BGP EVPN на Juniper QFX:

більше, ніж VXLAN — MAC-VRF, IP Prefix та DCI

Роман Ткаченко
Technical Lead Network Engineer

ITBIZ telecom

- **Вступ -** Чому класичний Ethernet перестав масштабуватися?
- **Розділ 1 -** EVPN— більше, ніж просто VXLAN
- **Розділ 2 -** Архітектура EVPN у Junos
- **Розділ 3 –** Механізми захисту EVPN у Junos
- **Розділ 4 -** EVPN DCI та мережі Service Provider

Чому класичний Ethernet перестав масштабуватися?

Що дали VLAN
- Ізоляція L2-доменів
- Відкритий стандарт IEEE 802.1Q
- Просте сегментування

Обмеження
- 4094 VLAN
- Прив'язка до фізичної топології
- Складний Stretch L2
- Broadcast-домени ростуть разом із мережею

Рішення
- Використання QinQ: подвійне тегування для Metro Ethernet

Але залишились проблеми:
- Складний Stretch L2
- Broadcast

VLAN чудово працювали в корпоративних мережах, але не масштабувалися для сучасних дата-центрів та мереж провайдерів.

ITBIZ telecom

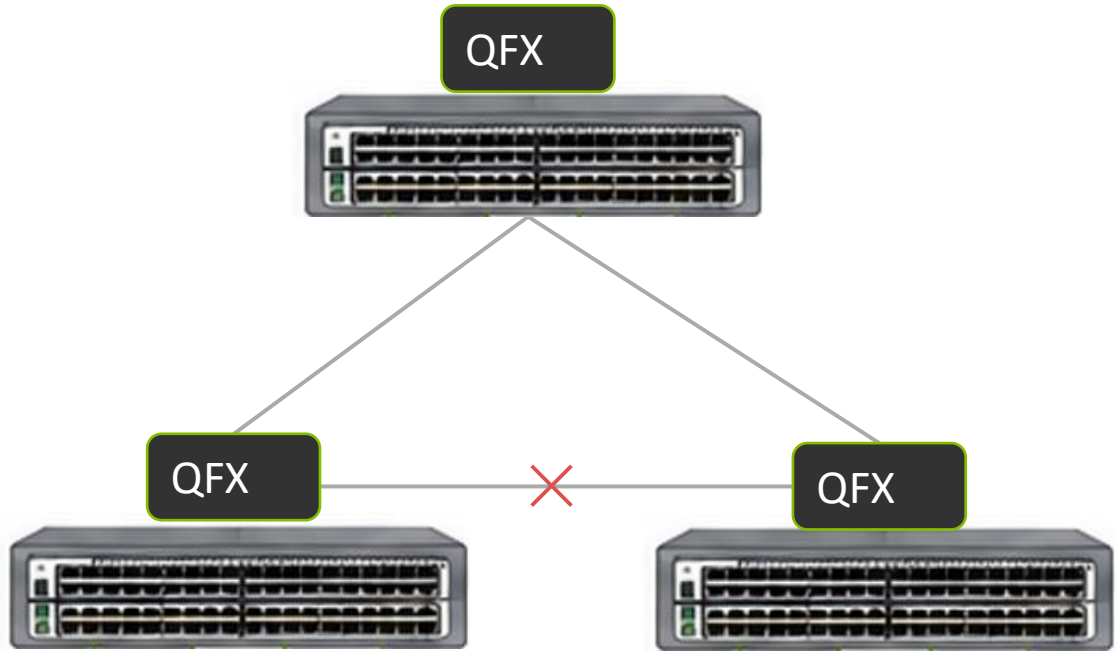
Чому STP став проблемою?

Переваги STP

- Запобігати L2-петлям

Наслідки STP

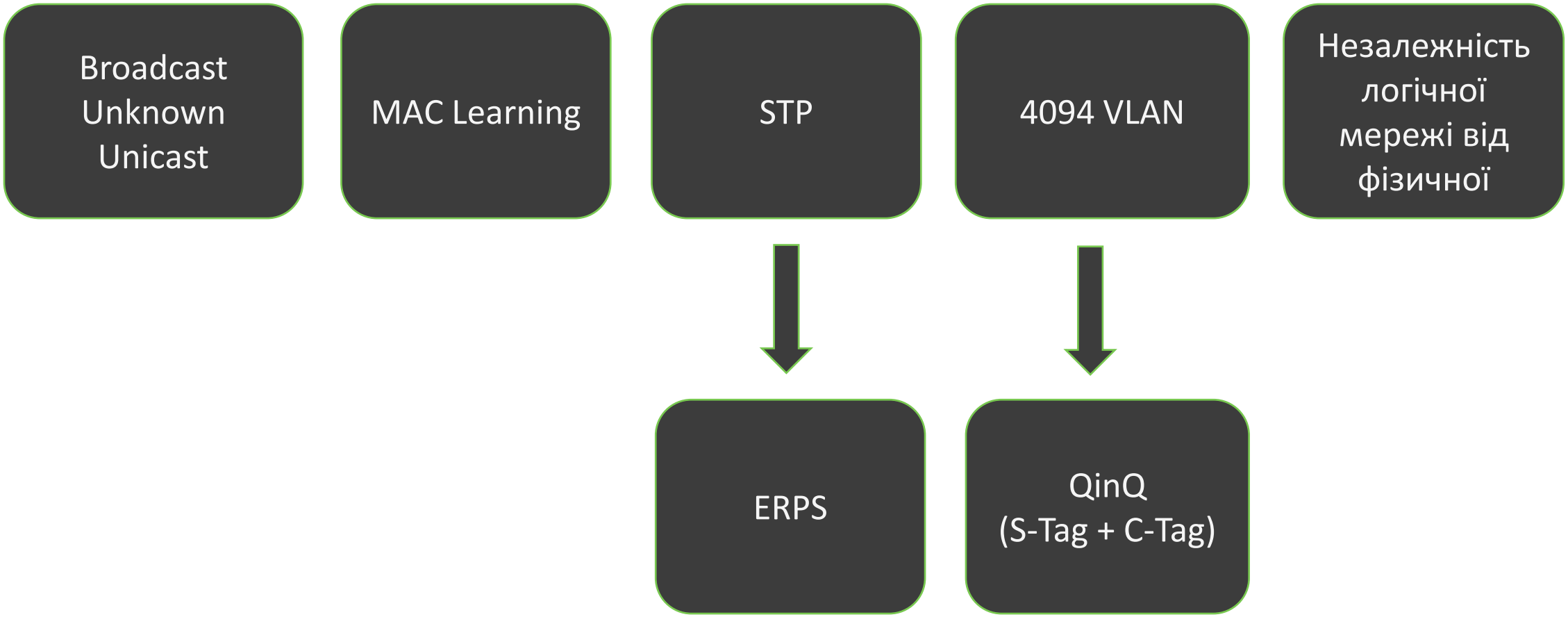
- Блокування резервних каналів
- Невикористана пропускна здатність
- Повільна конвергенція
- Погано масштабується у великих Fabric



Мережа має декілька шляхів, але STP дозволяє використовувати лише частину з них.

ITBIZ telecom

Які проблеми потрібно було вирішити?



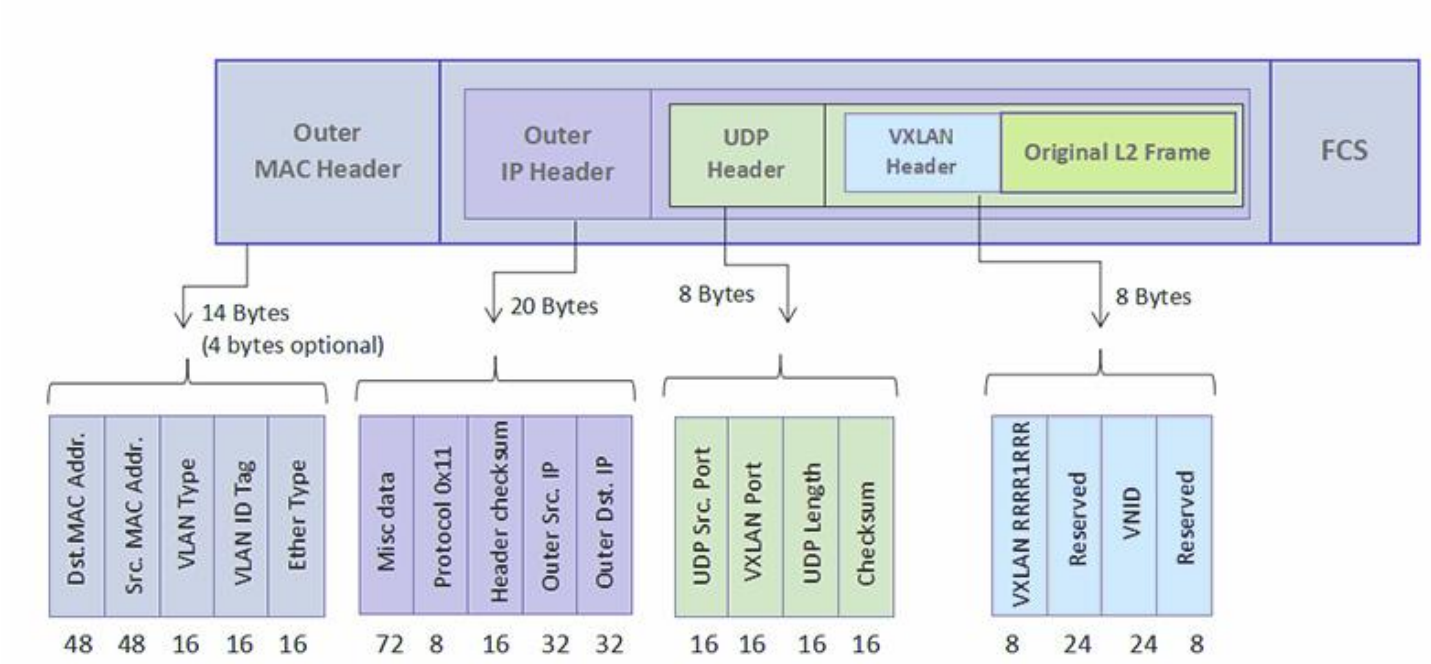
Потрібна була нова архітектура масштабування Layer 2.

ITBIZ telecom

Навіщо з'явився VXLAN?

Що вирішує VXLAN

- Overlay поверх IP
- Інкапсуляція MAC-in-UDP
- 24-бітний VNI (~16 млн сегментів)
- Layer2 через Layer3
- Multi-Tenant



VXLAN не замінює VLAN — він забезпечує масштабування Ethernet поверх IP.

ITBIZ telecom

Чи достатньо лише VXLAN?

✓ Overlay

✓ 24-bit VNI
✓ Layer3 Transport
✓ Масштабування

✗ Невирішені питання

- MAC Learning
- BUM Traffic
- Flooding
- Control Plane

Наступний крок

BGP EVPN

Control Plane для VXLAN

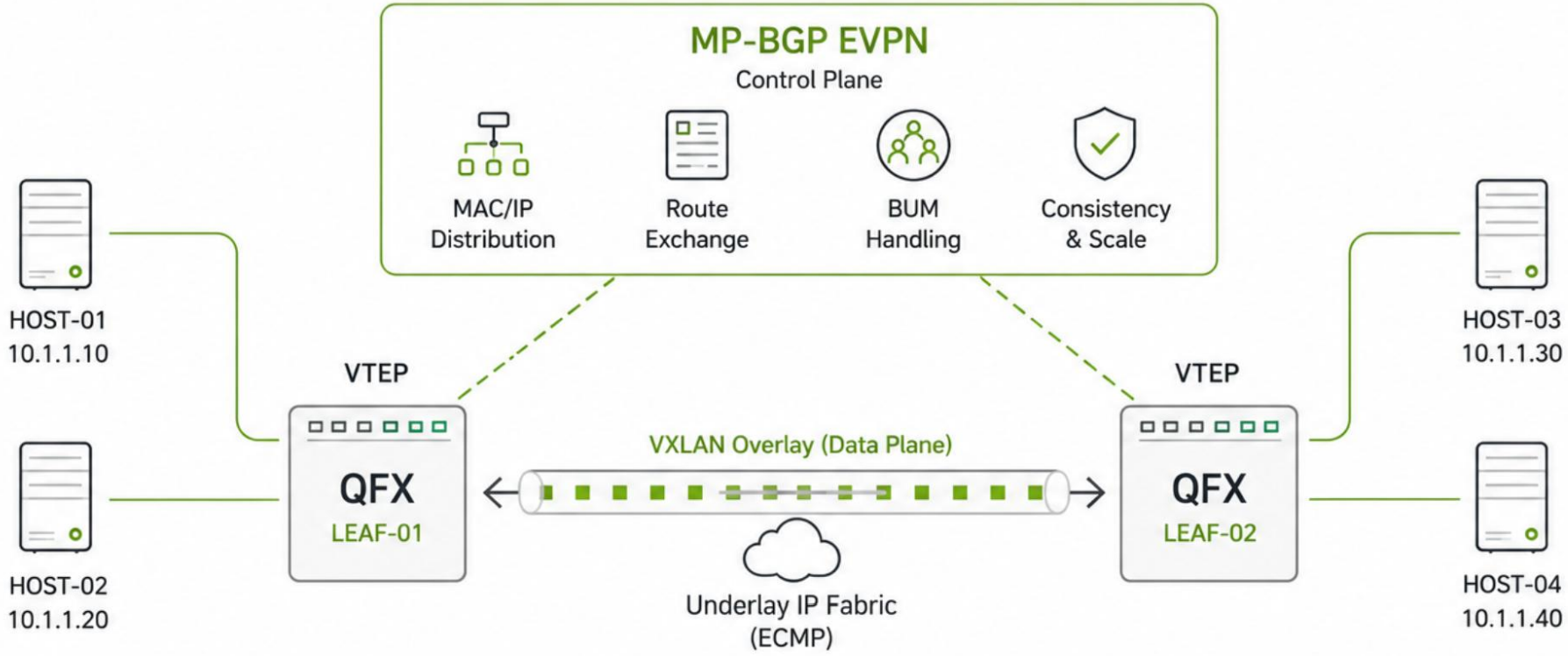
Саме EVPN зробив VXLAN повноцінною технологією побудови сучасних мереж

