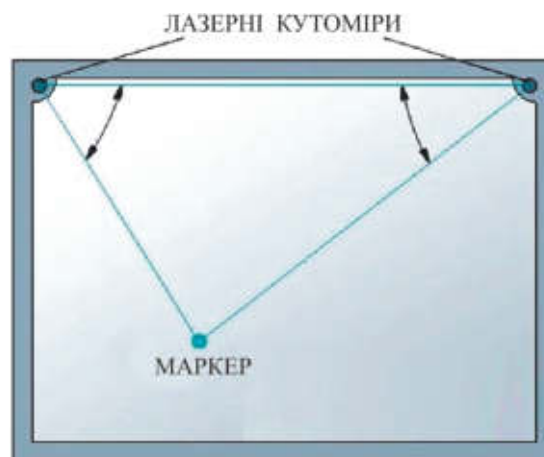


Рисунок 4.16 – Лазерна технологія інтерактивної дошки

Ультразвукова та інфрачервона технології. Не випадково об'єднані в одну рубрику, отже мають схожі фізичні принципи. Обидві технології вимагають використання відповідного спеціального маркера, який бажано не губити. Ультразвукові або інфрачервоні датчики, розташовані в полі дошки визначають просторове положення маркера. Зрозуміло, що маркери активні, потребують власного джерела живлення.

Мікроточкова технологія. Має суттєві відмінності від всіх попередніх. І хоча тут також потрібен спеціальний активний маркер, його роль радикально інша. В маркер вбудована мініатюрна відеокамера, яка при наближенні до дошки зчитує з її поверхні мікропозначення і визначає місцезнаходження маркера. Інформація з маркера передається на ПК або ноутбук за допомогою безпроводової технології Bluetooth. Сама дошка не вимагає спеціальних матеріалів, і що найбільш актуально, не потребує окремого живлення.

Ємнісна технологія (рис. 4.17). Як і сенсорно-резистивна, дана технологія побудована на тактильному впливі на активний екран. Аналогічною є також можливість мультиточкового режиму роботи. Окрім того з такою дошкою можна працювати без маркера, просто пальцями.

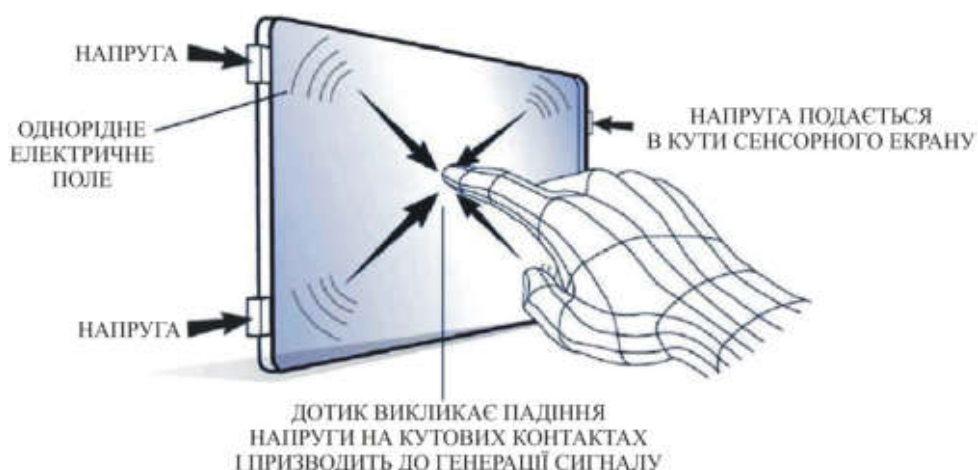


Рисунок 4.17 – Ємнісна технологія інтерактивної дошки

Оптична технологія (рис. 4.18). Місцезнаходження маркера фіксується цифровими камерами і датчиками. Інформація про місцезнаходження передається на ПК або ноутбук. Має абревіатуру DViT.

Слід сказати, що існують дошки, які поєднують в собі декілька технологій. Такий симбіоз дозволяє взяти у кожної із технологій найкраще і одержати високі технічні показники.



Рисунок 4.18 – Оптична технологія інтерактивної дошки

Інтерактивні дошки також можуть мати наступні модифікації:

- ультракороткофокусна дошка – проектор знаходиться поруч з дошкою, на відстані близько півметра від поверхні. Завдяки цьому на екран не потрапляє тінь лектора. Це найбільш зручний та оптимальний варіант, однак і найбільш дорогий;

- короткофокусна дошка – проектор працює на відстані близько 60...150 см. від поверхні. Затінення можливе, але не сильно дошкуляє. Однак вартість цього варіанта майже на половину дешевше за попередній.

- мультимедійна дошка – найпоширеніший і дешевий тип проектора, діючий на відстані 3-4 м від дошки. Зрозуміло, що виникатимуть певні незручності від падіння тіней, однак при певному досвіді працювати можна.

Слід сказати також про програмне забезпечення, без якого не буде працювати функція інтерактивності. Кожен виробник при купівлі дошки надає програмний продукт безкоштовно.

Використання інтерактивної дошки сприяє кращому засвоєнню матеріалу та активному залученню аудиторії в навчальний процес. Однак це найдорожчий варіант з усіх.

На основі розроблених структур і топології мережі, можна виділити 3 наступних варіанта під'єднання інтерактивної дошки (рис. 4.19-4.21).

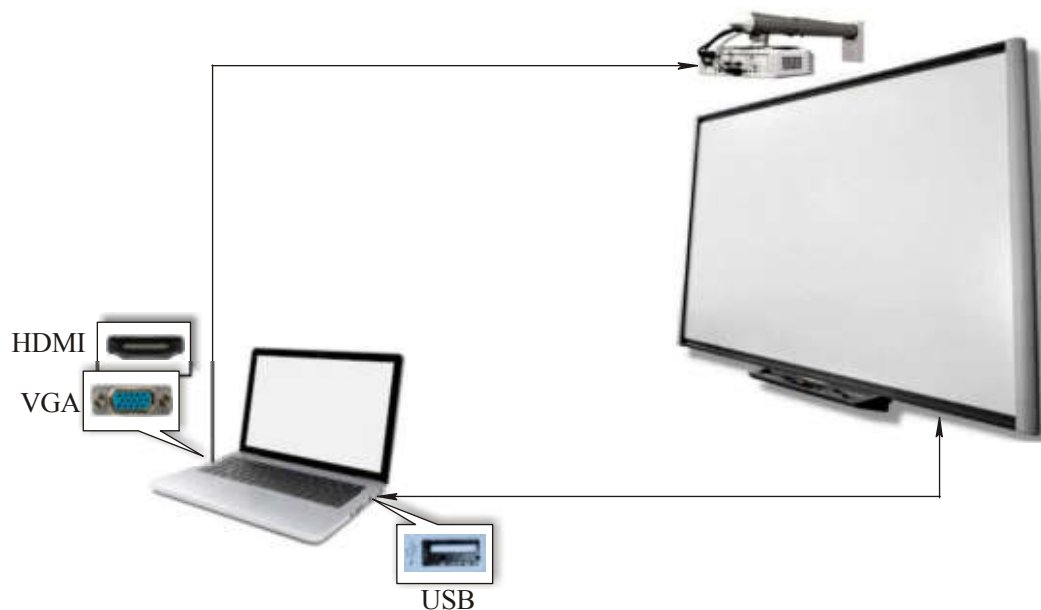


Рисунок 4.19 – Схема дротового під'єднання інтерактивної дошки



Рисунок 4.20 – Схема безпроводового під'єднання інтерактивної дошки (варіант з адаптерами VGA/HDMI та USB)



Рисунок 4.21 – Схема безпроводового під'єднання інтерактивної дошки (варіант з Wi-Fi/BLUETOOTH та USB)

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. В даному розділі здійснено підбір реального обладнання лабораторії мультимедіа. Пропонуються конкретні моделі промислових зразків, їх поєднання, приводяться детальні технічні характеристики.

2. Запропонована апаратна реалізація дозволяє побудувати мультимедійну мережу навчальної аудиторії з великою кількістю варіативних поєднань. Так, на вибір, пропонуються повністю дротові варіанти реалізацій, безпроводові та симбіотичні технології.

3. Особлива увага приділяється пристроям візуалізації, як основному елементу процесу навчання. Акцент здійснено на забезпеченні мультимедійності та інтерактивності із дотриманням бездротових енергозберігаючих автономних технологій.

ВИСНОВКИ

1. Кваліфікаційна робота магістра виконана в повній мірі, згідно до наказу ХНУ № 30 від 15 серпня 2023 р. та відповідно до технічного завдання. У роботі використані рекомендації методичних вказівок “Методичні рекомендації до її виконання здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»” [25]. В роботі проведений аналітичний огляд та аналіз джерел науково-технічного спрямування за тематикою дослідження. Досліджено ситуацію, яка склалася в країні в освітньому процесі в умовах дефіциту електроенергії. Представлено математичний апарат, який описує тривалість перебоїв в енергосистемі, середню кількість відключень на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту короткочасних перерв. Розглянуто різноманітне мережеве та мультимедійне обладнання.

2. Розглянута технічна специфікація безпроводових мереж типу Wi-Fi (стандарту IEEE 802.11) та BLUETOOTH (стандарту IEEE 802.15), на основі яких проведено аналіз роботи даних технологій. Рекомендується для організації навчального процесу використовувати мережі стандарту 802.11, так як вона забезпечує достатню швидкість та пропускну здатність для всіх видів телекомунікацій, включаючи передачу мультимедіа.

3. Створено математичну модель керування трафіком безпроводових мереж на основі систем масового обслуговування, яка в свою чергу базується на теорії телетрафіка. Показано, що процеси, які розглядаються в рамках теорій масового обслуговування, носять стохастичний характер, та ґрунтується на математичному апараті теорії імовірності.

4. В рамках поставлених задач, удосконалено методи оцінки прогнозованої пропускну здатності та якості обслуговування. Показано, що в якості перспективного напрямку наукових досліджень систем масового обслуговування на основі телетрафіка, необхідно обирати поєднання імовірнісних методів аналізу, синтезу та оптимізації розподілу інформаційних потоків. Саме подібний симбіоз

дозволить ефективно проектувати, будувати та експлуатувати інформаційні мережі.

5. Розроблено методику розрахунку безпроводових мереж в навчальних закладах на основі теорії масового обслуговування.

6. Проведено детальну класифікацію систем масового обслуговування. Розроблена оригінальна структура системи масового обслуговування, максимально адаптована до лабораторії мультимедіа навчального закладу.

7. Побудовано варіативні схеми забезпечення навчального процесу та організації робочого місця викладача лабораторії мультимедіа на основі проводових та безпроводових мережних технологій. Розраховано час автономної роботи з різними варіантами мережного та мультимедійного обладнання.

8. Розроблено топологію мережі лабораторія мультимедіа.

9. Здійснено підбір реального обладнання лабораторії мультимедіа. Пропонуються конкретні моделі промислових зразків, їх поєднання, приводяться детальні технічні характеристики. Запропонована апаратна реалізація дозволяє побудувати мультимедійну мережу навчальної аудиторії з великою кількістю варіативних поєднань. Особлива увага приділяється пристроям візуалізації, як основному елементу процесу навчання. Акцент здійснено на забезпеченні мультимедійності та інтерактивності із дотриманням бездротових енергозберігаючих автономних технологій.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Сайт “Блекаут-2023: чи готова енергетична система до можливих нових атак РФ”. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://nikvesti.com/ua/articles/278764>. (Дата звернення 20.11.2023).
2. Сайт “ДТЕК” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.dtek-kem.com.ua/ua/our-performance>. (Дата звернення 22.11.2023).
3. ISO_IEC_11801:2002_2nd_edition. International standard ISO/IEC 11801: Information technology – Generic cabling for customer premises. Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.ieee802.org/3/bq/public/may13/flatman_01_0513_40GBT.pdf. (Дата звернення 27.11.2023).
4. European standard EN 50173:2018. – Режим доступу : <https://www.en-standard.eu/bs-en-50173-1-2018-information-technology-generic-cabling-systems-general-requirements>. (Дата звернення 01.12.2023).
5. Сайт “Wikipedia”. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Мережевий_комутатор (Дата звернення 21.11.2023).
6. Литвинов А. Л. Теорія систем масового обслуговування : навч. посібник / А. Л. Литвинов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 141 с.
7. Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський // Підручник. Серія «ІНФОРМАТИКА» За загальною редакцією академіка НАН України М. З. Згуровського. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.
8. Литвинов А. Л. Розробка та дослідження ймовірнісних моделей оцінювання якості інформаційно-управляючих систем / А. Л. Литвинов // Комунальне господарство міст. : Серія: Технічні науки та архітектура. – Харків : ХНУМГ, 2016. – вип. 126, – С. 22 – 26.
9. Стецюк В. І. Організація бездротових мереж у навчальному процесі на основі систем масового обслуговування / В. І. Стецюк, О. А. Мейхер // The XII International Scientific and Practical Conference "Youth, education and science through today's challenges", November 04-06, 2023, Bordeaux, France. 454 p. –

C. 409-413. ISBN – 9-789-46485-381-0. URL: <https://eu-conf.com/ua/events/youth-education-and-science-through-today-schallenges/>.

