

ЛЕКЦІЯ 1

Вступ до глобальних мереж

Класифікація та архітектура WAN

Навчальна дисципліна

«Глобальні мережі»

Державний університет «Житомирська політехніка»

Кафедра кібербезпеки та захисту інформації

Тематичний план дисципліни

9 змістових тем · 16 лекцій · 8 лабораторних робіт

Змістові теми

- 1 Основні поняття, організація та послуги WAN
- 2 Технології первинних та накладених мереж
- 3 Протокол IP у глобальних мережах
- 4 Транспортні технології глобальних мереж
- 5 Технологія MPLS
- 6 Ethernet у мережах операторів (Carrier / Metro)
- 7 Технології мереж доступу
- 8 Протокол BGP та технології VPN
- 9 Безпека глобальних мереж та мереж доступу

Лабораторний практикум

- Лаб. №1 Робота з пристроями Cisco (IPv4/IPv6)
- Лаб. №2 Агрегування каналів EtherChannel
- Лаб. №3 Послідовні канали зв'язку у WAN
- Лаб. №4 Агреговані послідовні канали (MLPPP)
- Лаб. №5 Резервування шлюзу VRRP
- Лаб. №6 Балансування навантаження GLBP
- Лаб. №7 Маршрутизація BGP
- Лаб. №8 Захищена мережа L2/L3 MPLS VPN

План лекції

1

Визначення WAN

Що таке глобальна мережа і чим вона відрізняється від LAN, MAN, CAN

2

Критерії класифікації

Територія, технологія, комутація, власність, середовище

3

Архітектура WAN

Топології, VPN, underlay/overlay, SD-WAN, відмовостійкість

4

Операторські мережі

Ієрархія ISP (Tier 1/2/3), backbone, піринг, IXP

5

Підсумок

Ключові поняття, які нам знадобляться далі у курсі

WAN — Wide Area Network



Ключова ідея

Глобальні мережі об'єднують віддалені системи та користувачів, забезпечуючи надійний обмін даними та доступ до ресурсів незалежно від географічних відстаней.