ITBIZ telecom

Розділ 1
EVPN — більше, ніж просто VXLAN

ITBIZ telecom

EVPN — керуюча площина сучасної Fabric



- EVPN забезпечує масштабовану та ефективну комунікацію між VTEP

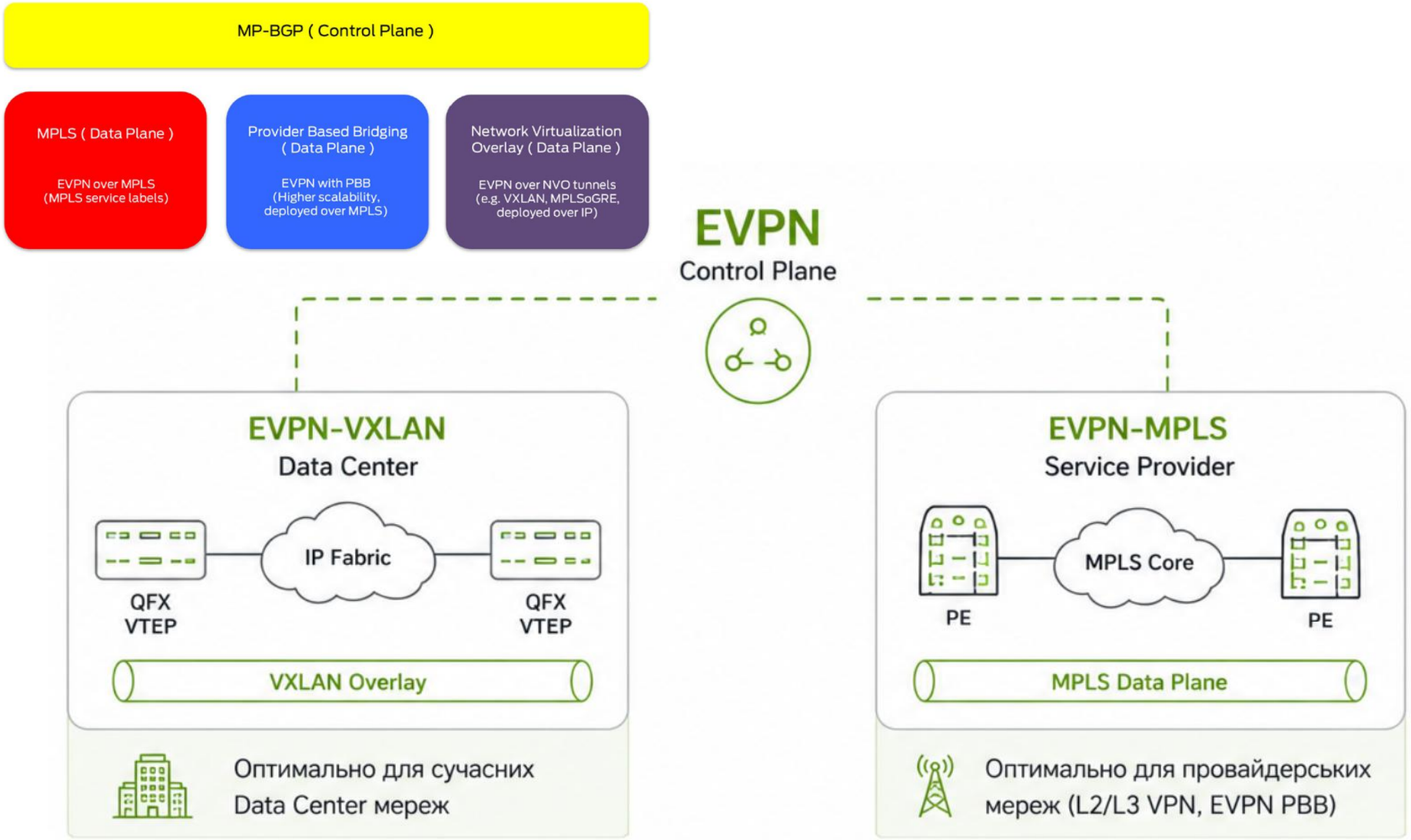
Розповсюдження MAC/IP
Інформація про кінцеві вузли поширюється через MP-BGP EVPN, а не через flooding.

Відсутність Flood & Learn
Не потрібно flood-ити невідомі унікасти, ARP чи інші пакети.

Масштабованість
Централізований контроль стану мережі забезпечує ефективність у великих fabric.

ITBIZ telecom

EVPN — це не VXLAN



Незалежність
від транспортної технології

Єдина модель
керування для різних типів оверлеїв

Гнучкість
вибору найбільш підходящого Data Plane

ITBIZ telecom

Що дає EVPN?

1 MAC Distribution

Розповсюдження
MAC/IP через MP-BGP

2 ARP Suppression

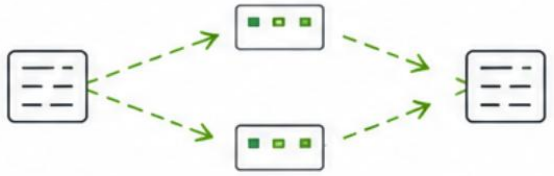
Зменшення Broadcast
та ARP Flood

3 Multi-Homing

Активне використання
всіх каналів

4 Aliasing

Балансування до
Multi-Homed вузлів

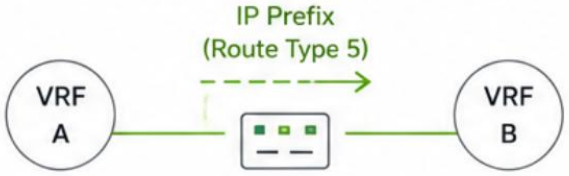


5 Mass Withdraw

Швидка конвергенція
при відмовах

6 IP Prefix Advertisement

Маршрутизація між VRF
без L2 Flooding



EVPN — це набір мережевих сервісів, а не лише заміна Flood & Learn.

Менше Flooding. Швидша конвергенція. Краща масштабованість.

ITBIZ telecom

Що змінює EVPN?

Від класичного Ethernet до сучасної Fabric

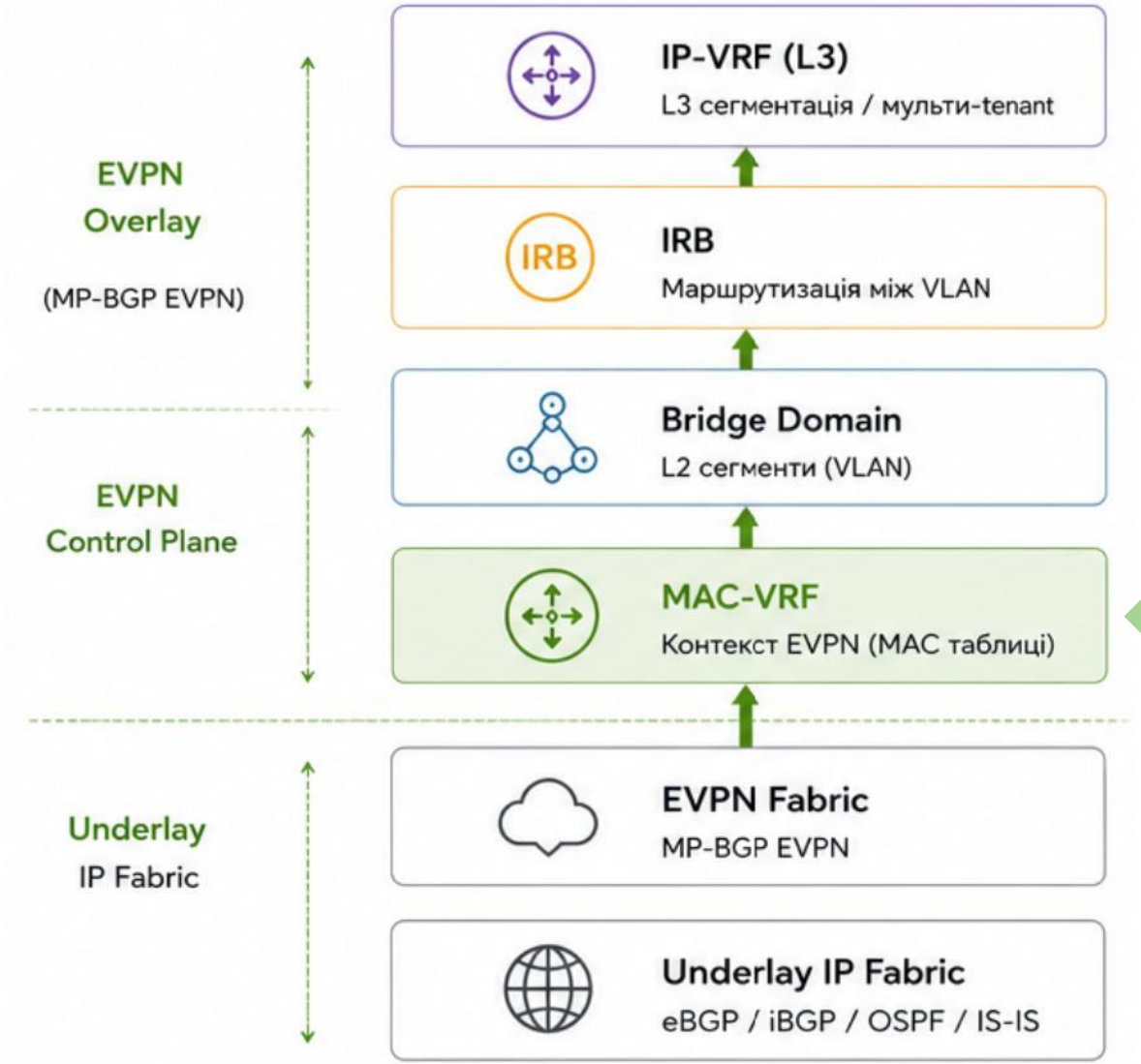
Класичний Ethernet	EVPN Fabric
Flood & Learn Комутатори вивчають MAC через Flooding	**MAC/IP Advertisement** Розповсюдження MAC/IP інформації через MP-BGP (Control Plane)
Broadcast / ARP Широкомовні ARP запити по всьому сегменту	**ARP Suppression** Локальна обробка ARP. Менше Broadcast трафіку
STP Запобігання петлям шляхом блокування портів	**ECMP + Multi-Homing** Використання всіх доступних шляхів без блокування
Blocked Links Резервні канали заблоковані STP	**Active/Active** Усі канали активні одночасно. Більше пропускної здатності
Slow Convergence Повільне відновлення після відмов (секунди)	**Fast Convergence** Швидка конвергенція завдяки BGP EVPN (сотні мілісекунд)
4094 VLAN ID Обмежений простір сегментації (12-bit)	**16M VNI (24-bit)** Масштабованість сегментації до ~16 мільйонів

ITBIZ telecom

Розділ 2
Архітектура EVPN у Junos

ITBIZ telecom

Від Underlay IP Fabric до MAC-VRF та IP-VRF



MAC-VRF — центральний елемент EVPN архітектури в Junos. Усередині нього створюються L2 сервіси (Bridge Domain), додається IRB для маршрутизації та формується L3 сегментація (IP-VRF).

ITBIZ telecom

Чому MAC-VRF, а не virtual-switch?

EVPN змінив не лише Control Plane, а й модель побудови L2 сервісів.

	virtual-switch (традиційний)	MAC-VRF (сучасний стандарт EVPN)
Архітектура	Ієрархія bridge-domains усередині instance	MAC таблиці відокремлені від глобальної таблиці, як VRF для IP
Control Plane	Локальне навчання MAC (Flood & Learn)	Інформація про MAC/IP розповсюджується через BGP (Route Type 2, 3, 5 тощо)
Типи сервісів	VLAN-based або VLAN-aware	Підтримує всі типи сервісів: **VLAN-based, VLAN-aware, VLAN-bundle** в єдиній логіці
Універсальність	Прив'язаний до конкретного типу сервісу	Єдиний, уніфікований спосіб для всіх EVPN сценаріїв
Платформи та масштабування	Підтримується практично на всіх платформах (MX, QFX, EX)	Новий стандарт: вимагає свіжих версій Junos, підтримка на сучасних платформах (QFX5k/10k/EX4k, MX тощо)

Що відбувається у BGP?

```
user@leaf01> show route table bgp.evpn.0
...
Route Distinguisher: 10.0.0.1:1
> 2:65000:10100::1:1:1        Type 2
  MAC Advertisement
...
```

MAC-VRF генерує та анонсує EVPN **Route Type 2** (MAC/IP Advertisement).

Junos CLI

virtual-switch

```
routing-instances {
  Tenant-A {
    instance-type
     virtual-switch;
    service-type vlan-aware;
  }
}
```

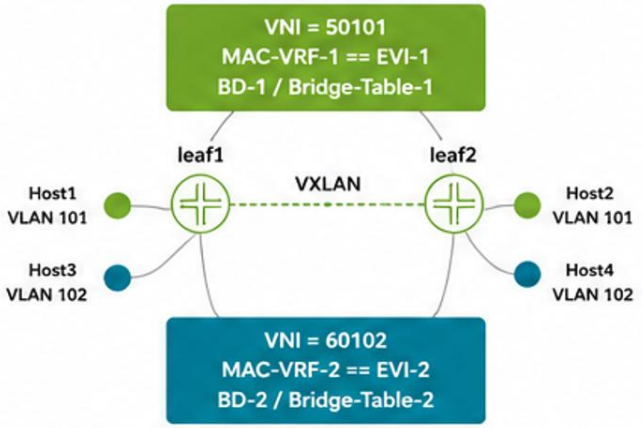
MAC-VRF

```
routing-instances {
  Tenant-A {
    instance-type mac-vrf;
    service-type vlan-aware;
  }
}
```

ITBIZ telecom

MAC-VRF: Service Types

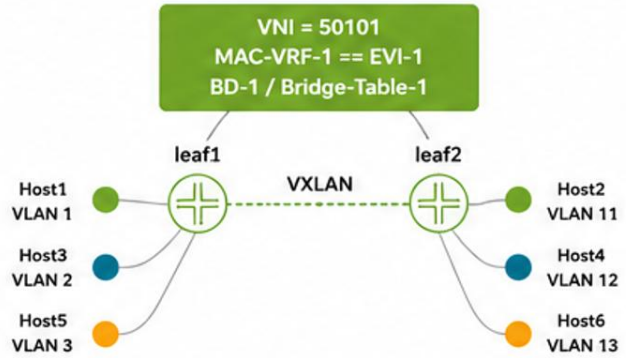
1. VLAN-based
1:1 VLAN ID → EVI



- 1:1 VLAN ID до EVI
- RT per VLAN-VNI
- Підтримує нормалізацію VLAN (опційно)
- Ефективний flooding (broadcast domain per EVI)
- Перекриття VLAN-id всередині вузла (SP-style)
- Кожен VLAN-VNI має окрему bridge-table
- Type-5 VRF віртуалізація per edge leaf (додаткова опція: ERB та BO дизайн)

Коли використовувати:
Класичні мережі з унікальними VLAN ID на рівні всього датасентеру.

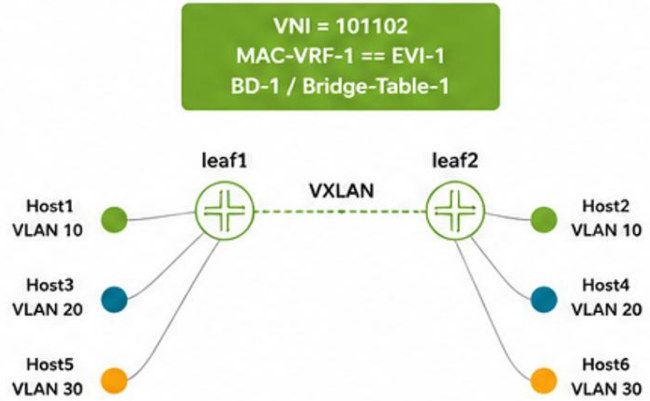
2. VLAN-aware
N:1 (N-VLAN-ID → EVI)



- N:1 (N-VLAN-ID до EVI)
- RT per VRF
- Підтримує нормалізацію VLAN (опційно)
- Ефективний flooding
- Менше EVPN AD routes
- Перекриття VLAN-id всередині вузла (SP-style)
- Легше додавати нові VLAN
- Кожен VLAN-VNI має окрему bridge-table
- Type-5 VRF віртуалізація per edge leaf (додаткова опція: ERB та BO дизайн)

Коли використовувати:
Багато VLAN з можливим перекриттям ID між різними майданчиками.