10. Донченко В. С. Теорія ймовірностей та математична статистика для соціальних наук: навчальний посібник / В. С. Донченко, М. В.-С. Сидоров. – Київ : ВПС Київський університет, 2015. – 400 с.

11. Дубовик В. П. Вища математика / В. П. Дубовик, І. І. Юрик // – Київ : Ігнатекс-Україна, 2013. – 648 с.

12. Стеценко І. В. Моделювання систем: навчальний посібник / І. В. Стеценко // – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.

13. Яганов П. О. Дослідження систем масового обслуговування: Тексти лекцій / П. О. Яганов // – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 40 с.

14. Ложковський А. Г. Теорія масового обслуговування в телекомунікаціях / А. Г. Ложковський // – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2010. – 112 с.: іл.

15. Косолапов А. А. Аналітичні моделі масового обслуговування в задачах проектування інформаційних систем [Текст] : навчально-довідковий посібник / уклад.: А. А. Косолапов; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: «LikePrint», ФОП Гечка Т. О., 2015. – 186 с.

16. Жерновий Ю. В. Марковські моделі масового обслуговування : Тексти лекцій / Ю. В. Жерновий // – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. – 154 с.

17. Буртняк І. В. Методичні вказівки з вивчення дисципліни “Імітаційне моделювання” для студентів спеціальності економіка, економічна кібернетика/ І. В. Буртняк // – Івано-Франківськ. Віддруковано у видавництві Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2021. – 98 с.

18. Сайт “MikroTik Ukraine” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mikrotik.ua/ru/product/mikrotik-rb4011igs-5hacq2hnd-in>. (Дата звернення 24.11.2023).

19. Сайт “MAXMY” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://maxmy.com.ua/product/4g-wi-fi-router-tcl-linkhub-lte-home-station->

powerbank-trust-primo-eco-15000-mah-usb-kabel-adapter-5v-to-dc-12v/?gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC7RLqERaItHISo0b_q1ONgb_V-QT74t00DLMsUygFrACpnetVftlFBoC3-QQAvD_BwE. (Дата звернення 27.11.2023).

20. Сайт “4G MERJA” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://4g-mereja.com.ua/ua/>. (Дата звернення 25.11.2023).

21. Сайт “Інтернет-магазину Oiz” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://oiz.com.ua/ua/p1558364111-antena-wifi-600mbs.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA9dGqBhAqEiwAmRpTC6R4Apu48AtAiactk9LgbV8sbIBfu7IBJNaazDMsVNaQ6OMRqFAGs_hoC-HQQAvD_BwE. (Дата звернення 28.11.2023).

22. Сайт “Інтернет-магазину Gadget Planet” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://gadgetplanet.com.ua/aktivnyy-hdmi-razvetvitel-na-4-porta-uhd-chetyrekhnpravlennyy-video-splitter-4k>. (Дата звернення 26.11.2023).

23. Сайт “MT-VIKI” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mt-viki.net>. (Дата звернення 27.11.2023).

24. Сайт “Icron, now part of [Analog Devices, Inc.](https://www.analog.com)” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.icron.com/products/icron-brand/legacy/usb-wi-ranger>. (Дата звернення 29.11.2023).

25. Кваліфікаційна робота : методичні рекомендації до її виконання здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / С. К. Підченко, Ю. М. Бойко, О. С. Пивовар, Л. В. Карпова. Хмельницький : ХНУ, 2023. 60 с.

ДОДАТОК А.

УДК 621

В. І. Стецюк, О. А. Мейхер
Хмельницький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗДРОВОТИХ ТЕХНОЛОГІЙ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ В УМОВАХ ДЕФІЦИТУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В роботі розглянуто ситуацію, яка склалася у країні в навчальному процесі в умовах дефіциту електроенергії. Блекаути, планові відключення електроенергії, стихійні лиха, аварії та позапланові заходи, внаслідок яких може бути відсутнім енергопостачання, спричиняють ряд незручностей та вимушених перерв в навчальному процесі.

Наведена статистика підтверджує масштабність даної проблеми та вказує на необхідність мінімізації або повного усунення перерв в навчальному процесі, пов'язаних з дефіцитом електроенергії. В роботі приводиться математичний апарат, який описує тривалості переривання в роботі енергосистем, середню кількість знеструмлень, що припадає на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту коротких перерв.

Здійснено аналіз та порівняння сучасних бездротових технологій. Запропонована схема організації мультимедійного робочого місця викладача з використанням бездротових технологій в навчальному процесі в умовах блекауту. Здійснено акцент на мінімізацію енергоспоживання та автономність запропонованої структури.

Ключові слова: мультимедіа, телекомунікації, бездротові мережі, математична модель, навчальний процес.

V. I. Stetsiuk, A. A. Meyher
Khmelnitsky National University

USE OF WIRELESS TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN CONDITIONS OF ELECTRICITY DEFICIT

The work examines the situation that has developed in the country in the educational process in conditions of electricity shortage. Blackouts, scheduled power outages, natural disasters, accidents, and unplanned events that may result in power outages cause a number of inconveniences and forced interruptions in the educational process. This situation is aggravated by the long winter period, characteristic of our country. The given statistics confirm the magnitude of this problem and indicate the need to minimize or completely eliminate interruptions in the educational process associated with electricity shortages. The work presents a mathematical apparatus that describes the duration of power system interruptions, the average number of blackouts per subscriber, the average duration of power supply restoration, and the average frequency of short interruptions. An analysis and comparison of modern wireless technologies was carried out. In choosing a workable structure based on wireless communication, the emphasis is on Wi-Fi technology. It is also recommended to use wireless VGA/HDMI adapters for organizing multimedia and interactive applications. The paper proposes an original scheme for organizing a teacher's multimedia workplace using wireless technologies in the educational process in blackout conditions. Emphasis is placed on minimization of energy consumption and autonomy of the proposed structure.

Keywords: multimedia, telecommunications, wireless networks, mathematical model, educational process.

Вступ.

Військова ситуація в Україні дуже вплинула на всі сфери життя суспільства, зокрема внесла корективи в освітній процес. Вимушені відключення електроенергії створюють перешкоди на всіх рівнях освіти: стаціонарній денній формі навчання, дистанційному навчанню, змішаним формам. Особливо це стосується дефіциту електроенергії та періодичних блекаутів (*blackout* – з англійської мови термін, який служить для визначення системних аварій в енергосистемі, що супроводжується масовим відключенням споживачів). Подібні інциденти мають масштабний та інколи тривалий характер (від кількох годин, до кількох діб) [1]. Тільки за перший рік повномасштабного вторгнення Російської Федерації здійснено 255 атак на об'єкти енергетичної інфраструктури України (рис. 1). Слід також врахувати планові відключення електроенергії, стихійні лиха, аварії та позапланові заходи, внаслідок яких може бути відсутнім енергопостачання.

Бездіяльність у даному напрямку може призвести до втрати мотивації учасників навчального процесу, що у свою чергу може мати довгострокові наслідки для їхнього майбутнього та майбутнього країни. Неприпустимою являється перспектива одержання недостатньої кваліфікації та недостатнього рівня компетентностей для здобувачів освіти. Особливо це стосується технічних напрямків освіти, де надзвичайно важливим є здобуття практичних навиків, робота зі спеціалізованим обладнанням (приладами, макетами, установками, тощо).

В рамках організації освітнього процесу постає необхідність гнучкого та комплексного підходу до вирішення проблеми дефіциту електроенергії. Робота закладів освіти та їх окремих підрозділів вимагає впровадження сучасних енергозберігаючих технологій, автономних джерел енергії, технологій бездротового зв'язку та інших новацій, направлених на створення повністю незалежних умов роботи.

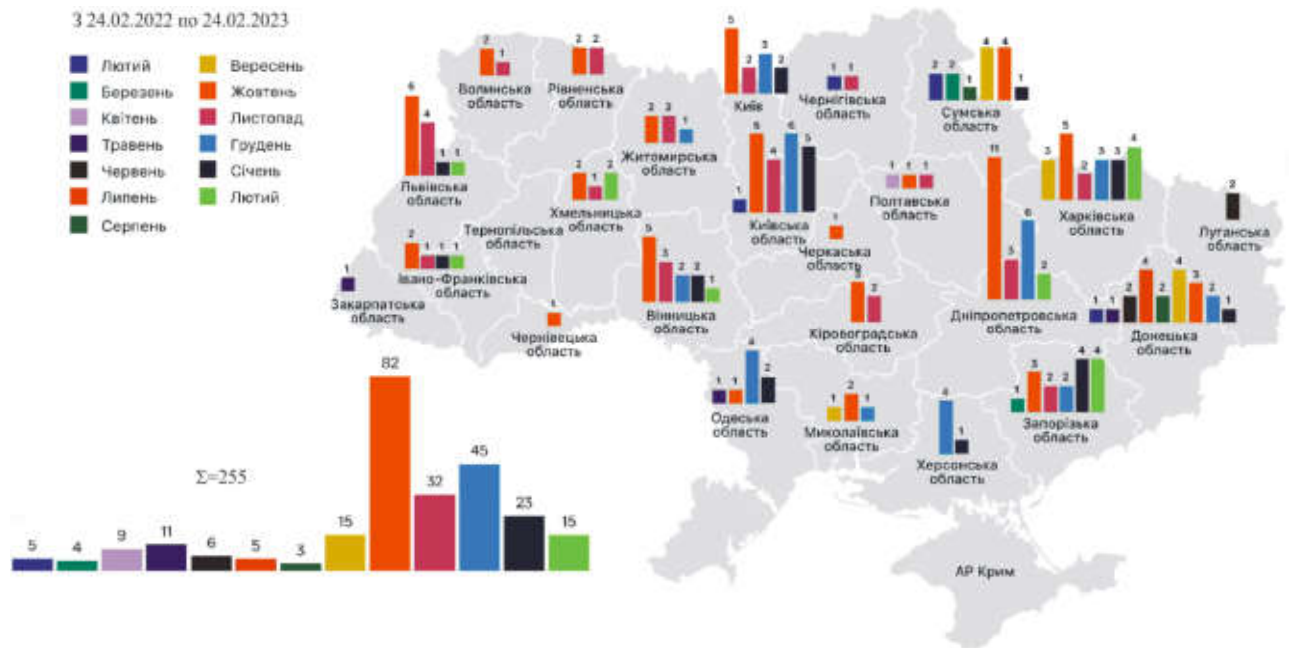


Рисунок 1 – Інфографіка атак РФ на об'єкти енергетичної інфраструктури України

Основна частина.

Математична модель процесів дефіциту електроенергії та блекаутів може бути побудована на основі індексів SAIDI, CAIDI, SAIFI та MAIFI.

SAIDI – індекс середньої тривалості переривання в роботі системи (System Average Interruption Duration Index, SAIDI), тобто показник середньої тривалості відключення для кожного абонента електромережі. Даний індекс зазвичай використовується як показник надійності електропостачання, який на практиці стараються мінімізувати: чим нижчий показник, тим вищий рівень надійності [2].

SAIDI розраховується як відношення сумарної тривалості відключень за звітний період до загальної кількості клієнтів:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^k (t_i \cdot n_i)}{n}$$

де t_i – тривалість i -ї перерви в електропостачанні, хв.;

n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;

n – загальна кількість абонентів;

k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;

i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

SAIDI вимірюється в одиницях часу, як правило у хвилинали. Зазвичай даний показник вимірюють протягом року (рис. 2).

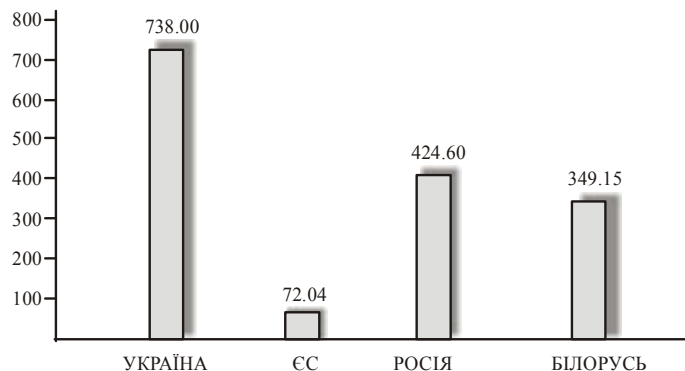


Рисунок 2 – Приклад індексу SAIDI за 2018 р.

