

## **Лабораторна робота 3**

### **Проектування локальних комп'ютерних мереж**

**Мета виконання лабораторної роботи** – ознайомитись з обладнанням, використовуваним для побудови та функціонування локальних комп'ютерних мереж. Вивчити основні топології мереж і стандарти ліній зв'язку, виявити переваги й недоліки ліній зв'язку локальних мереж, навчитися проектувати локальні мережі.

#### **3.1. Теоретичні відомості**

##### **Основні поняття**

##### **Апаратна частина локальних мереж**

Апаратура локальних мереж забезпечує реальний зв'язок між абонентами. Вибір апаратури має найважливіше значення на етапі проектування мережі, тому що її вартість становить найістотнішу частину від загальної вартості мережі. Крім того, заміна апаратури потребує не тільки додаткових витрат, а і трудомістких робіт.

До апаратури локальних мереж належать:

- 1) кабелі для передачі інформації;
- 2) роз'єм для приєднання кабелів;
- 3) термінатори;
- 4) мережні адаптери;
- 5) репітери;
- 6) трансивери;
- 7) концентратори (hub);
- 8) мости (bridge);
- 9) комутатори (switch);
- 10) медіаконвертери.

Кабелі для передачі інформації, роз'єм для приєднання кабелів, термінатори та мережні адаптери - див. лабораторні роботи №1 та №2.

### Трансивери (приймачі-передавачі)

Трансивери, або приймачі-передавачі (від англійського transmitter + receiver), слугують для передачі інформації між адаптером і кабелем мережі або між двома сегментами (частинами). Трансивери підсилюють сигнали, перетворюють їхні рівні або перетворюють сигнали в іншу форму (наприклад, з електричної у світлову і навпаки). Раніше їх використовували окремо від мережних адаптерів (див. стандарт **10-BASE-5**), а зараз трансиверами також називають вбудовані в адаптер приймачі-передавачі.

### Репітери

Репітери, або повторювачі (repeater), виконують простішу функцію, ніж трансивери. Вони не перетворюють ні рівні сигналів, ні їх фізичну природу, а тільки відновлюють ослаблені сигнали (їх амплітуду та форму), надаючи їм вихідного вигляду. Мета такої ретрансляції полягає винятково у збільшенні довжини мережі. Раніше репітери використовували у застарілих стандартах

**10-BASE-5 та 10-BASE-2.**

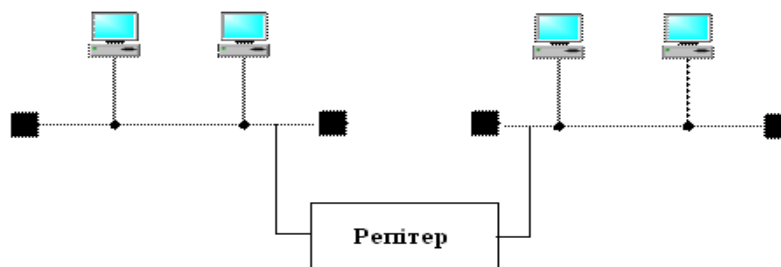


Рис. 7. З'єднання репітером двох сегментів мережі

### Концентратори

Концентратори (або репітерні концентратори хаби, hub), як випливає з їхньої назви, слугують для об'єднання в мережу декількох сегментів. Вони являють собою декілька зібраних у єдиному конструктиві репітерів, що виконують аналогічні функції.