Масштаб

Від десятків до тисяч кілометрів

Приклад

Інтернет — найвідоміша WAN

Призначення

Об'єднання LAN та MAN у єдину інфраструктуру

Класифікація глобальних мереж

П'ять основних критеріїв поділу WAN



Територіальне охоплення

PAN, LAN, CAN, MAN,
WAN, GAN



Технологія передачі

X.25, Frame Relay,
ATM, MPLS, Carrier
Ethernet



Тип комутації

каналів, пакетів,
віртуальних каналів



Форма власності та призначення

публічні, приватні,
гібридні

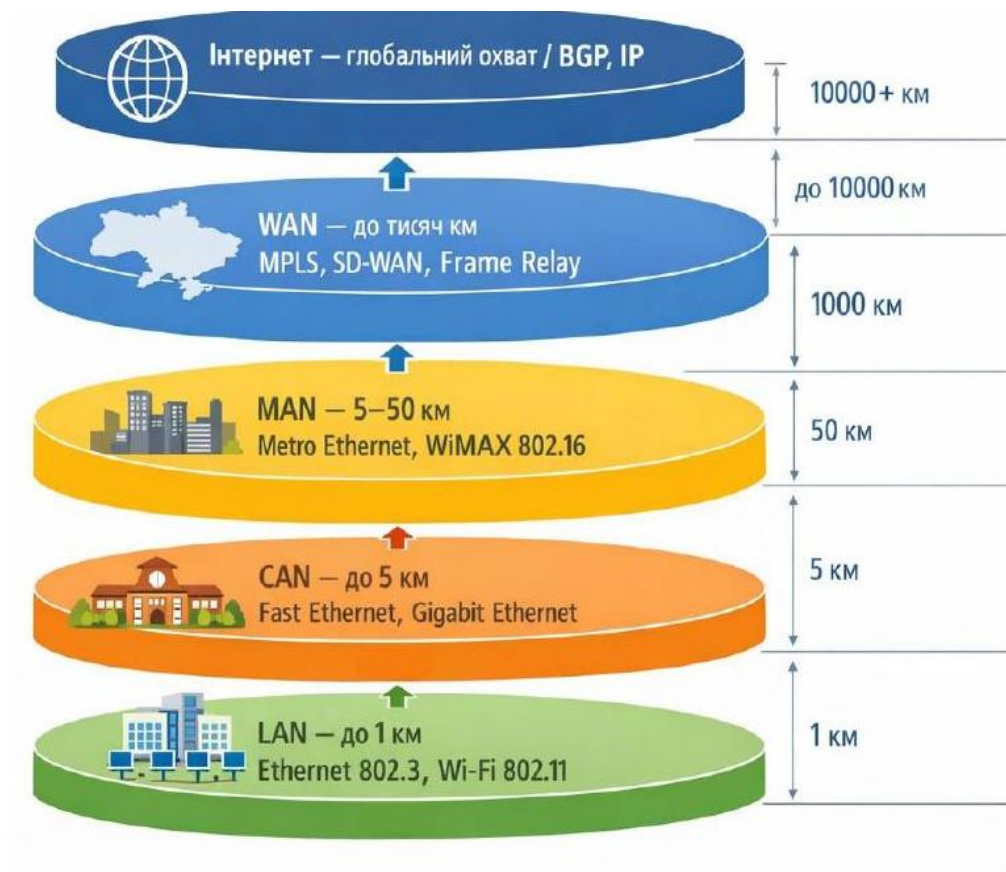


Середовище передачі

оптика, мідь, радіо,
супутник

За територіальним охопленням

Ієрархія мереж — від персональної до глобальної



Типи мереж за масштабом

PAN	до 10 м	персональна мережа
LAN	до 1 км	будівля, офіс
CAN	до 5 км	кампус, підприємство
MAN	5–50 км	місто, регіон
WAN	до тисяч км	країна, континент
GAN	> 10 000 км	планетарний масштаб

Ключові відмінності: LAN проти WAN

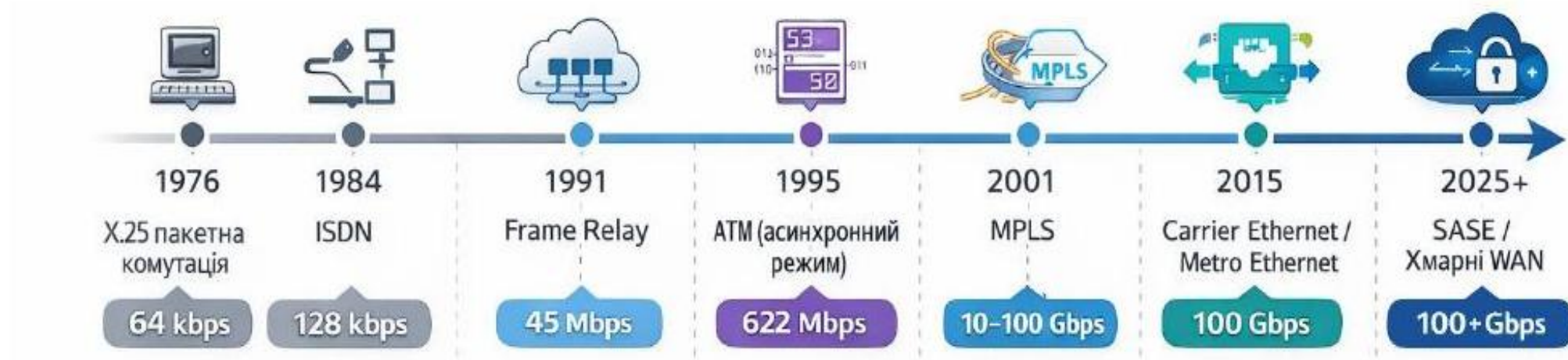
Порівняння характеристик локальних та глобальних мереж