SAIFI – це середня кількість знеструмлень одного абонента. Інакше кажучи, даний індекс характеризує частоту перерв в електропостачанні. Аналогічно SAIDI, чим нижчі показники, тим вищий рівень надійності електропостачання абонентів. SAIFI розраховується як відношення сумарної кількості відключених абонентів за звітний період до загальної кількості абонентів:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n}$$

де n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;
 n – загальна кількість абонентів;
 k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;
 i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

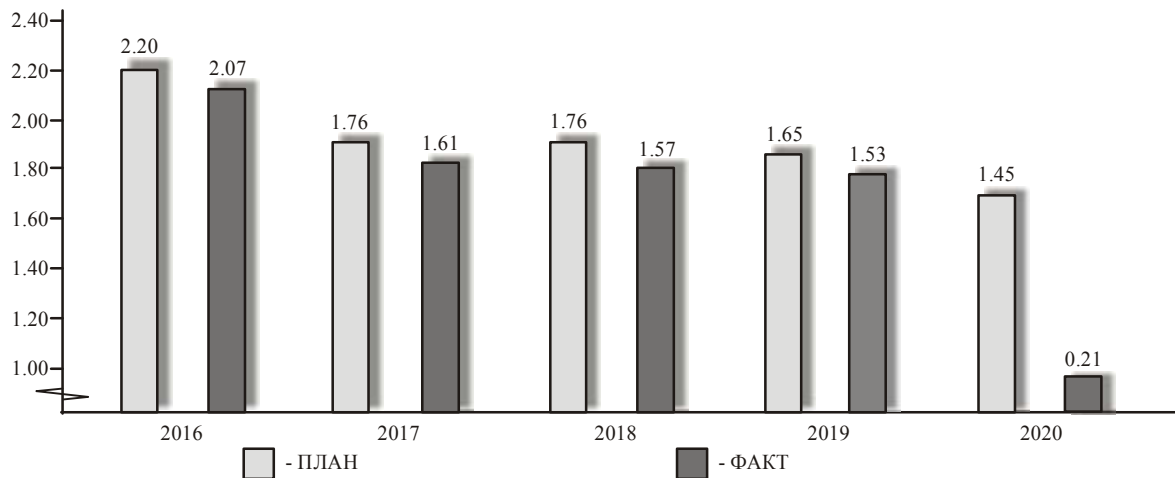


Рисунок 3 – Приклад індексу SAIFI за період від 2016 до 2020 р.

Для деяких країн середнє значення індексу надійності електропостачання SAIFI вказано у табл. 1.

Таблиця 1 – Середнє значення показника SAIFI для різних країн

Країна	Значення SAIFI
США	0,9
Великобританія	0,77
Бельгія	0,94
Швеція	1,2
Італія	3,8
Нідерланди	0,14
Франція	1,26
Україна	6,3

CAIDI – індекс середньої тривалості відновлення електропостачання. Розраховується як відношення сумарної тривалості відключення абонентів за звітний період до сумарної кількості відключених абонентів. Виражає середній час відновлення електропостачання одного відключеного абонента:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{\sum_{i=1}^k (t_i \cdot n_i)}{n_i}$$

де t_i – тривалість i -ї перерви в електропостачанні, хв.;
 n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;
 k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;
 i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

Попередні показники (SAIDI, SAIFI та CAIDI) характеризують ситуацію тривалих відключень електроенергії.

Разом із тим, MAIFI – індекс середньої частоти коротких перерв (менш ніж 3 хвилини) в електропостачанні. Розраховується як відношення сумарної кількості відключених клієнтів за звітний період до загальної кількості клієнтів. Виражає середню кількість коротких знеструмлень одного клієнта:

$$MAIFI = \frac{\sum_{j=1}^r n_j}{n}$$

де n_j – кількість абонентів, відключених в результаті j -ї короткої перерви в електропостачанні;

n – загальна кількість абонентів;

r – кількість коротких перерв в електропостачанні упродовж звітного періоду;

j – номер короткої перерви в електропостачанні $j=1, 2, 3 \dots r$.

Сучасний підхід до організації навчального процесу передбачає використання різноманітних технологій, серед яких все більшу популярність здобувають бездротові технології. Серед найбільш перспективних слід відмітити Bluetooth та Wi-Fi. Саме ці технології дозволяють здійснювати обмін інформацією між мобільними пристроями та організувати комунікації з мультимедійним обладнанням (Smart TV, проектор, навушники, аудіогарнітура, акустичні системи, мережеве обладнання, тощо).

Bluetooth – це сучасна енергоефективна технологія бездротової передачі даних та організації персональних мереж (англ. Wireless personal area network, WPAN). За специфікацією технологія відноситься до IEEE 802.15.1. За рівнем моделі OSI – до фізичного. Фізичний рівень – нижній рівень моделі, який визначає метод передачі даних, поданих у двійковому вигляді, від одного пристрою до іншого. До фізичного рівня належать фізичні, електричні та механічні інтерфейси між двома системами в загальному каналі зв'язку. Фізичний рівень визначає такі види середовищ передачі даних як оптоволокну, вита пара, коаксіальний кабель, супутниковий та ефірний канали передачі даних. Протоколи фізичного рівня: IEEE 802.15 (Bluetooth), IRDA, EIA RS-232, EIA-422, EIA-423, RS-449, RS-485, DSL, ISDN, SONET/SDH, 802.11 Wi-Fi, Etherloop, GSM Um Radio interface, ITU та ITU-T, TransferJet, ARINC 818, G.hn/G.9960, Modbus Plus. Передача інформації здійснюється радіочастотним ефірним способом із використанням методів цифрового кодування сигналів. Радіозв'язок Bluetooth здійснюється в ISM-діапазоні (Industry, Science and Medicine) в частотному діапазоні 2,402-2,48 ГГц. У Bluetooth застосовується метод розширення спектру зі стрибкоподібною перебудовою частоти (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Метод FHSS простий у реалізації, забезпечує стійкість до широкомуглових перешкод, а обладнання недороге. Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями як персональні комп'ютери (настільні, ноутбуки, планшети), смартфони, принтери, цифрові фотоапарати, миші, клавіатури, джойстики, навушники, гарнітури, акустичні системи, тощо. Технологія Bluetooth дозволяє організувати зв'язок на відстанях від 10 до 100 метрів (табл. 2).

Таблиця 2 – Технологія Bluetooth

Клас	Максимальна потужність, мВт	Максимальна потужність, дБм	Радіус дії, м
1	100	20	100
2	2,5	4	10
3	1	0	менше 10

В залежності від версії технології Bluetooth, швидкість передачі даних варіюється (табл. 3)

Таблиця 3 – Швидкість передачі даних Bluetooth

Версія Bluetooth	Швидкість	Особливості технології
Bluetooth 2	до 2.1 Мбіт/с	Enhanced Data Rate – покращена швидкість передачі даних Sniff Subrating – енергозберігаюча технологія
Bluetooth 3	до 24 Мбіт/с	Alternate MAC/PHY (AMP) – адаптація до специфікації IEEE 802.11, підвищення швидкості
Bluetooth 4	до 1 Мб/с	Bluetooth Low Energy – зниження енергоспоживання 128-бітове AES-шифрування – підвищення рівню безпеки
Bluetooth 5	до 2 Мб/с	Збільшення радіусу дії, послідовне підключення пристроїв (для пристроїв інтернету речей, IoT), визначення місцеположення

До недоліків слід віднести невелику відстань зв'язку (в реальності 10-20 м) та низьку швидкість передачі даних (що особливо важливе для мультимедійних та інтерактивних систем).

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity) – технологія бездротової широкосмужової передачі даних для організації локальних мереж (Wireless Local Area Networks, WLAN) з одночасним рівним доступом до загального каналу кількох користувачів. Технологія Wi-Fi основана на сімействі стандартах бездротових мереж IEEE 802.11x (табл. 4). Вони визначають тільки перші два рівня моделі OSI – фізичний і каналний (рис. 4).

Таблиця 4 – Покоління Wi-Fi

Назва покоління	Стандарт IEEE	Рік введення	Максимальна швидкість, Мбіт/с (\leq)	Смуги радіочастот, ГГц
Wi-Fi 0	802.11	1997	2	2,4
Wi-Fi 1	802.11b	1999	11	2,4
Wi-Fi 2	802.11a	1999	54	5
Wi-Fi 3	802.11g	2003	54	2,4
Wi-Fi 4	802.11n	2008	600	2,4 / 5
Wi-Fi 5	802.11ac	2014	6933	5
Wi-Fi 6	802.11ax	2019	9608	2,4 / 5
Wi-Fi 6E		2020		6
Wi-Fi 7	802.11be	(2024)	46120	2,4 / 5 / 6

Канальний рівень стандарту 802.11 складається з двох підрівнів: управління логічним зв'язком (LLC) та управління доступом до носія (MAC). 802.11 використовує той же LLC і 48-бітову адресацію, що й інші мережі стандартів 802, що дозволяє легко об'єднувати бездротові та дротові мережі, однак рівень MAC має кардинальні відмінності.

Налаштування Wi-Fi має топологію “зірка”, тобто всі її вузли з'єднуються безпосередньо з центральним елементом – безпроводним маршрутизатором. У такій топології кінцеві пристрої можна додати та видалити з мережі, не впливаючи на цілісність її структури та передачу даних. Але цей підхід створює єдину точку відмови. Що стосується мережевого і транспортного рівня, то для них Wi-Fi зазвичай використовує інші стандартні протоколи – UDP або TCP для транспортного рівня та IPv4 або IPv6 для мережевого рівня. Прикладний рівень, що відповідає за сумісність пристроїв, не визначено повністю. Він варіативним для виробників програмних рішень.

Фізично визначено два широкосмужових радіочастотних діапазони передачі: інфрачервоний 850-950 нм та радіочастотний. Інфрачервоні пристрої не набули широко поширення. Радіочастотні методи працюють у діапазоні 2,4 ГГц і зазвичай використовують смугу 83 МГц від 2,400 до 2,483 ГГц. Технології широкосмужової передачі сигналів, що використовуються у Wi-Fi, збільшують надійність та пропускну здатність, дозволяючи багатьом розрізненим пристроям поділяти одну смугу частот з мінімальними перешкодами один для одного.

Перевагами Wi-Fi є: дешева бездротова технологія, висока швидкість передачі даних, зручна топологія мережі, безпечний рівень випромінювання Wi-Fi-пристроїв, стандарт є уніфікованим у всіх країнах світу. Тому саме технології Wi-Fi надається перевага, при організації мереж в освітніх закладах.

Для організації робочого місця викладача з використанням бездротових технологій та мультимедійних додатків в навчальному процесі в умовах блекауту запропонована наступна схема (рис. 5). У звичайному режимі все обладнання може працювати в штатному режимі із використанням власної мережі 220 В для стаціонарного телекомунікаційного обладнання. При цьому обмін інформацією здійснюється через локальну та глобальну мережі навчального закладу. У разі відсутності зовнішньої подачі електроенергії задіюється портативний роутер, який забезпечує зв'язок через мережу доступного мобільного оператора. В цей час обладнання, яке потребує живлення 220 В, використовує портативне джерело енергії (UPS, зовнішні акумулятори з перетворювачем напруги або портативну зарядну станцію). Для повноцінної демонстрації та унаочнювання демонстраційного матеріалу достатньо жити робочий стіл викладача та пристрій візуалізації. Передачу мультимедійних даних пропонується здійснювати також за допомогою бездротових технологій, використовуючи для цього адаптери VGA та HDMI. Інтерактивність навчального процесу може забезпечувати інтерактивна дошка.

Для організації робочого місця викладача з використанням бездротових технологій та мультимедійних додатків в навчальному процесі в умовах блекауту запропонована наступна схема (рис. 5). У звичайному режимі все обладнання може працювати в штатному режимі із використанням власної мережі 220 В для стаціонарного телекомунікаційного обладнання. При цьому обмін інформацією здійснюється через локальну та глобальну мережі навчального закладу. У разі відсутності зовнішньої подачі електроенергії задіюється портативний роутер, який забезпечує зв'язок через мережу доступного мобільного оператора. В цей час обладнання, яке потребує живлення 220 В, використовує портативне джерело енергії (UPS, зовнішні акумулятори з перетворювачем напруги або портативну зарядну станцію). Для повноцінної демонстрації та унаочнювання демонстраційного матеріалу достатньо жити робочий стіл викладача та пристрій візуалізації. Передачу мультимедійних даних пропонується здійснювати також за допомогою бездротових технологій, використовуючи для цього адаптери VGA та HDMI. Інтерактивність навчального процесу може забезпечувати інтерактивна дошка.