3. VLAN-bundle
N:1 (N-VLAN-ID → EVI)



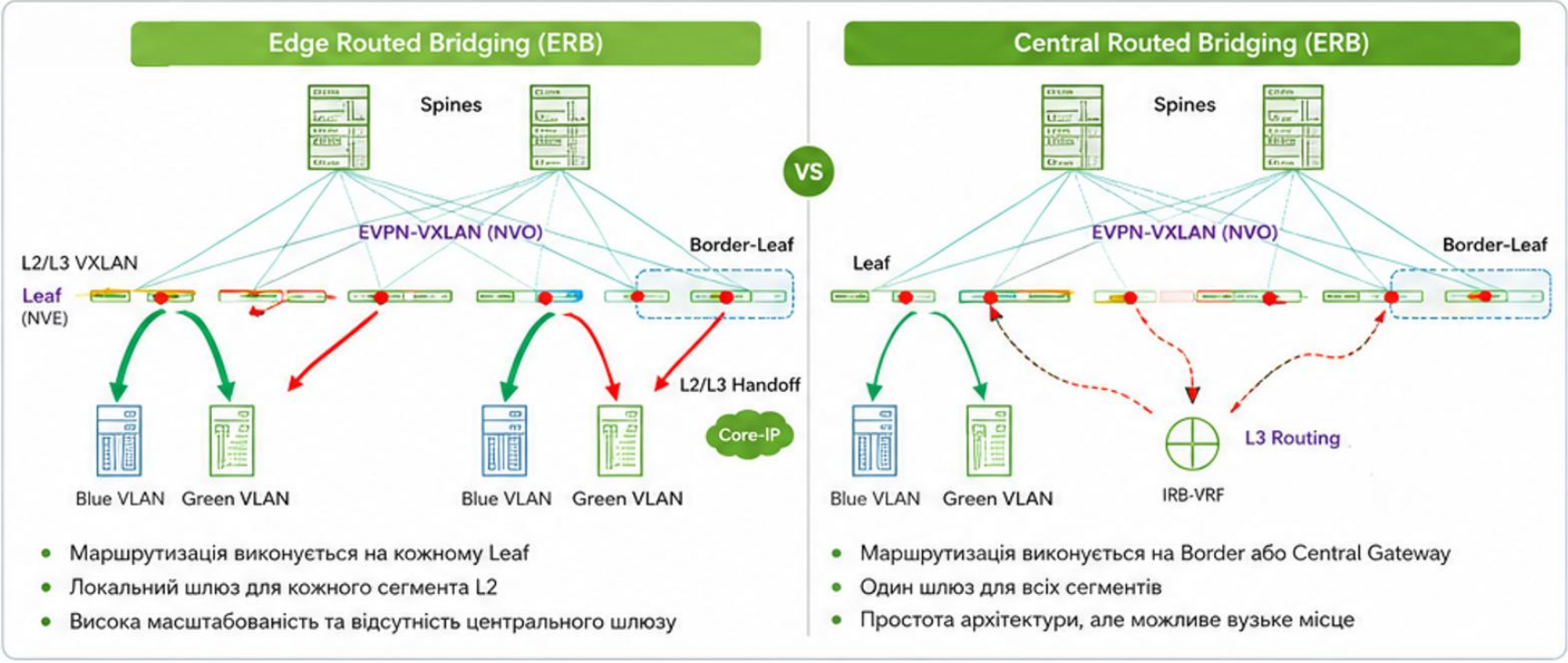
- N:1 (N-VLAN-ID до EVI)
- RT per VRF
- Менше EVPN AD routes
- Перекриття VLAN-id всередині вузла (SP-style)
- Немає нормалізації VLAN
- Усі VLAN з даного EVI в одній bridge-table
- Bridged-overlay архітектура

Коли використовувати:
Коли потрібні перекриття VLAN та мінімум EVPN маршрутів (масштабованість).

ITBIZ telecom

L3 у EVPN: IRB , VRF та Route T5

CRB vs ERB: де виконується маршрутизація?



Порівняння ERB та CRB

Критерій	ERB (Edge-Routed)	CRB (Central-Routed)
Роль моделі	Розподілена L2/L3 фабрика	Централізована L3 фабрика
Де виконується L3	На кожному Leaf	На Spine / Border
Default Gateway	Anycast IRB на Leaf	Централізований шлюз
IRB інтерфейси	На всіх Leaf	Лише на центральних вузлах
EVPN Route Types	Type-2, Type-5	Type-2 (інколи Type-5)
East-West трафік	Маршрутизується локально	Trombone через центр
Затримка (Latency)	Низька	Середня
Масштабованість	Висока	Середня
Відмовостійкість	Розподілена	Централізована
Типовий use case	Modern DC / Cloud	Міграції / Legacy DC

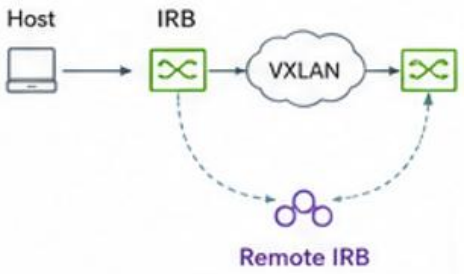
ITBIZ telecom

L3 у EVPN: IRB , VRF та Route T5

Symmetric IRB, Asymmetric IRB та Anycast Gateway

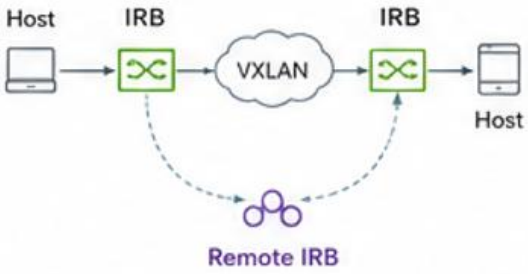
IRB: Symmetric vs Asymmetric

Asymmetric IRB



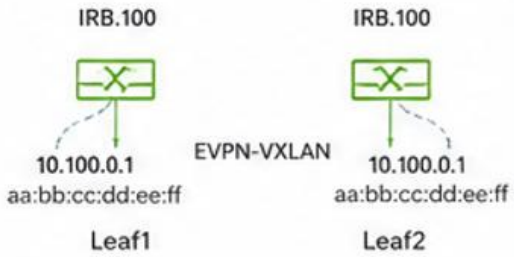
- Маршрутизація лише на ingress Leaf
- Простіше налаштування
- Менше використання ресурсів

Symmetric IRB



- Маршрутизація на ingress і egress Leaf
- Краща масштабованість
- Підтримка Type-5 та розширених сценаріїв

Anycast Gateway



✓ Однаковий IP та MAC на всіх Leaf

Порівняння

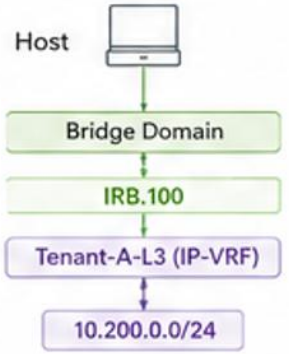
Критерій	Asymmetric	Symmetric
Маршрутизація	Ingress Leaf	Ingress + Egress Leaf
Масштабованість	Середня	Висока
Складність	Низька	Вища
VRF	Менше	Більше
Type 5 Ready	Ні	Так

ITBIZ telecom

L3 у EVPN: IRB , VRF та Route T5

IP-VRF та Route Type 5

IP-VRF (Маршрутизація L3)



- Маршрутизація IP в межах VRF
- Ізоляція маршрутів між Tenant
- Використовується Route Type 5

```
routing-instances {
    Tenant-A-L3 {
        instance-type vrf;
    }
}
```

Route Type 5 (EVPN IP Prefix)

Type 5
IP Prefix Advertisement

```
user@leaf01> show route table bgp.evpn.0
5:65000:10100::10.20.0.0/24
```

- Анонсуються IP-префікси без MAC-адрес
- Використовується для L3 VPN
- Не потребує якого MAC в EVPN

CLI: Створення IP-VRF

```
routing-instances {
    Tenant-A-L3 {
        instance-type vrf;
        protocols {
            evpn {
                ip-prefix-routes;
            }
        }
    }
}
```

BGP EVPN: Route Type 5

```
user@leaf01> show route table bgp.evpn.0
5:65000:10100::10.20.0.0/24
Best Active BGP route
```

- Route Type 5 (IP Prefix Advertisement)
- Анонсуються IP-префікси без MAC-адрес
- Не потребує анонсу MAC в EVPN

ITBIZ telecom

L3 у EVPN: IRB , VRF та Route T5

Route Type 2
MAC/IP Advertisement

MAC aa:bb:cc:dd:ee:ff
IP 10.100.0.10

Передає інформацію про кінцеві хости

- MAC + IP Binding
- ARP / ND Suppression
- Anycast Gateway
- Host Mobility

```
show route table bgp.evpn.0
2:65000:10100::aa:bb:cc:dd:ee:ff
```

З'являється після:
створення MAC-VRF та IRB

Route Type 3
Inclusive Multicast (IMET)

BUM Traffic
(Broadcast, Unknown Unicast, Multicast)

Формує VXLAN Overlay та доставляє BUM-трафік

- VTEP Discovery
- BUM Replication (Flood List)
- Broadcast / Unknown Unicast
- Multicast

```
show route table bgp.evpn.0
3:65000:10100::0
```

З'являється після:
побудови VXLAN Overlay (VTEP)

Route Type 5
IP Prefix Advertisement

IP-VRF

IP Prefix
10.10.0.0/24

Передає IP-префікси між VRF та мережами

- IP Prefix Advertisement
- Inter-VRF Routing
- DCI (Data Center Interconnect)
- External Prefixes

```
show route table bgp.evpn.0
5:65000:10100::10.10.0.0/24
```

З'являється після:
створення IP-VRF

Приклад виводу:

```
user@leaf01> show route table bgp.evpn.0
2:65000:10100::aa:bb:cc:dd:ee:ff     # Type 2 – MAC/IP Advertisement
3:65000:10100::0                     # Type 3 – IMET Route
5:65000:10100::10.10.0.0/24          # Type 5 – IP Prefix
```

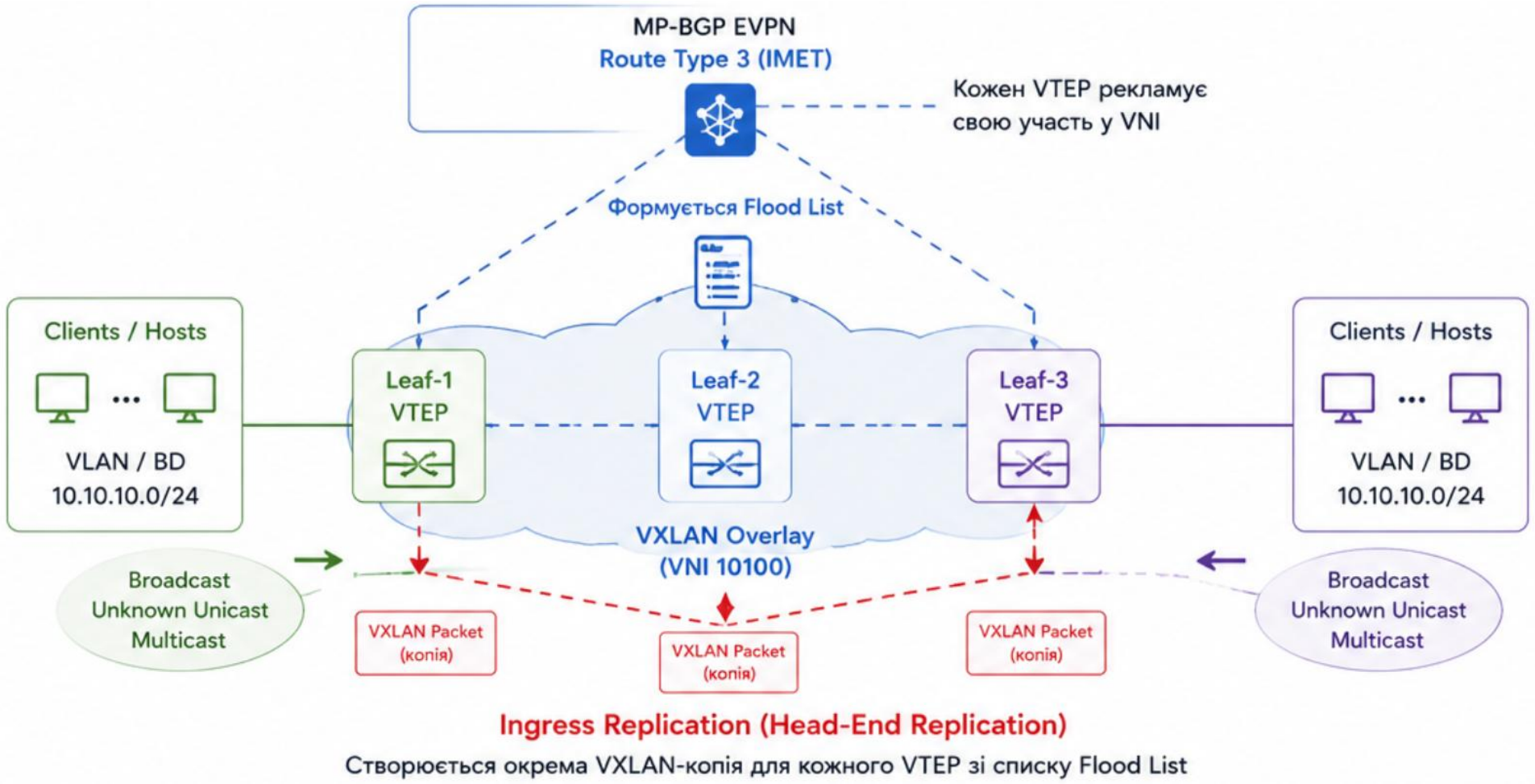
ITBIZ telecom

Розділ 3
Механізми захисту EVPN у Junos

ITBIZ telecom

Як EVPN доставляє Broadcast, Unknown Unicast та Multicast?

Route Type 3 (IMET) та Ingress Replication



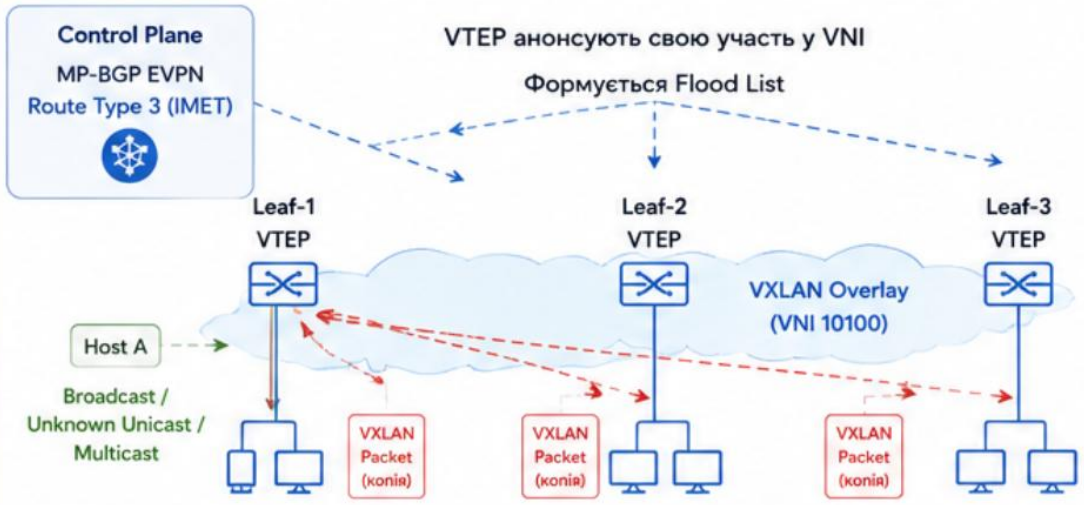
Що відбувається?