Параметр	LAN	WAN
Географія	будівля, поверх	країна, континент, планета
Відстань	метри — 1 км	десятки — тисячі км
Швидкість	1–100 Гбіт/с типово	від кбіт/с до Тбіт/с (магістраль)
Затримка	мікросекунди — мілісекунди	десятки — сотні мілісекунд
Технології	Ethernet 802.3, Wi-Fi 802.11	MPLS, SD-WAN, Frame Relay, Ethernet
Власник	одна організація	оператори зв'язку (провайдери)
Вартість / канал	низька	висока (оренда каналу)

i Важливо: чим ширший масштаб мережі, тим складніше її управління та забезпечення якості обслуговування (SLA).

Історичний розвиток технологій WAN

Від пакетної комутації X.25 до хмарних SD-WAN та SASE



1976

X.25

перша стандартизована пакетна комутація для WAN. Швидкість — до 64 кбіт/с. Головна перевага — вбудований контроль помилок.

2001

MPLS

поєднав переваги маршрутизації IP та комутації міток. Залишається основною технологією магістралей операторів.

2025+

SASE / хмарні WAN

конвергенція SD-WAN, безпеки та хмарних сервісів. Швидкості — 100+ Гбіт/с. Тренд сучасних корпоративних мереж.

Порівняння технологій глобальних мереж

Таблиця 1.1 — за швидкістю, рівнем OSI, типом комутації та QoS

Параметр	X.25	Frame Relay	ATM	MPLS	Carrier Ethernet
Швидкість	до 64 кбіт/с	до 45 Мбіт/с	155–622 Мбіт/с	до 100 Гбіт/с	до 100 Гбіт/с
Рівні OSI	1–3	1–2	1–2	2.5	1–2
Тип комутації	віртуальні канали	віртуальні канали	комірки 53 Б	мітки	кадри Ethernet
QoS	обмежений	CIR, Bs, Be	5 класів	DiffServ, TE	MEF CoS
Статус	застаріла	застаріла	обмежене вик.	широко вик.	зростає

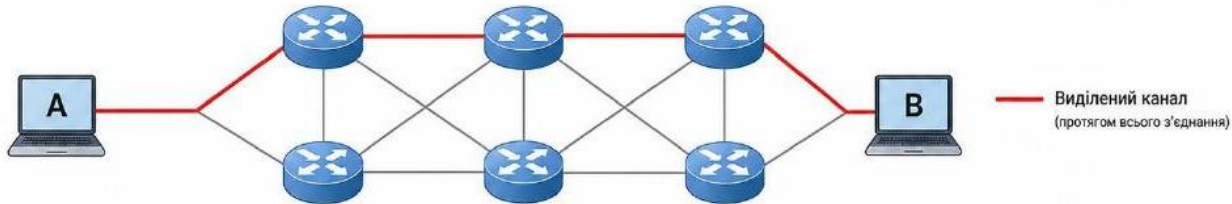
Тренд:

MPLS та Carrier Ethernet витіснили застарілі X.25 і Frame Relay у корпоративному сегменті.
ATM зберігається лише у деяких магістральних мережах телекомів; майбутнє — за конвергенцією IP/Ethernet із SD-WAN.