Рисунок 4 – Рівні моделі OSI стандарту 802.11

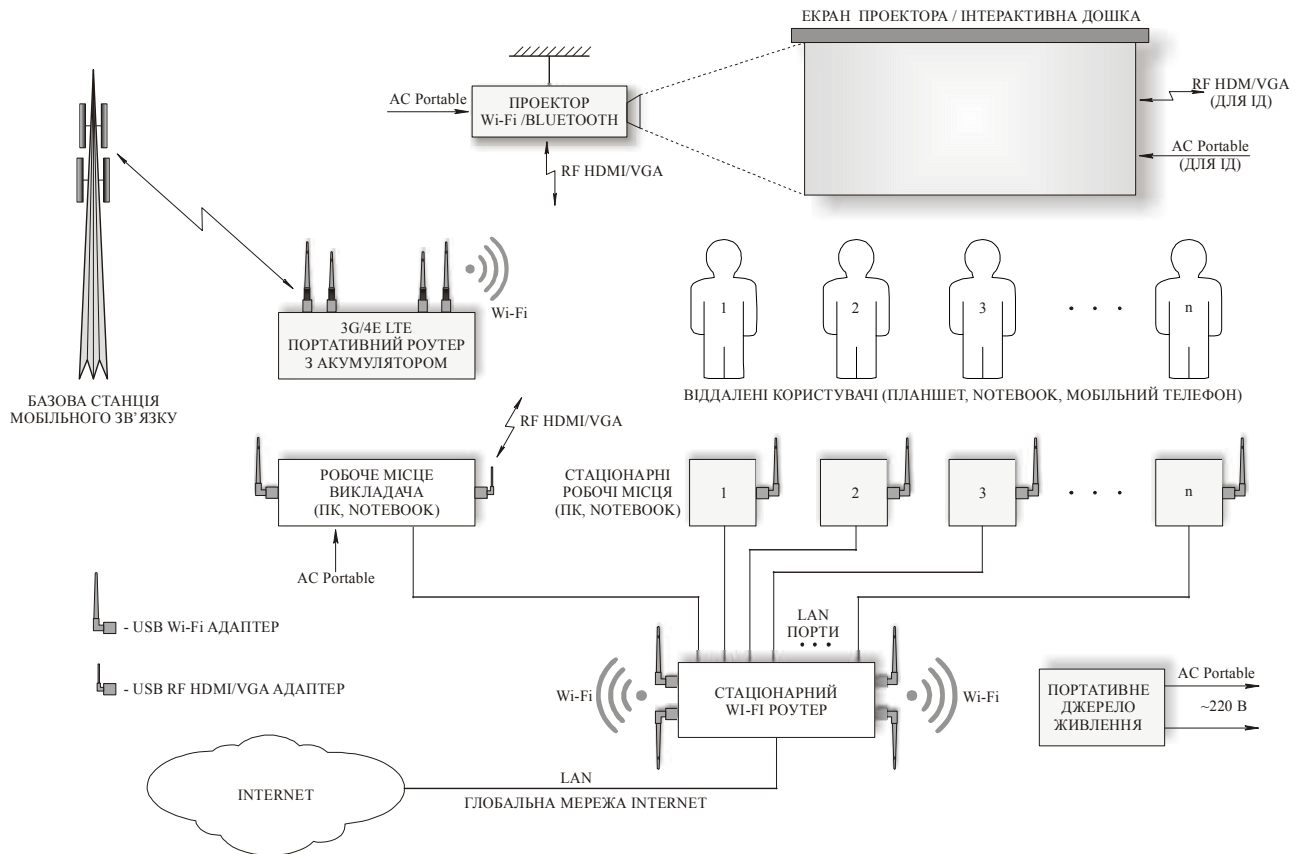


Рисунок 5 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача

Висновки.

Робота присвячена технічній організації навчального процесу в умовах дефіциту електроенергії та блекаутів. Наведені статистичні дані підтверджують масштабність цієї проблеми та вказують на необхідність мінімізації або повного усунення перерв у навчальному процесі, пов'язаних з дефіцитом електроенергії. В роботі приводиться математичний апарат, який описує тривалості переривання в роботі енергосистем, середню кількість знеструмлень, що припадає на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту коротких перерв. Проведено аналіз та порівняння сучасних бездротових технологій. При виборі працездатної структури на основі бездротового зв'язку акцент робиться на технології Wi-Fi. Також рекомендується використовувати бездротові адаптери VGA/HDMI для організації мультимедійних та інтерактивних програм. У роботі запропоновано оригінальну схему організації мультимедійного робочого місця вчителя з використанням бездротових технологій у навчальному процесі в умовах блекаутів. Акцент зроблено на мінімізації енергоспоживання та автономності запропонованої конструкції.

Література:

1. Сайт "Блекаут-2023: чи готова енергетична система до можливих нових атак РФ". [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://nikvesti.com/ua/articles/278764>. (Дата звернення 20.11.2023).
2. Сайт "ДТЕК" [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.dtek-kem.com.ua/ua/our-performance>. (Дата звернення 22.11.2023).

References:

1. Site "Blekaut-2023: chy hotova enerhetychna systema do mozhylyvykh novykh atak RF". [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://nikvesti.com/ua/articles/278764>. (Data zvernennia 20.11.2023).
2. Site "DTEK" [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://www.dtek-kem.com.ua/ua/our-performance>. (Data zvernennia 22.11.2023).



EUROPEAN CONFERENCE

Conference Proceedings



XII International Science Conference
«Youth, education and science through
today's challenges»

December 04-06, 2023

Bordeaux, France

YOUTH, EDUCATION AND SCIENCE THROUGH TODAY'S CHALLENGES

Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference

Bordeaux, France

(December 04-06, 2023)

UDC 01.1

ISBN – 9-789-46485-381-0

The XII International Scientific and Practical Conference "Youth, education and science through today's challenges", November 04-06, 2023, Bordeaux, France. 454 p.

Text Copyright © 2023 by the European Conference (<https://eu-conf.com/>).

Illustrations © 2023 by the European Conference.

Cover design: European Conference (<https://eu-conf.com/>).

© Cover art: European Conference (<https://eu-conf.com/>).

© All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Suddia D., Poluden L. Development of the fine arts basic knowledge and skills on the example of a stylized scenery painting. Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Bordeaux, France. Pp. 24-25.

URL: <https://eu-conf.com/ua/events/youth-education-and-science-through-today-s-challenges/>

TECHNICAL SCIENCES		
95.	Bieliakov R., Fesenko O. FANET MANAGEMENT PROCESS SIMULATION	395
96.	Bosko V., Karas I., Bezdolny K. AUTOMATION OF PROCESSES FOR DETECTION AND AVOIDANCE OF OBSTACLES FOR UAVS USING PYTHON ALGORITHMS	399
97.	Karpov A.A., Kustov M.V. MODERN EXPLOSIVE OBJECT DETECTION TECHNOLOGIES	402
98.	Makarov Y., Hassiev S., Pasichnyk A. THE USE OF VIRTUAL REALITY IN THE TRAINING OF PYROTECHNICS DEPARTMENT HEADS OF THE STATE EMERGENCY SERVICE OF UKRAINE	405
99.	Стецюк В., Мейхер О.А. ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ НА ОСНОВІ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	408
100.	Голофєєва М.О., Науменко Є.О., Вовк В.В. ТЕХНОЛОГІЧНА ДЕФЕКТНІСТЬ СТРУКТУРИ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОЕФІЦІЄНТ ДЕФЕКТНОСТІ СТРУКТУРИ	414
101.	Голофєєва М.О., Науменко Є.О., Вовк В.В. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ІНФРАЧЕРВОНОГО ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ВИРОБІВ ІЗ НЕМЕТАЛЕВИХ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛІВ	419
102.	Голофєєва М.О., Науменко Є.О., Вовк В.В. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ КОЛИВАНЬ У НЕМЕТАЛЕВИХ ГЕТЕРОГЕННИХ МАТЕРІАЛАХ	422
103.	Кочан О., Голяд А., Осідак Р. AD-НОС ДОСЛІДЖЕННЯ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ І КЕРУЮЧИХ КАНАЛІВ	428

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ НА ОСНОВІ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Віктор Стецюк

к.т.н., доцент
Хмельницький національний університет

Мейхер О. А.

магістр
Хмельницький національний університет

Технологія бездротового зв'язку набула широкого поширення останнім часом. Це є логічно очікуваним та прогресивним процесом розвитку телекомунікацій, оскільки забезпечує ряд безперечних зручностей як для провайдерів, так і для користувачів. Бездротові мережі мають порівняно невелику комерційну вартість монтажу, на відміну від прокладання кабелів. І це стосується як територій із щільною забудовою, так і тривалих відкритих просторів. У першому випадку прокладання дротових комунікацій потребує втручання в густу сітку міських комунікацій, стикається з проблемами щільної забудови, приватних територій, необхідністю проведення дорогих і трудомістких земляних робіт. У випадку прокладання тривалих трас на відкритих територіях, це може бути нерентабельним через малочисельне заселення даних територіальних одиниць та невеликої кількості абонентів. Разом із тим технології бездротового зв'язку мають високу гнучкість побудови інфраструктури, можуть працювати точково в самих необхідних та густозаселених місцях. Крім того, сучасні мережі дозволяють будувати mesh архітектуру, забезпечуючи розширення зони обслуговування без втрати якості та швидкості передачі даних. Кожна складова даної архітектури автоматично отримує інформацію про всі інші точки доступу в мережі, здійснює свою ідентифікацію та володіє функціями самовідновлення та самоадаптації.

На сьогоднішній день існує цілий ряд бездротових технологій [1]:

- персональні мережі WPAN (Wireless Personal Area Networks), основані на стандарті IEEE 802.15, представниками якої є Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN;
- локальні мережі WLAN (Wireless Local Area Networks), основані на стандарті IEEE 802.11, представник – Wi-Fi;
- мережі масштабу міста WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks), основані на стандарті IEEE 802.16, наприклад WiMAX;
- глобальні мережі WWAN (Wireless Wide Area Network), прикладами якої є сімейство технологій мобільного зв'язку CSD (Circuit Switched Data), GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution), EV-DO (Evolution-Data Only, Evolution-Data Optimized), HSPA (High Speed Packet

Access), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), LTE, LTE Advanced (Long-Term Evolution).

Для організації навчального процесу в межах окремого навчального закладу, корпусу чи аудиторії найбільш придатною являється технологія Wi-Fi. Вона потребує малих капіталовкладень, забезпечує достатню швидкість для всіх видів телекомунікацій, включаючи передачу мільтимедіа.

Побудова локальних бездротових мереж математично може бути описана на основі систем масового обслуговування (СМО). Вибір математичної моделі (рис. 1) являється основою будь-якого наукового дослідження, звужує круг пошуку, конкретизує вирішення поставлених задач.

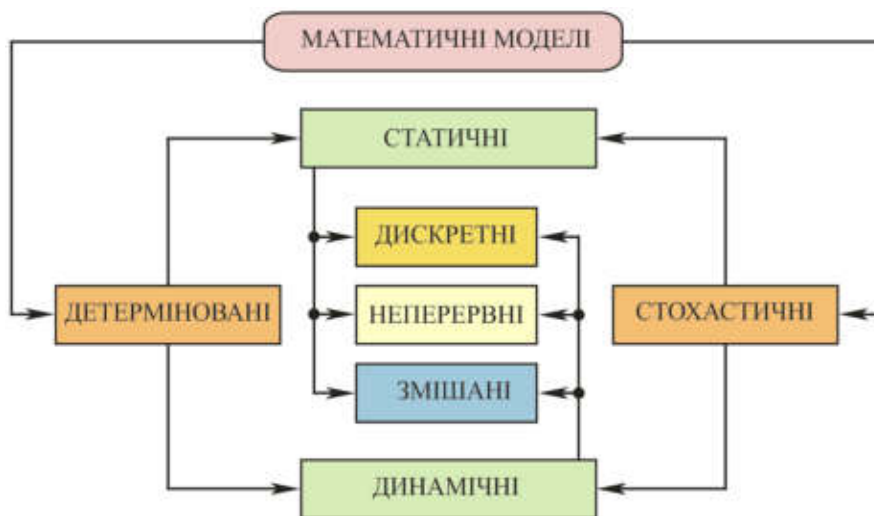


Рисунок 1. Класифікація математичних моделей за характером процесів

Також при формуванні математичної моделі на основі систем масового обслуговування необхідно окреслити початкові вихідні дані (рис. 2).



Рисунок 2. Вихідні дані математичного моделювання СМО в бездротових мережах

Для СМО такими ввідними є:

- процес втрати пакетів даних (характеризується кількістю та швидкістю, втраченої в каналі зв'язку інформації, яка може відбуватися наприклад при перевантаженнях мережі; вимірюється як відсоток втрачених пакетів від надісланих пакетів);
- смуга пропускання в каналі зв'язку (характеризує номінальну пропускну здатність каналі зв'язку передачі даних, визначає ширину каналу, вимірюється у бітовій швидкості *біт/с*);
- затримка передачі даних у різних ланках тракту (визначає інтервал між передачею та прийомом пакетів даних, вимірюється в *мілісекундах*);
- варіації, флуктуації затримки (характеризує нерівномірність затримок пакетів даних при їх передачі каналом зв'язку); можуть виникати внаслідок змін параметрів лінії передачі в часі і різної швидкості поширення частотних складових одного і того ж сигналу та проявляються у вигляді випадкових швидких змін місця розташування фронтів цифрового сигналу в часі, що призводить до розсинхронізації і, як наслідок, спотворення переданої інформації;
- пріоритет обробки даних у черзі (характеризує порядок обслуговування множини пакетів даних).