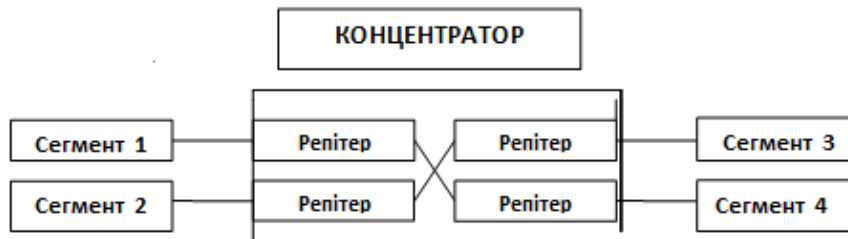


Рис. 8. Схема концентратора

Перевага концентраторів порівняно з окремими репітерами полягає у концентрації всіх точок підключення в одному місці – це спрощує реконфігурацію мережі, контроль і пошук несправностей. До того ж усі репітери в цьому разі живить єдине якісне джерело.

Концентратор Ethernet із середовищем передачі вита пара (див. **10-BASE-T, 100-BASE-TX, 1000-BASE-T**) має ще одну функцію – кросування, або перехресне підключення (crossover circuit) передавальних і приймальних контактів у кожному з'єднанні між двома комп'ютерами. Річ у тім, що комп'ютер передає дані за однією парою (або парами) проводів, а одержує за іншою (іншими). Для нормального зв'язку двох комп'ютерів передавальну пару однієї системи підключають до приймальної пари іншої.

Якщо звичайною витою парою з'єднати два комп'ютери без проміжного концентратора, то передавальні контакти підключаються до передавальних, приймальні – до приймальних, що може порушити зв'язок (про винятки йтиметься далі). У цьому разі необхідний спеціальний кросоверний (crossover) кабель, у якому для різних його кінців застосовують різну розкладку пар проводів, щоб передавальна пара одного комп'ютера з'єднувалася з приймальною парою іншого.

Це, однак, не стосується стандарту 1000-BASE-T, оснащеного технологією Auto-MDI (X), що дозволяє інтерфейсу працювати з будь-яким кабелем, як звичайним, так і кросоверним. Крім того, Auto-MDI (X) підтримують багато сучасних 100-Мбітних комутаторів і маршрутизаторів, можуть підтримувати і сучасні мережні карти на 100 Мбіт/с.

Концентратори мають різну кількість портів, як правило від 8 до 36, один з яких служить для підключення до іншого концентратора або маршрутизатора - порт uplink. Він відрізняється від інших портів тим, що не виконує функцію кросування. Для підключення двох концентраторів між

собою треба звичайним кабелем кручена пара під'єднати uplink-порт одного до звичайного порта іншого концентратора. Інший варіант підключення: якщо немає uplink-порта, можна з'єднати звичайні порти концентраторів кросоверним кабелем. Цими способами можна з'єднувати також концентратори з комутаторами.

На даний час концентратори майже повністю витіснені комутаторами (див. нижче).

## Мости

Міст – це виділений фізичний пристрій або комп'ютер із двома або більше портами, використовуваний для зв'язку сегментів локальної мережі. Міст забезпечує фільтрацію пакетів на каналному рівні, тобто пропускає через себе тільки пакети, призначені для ділянки мережі з іншого боку мосту. Якщо у ЛВС через зростаючий трафік (кількість пакетів за одиницю часу) збільшується кількість колізій або вона працює повільніше, можна знизити трафік, розділивши її за допомогою мосту на частини.