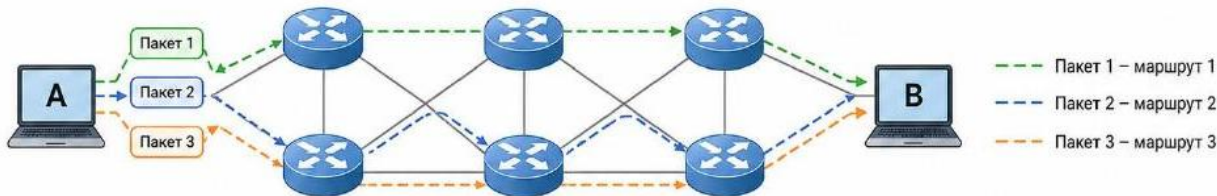
Три типи комутації у WAN

Спосіб встановлення з'єднання визначає характеристики мережі

Комутація каналів (виділений шлях)



Дейтаграмна комутація пакетів (різні маршрути для різних пакетів)



Комутація віртуальних каналів (попередньо встановлений шлях)



1 Комутація каналів

з'єднання встановлюється до передачі і зберігається весь сеанс

Приклад: PSTN — телефонні мережі

2 Комутація пакетів

дані діляться на пакети, кожен маршрутизується самостійно

Приклад: IP, переважає у WAN

3 Комутація віртуальних каналів

передача всіх даних через заздалегідь створений логічний маршрут між відправником і одержувачем

Приклад: ATM

За формою власності та призначенням

Хто володіє мережею і для чого вона створена

За формою власності

Публічні (public)

належать операторам зв'язку, надають послуги широкому колу користувачів. Найбільша — Інтернет.

Приватні (private)

створюються та експлуатуються окремими організаціями для власних потреб. Повний контроль, високий рівень безпеки.

Гібридні

поєднують елементи публічних та приватних мереж. Типовий приклад — VPN через Інтернет.

За призначенням

**загального
користування**
публічний Інтернет

корпоративні
*мережі компаній та
підприємств*

науково-освітні
*GÉANT (Європа), Internet2
(США)*

**спеціального
призначення**
оборонні, урядові, силові

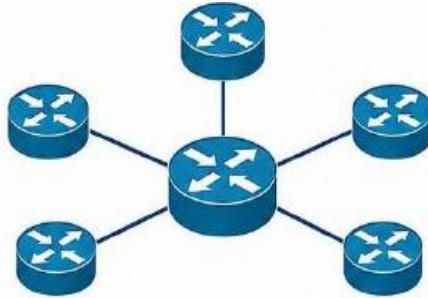
Топології WAN

Спосіб з'єднання вузлів — фізична та логічна структура мережі



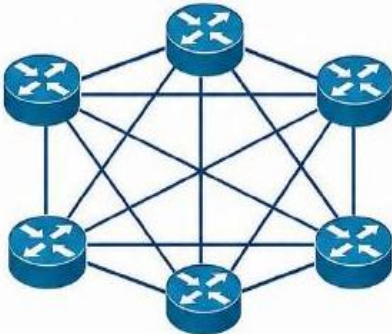
Точка-точка

2 пристрої, 1 з'єднання



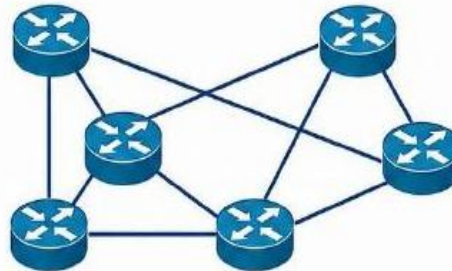
Зірка

6 пристроїв, 5 з'єднань



Повнозв'язна

6 пристроїв, 15 з'єднань



Частково зв'язна

6 пристроїв, 10 з'єднань

Топологія	Особливість	Застосування
Точка-точка	простота, гарантована смуга	виділені канали
Зірка (hub-spoke)	централізація, легке керування	корпоративні WAN
Повнозв'язна	макс. відмовостійкість, $N(N-1)/2$ з'єднань	критичні магістралі
Частково зв'язна	компроміс вартість / надійність	великі провайдерські мережі

Формула: у повнозв'язній топології з N вузлами потрібно $N(N-1)/2$ з'єднань — квадратичне зростання

Концепція Underlay та Overlay мереж

Розділення фізичної та логічної інфраструктури — основа сучасних WAN

OVERLAY — накладена (логічна) мережа

Побудована поверх underlay за допомогою тунелювання та інкапсуляції.