1. VTEP анонсує себе через Route Type 3 (IMET) у певному VNI
2. Інші VTEP отримують інформацію та формують Flood List
3. Leaf отримує BUM-трафік від хоста
4. Створюються VXLAN-копії та відправляються кожному VTEP зі списку
5. VTEP отримує та доставляє кадр локальним хостам

ITBIZ telecom

Ingress Replication vs Multicast Underlay

1. Ingress Replication (Head-End Replication)



Як це працює

1. Leaf отримує BUM-кадр від хоста.
2. Створює окрему VXLAN-копію для кожного VTEP зі списку Flood List.
3. Кожна копія уніказтом відправляється відповідному VTEP.

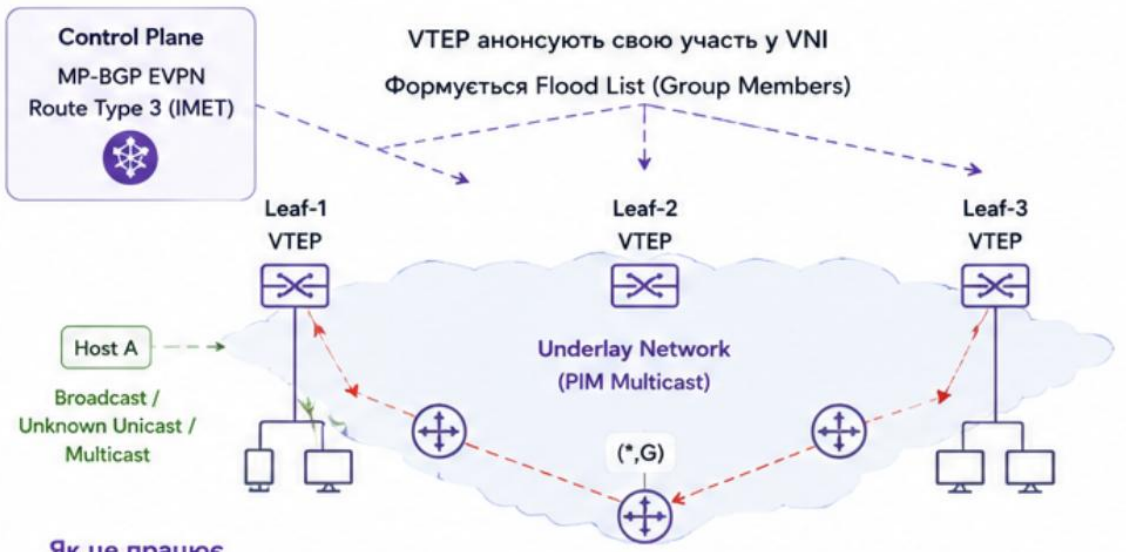
Переваги

- Не потребує Multicast у Underlay
- Простота налаштування
- Працює скрізь (DC, Cloud, Internet)
- Передбачувана поведінка
- Підтримується всіма платформами

Недоліки

- Вищий трафік у Leaf (CPU, пам'ять)
- Більше уніказт-трафіку в Underlay
- Масштабування обмежене (дуже великі фабрики > 5k+ VTEP)

2. Multicast Underlay (PIM/IGMP)



Як це працює

1. Leaf відправляє BUM-кадр у Multicast групу (*,G).
2. Underlay (PIM/IGMP) будує дерево розповсюдження.
3. Кадр реплікується в мережі лише на гілках, де є VTEP-отримувачі.

Переваги

- Нижче навантаження на Leaf (менше копій)
- Менше трафіку в Underlay
- Краща масштабованість (10k+ VTEP)
- Ефективно для дуже великих фабрик

Недоліки

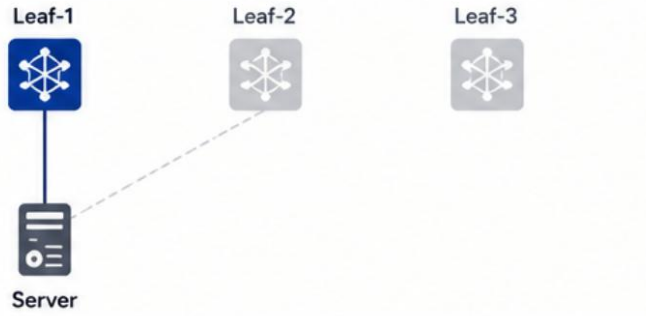
- Потребує Multicast у Underlay (PIM)
- Складніше налаштування та експлуатація
- Потрібна підтримка Multicast на всіх пристроях Underlay

EVPN Single-Homing vs Multi-Homing

Від одного підключення до Active-Active відмовостійкості

Single-Homing

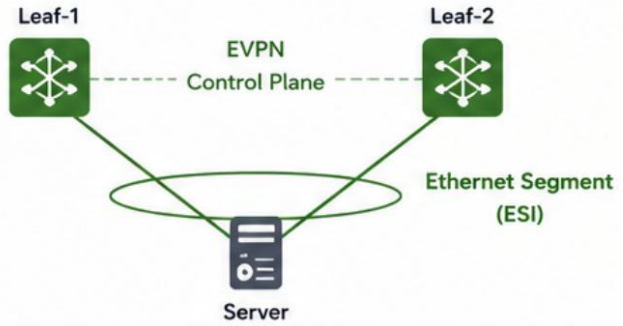
Сервер підключений до одного Leaf-комутатора



- ✓ Просте підключення
- ✓ Мінімальна конфігурація
- ✗ Single Point of Failure
- ✗ Один активний uplink

EVPN Multi-Homing

Сервер одночасно підключений до двох Leaf-комутаторів



- ✓ Active / Active
- ✓ Немає STP
- ✓ Немає MC-LAG / ICCP
- ✓ Швидке перемикання
- ✓ Балансування трафіку
- ✓ Стандартизований EVPN

Характеристика	Single-Homing		EVPN Multi-Homing
Підключення сервера	До одного Leaf	→	До двох Leaf
Доступність	Single Point of Failure	→	Відмовостійкість
Активні uplink'и	Один	→	Два (Active-Active)
Залежність від STP	Може знадобитися	→	Не потрібен
Технологія	Простий LACP	→	EVPN Мульти-хомінг (ESI, DF Election)

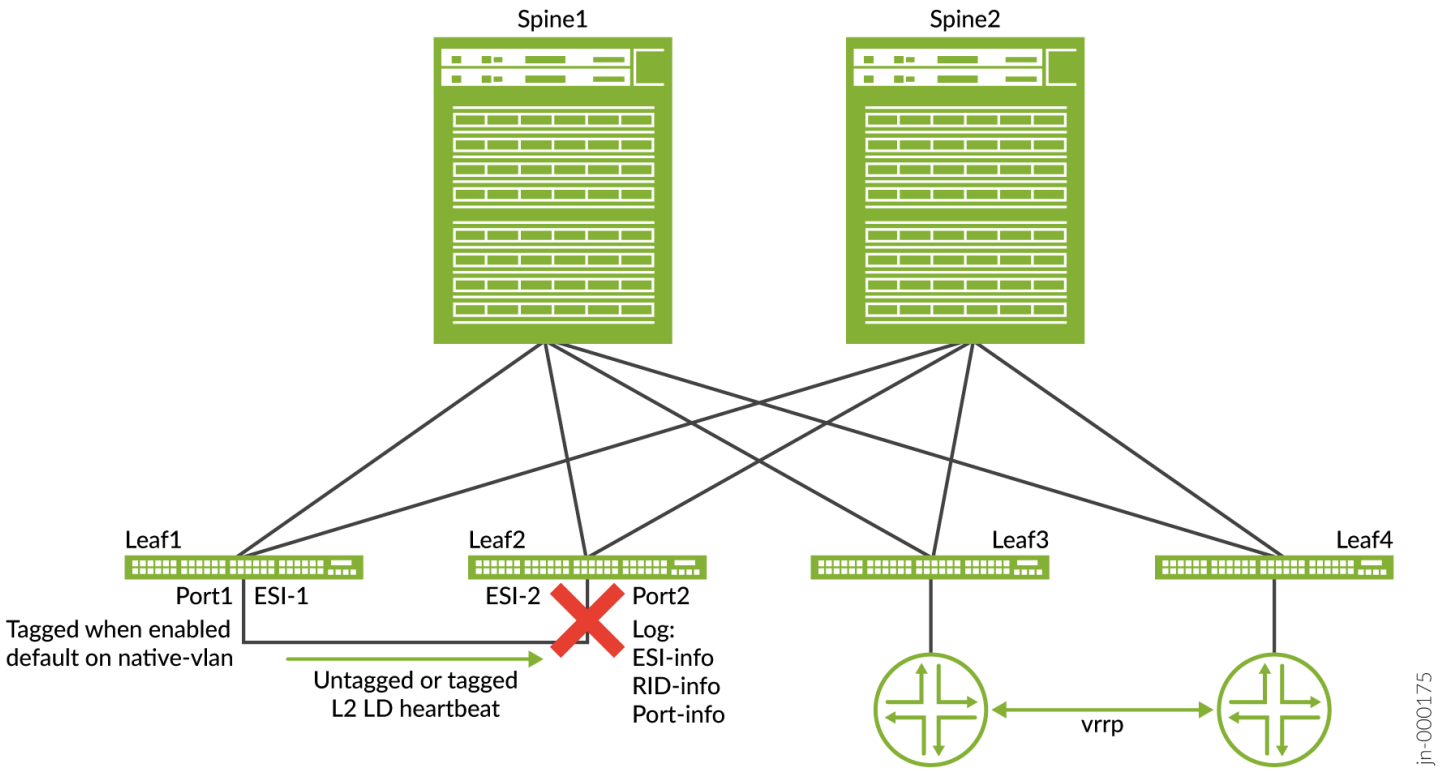
Як це працює?

- Сервер підключений до двох Leaf через один Ethernet Segment Identifier (ESI).
- Координація та синхронізація між Leaf виконується через BGP EVPN.
- EVPN використовує Route Type 1 та Type 4 для забезпечення узгодженості та швидкого відновлення після відмов.

ITBIZ telecom

EVPN Loop Detection

Захист від L2-петель на Leaf–Server з'єднаннях



- EVPN Control Plane не може запобігти всім фізичним L2-петлям
- в **Junos** використовується механізм Lightweight Loop Detection
- Loop Detection працює незалежно від EVPN Control Plane

```
protocols {
    loop-detect {
        enhanced {
            interface ae0.100 {
                vlan-id 100;
                loop-detect-action interface-down;
            }
        }
    }
}
```

telecom ITBIZ

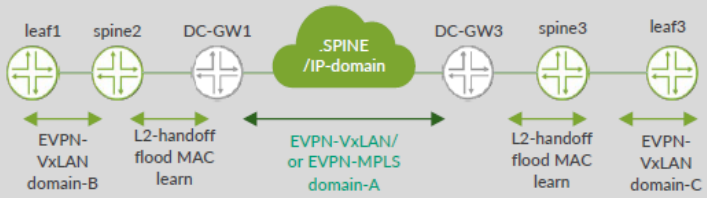
Розділ 3
EVPN DCI та мережі Service Provider

ITBIZ telecom

EVPN DCI: варіанти побудови між сайтами

Option 1

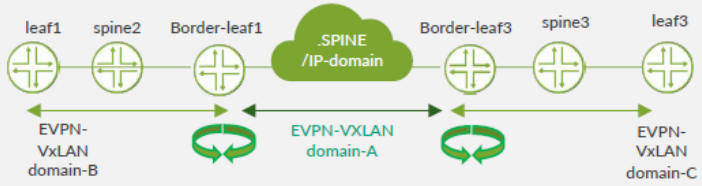
Decoupled Interconnect model using L2 VLAN handoff – L2 DCI



- Harder to manage - more devices/equipment
- Traditional demarcation points
- Flood based MAC learning

Option 3

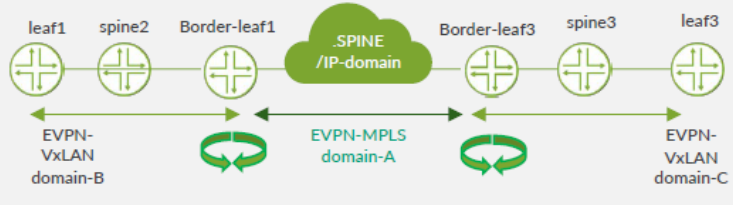
Seamless EVPN-VxLAN to EVPN-VXLAN seamless stitching - L2 DCI



- Unified EVPN layer 2 solution
- Pure overlay with controlled scaling
- Higher scale—more DC sites and pods

Option 4

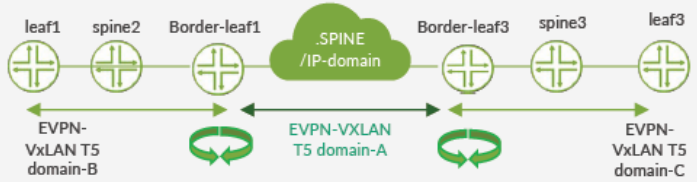
Seamless EVPN-VxLAN to EVPN-MPLS seamless stitching – L2 DCI



- Unified EVPN layer 2 solution
- Pure overlay with controlled scaling
- Higher scale—more DC sites and pods
- MPLS direct connect from border-leaf

Option 5

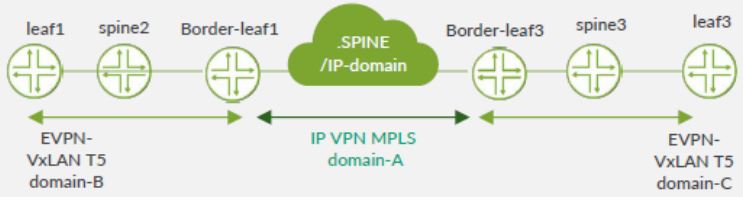
EVPN Type-5 to EVPN Type-5 VxLAN to VxLAN stitching - L3 DCI



- Unified EVPN layer 3 solution
- Pure overlay with controlled scaling
- Higher scale—more DC sites and pods
- VXLAN for IP only DCI