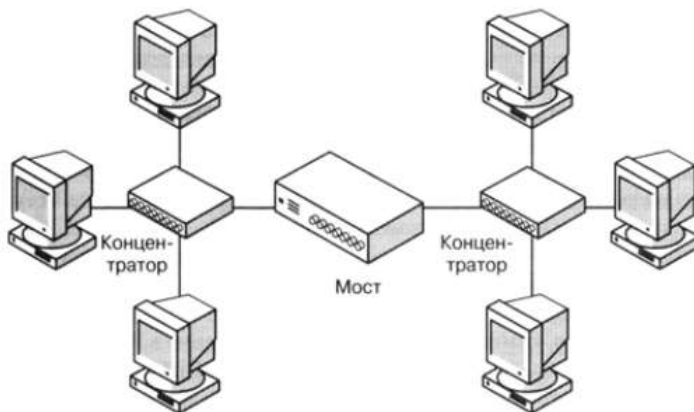


Рис. 9. Два сегменти локальної мережі, об'єднані мостом

Зона колізій, або колізійний домен (collision domain), – це мережа або частина мережі із структурою, що спричиняє виникнення колізії (зіткнення пакетів) за строго одночасної передачі даних двома комп'ютерами в мережі. У разі включення в наявну мережу нового концентратора приєднані до нього комп'ютери стають частиною того ж самого колізійного домену, що й вихідна мережа. Це відбувається тому, що концентратори ретранслюють вхідні сигнали відразу після приймання, не фільтруючи пакети. У мережі Ethernet колізії є нормальна й навіть неминуча частина роботи, але надмірне зростання їх кількості знижує продуктивність мережі, оскільки збільшується число пакетів для ретрансляції. Крім того, число колізій обов'язково збільшується у разі включення в мережу нових учасників.

Під час поділу мережі мостом на два або більше сегменти мережа фактично ділиться на два або більше колізійні домени. При цьому кількість колізій і ретрансляцій зменшується, що приводить до зниження трафіка й підвищення продуктивності мережі загалом.

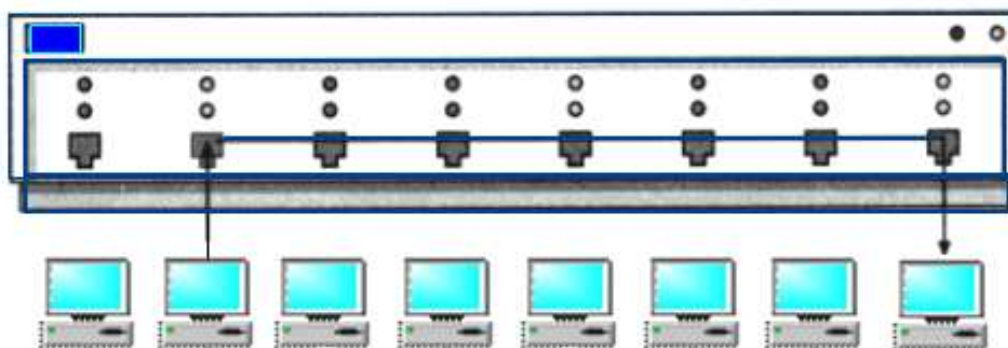
На даний час мости майже повністю витіснені комутаторами.

### Комутатори

Комутатори (свічі, комутувальні концентратори, switch), як і концентратори, слугують для з'єднання сегментів у мережу. Крім того, вони виконують і складніші функції, сортуючи вхідні пакети.

Якщо концентратор передає кожний вхідний пакет через усі порти, то комутатор спрямовує його тільки на порт, що забезпечує доступ до цільової системи.

#### Комутатор мережі Ethernet



**Рис. 10. Передача пакета комутатором**

У невеликій мережі з комутатором замість концентратора кожний пакет рухається від комп'ютера-джерела до комп'ютера-одержувача виділеним шляхом, який становить колізійний домен для цих двох комп'ютерів. Широкомовні повідомлення комутатори передають на всі свої порти, на відміну від вузькомовних. Жоден комп'ютер не одержує пакети, які йому не призначені. У процесі вузькомовної передачі колізії ніколи не виникають, тому що будь-яка пара комп'ютерів у мережі обмінюється даними за виділеним кабелем. Іншими словами, якщо міст просто розвантажує мережу, то комутатор практично повністю усуває в ній зайвий трафік.

Інша перевага комутації в тому, що будь-яка пара комп'ютерів користується всією смугою пропускання мережі. Стандартна мережа Ethernet з концентратором може включати 20 або більше комп'ютерів, що спільно

використовують смугу пропускання 10 Мбіт/сек. У разі заміни концентратора комутатором кожна пара комп'ютерів одержить власний виділений канал зі швидкістю передачі 10 Мбіт/сек. Це може суттєво підвищити загальну продуктивність мережі без модернізації робочих станцій.