Технології: VPN, VXLAN, GRE, Geneve, MPLS L3VPN

Що дає: ізоляцію трафіку, гнучкість, безпеку, незалежність від фізичної мережі



UNDERLAY — базова (фізична) мережа

Фізична інфраструктура: канали, обладнання, протоколи маршрутизації.

Компоненти: оптоволокно, маршрутизатори, комутатори

Протоколи: OSPF, IS-IS, BGP — забезпечують базову IP-зв'язність

SD-WAN — програмно-визначені глобальні мережі

Software-Defined WAN: сучасний підхід до побудови корпоративних WAN



Рисунок 1.5 – Архітектура SD-WAN

Ключові функції



Централізоване управління

єдина консоль для всієї мережі



Динамічна маршрутизація

на основі політик застосунків



Захищені тунелі AES-256

автоматичне шифрування трафіку



Zero-touch provisioning

нульова конфігурація на місці



Економія

нижча вартість порівняно з MPLS

Масштабованість та відмовостійкість WAN

Як забезпечити зростання мережі та її стійкість до відмов

Масштабованість

Горизонтальна: додавання нових вузлів

Вертикальна: збільшення пропускну здатності

Ієрархічна архітектура:

- Core — ядро мережі
- Distribution — рівень розподілу
- Access — рівень доступу

Відмовостійкість

Досягається шляхом резервування:

- резервні канали різними маршрутами
- дублювання обладнання
- протоколи OSPF, BGP — авто-відновлення
- FHRP (VRRP, GLBP) — резервування шлюзу

99,99%

«Чотири дев'ятки»

цільовий рівень доступності для критичних застосунків

не більше 52,6 хвилин простою на рік

Ієрархія провайдерів інтернет-послуг (ISP)