Option 6

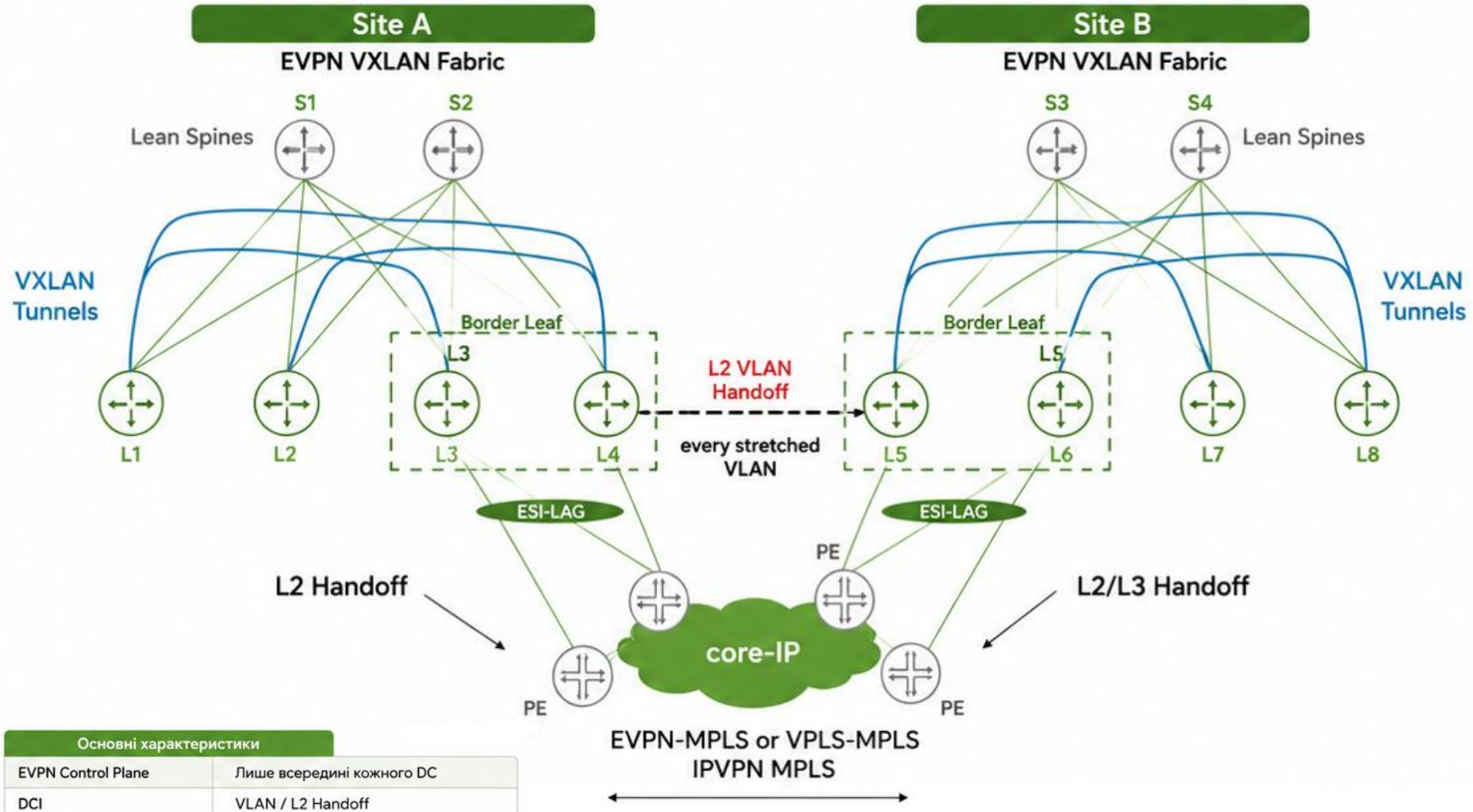
EVPN-VXLAN Type-5 to IPVPN MPLS – L3 DCI



- Unified EVPN layer 3 solution
- Pure overlay with controlled scaling
- Higher scale—more DC sites and pods
- MPLS IPVPN using IP only DCI

ITBIZ telecom

DCI Option 1: VLAN Handoff (Legacy)



Основні характеристики	
EVPN Control Plane	Лише всередині кожного DC
DCI	VLAN / L2 Handoff
MAC Learning	Flood & Learn на межі
Типове застосування	Legacy DC або міграція

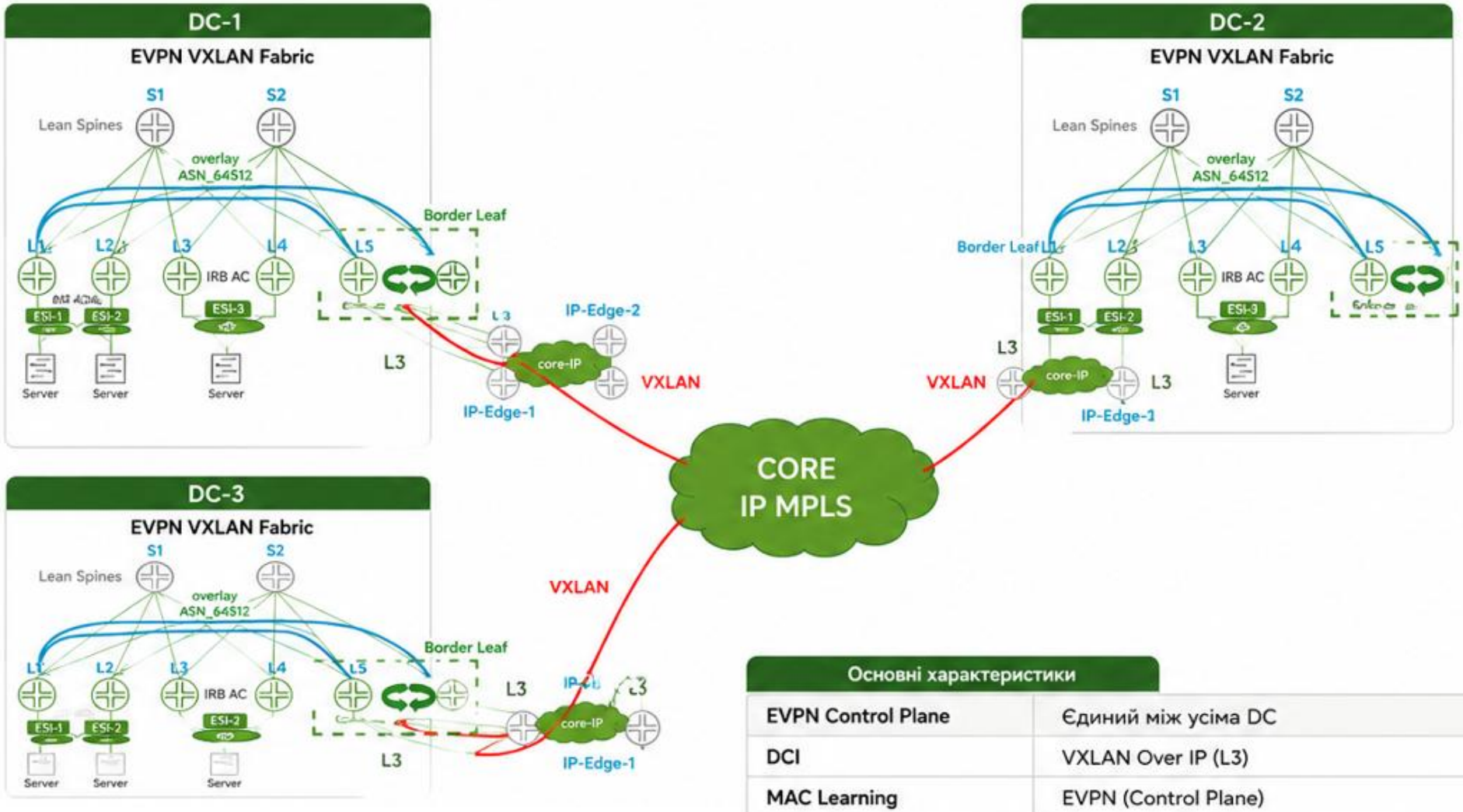
- Option 1 – найпростіший спосіб об’єднання і повертає класичні механізми Layer 2
- Не потребує перебудови старої мережі
- Можливе поєднання з EVPN-PBB на MPLS Core

Обмеження

- EVPN не проходить між DC
- Flood & Learn на стику доменів
- Окремі Border Gateway
- Складніше масштабування
- Більше операційних витрат

ITBIZ telecom

DCI Option 3: EVPN VXLAN ⇔ VXLAN



- Option 3 – єдиний EVPN CP
- MAC вивчаються глобально
- Активні лінки між майданчиками
- Краща масштабованість

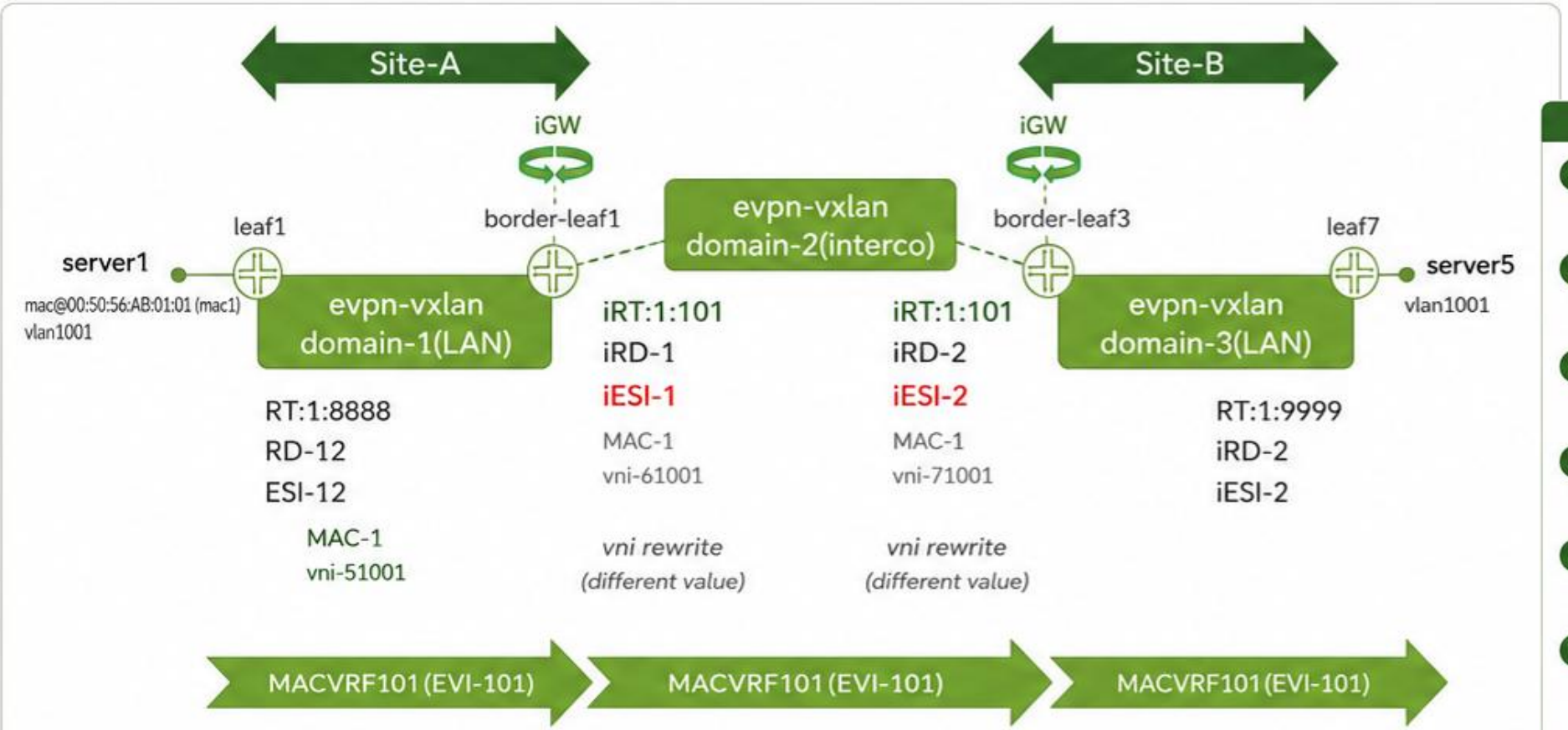
Обмеження

- Потрібна IP/MPLS інфраструктура
- Необхідна уніфікація конфігурацій
- Планування IP та VTEP адресації
- Залежить від якості WAN

Основні характеристики	
EVPN Control Plane	Єдиний між усіма DC
DCI	VXLAN Over IP (L3)
MAC Learning	EVPN (Control Plane)
Типове застосування	Enterprise Multi-DC (Active/Active)

ITBIZ telecom

DCI Option 3: EVPN VXLAN ⇔ VXLAN



Як це працює

1. **Обмін EVPN маршрутами**
   Border Leaf анонсують EVPN маршрути (Type 2, Type 3, Type 5) в єдиний BGP EVPN домен (AS).
2. **Оголошення MAC (Type 2)**
   Коли хост відправляє трафік, Leaf1 вивчає MAC-адресу **mac1** у VLAN 1001 і анонсує Type 2 маршрут.
3. **Поширення MAC**
   Маршрут Type 2 з VNI та MAC поширюється між усіма DC. Border Leaf3 отримує інформацію про MAC.
4. **Встановлення VXLAN тунелю**
   Border Leaf автоматично створює VXLAN тунель до віддаленого VTEP (Border Leaf1).
5. **Перепис VNI**
   На міжсайтовому стику виконується VNI rewrite (різне значення VNI в кожному домені).
6. **Доставка трафіку**
   Трафік доставляється напряму між VTEP через VXLAN Over IP без розтягування традиційного L2.

EVPN Route Types у DCI

- Type 2 – MAC/IP Advertisement
- Type 3 – Inclusive Multicast
- Type 5 – IP Prefix (за потреби L3 DCI)

Що важливо

- Єдиний AS для всіх DC
- Унікальний Loopback для кожного VTEI
- Reachability між VTEP по Underlay
- Однакова політика EVPN (RT/Import/Export)
- Active/Active між DC

ITBIZ telecom

DCI Option 3: EVPN VXLAN ⇔ VXLAN

```
macvrfAB-vlan-aware {
  instance-type mac-vrf;
  protocols {
      evpn {
          encapsulation vxlan;
          default-gateway no-gateway-community;
          extended-vni-list [ 5055 5056 ];
          interconnect {
              vrf-target target:1:55;
              route-distinguisher 172.16.7.11:55;
              esi {
                  00:00:99:99:99:99:99:55:55;
                  all-active;
              }
              interconnected-vni-list [ 6055 ];
          }
      }
  }
  vtep-source-interface lo0.0;
  service-type vlan-aware;
  route-distinguisher 172.16.7.11:155;
  vrf-target target:1:155;
  vlans {
      vlan55 {
          vlan-id 55;
          vxlan {
              vni 5055;
              translation-vni 6055;
          }
      }
      vlan56 {
          vlan-id 56;
          vxlan {
              vni 5056;
              translation-vni 6056;
          }
      }
  }
```

1 New tunnel stitching configuration block

2 VNI translation specific to interconnect function

Що робить ця конфігурація

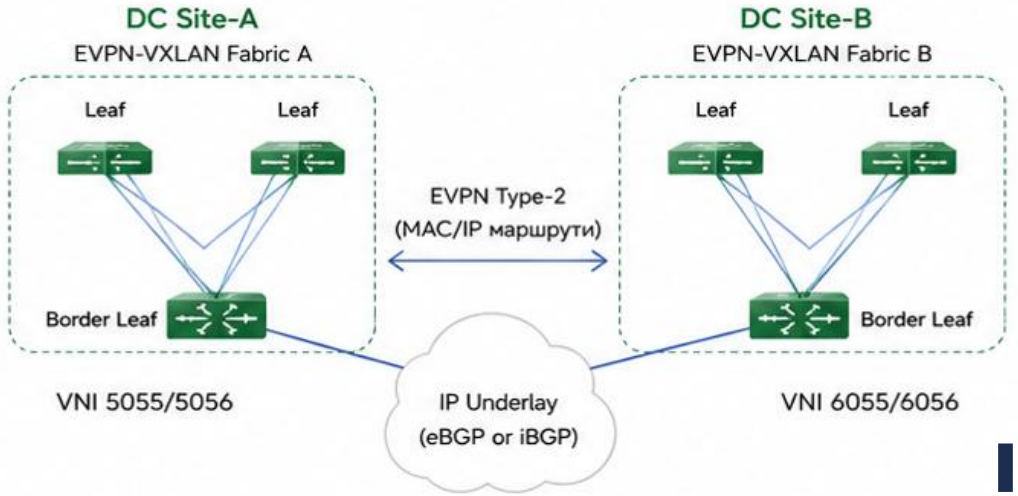
1 Interconnect block – Tunnel Stitching

- Визначає параметри Tunnel Stitching між двома VXLAN фабриками
- Задає RT, RD та ESI для ECMP multi-homing (all-active)
- interconnected-vni-list вказує VNI іншої фабрики, з якою виконується stitching