Крім того, деякі комутатори оснащені портами, що працюють у повнодуплексному режимі, тобто два комп'ютери можуть передавати дані в обох напрямках одночасно, використовуючи окремі пари провідників у мережному кабелі.

На сьогодні комутатори завдяки наведеним перевагам практично повністю витіснили концентратори й мости.

### Медіаконвертери

Медіаконвертер (перетворювач середовища) – пристрій, що дозволяє з'єднати два середовища поширення сигналу різного типу, наприклад оптоволоконний кабель із витую парою (див. рис. 11).



Рис. 11. Медіаконвертер 100Basefx (ST) – 100BaseTx

Ethernet-медіаконвертери традиційно поділяють на прості (1-й рівень моделі OSI), підпорядковані правилу 5-4-3, і комутувальні (2-й рівень моделі OSI), на які не діють обмеження за кількістю медіаконвертерів на ділянці мережі, що з'єднує її сегменти (див. **Застарілі стандарти 10-BASE-5 і 10-BASE-2**). У таких медіаконвертерів в описі вказано 10/100TX для FastEthernet або 10/100/1000T для GigabitEthernet, що означає їхню можливість перетворювати не тільки середовище передачі, а і швидкість, що характерно для комутувальних пристроїв.

## Стандарти ліній зв'язку

Стандартами у області ліній зв'язку та комп'ютерних мереж на фізичному та каналному рівнях займається інститут інженерів з електротехніки та електроніки (англ. Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) — міжнародна організація інженерів у галузі електротехніки, радіоелектроніки та радіоелектронної промисловості.

### Застарілі стандарти 10-BASE-5 і 10-BASE-2

Середовище передачі в **10-BASE-5** — товстий (жовтий) коаксіальний кабель із хвильовим опором 50 Ом. Максимальна довжина сегмента мережі становить 500 м, загальна довжина всіх сегментів не перевищує 2500 м. Максимальна кількість учасників на один сегмент — 100. Відстань між учасниками кратна 2,5 м.

Учасників з'єднують з лінією зв'язку через трансивери (пристрої приймання/передачі інформації), при цьому довжина кабелю, що з'єднує учасника із трансивером, не має перевищувати 50 м.

Сегменти закінчуються термінаторами, один із яких має бути заземленим.

Швидкість — 10Мбіт/с

Характеристики:

+ висока якість;

— низька швидкість.

Середовище передачі в **10-BASE-2** — тонкий коаксіальний кабель із хвильовим опором 50 Ом. Максимальна довжина сегмента мережі становить 185 м, загальна довжина всіх сегментів, з'єднаних через повторювачі, не перевищує 925 м. Максимальне число учасників на один сегмент — 30. Відстань між сусідніми станціями — щонайменше 0,5 м.

Сегменти закінчуються термінаторами, один із яких має бути заземленим. Відгалуження від сегмента неприпустимі.

Швидкість — 10Мбіт/с

Характеристики:

+ низька вартість;

– низька швидкість.

Для мереж за стандартами Ethernet і IEEE 802.3 існує правило, зване правило 5-4-3 (5-4-3 rule), для кількості повторювачів (repeater) і сегментів (segment) на магістралі Ethernet в деревовидної (ієрархічна зірка) топології. Правило визначає, що між будь-якими двома вузлами мережі може бути максимум п'ять сегментів, з'єднаних через чотири повторювача або концентратора, і тільки до трьох з п'яти сегментів дозволяється підключати комп'ютери.

Протокол Ethernet вимагає, щоб сигнал, що посиляється по локальній мережі досягав кожної частини мережі напротязі заданого проміжку часу. Правило 5-4-3 забезпечує цю вимогу. Кожен повторювач, через який проходить сигнал, додає деяку затримку до процесу передачі, правило мінімізує час передачі сигналу.