Як побудована глобальна структура Інтернету

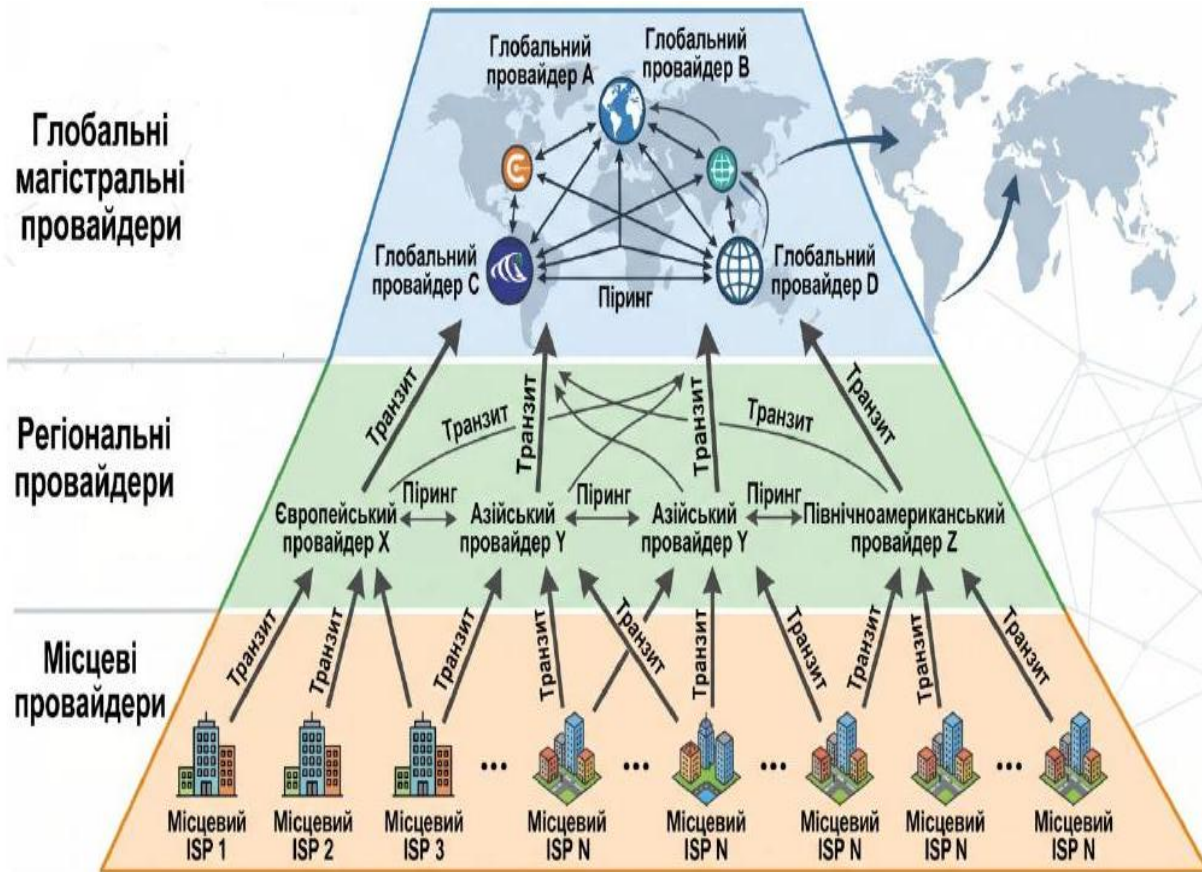


Рисунок 1.6 – Ієрархія провайдерів інтернет-послуг

TIER 1 Магістральні глобальні

безкоштовні пірингові угоди між собою

Приклад: Lumen, NTT, Cogent — десятки Тбіт/с

TIER 2 Регіональні / національні

піринг + купівля транзиту у Tier 1

Приклад: Укртелеком, Deutsche Telekom, Orange

TIER 3 Місцеві провайдери

«остання миля» до кінцевих користувачів

Приклад: міські ISP, домашній Інтернет

Магістральні мережі та точки обміну трафіком

Backbone і IXP — інфраструктурне ядро Інтернету

Backbone — магістраль

Високошвидкісна мережа для транспорту даних між великими вузлами.

DWDM

фізична основа — 96+ довжин хвиль

100–400

Гбіт/с на кожну довжину хвилі

200+

Тбіт/с — підводні кабелі MAREA, JUPITER

full mesh

повнозв'язна топологія ядра

IXP — точки обміну трафіком

Місце, де провайдери обмінюються трафіком напряду (ріринг), а не через транзит.

Що дає IXP:

↓ затримки · ↓ витрати на транзит · ↑ надійність

Найбільші IXP світу:

DE-CIX

Франкфурт

> 14 Тбіт/с

AMS-IX

Амстердам

> 10 Тбіт/с

LINX

Лондон

великий європейський IXP

UA-IX

Київ

найбільший в Україні

Що ми сьогодні дізналися

Ключові поняття лекції, які знадобляться далі у курсі

01

WAN — глобальна мережа

об'єднує LAN і MAN на відстанях від десятків до тисяч км

02

5 критеріїв класифікації

територія, технологія, комутація, власність, середовище

03

MPLS домінує в магістралях

історія: X.25 → Frame Relay → ATM → MPLS → SD-WAN / SASE

04

Топології визначають надійність

від «точка-точка» до full mesh: компроміс вартості та відмовостійкості

05

Underlay + Overlay

фізичну мережу відокремлено від логічної (VPN, SD-WAN, VXLAN)

06

Ієрархія Tier 1 / 2 / 3

структура Інтернету: піринг, транзит, IXP; ключовий протокол — BGP

→ Наступна лекція: Протокол IP у глобальних мережах. Технології адресації IPv4 та IPv6



Ваші запитання

Обговорення матеріалу

Дякую за увагу!