Кожна конкретна система масового обслуговування може мати свою структуру та свої правила формування потоків обробки даних. Однак всі вони характеризуються певними загальними характеристиками та складовими (рис. 3), наприклад вхідний потік даних (пакетів), черга заявок на обслуговування, індивідуальна апаратна реалізація (пристрої та канали обслуговування), вихідний потік оброблених даних, тощо

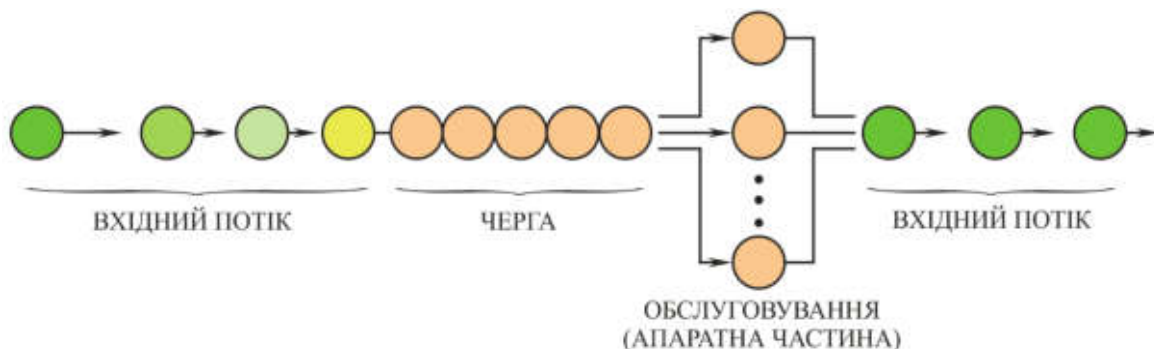


Рисунок 3. Загальна схема систем масового обслуговування

Структура і характеристика системи масового обслуговування з елементами класифікаційних ознак в більш розгорнутому вигляді представлена на рис. 4.

Вхідний потік в більшості випадків являється випадковим неконтрольованим процесом, залежить від ряду випадкових факторів та може бути представлений на основі елементів теорії ймовірності (кількість вимог, що надходять в одиницю часу, є випадковою величиною). Розгляд і вивчення процесів надходження і обробки вхідних потоків дозволяє встановлювати певні

закони цього процесу та, як наслідок, покращувати якість обслуговування. Вхідні потоки даних можуть носити стаціонарний характер, нестаціонарний, ординарний або неординарний.

Черги можуть бути з відмовами, з очікуванням, можуть мати або не мати обмеження.



Рисунок 4. Структура і характеристика системи масового обслуговування

Обробка вхідних пакетів даних може відбуватися по мірі надходження або випадково, містити ознаку пріоритетності або ні.

В свою чергу, система обслуговування може бути одноканальною, багатоканальною, однофазною або багатозафазною.

При проектуванні бездротових мереж може бути використано різноманітні підходи, зокрема до організації черг. Так, наприклад, можна обрати управління чергами типу FIFO (first in, first out “першим прийшов – першим пішов”). В такому випадку розрахунок періоду генерації заявок FIFO:

$$\tau = 1 / f \quad (1)$$

де f – частота роботи мережі;

Швидкість мережі можна охарактеризувати середнім часом обслуговування:

$$t_c = C / R \quad (2)$$

де C – кількість інформації у поточному пакеті даних, тобто інформаційна ємність (біт);

R – швидкість передачі даних (біт/с).

Швидкість передачі даних в бездротовій мережі обраного типу може бути представлена диференціальним рівнянням 1-го порядку, що описує керування довгою буферною чергою:

$$r'(t) + \alpha p(t)r^2(t) = \beta T^{-1}(1 - p(t)) \quad (3)$$

де $r'(t)$ – швидкість передачі даних, пакети/с.;

$p(t)$ – функція вірогідності втрати пакетів;

T – затримка, с.;

α – параметр мультиплекативного зменшення розміру вікна передачі даних при втраті пакету;

β – параметр адитивного збільшення розміру вікна передачі даних при відсутності втрати пакетів

Якщо потік даних одночасно має властивості стаціонарності та ординарності та відсутність наслідку, то такий потік є найпростішим або пуассонівським. Він характеризується набором ймовірностей $P(n, t)$ n повідомлень за часовий інтервал t . Для потоку подій підпорядкованому закону Пуассона ймовірність того, що кількість заявок на обслуговування за час t визначається формулою:

$$P(n, t) = \frac{(\lambda t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!} \quad (4)$$

де λ – інтенсивність потоку заявок;

$n=0, 1, 2, \dots$ – кількість повідомлень.

Пуассонівський потік має важливу властивість, яка полягає в тому, що процедури поділу та об'єднання інформаційних потоків дають знову пуассонівські потоки. Тоді, якщо вхідний потік формується з N незалежних джерел, кожен з яких породжує пуассонівський потік інтенсивністю

$$\lambda_i (i = 1, 2, \dots, N), \quad (5)$$

то його інтенсивність буде визначатися як сума незалежних потоків:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N, \quad (6)$$

Таким чином, у разі поділу пуассонівського потоку на N незалежних потоків отримаємо, що інтенсивність потоку λ_i дорівнюватиме $r_i \lambda_i$, де r_i – частка i -го потоку у вхідному потоці вимог.

Розглянута математична модель дозволяє описати роботу бездротової мережі на основі технології Wi-Fi, яка найкраще підходить до вирішення поставленої задачі. Перевагами Wi-Fi є невелика доля капіталовкладень у мережу, достатня для передачі мультимедіа швидкість передачі даних, зручна топологія мережі, безпечний рівень випромінювання Wi-Fi-пристроїв, що особливо актуально в навчальних закладах. Крім того дана технологія добре підтримується широкою номенклатурою персональних гаджетів, які присутні у всіх учасників навчального процесу.

Для організації робочого місця викладача з використанням бездротових технологій та мультимедійних додатків в навчальному процесі в умовах блекауту запропонована наступна схема (рис. 5). У звичайному режимі все обладнання може працювати в штатному режимі із використанням власної мережі 220 В для стаціонарного телекомунікаційного обладнання. При цьому обмін інформацією здійснюється через локальну та глобальну мережі навчального закладу. У разі відсутності зовнішньої подачі електроенергії задіюється портативний роутер, який забезпечує зв'язок через мережу доступного мобільного оператора. В цей час обладнання, яке потребує живлення 220 В, використовує портативне джерело енергії (UPS, зовнішні акумулятори з перетворювачем напруги або портативну зарядну станцію). Для повноцінної демонстрації та унаочнювання демонстраційного матеріалу достатньо живити робочий стіл викладача та пристрій візуалізації. Передачу мультимедійних даних пропонується здійснювати також за допомогою бездротових технологій, використовуючи для цього адаптери VGA та HDMI. Інтерактивність навчального процесу може забезпечувати інтерактивна дошка.

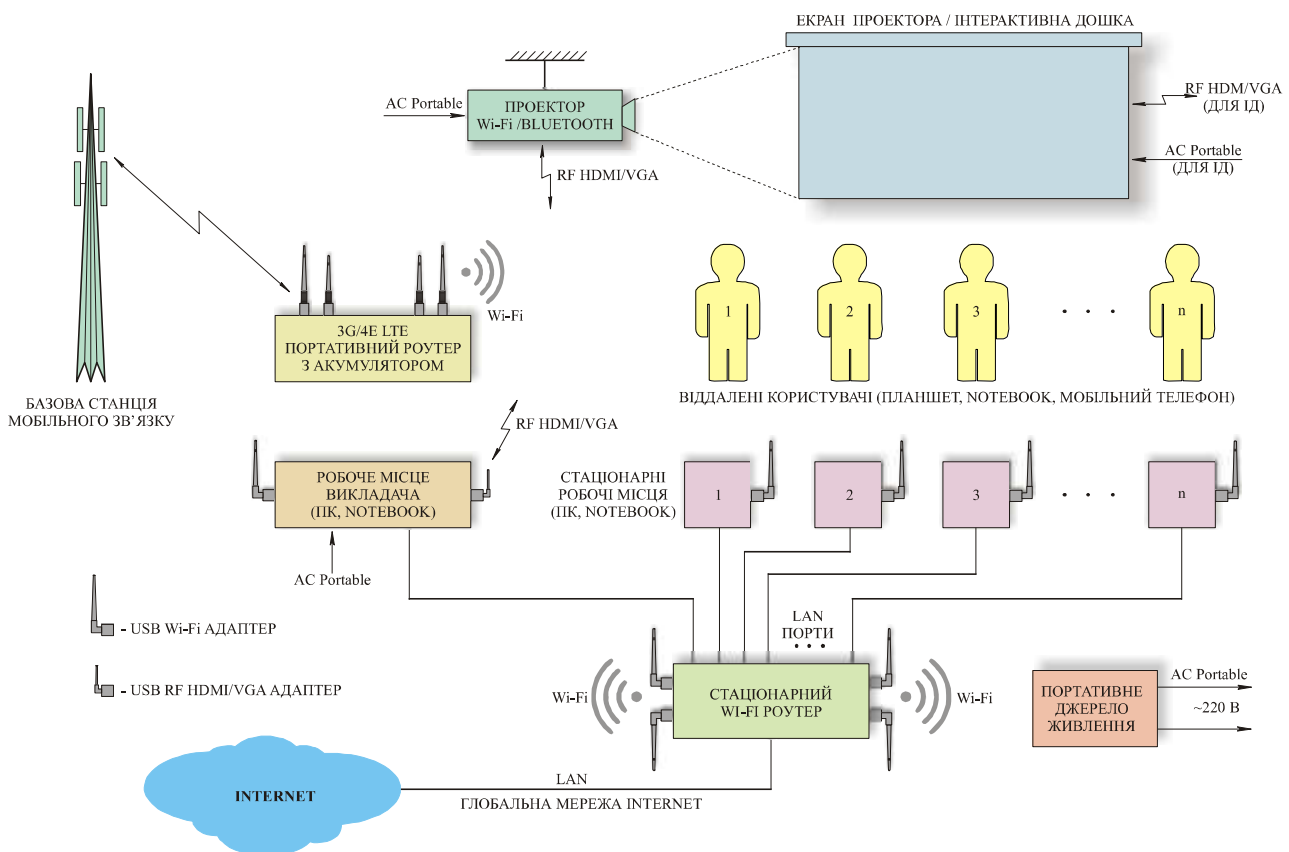


Рисунок 5. Схема організації робочого місця викладача з використанням сучасних бездротових технологій

Список літератури

1. Сайт “Вікіпедія”. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/WLAN>. (Дата звернення 1.12.2023).



Хмельницький національний університет
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Мейхер Олександр Андрійович

**ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ
МУЛЬТИМЕДІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА
У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

Науковий керівник – к.т.н., доцент, Стецюк В. І.

Хмельницький, 2023 р.



МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2

Підвищення ефективності використання мультимедійного середовища на основі безпроводових мереж в навчальному процесі

НАУКОВІ ЗАДАЧІ

- 1) провести огляд існуючих мережних та мультимедійних технологій, здійснити аналіз технічного стану приміщень навчального закладу;
- 2) сформувати математичний апарат керування трафіком безпроводових мереж;
- 3) розробити методику розрахунку безпроводових мереж в навчальних закладах;
- 4) запропонувати структурну схему і топологію сучасної мультимедійної мережі конкретного приміщення.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ: процеси організації потоків даних мультимедіа

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: телекомунікаційні та мультисервісні мережі



1. SAIDI (System Average Interruption Duration Index, SAIDI) – індекс середньої тривалості переривання в роботі системи, тобто показник середньої тривалості відключення для кожного абонента електромережі.

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^k (t_i \cdot n_i)}{n} \quad 3.1$$

де t_i – тривалість i -ї перерви в електропостачанні, хв.;
 n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;
 n – загальна кількість абонентів;
 k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітнього періоду;
 i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

2. SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) – це середня кількість знеструмлень одного абонента. Інакше кажучи, даний індекс характеризує частоту перерв в електропостачанні.

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{n} \quad 3.2$$

де n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;
 n – загальна кількість абонентів;
 k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітнього періоду;
 i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

3. CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) – індекс середньої тривалості відновлення електропостачання. Розраховується як відношення сумарної тривалості відключення абонентів за звітний період до сумарної кількості відключених абонентів. Виражає середній час відновлення електропостачання одного відключеного абонента:

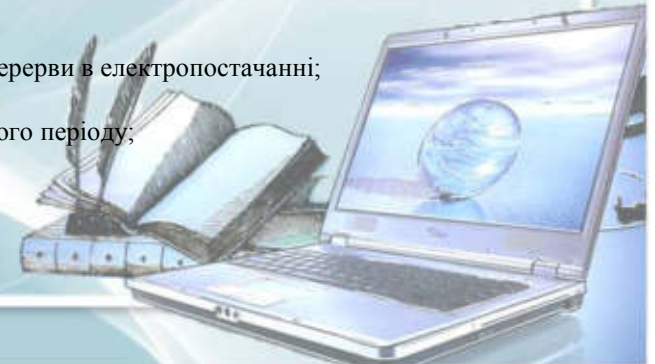
$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{\sum_{i=1}^k (t_i \cdot n_i)}{n_i} \quad 3.3$$

де t_i – тривалість i -ї перерви в електропостачанні, хв.;
 n_i – кількість абонентів, відключених в результаті i -ї перерви в електропостачанні;
 k – кількість тривалих перерв в електропостачанні упродовж звітнього періоду;
 i – номер тривалої перерви в електропостачанні $i=1, 2, 3 \dots k$.

4. MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index) – індекс середньої частоти коротких перерв (менш ніж 3 хвилини) в електропостачанні. Розраховується як відношення сумарної кількості відключених клієнтів за звітний період до загальної кількості клієнтів. Виражає середню кількість коротких знеструмлень одного клієнта:

$$MAIFI = \frac{\sum_{j=1}^r n_j}{n} \quad 3.4$$

де n_j – кількість абонентів, відключених в результаті j -ї короткої перерви в електропостачанні;
 n – загальна кількість абонентів;
 r – кількість коротких перерв в електропостачанні упродовж звітнього періоду;
 j – номер короткої перерви в електропостачанні $j=1, 2, 3 \dots r$.



МОДЕЛЬ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

4.1

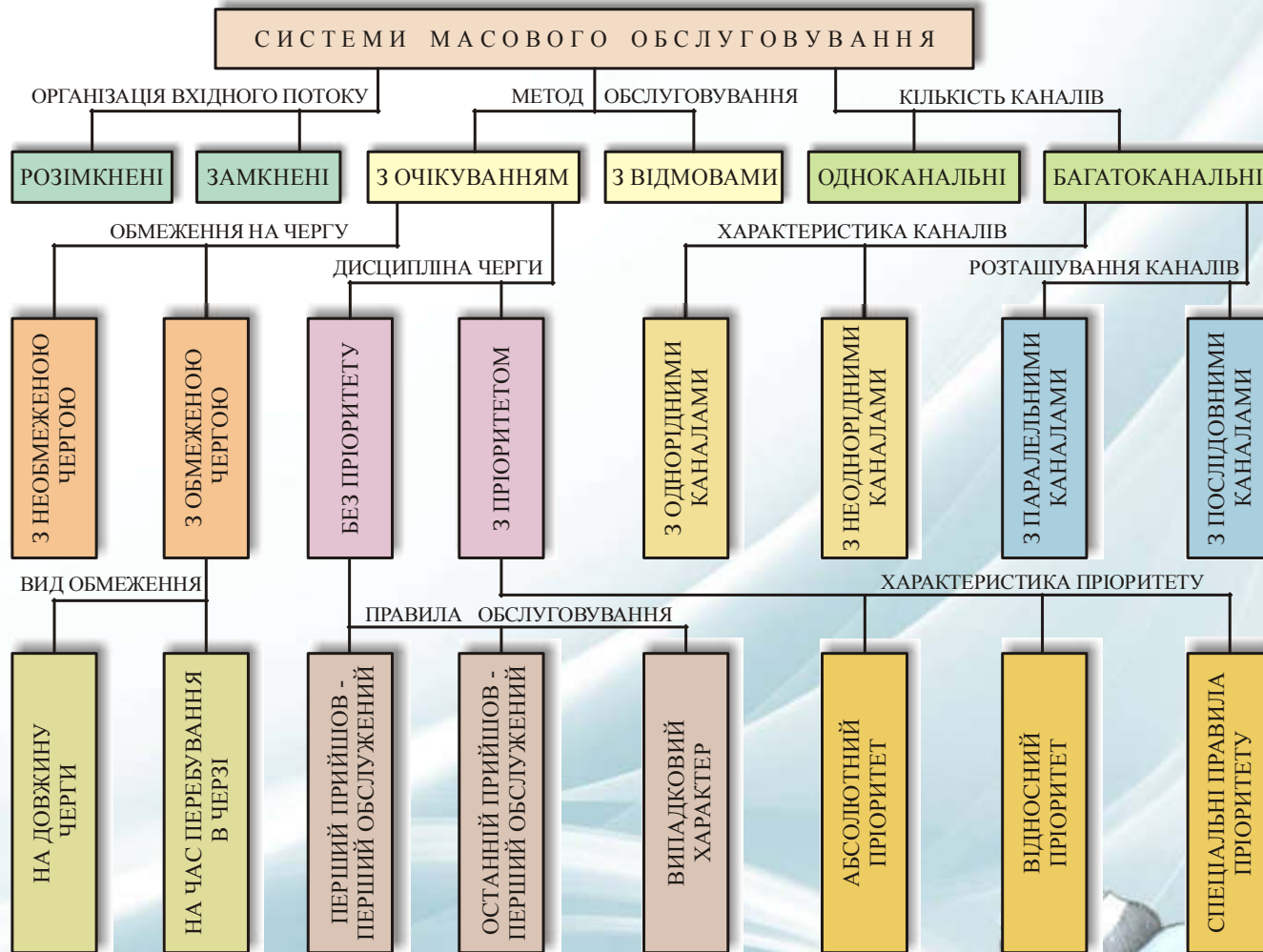


Рисунок 4.1 – Класифікація систем масового обслуговування (СМО)



МОДЕЛЬ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

4.2

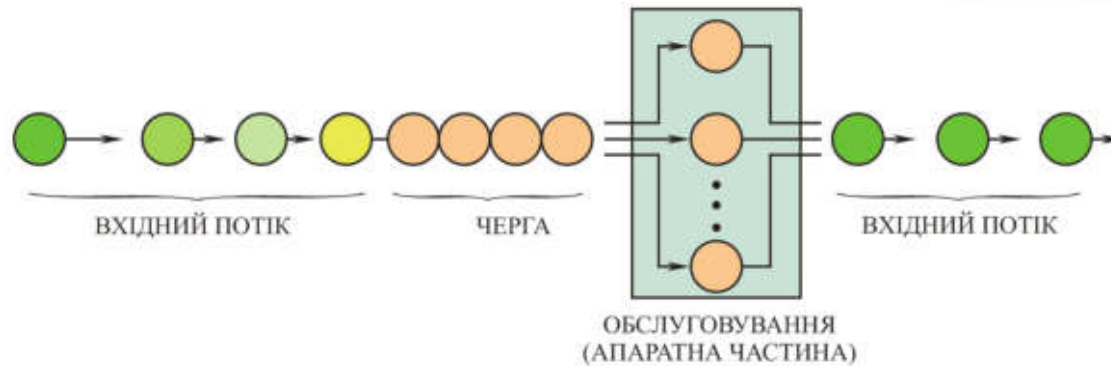


Рисунок 4.2 – Загальна схема систем масового обслуговування

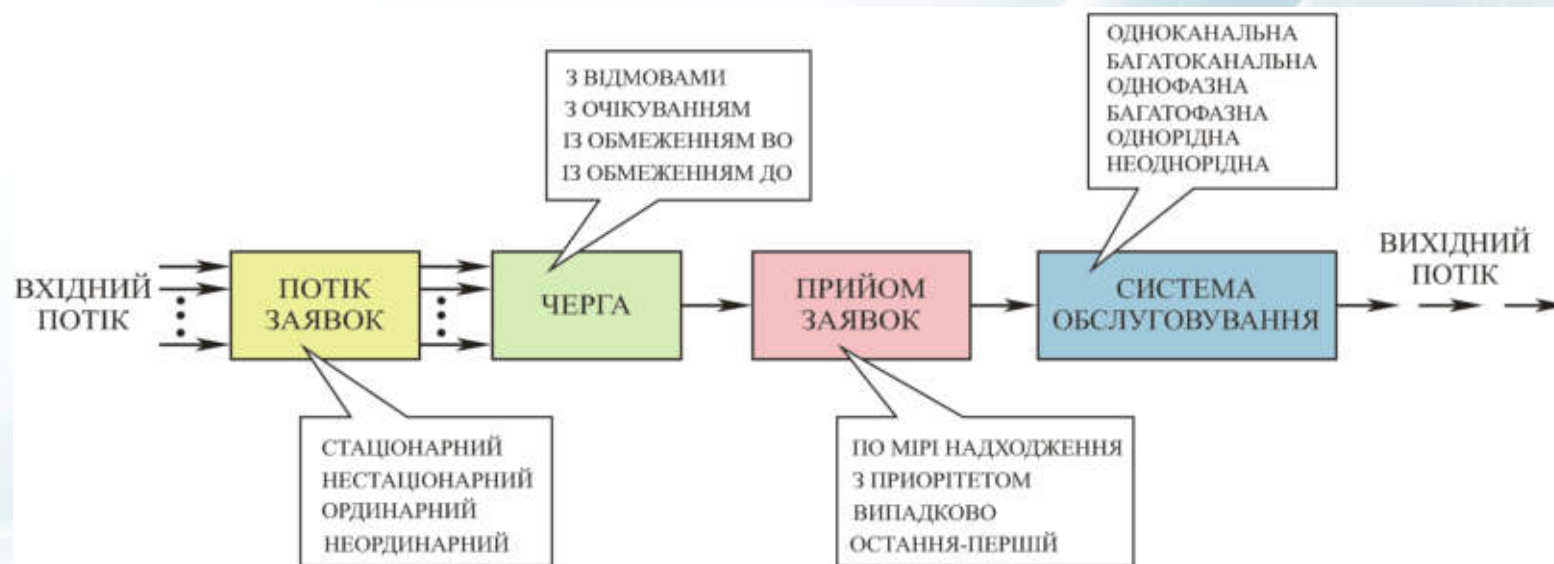


Рисунок 4.3 – Структура і характеристика системи масового обслуговування

Випадковий потік вимог (заявок) характеризується функцією розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми вимогами $f(t)$:

$$f(t) = P(t_3 \leq t);$$

$$t_3 = t_n - t_{n-1} \tag{4.1}$$

де $P(t_n \leq t)$ – імовірність того, що час між послідовними вимогами $t_n \leq t$,
 t_3 – інтервал часу між сусідніми подіями (заявками).

Однією із основних характеристик систем масового обслуговування є інтенсивність потоку заявок (вимог), λ . Для цього необхідно розглянути не менш важливу характеристику – середнє значення інтервалів між заявками t_3 , що для випадкової величини є математичним сподіванням $E(t)$. Інтенсивність потоку надходження заявок являється величиною, зворотною до математичного сподівання $E(t)$:

$$\lambda = 1 / E(t) \tag{4.2}$$

При розгляді потоку заявок мобільних операторів найбільш поширеною математичною моделлю є експонентний закон розподілу інтервалів часу між заявками:

$$P(t_3 \leq t) = 1 - e^{-\lambda t} \tag{4.3}$$

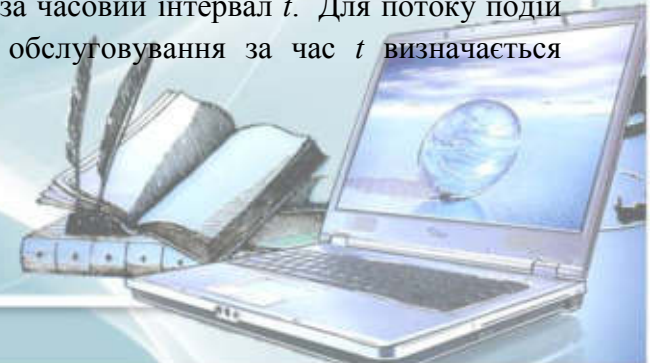
При цьому густина (щільність) даного розподілу дозволяє розрахувати імовірність будь-якої тривалості інтервалів між вимогами:

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{4.4}$$

У випадку розгляду телекомунікаційних безпроводових мереж, для визначення ймовірності тану мережі у будь-який проміжок часу в якості математичної моделі краще використовувати марківські або напівмарківські розподіли. Якщо потік даних одночасно має властивості стаціонарності та ординарності та відсутність наслідку, то такий потік є найпростішим або пуассонівським. Він характеризується набором ймовірностей $P(n, t)$ n повідомлень за часовий інтервал t . Для потоку подій підпорядкованому закону Пуассона ймовірність того, що кількість заявок на обслуговування за час t визначається формулою:

$$P(n, t) = \frac{(\lambda t)^n \cdot e^{-\lambda t}}{n!} \tag{4.5}$$

де λ – інтенсивність потоку заявок;
 $n=0, 1, 2, \dots$ – кількість заявок (вимог).