Правило 5-4-3 - створене, коли були тільки типи мережі Ethernet 10Base5 і 10Base2. Комутований Ethernet не потребує правилі 5-4-3, тому що кожен комутатор (switch) має буфер для тимчасового зберігання даних і всі вузли мають одночасний доступ до мережі.

### **Стандарт 10-BASE-T**

Середовище передачі – неекранована вита пара щонайменше третьої категорії (4 пари проводів, сертифікованих на частоту до 10 МГц).

Для приймання/передачі послуговуються двома парами проводів. Максимальна довжина кабелю між сусідніми учасниками становить 100 м, а загальний розмір мережі не перевищує 500 м. Максимальна кількість станцій у мережі – 1024.

Використовуючи 8-канальні роз'єми RJ-45, проводять з'єднання типу «точка-точка», фізична топологія мережі – «зірка». Для прямого з'єднання двох вузлів без комутатора користуються кросоверним кабелем.

Швидкість – 10 Мбіт/с.

Характеристики:

+ великий розмір мережі;



– низька швидкість.

### **Стандарт 100-BASE-TX**

Середовище передачі – неекранована вита пара щонайменше п'ятої категорії (4 пари проводів, сертифікованих на частоту 100 МГц) або екранована вита пара STP Type 1.

Швидкість передачі – 100 Мбіт/с. Максимальна довжина кабелю між сусідніми учасниками – 100 м. Фізична топологія мережі – «зірка». Для прямого з'єднання двох вузлів без комутатора користуються кросоверним кабелем.

Характеристики:

- + висока швидкість;
- + найбільша поширеність для витої пари.

### **Стандарт 100-BASE-FX**

Середовище передачі – оптоволоконний кабель. Цей стандарт призначений для з'єднання станцій із концентратором за допомогою двох оптоволоконних кабелів для приймання та передачі.

Для багатомодового кабелю довжина сегмента може сягати 2 км, для одномодового – за дуплексного режиму роботи концентратора і станції – понад 100 км, за стандартного устаткування – до 10 км.

Швидкість – 100 Мбіт/с.

Характеристики:

- + висока швидкість;
- + висока перешкодозахищеність;
- + складність перехоплення даних;
- + велика довжина сегмента для одномодового кабелю;
- див. недоліки оптоволоконного кабелю;

– висока вартість.

## **Група стандартів GIGABIT ETHERNET**

Існує кілька стандартів передачі даних зі швидкістю 1000 Мбіт/с, зокрема, до найпоширеніших належать:

1000-BASE-LX: середовище передачі – оптоволоконний кабель; максимальна довжина сегмента для багатомодового кабелю – 550 м, одномодового – 5 км;

1000-BASE-T: середовище передачі – вита пара категорії щонайменше 5е. Дані передаються двома парами (приймання/передача) сигналами 4 рівнів на відстань до 100 м.

Характеристики:

- + висока швидкість;
- + висока перешкодозахищеність (для 1000-BASE-LX );
- + складність перехоплення даних (для 1000-BASE-LX );
- + велика довжина сегмента (для 1000-BASE-LX з одномодовим кабелем);

– висока вартість.

## **Група стандартів 10 Gigabit Ethernet**

10 Gigabit Ethernet (10 GE, 10 GbE або 10 GigE) – це група комп'ютерних мережних технологій для передачі кадрів Ethernet зі швидкістю 10 Гбіт/с. Уперше її було визначено стандартом IEEE 802.3ae–2002. На відміну від попередніх стандартів Ethernet, 10 Gigabit Ethernet визначає лише повнодуплексну передачу «точка-точка», які зазвичай з'єднуються мережними комутаторами. Група не підтримує операцію CSMA/CD, тому напівдуплексних операцій та концентраторів (хабів) тут не існує.