2 VNI translation

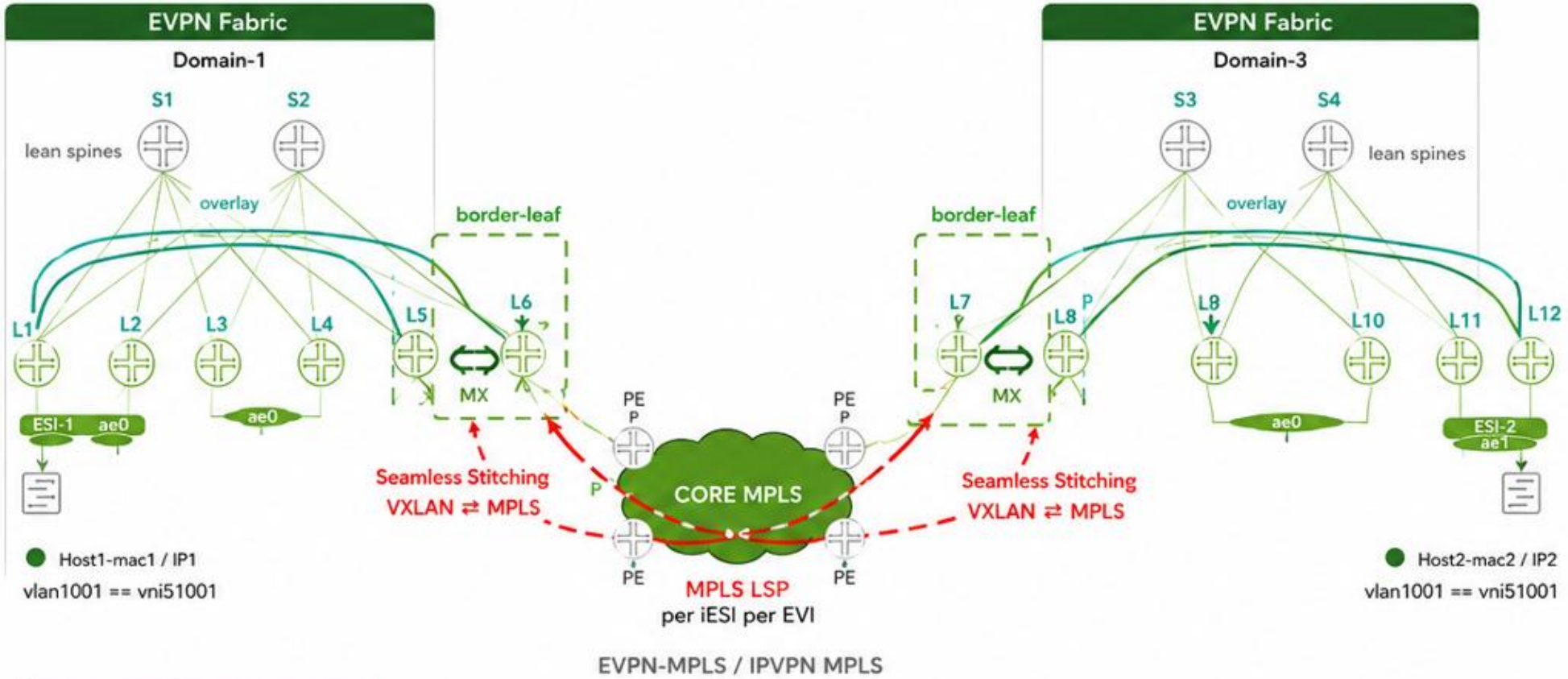
- translation-vni визначає VNI віддаленої фабрики (інший VXLAN домен)
- Локальний VNI (5055/5056) ↔ Віддалений VNI (6055/6056)
- Забезпечує обмін Type-2 EVPN маршрутами між фабриками

Схема: Type-2 to Type-2 VXLAN Stitching



ITBIZ telecom

DCI Option 4: EVPN VXLAN ⇄ MPLS



Переваги

- EVPN між Fabric, але трафік через MPLS Core
- Підтримка Multi-Domain MPLS
- Масштабування через Service Provider
- Підтримка Active/Active між DC

Обмеження

- Потрібна MPLS інфраструктура провайдера
- Складніше налаштування і експлуатація
- Залежить від якості MPLS Core
- Додаткові витрати на MPLS сервіси

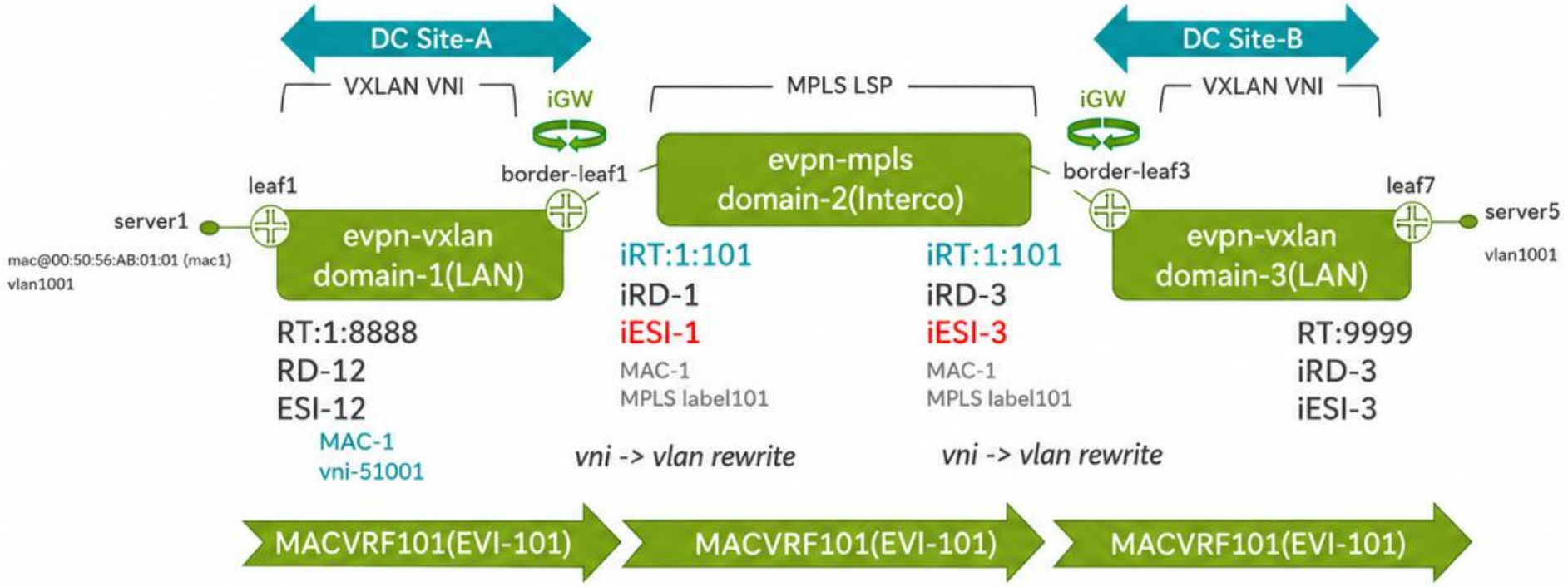
Основні характеристики	
EVPN Control Plane	Єдиний між усіма DC (через MPLS)
DCI	EVPN over MPLS (MP-BGP EVPN між PE)
Transport	MPLS LSP (per ESI per EVI)
Stitching	Seamless Stitching VXLAN ⇄ MPLS на Border Leaf
Типове застосування	Service Provider / Multi-DC між майданчиками

Що важливо

- Один EVI = один iESI між DC
- MPLS LSP формується на рівні PE
- MP-BGP EVPN між PE для обміну маршрутами
- VNI та iESI можуть бути однакові в різних DC

ITBIZ telecom

DCI Option 4: EVPN VXLAN ⇔ MPLS



Маршрути EVPN

- Type 2 – MAC/IP Advertisement
- Type 3 – Inclusive Multicast
- Type 5 – IP Prefix (за потреби L3 DCI)

Що важливо

- Один EVI = один iESI між DC
- MPLS LSP формується на рівні PE
- MP-BGP EVPN між PE для обміну маршрутами
- VNI та ESI можуть бути однакові в різних DC

Що відбувається

1. Leaf1 (DC Site-A) вивчає MAC-адресу mac1 у VLAN1001 та анонсує Type 2 маршрут із VNI 51001 через EVPN.
2. Border-Leaf1 (iGW) імпортує маршрут, виконує VNI -> MPLS label mapping (label 101) та передає маршрут у EVPN-MPLS домен.
3. Маршрут поширюється по EVPN-MPLS (iRT/iRD/iESI, label 101) до Border-Leaf3.
4. Border-Leaf3 (iGW) виконує MPLS label -> VNI mapping та VNI -> VLAN rewrite (за потреби).
5. Leaf7 (DC Site-B) імпортує Type 2 маршрут та навчає MAC mac1 у VLAN1001.
6. Трафік між server1 та server5 передається через MPLS LSP (label 101) між PE.

Позначення:

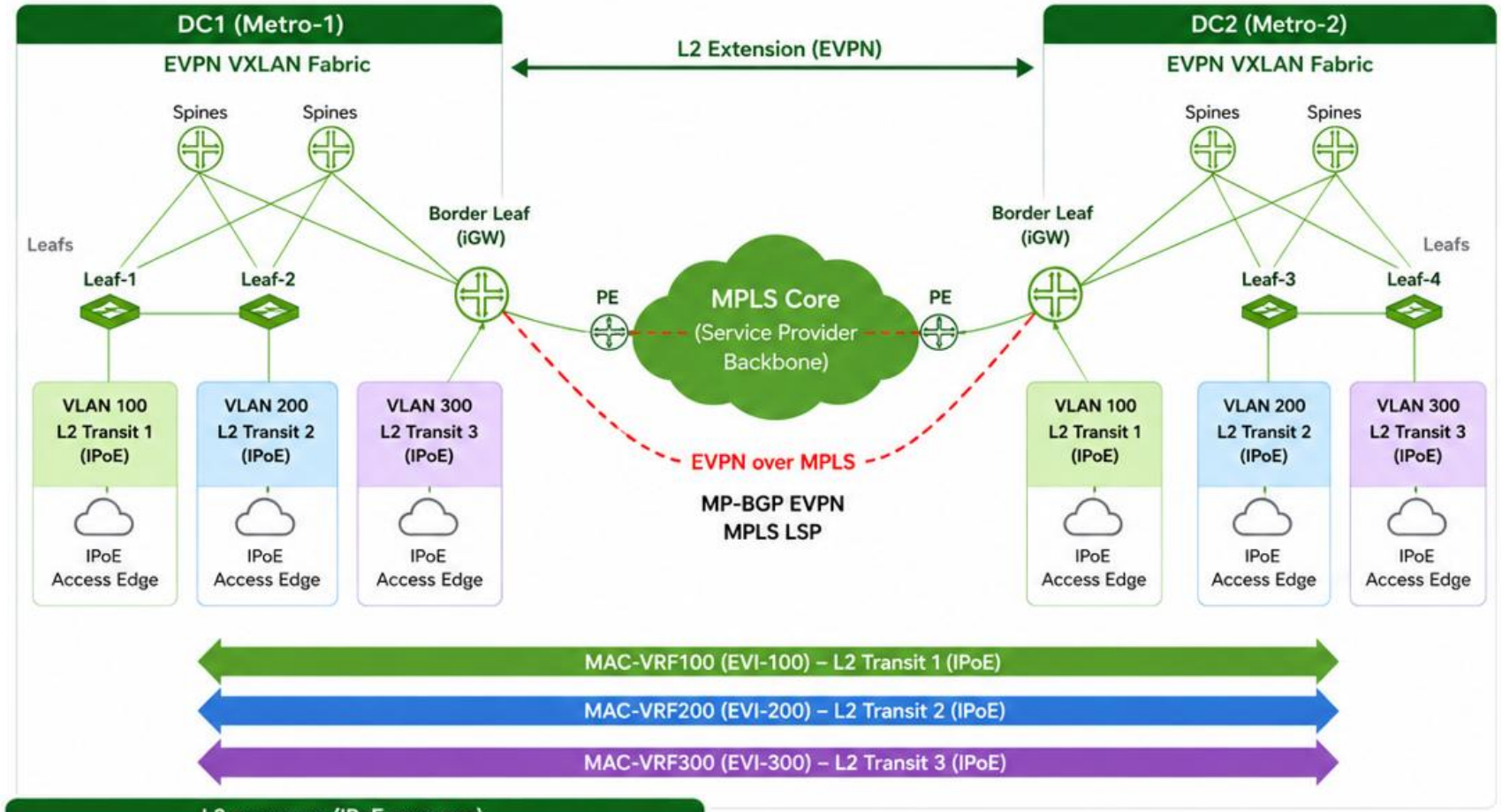
iGW – iGW – Interconnect Gateway (EVPN Stitching)

Border Leaf – VTEP + PE

PE – Provider Edge (MPLS PE)
LSP – Label Switched Path
EVI – Ethernet Virtual Instance
ESI – Ethernet Segment Identifier

ITBIZ telecom

DCI Option 4: EVPN VXLAN ⇔ MPLS



Як це працює

1. Leaf у DC1 анонсує MAC через EVPN (Type 2) для VLAN 100/200/300.
2. Border Leaf (iGW) виконує VNI → MPLS label mapping.
3. Маршрут передається через MP-BGP EVPN між PE.
4. На стороні DC2 виконується MPLS → VNI mapping.
5. Трафік у тому ж L2 сегменті доставляється до Leaf у DC2.

Позначення

- iGW – Interconnect Gateway (EVPN Stitching)
- Border Leaf – VTEP + PE
- PE – Provider Edge (MPLS PE)
- MP-BGP EVPN
- VXLAN (Overlay)
- MPLS LSP

L2 сегменти (IPoE приклад)

VLAN	Сервіс (L2 Transit)	MAC-VRF (EVI)	VNI / MPLS Label
100	L2 Transit 1 (IPoE)	EVI-100	VNI 5100 / Label 100
200	L2 Transit 2 (IPoE)	EVI-200	VNI 5200 / Label 200
300	L2 Transit 3 (IPoE)	EVI-300	VNI 5300 / Label 300

ITBIZ telecom

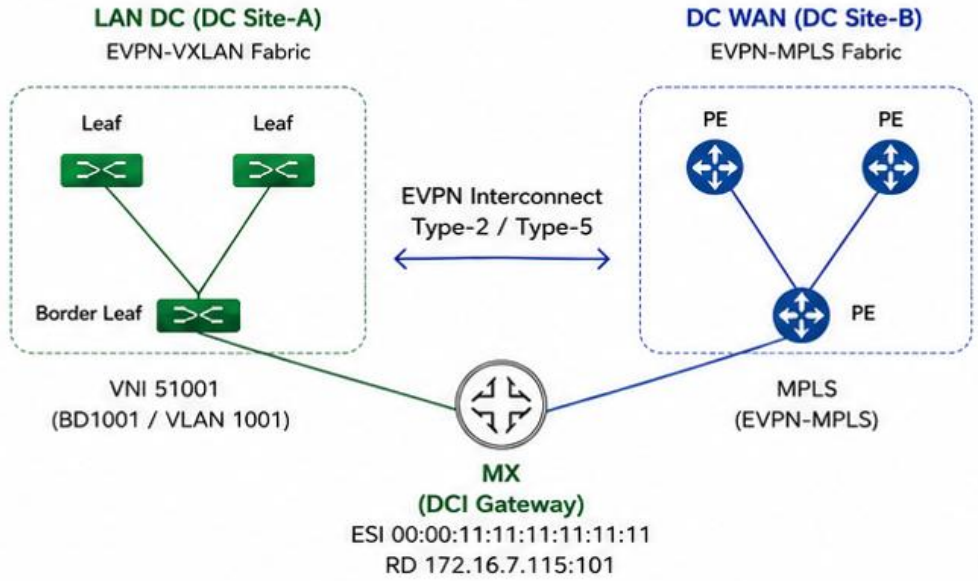
DCI Option 4: EVPN VXLAN ⇔ MPLS

MX Configuration Example (JSON)

```
{
  "routing-instances": {
    "MACVRF101": {
      "instance-type": "virtual-switch",
      "protocols": {
        "evpn": {
          "encapsulation": "vlan",
          "extended-vni-list": "all",
          "interconnect": {
            "vrf-target": "target:1:101",
            "route-distinguisher": "172.16.7.115:101",
            "esi": "00:00:11:11:11:11:11:11:11:11",
            "all-active": true,
            "interconnected-vlan-list": ["1001"],
            "encapsulation": "mpls"
          }
        }
      "vrf-target": ["target:1:8888"]
    }
  },
  "vtep-source-interface": "lo0.0",
  "bridge-domains": {
    "bd1001": {
      "domain-type": "bridge",
      "vlan-id": 1001,
      "routing-interface": "irb.1001",
      "vlan": {
        "vni": 51001
      },
      "ingress-node-replication": true
    },
    "route-distinguisher": "172.16.7.115:1"
  },
  "interfaces": {
    "lo0.1": {
      "route-distinguisher": "172.16.7.115:100",
      "vrf-target": ["target:1100:1100"],
      "vrf-table-label": true
    }
  }
}
```

- EVPN interconnect для зшивання з EVPN-MPLS (Type-2 / Type-5) з ESI all-active
- VRF-Target для обміну EVPN маршрутами (Type-2 / Type-5 з префіксами)
- Bridge Domain для VLAN 1001. VNI 51001 використовується у VLAN фабриці (VXLAN)
- Унікальний RD для EVPN (LAN EVPN-VXLAN) per node
- Interface RD для EVPN. RT 1100:1100 – для LAN EVPN intra-fabric маршрутизації

Схема: EVPN-VXLAN to EVPN-MPLS Stitching

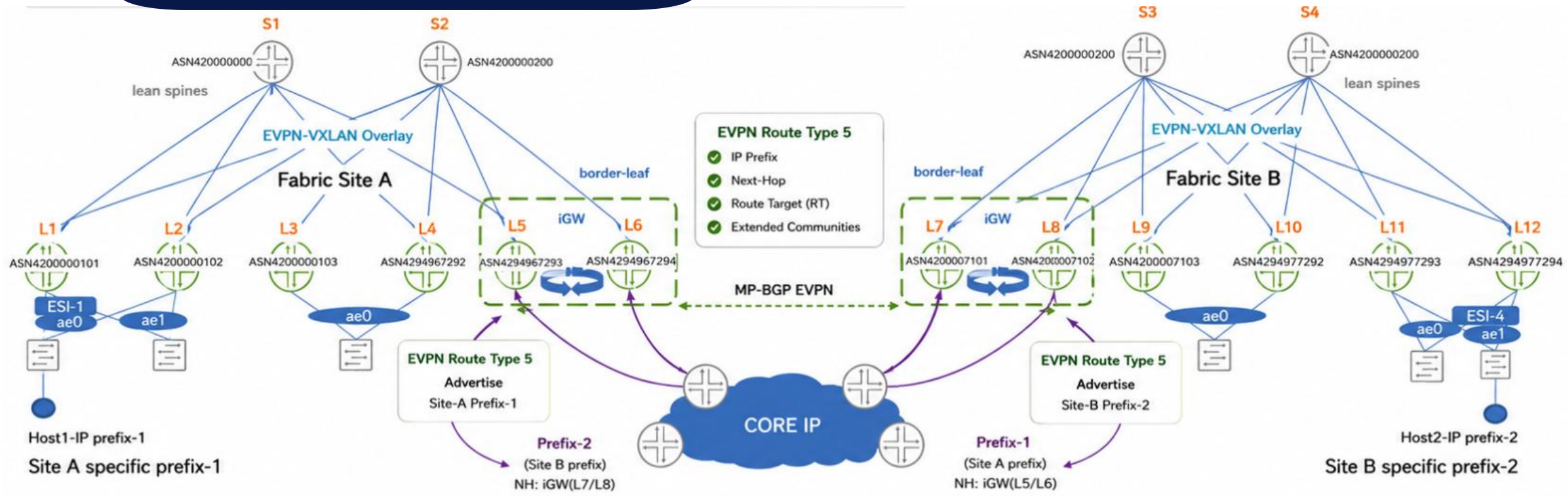


Ключові параметри

- VXLAN encapsulation для LAN фабрики
- MPLS encapsulation для DCI в EVPN-MPLS
- Type-2 (MAC) + Type-5 (IP) маршрути
- Extended-VNI-List all – для підтримки всіх VNI
- iESI + all-active – для multi-homing
- Interconnected-VLAN-List 1001 – VLANи для stitching
- VNI 51001 – локальний VXLAN VNI в LAN фабриці
- Унікальні RD та RT для DC та LAN сторін

DCI Option 5: EVPN Type-5 ⇔ EVPN Type-5

Layer 3 DCI через IP-VRF



Що передається між DC

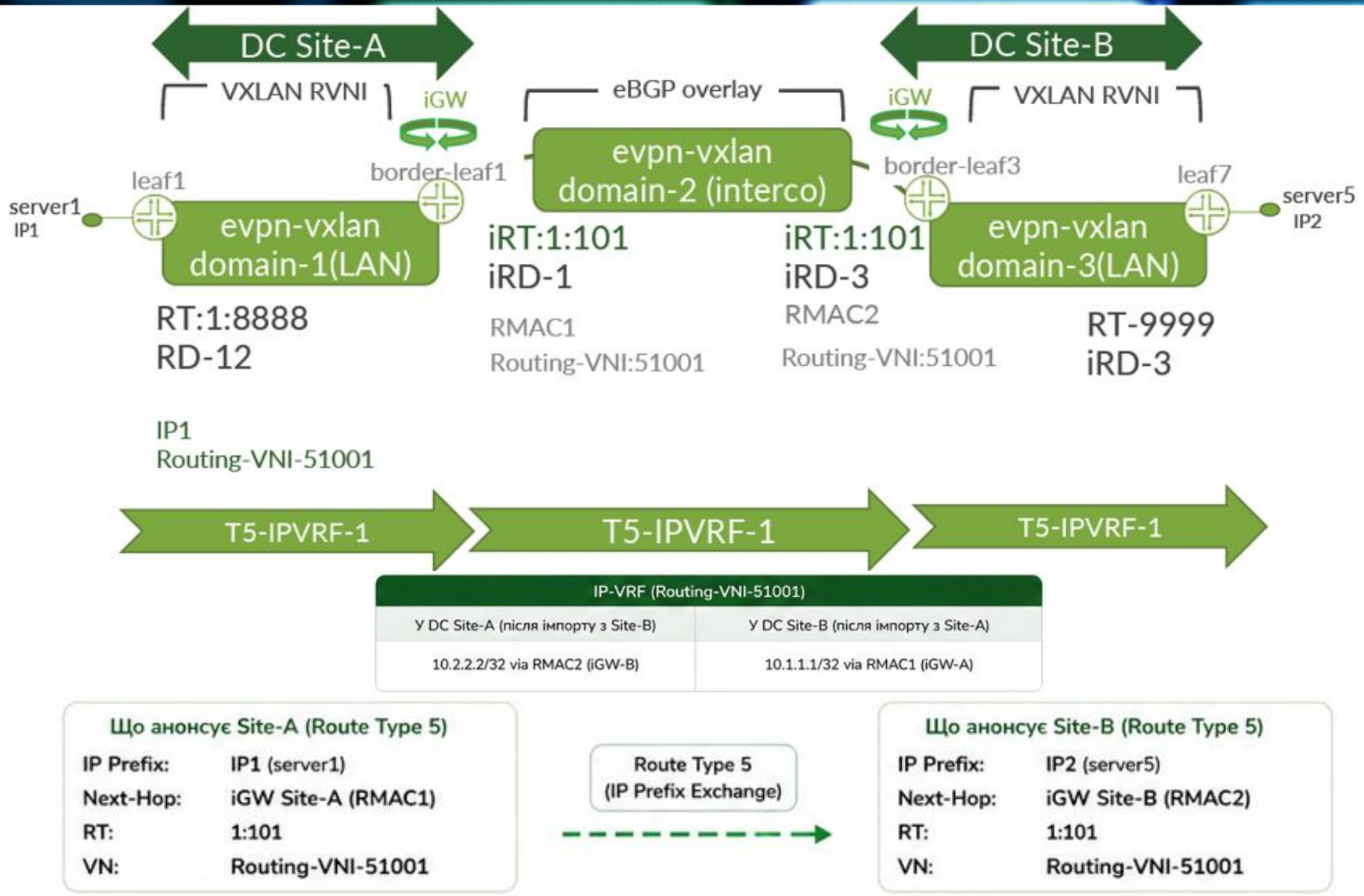
- EVPN Route Type 5 (IP Prefixes)
- IP маршрути для IP-VRF / L3 сервісів
- Route Target (RT) для імпорту маршрутів

Що НЕ передається між DC

- MAC адреси (Route Type 2)
- Broadcast, Unknown Unicast
- VLAN та ESI

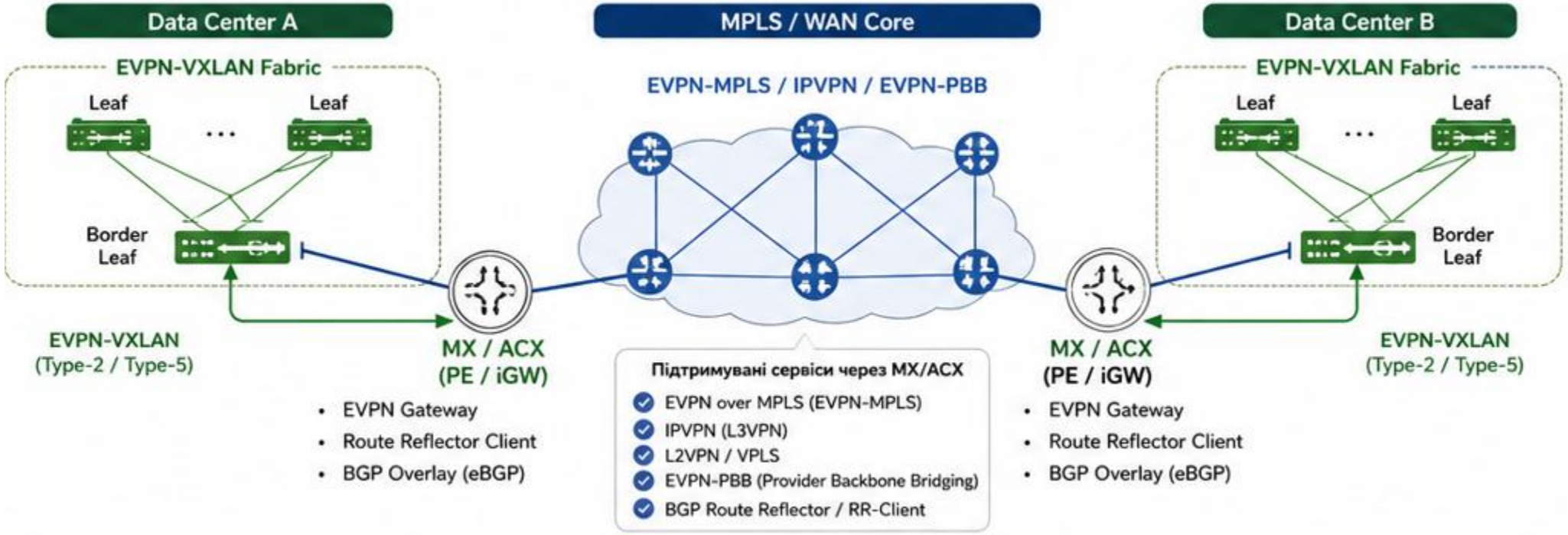
ITBIZ telecom

DCI Option 5: EVPN Type-5 ⇔ EVPN Type-5



ITBIZ telecom

MX / ACX як DCI Gateway для EVPN Fabrics



Порівняння платформ	
QFX Border Leaf	MX / ACX
EVPN-VXLAN	EVPN-VXLAN
VXLAN ↔ VXLAN DCI	EVPN-MPLS PE
VXLAN ↔ MPLS Stitching	MPLS L2VPN / L3VPN (IPVPN)
Route Type 2 / 5 (EVPN Type-2 / Type-5)	Route Type 2 / 5 (EVPN Type-2 / Type-5)
Data Center Focus	Carrier Ethernet / Service Provider
Обмежене масштабування WAN	Metro / WAN / DCI
Типові Enterprise сценарії	Service Provider сценарії

Коли використовувати MX / ACX як DCI Gateway

- MPLS Core між дата-центрами (EVPN-MPLS)
- Інтеграція з IPVPN (L3VPN) або L2VPN / VPLS
- Metro Ethernet сервіси
- Великі Enterprise / Service Provider мережі
- EVPN-PBB для максимальної масштабованості
- Потреба у BGP Route Reflector та великій кількості EVPN маршрутів

ITBIZ telecom

DC Gateway Portfolio

Border Leaf 1 (DC Site-A)

root@border-leaf1> show configuration routing-instances T5-VRF1

```
instance-type vrf;
routing-options {
  static {
    route 10.10.100.113/32 discard;
  }
  multipath;
}
protocols {
  evpn {
    interconnect {
      vrf-target target:102:102;
      route-distinguisher 172.16.7.113:102;
    }
    ip-prefix-routes {
      advertise direct-nexthop;
      encapsulation vxlan;
      vni 1100;
      export my-t5-export-vrf1;
    }
}
interface lo0.1;
route-distinguisher 172.16.7.113:100;
vrf-target target:1100:1100;
vrf-table-label;
```

1

Type-5 EVPN Exchange

Border Leaf 2 (DC Site-B)

root@border-leaf2> show configuration routing-instances T5-VRF1

```
instance-type vrf;
routing-options {
  static {
    route 10.10.100.114/32 discard;
  }
  multipath;
}
protocols {
  evpn {
    interconnect {
      vrf-target target:102:102;
      route-distinguisher 172.16.7.114:102;
    }
    ip-prefix-routes {
      advertise direct-nexthop;
      encapsulation vxlan;
      vni 1100;
      export my-t5-export-vrf1;
    }
}
interface lo0.1;
route-distinguisher 172.16.7.114:100;
vrf-target target:1100:1100;
vrf-table-label;
```

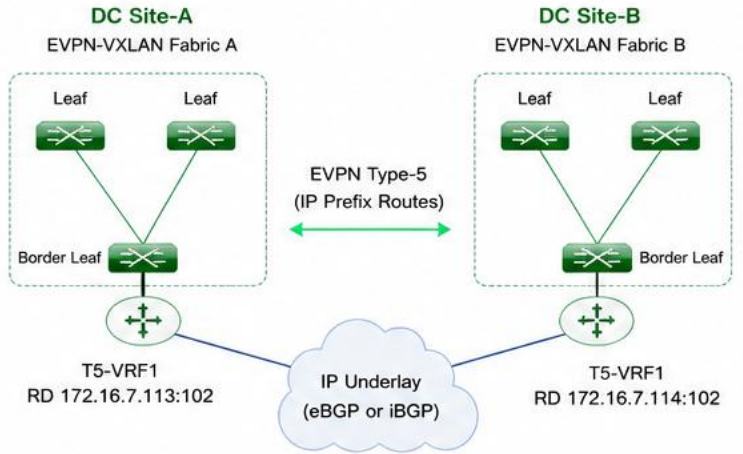
1

Що робить ця конфігураціа

1 **Interconnect block – Type-5 DCI Stitching**

- Визначає параметри для обміну IP-маршрутами (Type-5) між двома VXLAN фабриками
- Однаковий VRF-Target (target:102:102) дозволяє обмінюватися Type-5 маршрутами
- Унікальний RD на кожному сайті забезпечує коректну ідентифікацію префіксів

Схема: Type-5 to Type-5 VXLAN Stitching

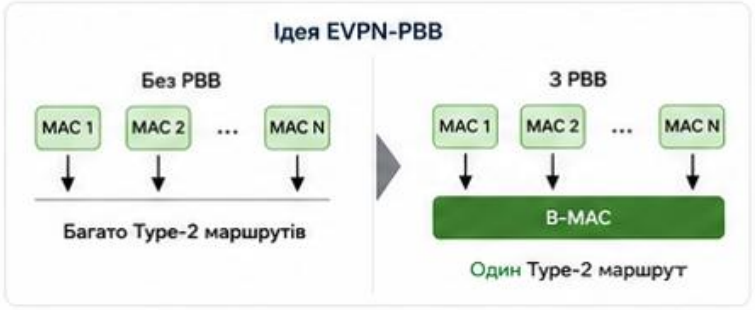


ITBIZ telecom

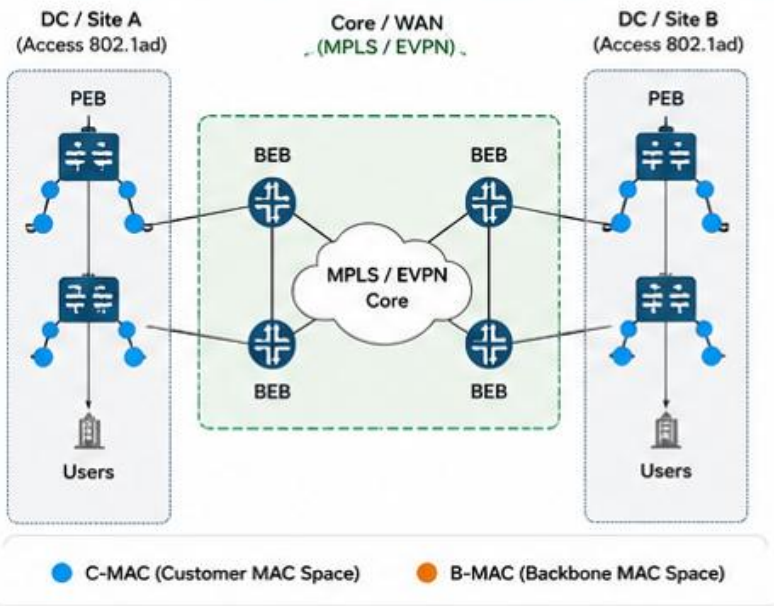
EVPN PBB (Provider Backbone Bridge)

1. Що таке EVPN-PBB?

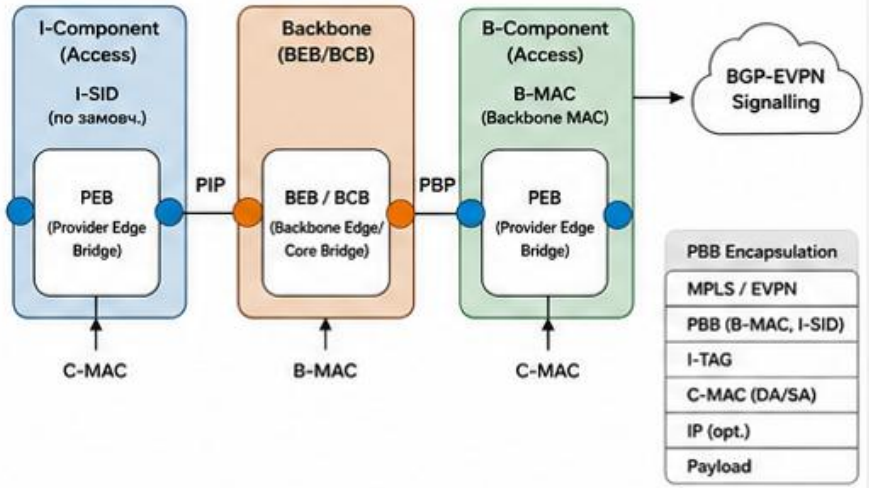
- Розширення EVPN для масштабованого перенесення L2 через MPLS/EVPN мережу.
- Використовує концепцію Backbone MAC (B-MAC) для агрегації великої кількості Customer MAC (C-MAC).
- Значно зменшує кількість EVPN Type-2 маршрутів у мережі.
- Підходить для великих DCI, Metro Ethernet та Service Provider мереж.



2. Архітектура EVPN-PBB



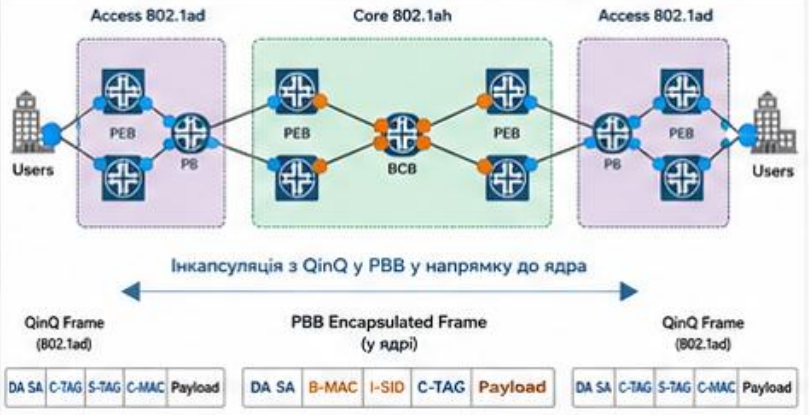
3. EVPN-PBB компоненти



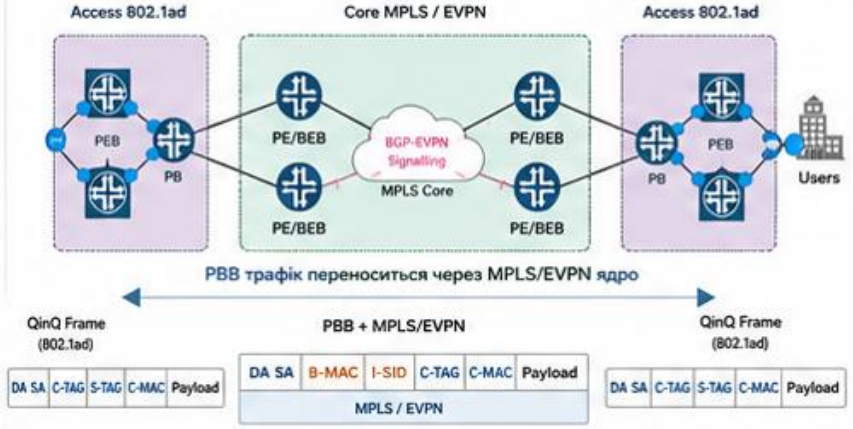
ITBIZ telecom

EVPN PBB (Provider Backbone Bridge)

4. Frame Flow – QinQ (802.1ad) до PBB



5. Frame Flow – PBB через MPLS / EVPN



6. Переваги EVPN-PBB

- Масштабування: один B-MAC замість тисяч/мільйонів C-MAC у CP
- Менше EVPN Type-2 маршрутів
- Краща продуктивність Control Plane
- Швидша конвергенція
- Підтримка великих Layer-2 доменів через WAN / MPLS
- Сумісність з EVPN, MPLS, L3VPN сервісами

Коли використовувати

DCI між дата-центрами через MPLS / EVPN

Metro Ethernet та Wholesale сервіси

Коли потрібно масштабувати велику кількість MAC-адрес

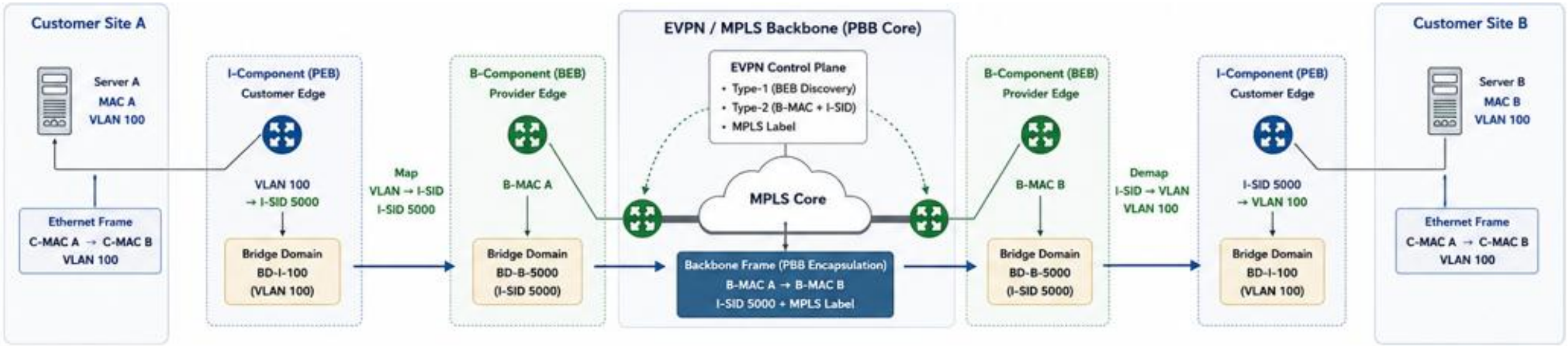
Коли важлива швидка конвергенція та стабільність Control Plane

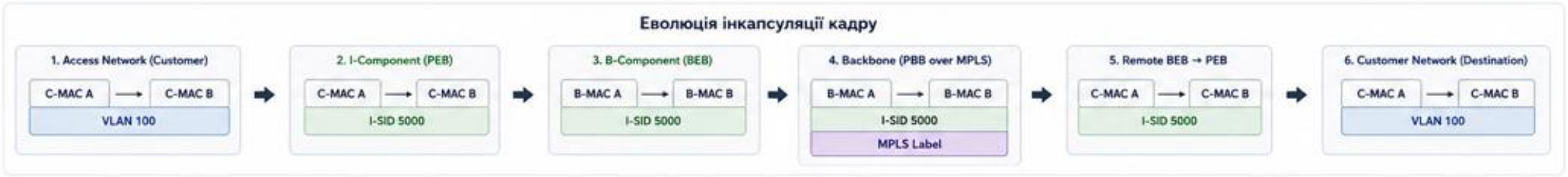
Ключові терміни

- PEB (Provider Edge Bridge) – на межі клієнтської мережі
- BEB (Backbone Edge Bridge) – на краю провайдерського ядра
- BCB (Backbone Core Bridge) – у середині ядра
- B-MAC – Backbone MAC (агрегує C-MAC)
- I-SID – Identifier для I-Component (домен клієнта)
- PIP / PBP – Provider Instance Ports (службові порти PBB)

ITBIZ telecom

EVPN PBB (Provider Backbone Bridge)





ITBIZ telecom

EVPN PBB (Provider Backbone Bridge)

```
routing-instances {
    DC2-PBB-B-COMP {
        instance-type virtual-switch;
        interface cbp0.999;

        route-distinguisher 62.0.0.2:999;
        vrf-target target:65500:999;

        protocols {
            evpn {
                control-word;
                pbb-evpn-core;
                extended-isid-list 999;
            }
        }
        bridge-domains {
            BD-B-COMP-999 {
                vlan-id 999;
                isid-list 999;
                vlan-id-scope-local;
            }
        }
    }
    DC2-PBB-I-COMP {
        instance-type virtual-switch;
        interface pip0.999;

        bridge-domains {
            BD-I-COMP-999 {
                vlan-id 999;
                interface ge-0/0/1.999;
            }
        }
        pbb-options {
            peer-instance DC2-PBB-B-COMP;
        }
        service-groups {
            CUSTOMER2 {
                service-type elan;
                pbb-service-options {
                    isid 999;
                    vlan-id-list 999;
                }
            }
        }
    }
}
```

```
interfaces {
    cbp0 {
        unit 999 {
            family bridge {
                interface-mode trunk;
                bridge-domain-type bvlan;
                isid-list all;
            }
        }
    }

    pip0 {
        unit 999 {
            family bridge {
                interface-mode trunk;
                bridge-domain-type svlan;
                isid-list all-service-groups;
            }
        }
    }

    ge-0/0/1 {
        unit 999 {
            encapsulation vlan-bridge;
            vlan-id 999;
            family bridge;
        }
    }
}
```

ITBIZ telecom

Links & Literature

Design DC

- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/concept/evpn-vxlan-implementing.html
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/nce/sg-005-data-center-fabric/topics/concept/solution-cloud-data-center-components.html
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/nce/sg-005-data-center-fabric/topics/concept/solution-cloud-data-center-topology-overview.html#hardware-summary

DCI

- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/concept/data-center-interconnect-evpn-vxlan-evpn-mpls-wan-overview.html#evpn-vxlan-data-center-interconnect-through-evpn-mpls-wan-overview__d1897e255
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/concept/pbb-evpn-integration-for-dci-overview.html

QinQ

- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/multicast-l2/topics/topic-map/q-in-q.html#id-understanding-qinq-tunneling-and-vlan-translation
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/topic-map/evpn-vxlan-flexible-vlan-tag.html#id-overview-and-topology
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/nce/sg-005-data-center-fabric/topics/topic-map/static-vxlan-q-in-q.html#task_ctq_rwh_qbc

L3 over VXLAN

- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/nce/sg-005-data-center-fabric/topics/task/edge-routed-overlay-cloud-dc-configuring.html#id-configuring-an-edgerouted-bridging-overlay-on-a-leaf-device
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/topic-map/evpn-sym-t2-routing-ov.html
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/example/evpn-vxlan-qfx5110-l3-vxlan-gateway-collapsed.html#basic-customer-profile-configuration683
- https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/evpn/topics/example/evpn-vxlan-collapsed-topology.html

Books

- https://www.juniper.net/documentation/en_US/day-onebooks/

Q&A

ITBIZ telecom

ДОЦІЛЬНА ІНТЕГРАЦІЯ МОЖЛИВОСТЕЙ

м. Київ, вул. Бучанська, буд. 25/28

+38 044 597 10 90

itbiz.ua

ITBIZ telecom