Розподіл Пуассона випадкової кількості вимог, на інтервалі часу $t=30$ с. для експоненційного потоку заявок з інтенсивністю $\lambda=0,5$

	X	Y
1	0	$4.5 \cdot 10^{-5}$
2	2	0.00227
3	4	0.018917
4	6	0.06306
5	8	0.1126
6	10	0.125
7	12	0.09478
8	14	0.05208
9	16	0.0217
10	18	0.00709
11	20	0.00187
12	22	$4.04 \cdot 10^{-4}$
13	24	$7.3 \cdot 10^{-5}$
14	26	$1 \cdot 10^{-5}$
15	1	$4.54 \cdot 10^{-4}$
16	3	0.007567
17	5	0.03783
18	7	0.09008

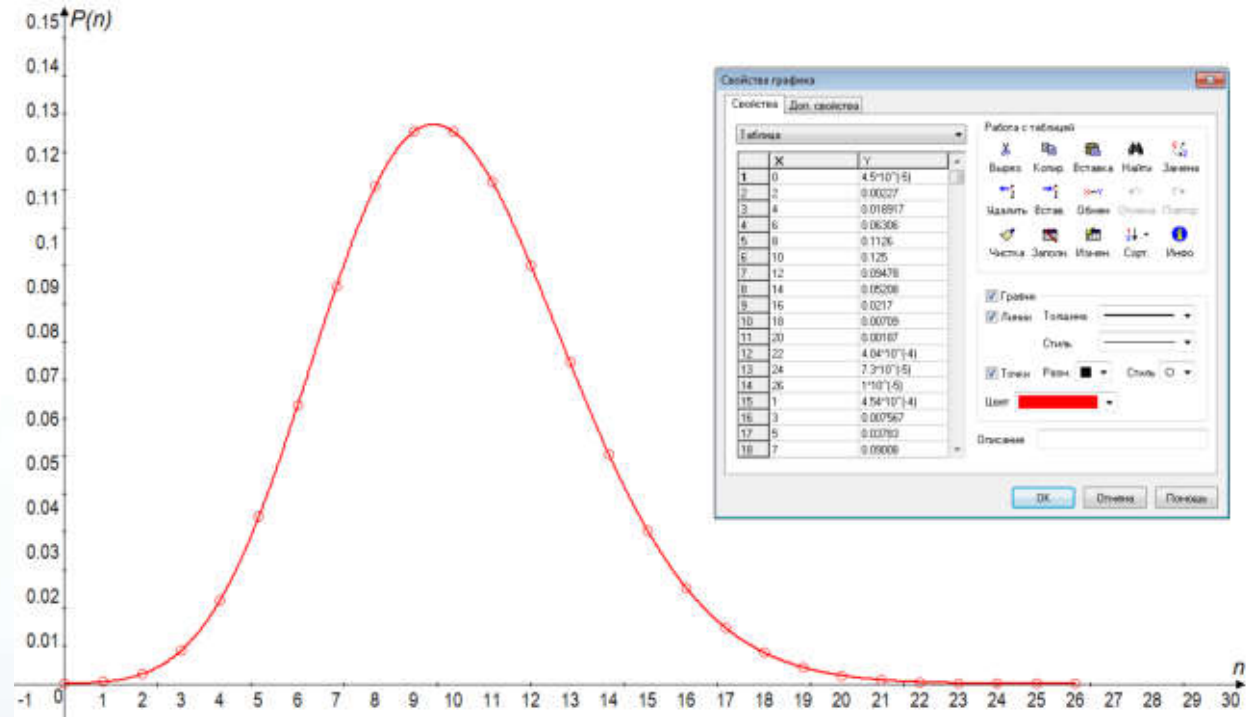


Рисунок 4.6 – Одержані розрахунки розподілу Пуассона при моделюванні конкретної ситуації в телекомунікаційній мультимедійній мережі

З одержаних табличних даних та графіка видно, що середнє (центральне) значення випадкової величини n (кількості заявок), розподілених за законом Пуассона (4.5), визначається як $n = \lambda t = 10$. З одержаних даних видно, що при зростанні кількості заявок n імовірність $P(n)$ спочатку зростає, а по мірі досягнення певного пікового значення – спадає. За формою апроксимуючої кривої графіка (рис. 4.6) можна зробити висновок, що вона максимально подібна до форми кривої нормального закону розподілу Гаусса.



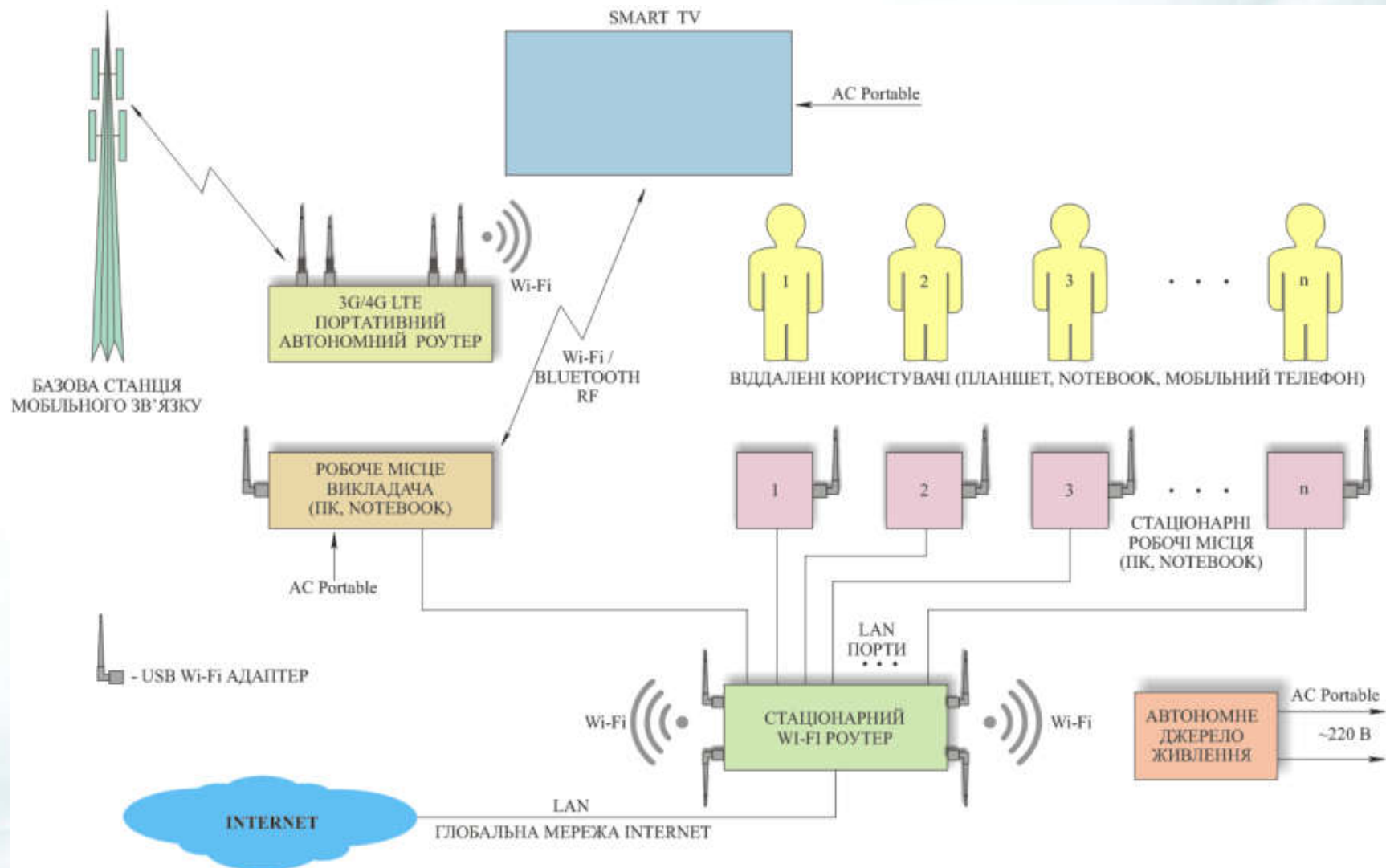


Рисунок 5.1 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 2)

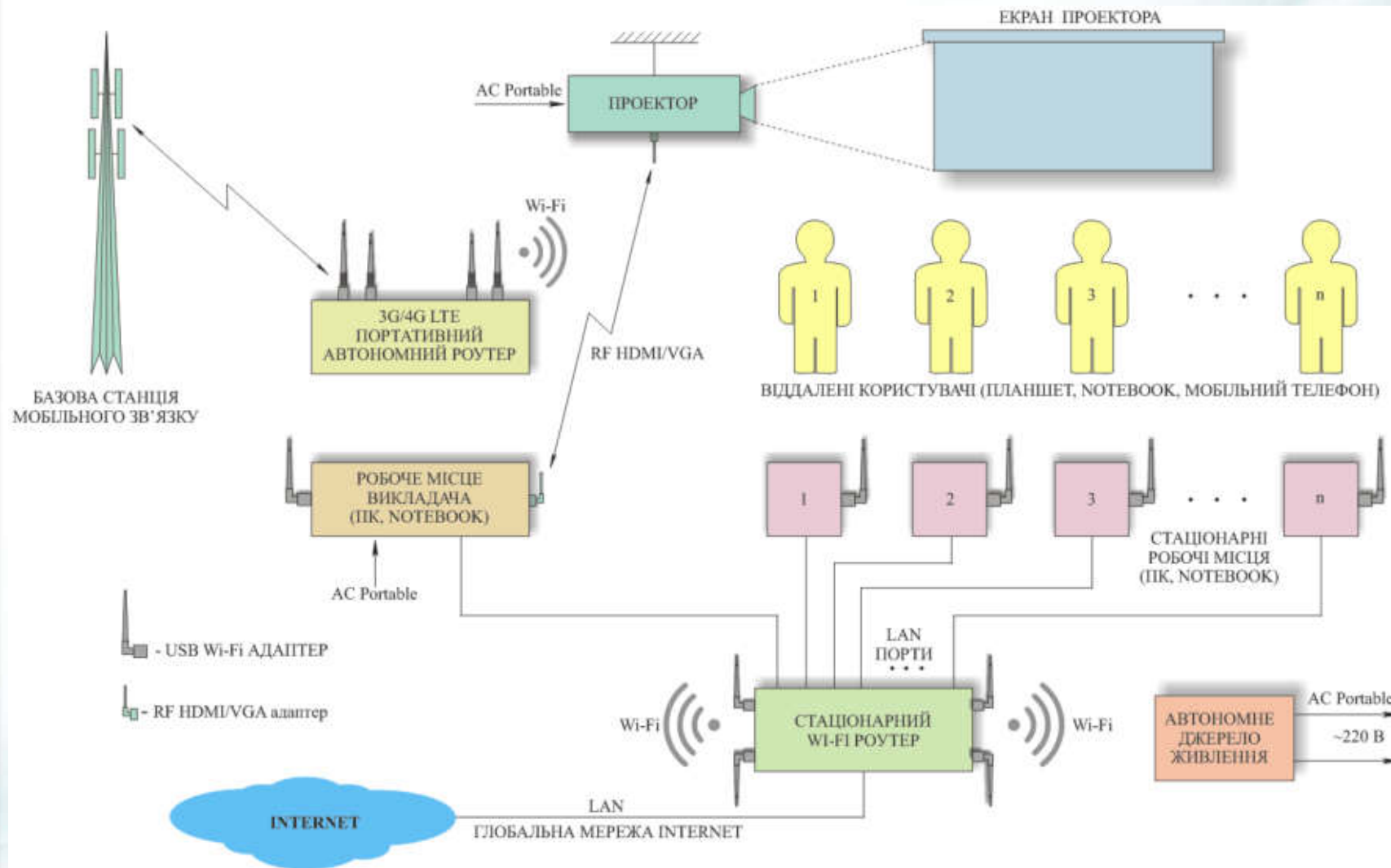


Рисунок 5.2 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 4)