Існує кілька стандартів передачі даних зі швидкостями 10000 Мбіт/с, зокрема:

10GBASE-T – стандарт, випущений у 2006 році для забезпечення 10 Гбіт/с з'єднань через неекранований або екранований кабель з витой пари

на відстані до 100 метрів. Для досягнення повної 100-метрової відстані необхідна категорія кабелю вита пара 6а, максимальна відстань для категорії 6 становить 55 метрів.

10GBASE-SR ("shortrange") – дані передаються оптоволоконним багатомодовим кабелем. Максимальна відстань передачі залежить від типу кабелю і варіюється від 25 до 400 м.

10GBASE-LR ("longreach") – дані передаються оптоволоконним одномодовим кабелем. Його максимальна довжина становить 10 кілометрів, хоча вона залежить від типу кабелю.

Переваги і недоліки такі самі, як і у **GIGABIT ETHERNET**.

### Стандарт IEEE 802.11 (Wi-Fi)

Середовище передачі – радіохвилі з частотами від 2,4 до 5 ГГц. Максимальна відстань між точкою доступу й вузлом усередині приміщень – близько 46 м, поза приміщенням – до 92 м. Деякі характеристики зазначено в таблиці.

*Таблиця 1. Середовище передачі радіохвилі*

Стандарт	Частота, ГГц	Швидкість передачі даних, Мбіт/с
802.11g	2,4	До 54
802.11n	2,4; 5	До 600
802.11ac	5	До 1000

Для створення мережі Wi-Fi необхідно підключити до наявної провідної мережі Wi-Fi-роутер (Wi-Fi-маршрутизатор) або точку доступу Wi-Fi. Під час налаштування точки доступу Wi-Fi або Wi-Fi-роутера для забезпечення безпеки даних бажано обирати протоколи шифрування WPA або WPA2, стійкіші порівняно з WEP. Крім того, необхідно встановлювати складний пароль для підключення, тому що основним методом злому WPA2 є повне перебирання пароля (brute-force search).

Характеристики:

- + дозволяє створити ЛВС у разі небажаності прокладання кабелів (будівля історичної цінності, бетонні підлоги і стіни, підвищена вологість);
- + уможлиблює доступ до мережі портативним ПК та мобільним пристроям;
- можливе порушення роботи Wi-Fi через взаємодію з іншими пристроями, що працюють на тих самих частотах радіоканалу – Bluetooth, мікрохвильові печі, стільникові телефони і т. д.

### 3.2. Завдання

Оформити звіт, який включає побудувати схеми мережі, із вказанням топології і стандартів ліній зв'язку.

Основними критеріями вибору мають бути: економічність, достатня пропускна здатність і обмеження, зазначені в завданні. Приблизно розрахувати кількість матеріалів і вартість такої мережі з урахуванням мережної апаратури.

Відповісти на запитання викладача.

Увага! Якщо ваш номер в журналі більший за кількість варіантів в завданні, обирайте наступний варіант. Наприклад, якщо кількість варіантів 5, а ваш номер 7, тоді ваш варіант = 2 (7-5). Якщо ваш номер 11, то варіант = 1 (11-5\*2) і т. д.

Команди: `ipconfig /all`

### Вихідні дані

Варіант 1. Мережа факультету

З'єднати всі комп'ютери факультету в одну локальну мережу. Забезпечити швидкість передачі даних 100 Мбіт/с. У кімнатах №1 і №2 забезпечити можливість підключення до мережі мобільних пристроїв. Довжина та ширина коридору - 50х3 м, довжина та ширина кімнат - 10х5 м

Розташування комп'ютерів у приміщеннях обрати самостійно.

№ 1	№ 3		№ 5	№ 7
-----	-----	--	-----	-----

3 комп.	5 комп.		5 комп.	
коридор				
№ 2	№ 4		№ 6 4 комп.	№ 8 2 комп.

### Варіант 2. Мережа факультету

З'єднати всі комп'ютери факультету в одну локальну мережу. Забезпечити швидкість передачі даних 100 Мбіт/с. Відстань між корпусами – 500 м. Довжина та ширина кімнат - 10x5 м, ширина коридору - 3 м.

Розташування комп'ютерів у приміщеннях обрати самостійно.

№ 1 2 комп.	№ 3 4 комп.		№ 1 3 комп.
	1-й корпус		2-й корпус
№ 2	№ 4 5 комп.		№ 2

### Варіант 3. Мережа підприємства

З'єднати всі комп'ютери підприємства в одну локальну мережу. Забезпечити швидкість передачі даних 100 Мбіт/с, а між цехами – 1000 Мбіт/с, урахувавши дуже високий рівень електромагнітних перешкод на підприємстві. Довжина та ширина цехів - 10x10 м, ширина коридору - 4 м.

Розташування комп'ютерів у приміщеннях обрати самостійно.

№ 1 5 комп.	№ 3		№ 1 4 комп.	
	Цех №1			Цех №2
№ 2 3 комп.	№ 4		№ 2 3 комп.	

#### Варіант 4. Мережа науково–дослідного інституту

З'єднати всі комп'ютери науково–дослідного інституту в одну локальну мережу. Забезпечити швидкість передачі даних 100 Мбіт/с, а також забезпечити можливість підключення мобільних пристроїв у кімнаті №1. Не використовуючи мережне устаткування (окрім кабелів), створити у кімнаті № 4 ізольовану мережу із двох комп'ютерів, не підключену до основної мережі, зі швидкістю 1000 Мбіт/с. Довжина та ширина кімнат - 8х8 м, ширина коридору - 3 м.

Розташування комп'ютерів у приміщеннях обрати самостійно.

№ 1 2 комп.	Коридор	№ 2 5 комп.
№ 3 4 комп.		№ 4 2 комп.
№ 5		№ 6

#### Варіант 5. Мережа підприємства

З'єднати всі комп'ютери підприємства в одну локальну мережу. Забезпечити швидкість передачі даних 1000 Мбіт/с, урахувавши, що в підвальному приміщенні бетонні підлоги і стіни й підвищена вологість. Відстань між цехами – 1200 м. Довжина та ширина цехів - 12х12 м, ширина коридору - 4 м. Довжина та ширина підвального приміщення, яке знахотиться на глибині 4 м - 7х7 м.

Розташування комп'ютерів у приміщеннях обрати самостійно.

№ 1 4 комп.	№ 2	№ 3		№ 1 3 комп.	№ 3
	Цех № 1				Цех № 2
	Підвальне приміщення 5 комп.			№ 2 4 комп.	№ 4

#### Варіант 6. Мережа науково-дослідної лабораторії

З'єднати всі комп'ютери науково–дослідної лабораторії в одну локальну мережу. Забезпечити швидкість передачі даних 10 Гбіт/с у першій кімнаті і 1 Гбіт/с у другій кімнаті. Довжина та ширина кімнат 8х8 м.

Розташування комп'ютерів у приміщеннях обрати самостійно.

№1 10 комп.	№2 3 комп.
----------------	---------------

### Контрольні запитання

1. Для чого потрібні трансивери?
2. Яка мета використання репітерів?
3. Які переваги має концентратор перед репітером?
4. Як з'єднуються між собою два концентратора?
5. Які переваги має комутатор перед концентратором і мостом?
6. Який протокол шифрування рекомендується обирати при налаштуванні WiFi? Який треба встановлювати пароль для підключення?
7. За допомогою якого кабелю типу кручена пара можна з'єднати між собою у мережу два комп'ютера?
8. Яка максимальна довжина кабелю між сусідніми учасникам мережі у стандарті 100-BASE-TX?
9. Який оптоволоконний кабель може мати більшу довжину сегменту мережі багатомодовий чи одномодовий?
10. У якому стандарті комп'ютерної мережі робота стільникового телефону може порушити функціонування мережі?