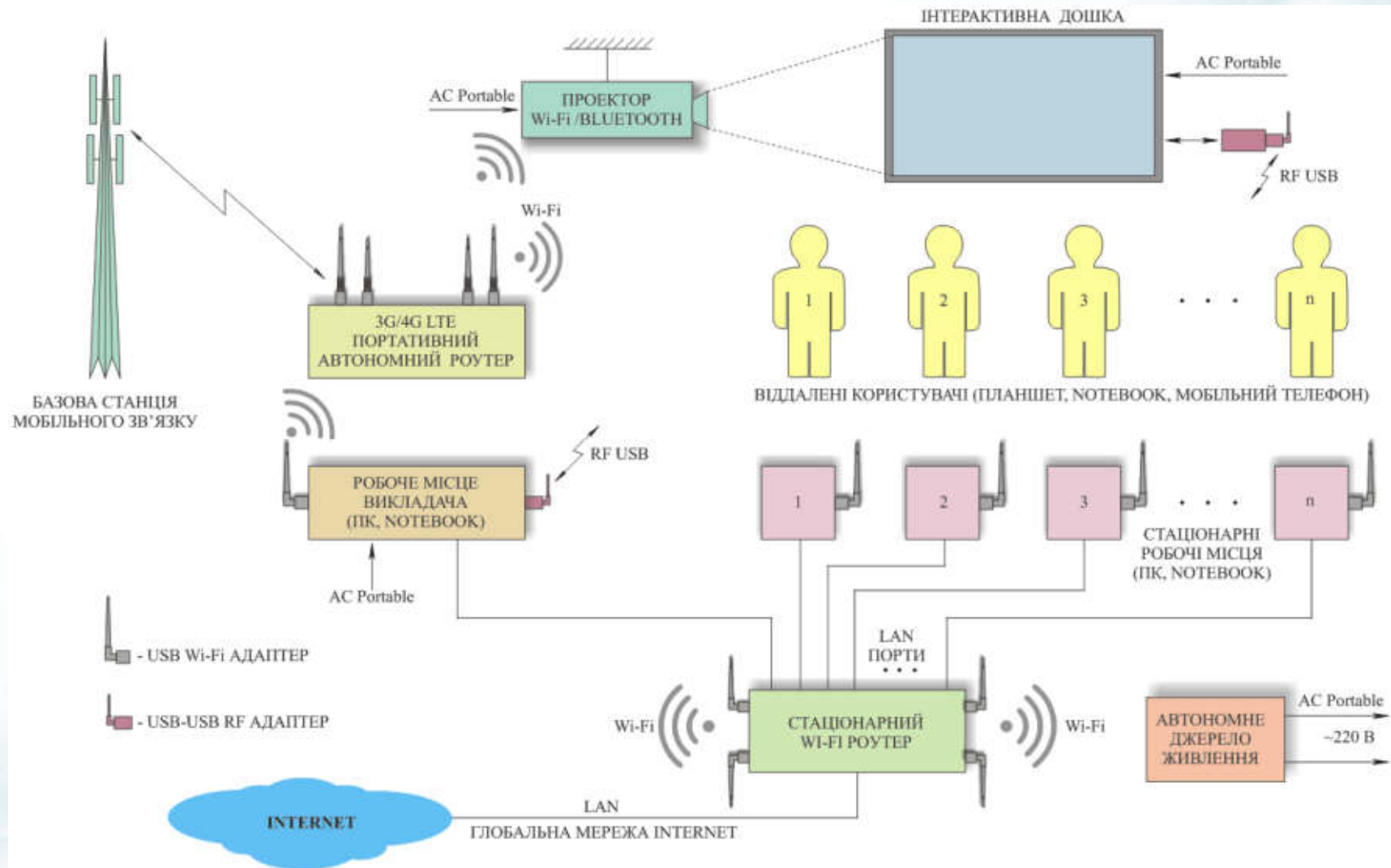


Рисунок 5.3 – Схема організації мультимедійного робочого місця викладача (Варіант № 8)

1. Кваліфікаційна робота магістра виконана в повній мірі, згідно до наказу ХНУ № 30 від 15 серпня 2023 р. та відповідно до технічного завдання. У роботі використані рекомендації методичних вказівок “Методичні рекомендації до її виконання здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»” [25]. В роботі проведений аналітичний огляд та аналіз джерел науково-технічного спрямування за тематикою дослідження. Досліджено ситуацію, яка склалася в країні в освітньому процесі в умовах дефіциту електроенергії. Представлено математичний апарат, який описує тривалість перебоїв в енергосистемі, середню кількість відключень на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту короткочасних перерв. Розглянуто різноманітне мережеве та мультимедійне обладнання.

2. Розглянута технічна специфікація безпроводових мереж типу Wi-Fi (стандарту IEEE 802.11) та BLUETOOTH (стандарту IEEE 802.15), на основі яких проведено аналіз роботи даних технологій. Рекомендується для організації навчального процесу використовувати мережі стандарту 802.11, так як вона забезпечує достатню швидкість та пропускну здатність для всіх видів телекомунікацій, включаючи передачу мультимедіа.

3. Створено математичну модель керування трафіком безпроводових мереж на основі систем масового обслуговування, яка в свою чергу базується на теорії телетрафіка. Показано, що процеси, які розглядаються в рамках теорій масового обслуговування, носять стохастичний характер, та ґрунтуються на математичному апараті теорії імовірності.

4. В рамках поставлених задач, удосконалено методи оцінки прогнозованої пропускну здатності та якості обслуговування. Показано, що в якості перспективного напрямку наукових досліджень систем масового обслуговування на основі телетрафіка, необхідно обирати поєднання імовірнісних методів аналізу, синтезу та оптимізації розподілу інформаційних потоків. Саме подібний симбіоз дозволить ефективно проектувати, будувати та експлуатувати інформаційні мережі.

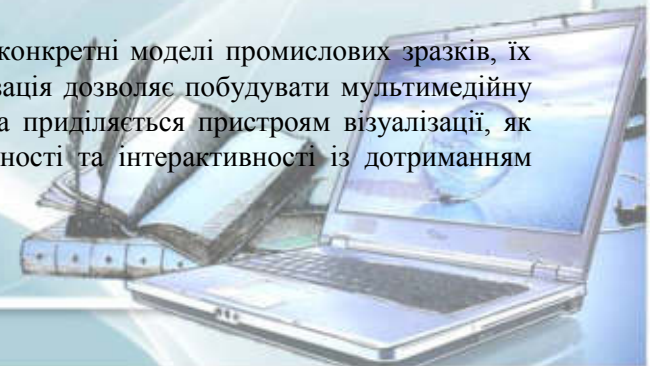
5. Розроблено методику розрахунку безпроводових мереж в навчальних закладах на основі теорії масового обслуговування.

6. Проведено детальну класифікацію систем масового обслуговування. Розроблена оригінальна структура системи масового обслуговування, максимально адаптована до лабораторії мультимедіа навчального закладу.

7. Побудовано варіативні схеми забезпечення навчального процесу та організації робочого місця викладача лабораторії мультимедіа на основі проводових та безпроводових мережних технологій. Розраховано час автономної роботи з різними варіантами мережного та мультимедійного обладнання.

8. Розроблено топологію мережі лабораторія мультимедіа.

9. Здійснено підбір реального обладнання лабораторії мультимедіа. Пропонуються конкретні моделі промислових зразків, їх поєднання, приводяться детальні технічні характеристики. Запропонована апаратна реалізація дозволяє побудувати мультимедійну мережу навчальної аудиторії з великою кількістю варіативних поєднань. Особлива увага приділяється пристроям візуалізації, як основному елементу процесу навчання. Акцент здійснено на забезпеченні мультимедійності та інтерактивності із дотриманням бездротових енергозберігаючих автономних технологій.



ВІДЗІВ

на дипломну роботу магістра Мейхера Олександра Андрійовича
**«ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО
СЕРЕДОВИЩА В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ»**

Дослідження безпроводових технологій надзвичайно актуальна тема, враховуючи сучасні тенденції в області телекомунікацій. Розробляються концепції безпроводових мереж індивідуального характеру, локального, об'єму міст та глобального, впроваджуються системи Smart Home та Smart City, основою яких є безпроводові пристрої. Не менш актуальним питанням є впровадження новітніх технологій, включаючи без проводів у навчальний процес.

Використання сучасних комп'ютерних технологій під час моделювання та обробки результатів, підготовки пояснювальної записки та графічного матеріалу значно підвищило рівень виконання магістерської роботи, який можна оцінити як достатньо високий.

Під час виконання магістерської роботи студент Мейхера О. А. з належною наполегливістю виконував всі поставлені задачі, зарекомендувала себе кваліфікованим спеціалістом в області телекомунікацій та радіотехніки з глибокими системними теоретичними знаннями та добрими практичними навичками.

В цілому дипломна робота Мейхера О. А. «Інноваційна технологія використання мультимедійного середовища в навчальному процесі» повністю відповідає вимогам до робіт магістерського освітнього рівня, заслуговує на оцінку «відмінно», а її автор – на присвоєння кваліфікації магістра зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Науковий керівник



Стецюк В. І.

“ 05 ” грудня 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу магістра групи ТРм-22-1
Мейхера Олександра Андрійовича

Тема

«ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ»

В роботі розглянуто технічні особливості проведення занять в навчальних закладах в умовах дефіциту електроенергії із використанням сучасного мережного та мультимедійного обладнання. Блекаути, планові відключення електроенергії, стихійні лиха, аварії та позапланові заходи, внаслідок яких може бути відсутнім енергопостачання, спричиняють ряд незручностей та вимушених перерв в навчальному процесі. Розроблено ряд структурних схем та топології мережі лабораторії мультимедіа з використанням сучасного телекомунікаційного обладнання для забезпечення безперервності та автономності навчального процесу.

В роботі приводиться математичний апарат, який описує тривалості переривання в роботі енергосистем, середню кількість знеструмлень, що припадає на одного абонента, середню тривалість відновлення електропостачання та середню частоту коротких перерв.

Здійснено аналіз та порівняння сучасних бездротових технологій. Запропонована схема організації мультимедійного робочого місця викладача з використанням бездротових технологій в навчальному процесі в умовах блекауту. Здійснено акцент на мінімізацію енергоспоживання та автономність запропонованої структури.

Актуальність теми обумовлена сучасними реаліями проведення навчального процесу в умовах дефіциту електроенергії та необхідності забезпечення безперервності проведення занять.

В магістерській роботі ставиться та виконується ряд задач, серед яких:

- 1) провести огляд існуючих технологій та аналіз приміщень навчального закладу;
- 2) сформулювати математичний апарат керування трафіком бездротових мереж;
- 3) розробити методику проектування бездротових мереж в навчальних закладах;

4) запропонувати структурну схему і топологію сучасної мультимедійної мережі конкретного приміщення.

За змістом робота є докладною та містить достатньо посилань на літературу. Викладення матеріалу є послідовним та логічно правильним. Наведені у роботі формули, припущення та висновки мають достатнє обґрунтування та детальне пояснення. Мова викладення роботи є технічно грамотною, зрозумілою та не перенасиченою спеціальними термінами.

З точки зору оформлення магістерська робота представлена пояснювальною запискою, що складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні.

Серед позитивних сторін магістерської роботи слід відмітити наступне:

- наявність досліджень роботи енергосистеми країни;
- детально розроблений математичний апарат роботи мультимедійних мереж на основі систем масового обслуговування;
- оригінальні схеми і топологія мережного та мультимедійного обладнання для забезпечення автономності навчального процесу;
- рекомендації з підбору конкретних апаратних рішень.

До недоліків слід віднести відсутність економічних розрахунків та вартості запропонованого обладнання, терміну його окупності та економічної ефективності запропонованих рішень.

Наприкінці необхідно відзначити, що дана робота Мейхера О. А. «Інноваційна технологія використання мультимедійного середовища в навчальному процесі» повністю відповідає вимогам до робіт магістерського освітнього рівня, заслуговує на оцінку «відмінно», а її автор – на присвоєння кваліфікації магістра зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент

Зав. кедр. АКІТ та Р, д.т.н., проф. М.В. Мартинюк

« 11 » 12 2023 р.

РІШЕННЯ КАФЕДРИ

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДІЙНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Інноваційна технологія використання мультимедійного середовища в навчальному процесі

Автор: **Мехер Олександр Андрійович**

Спеціальність: **172 Телекомунікації та радіотехніка**

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: **к.т.н., доц. Стецюк Віктор Іванович**

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<u>Відповідає</u>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: запозичення у розмірі 16% є випадковими збігами переважно із бібліографічним записом джерел посилань та типовими бланками, та не є плагіатом.

Відповідальний за контроль

плагіату за системою Unicheck та антиплагіатизм (ХНУ):

17.12.2023 р.



Олег ПИВОВАР

Зав. каф. ТМІТ

17.12.2023 р.

Сергій ПІДЧЕНКО

Имя пользователя:
 Kafedra TMIT KhNU

 ID проверки:
 1016014540

 Дата проверки:
 17.12.2023 19:27:12 EET

 Тип проверки:
 Doc vs Internet + Library

 Дата отчета:
 17.12.2023 19:29:00 EET

 ID пользователя:
 100005657

Название файла: Мейхер_ТрМ_22

Количество страниц: 98 Количество слов: 15790 Количество символов: 123232 Размер файла: 2.34 MB ID файла: 1015701215

Обнаружены модификации текста (могут влиять на процент совпадений)

16% Совпадения

 Наибольшее совпадение: 4.4% с Интернет-источником (<https://lsg-konf.com/wp-content/uploads/2023/12/NEW-INTEGR...>)

15.8% Источники из Интернета 857 Страница 100

2.77% Источники из Библиотеки 89 Страница 107

1.01% Цитат

Цитаты 5 Страница 108

Не найдено ни одной ссылки

0% Исключений

Нет исключенных источников

Модификации

Обнаружены модификации текста. Подробная информация доступна в онлайн-отчете.

Замененные символы 93

 Подозрительное форматирование 25
 страницы

Sun Dec 17 17:49:36 EET 2023, Стешок Віктор Іванович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 11%

ID: 123569 Название: ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ Добавлено в БД: 2023-12-17 Авторы: Мейхер Олександр Андрійович Руководитель: Стешок Віктор Іванович Консультанти: Опоненти:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	88956	1352	2550 (3%)	36 (3%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы