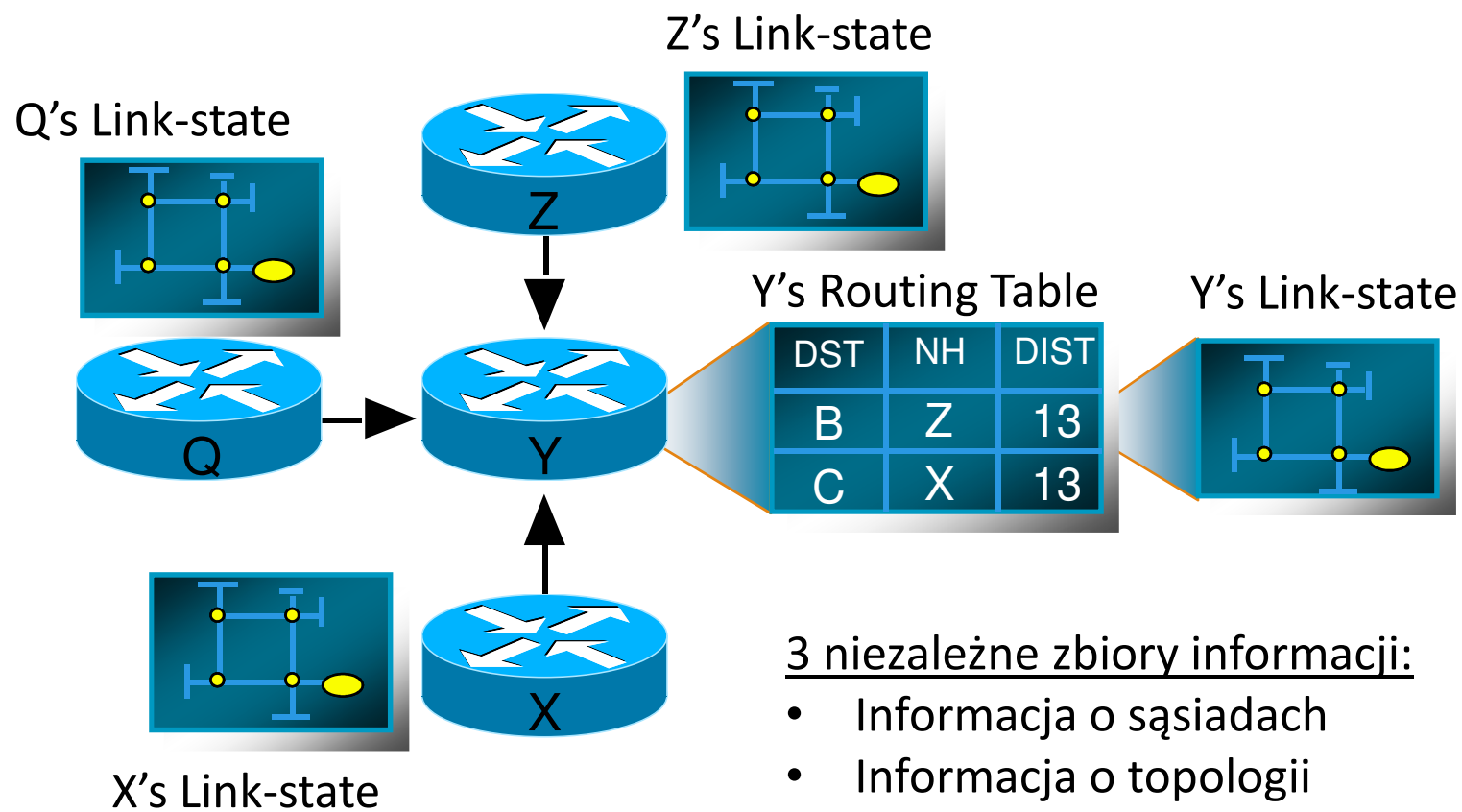


OSPF

- Open Shortest Path First
- Protokół typu link-state
- Publiczna specyfikacja
- Szybka zbieżność
- Obsługa VLSMs (Variable Length Subnet Masks) i sumowania tras
- Nie wymaga okresowego wysyłania uaktualnień
- Mechanizmy uwierzytelniania

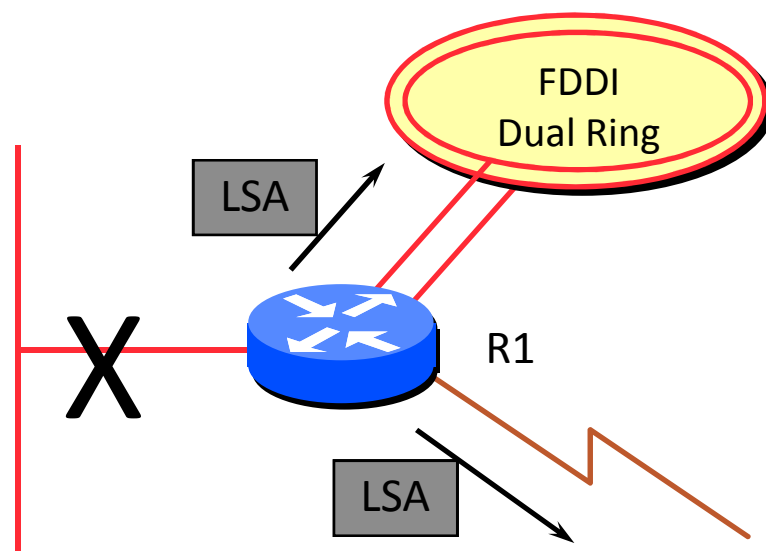
Link-State



Link-State Routing

- Wykrywanie sąsiadów
- Tworzenie LSA (Link State Announcement)
- Rozgłaszanie LSP (Link State Packet)
- Wyznaczanie tras na podstawie topologii
- W wypadku awarii łącza:
 - Rozgłaszanie nowych LSP,
 - Routery wyznaczają nową tablicę routingu.

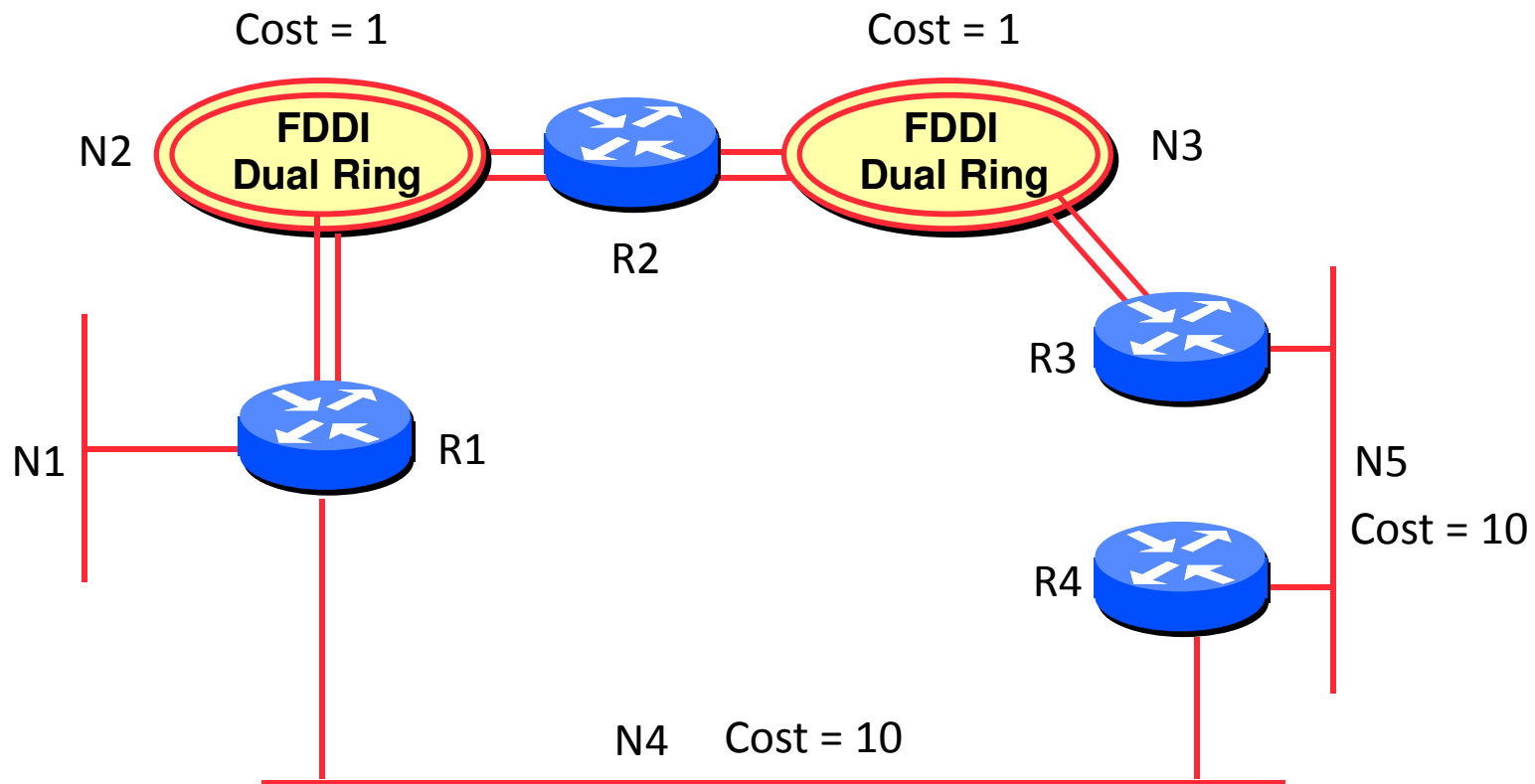
Efektywne wykorzystanie pasma



- Przesyłanie wyłącznie niezbędnych zmian
- Rozsyłanie informacji tylko w razie konieczności
- Wykorzystanie komunikacji multicast w sieciach wielodostępowych

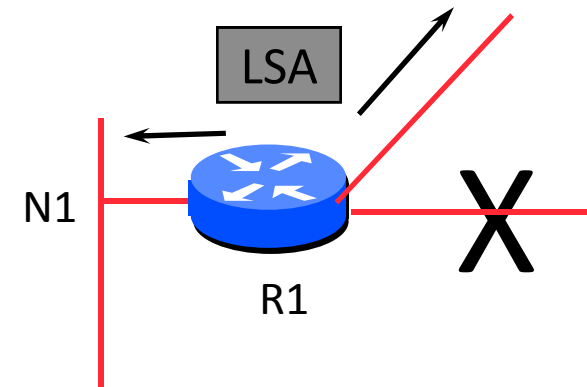
Wyznaczanie ścieżek

- Koszt ścieżki stanowi sumę kosztów łączy składowych.
- Standardowo, koszt łącza OSPF zależy od jego przepływności:
 - Domyślnie: $\text{Koszt} = 10^8 / \text{przepływność}$



Szybka zbieżność

- Znajdowanie nowej ścieżki:
 - Rozgłoszenie LSA w strefie
 - Potwierdzany odbiór LSA (Ack)
 - Synchronizacja bazy danych topologii
 - Każdy z routerów niezależnie wyznacza trasę do wszystkich sieci docelowych.

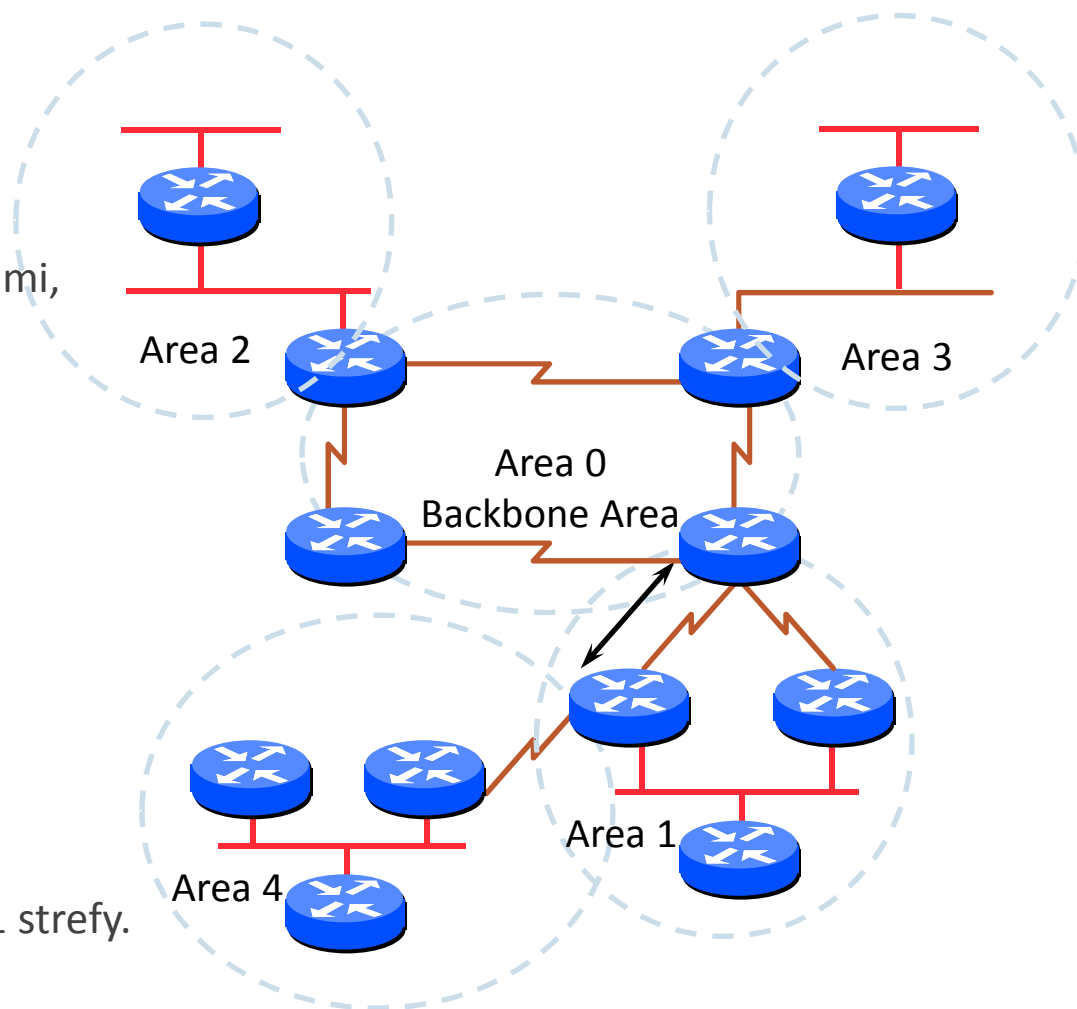


Wykorzystanie transmisji IP multicast

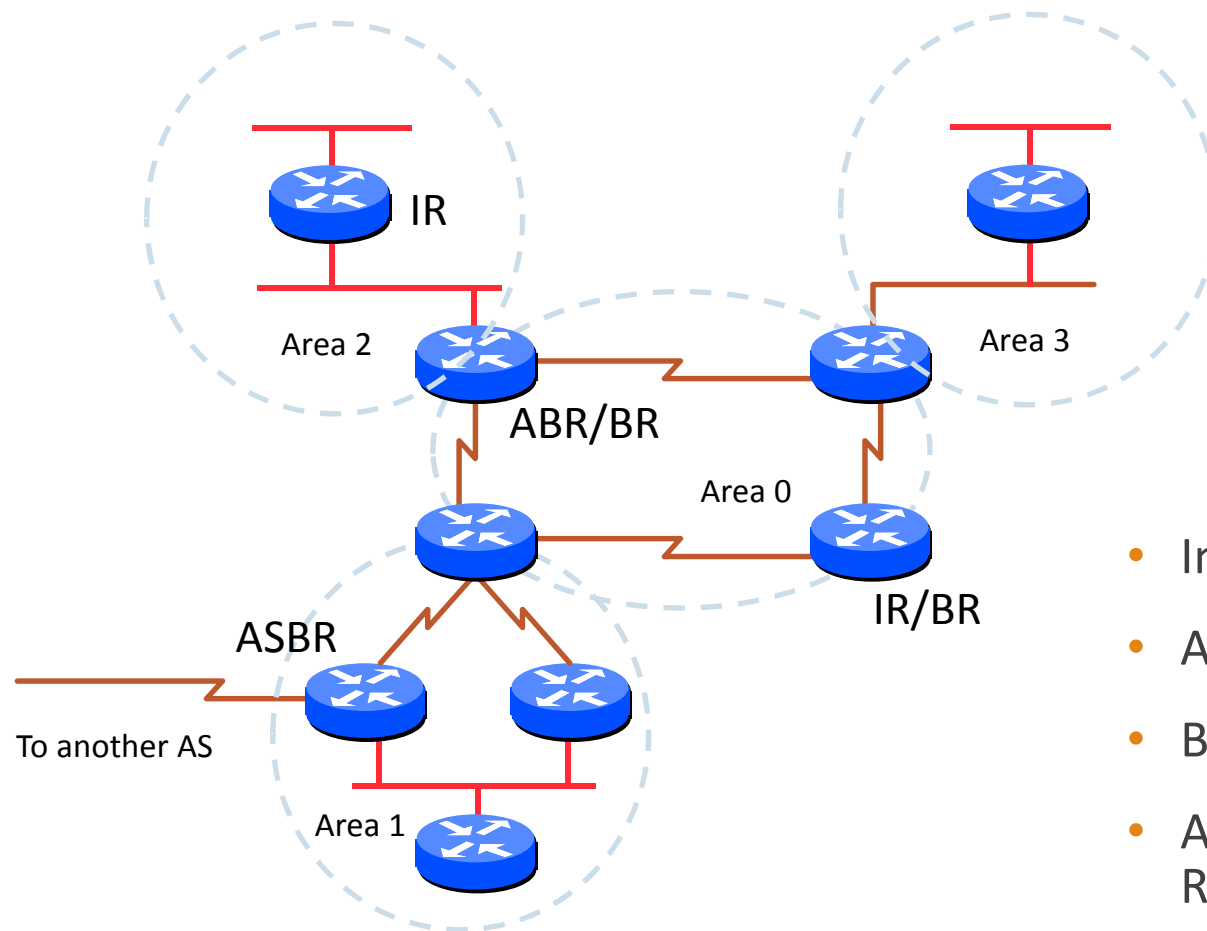
- W sieciach wielodostępowych:
 - Wszystkie routery odbierają transmisje adresowane na AllSPFRouters (224.0.0.5)
 - Routery DR i BDR odbierają transmisje adresowane na AllDRouters (224.0.0.6)
- Pakiety Hello wysyłane są na adres AllSPFRouters, lub unicast'owo dla łączy punkt-punkt i wirtualnych (virtual links).

Strefy OSPF (Areas)

- Grupy węzłów/sieci
- Baza danych topologii jej wewnętrzna dla strefy
 - jest niewidoczna poza jej granicami,
 - ograniczenie ruchu kontrolnego.
- Strefa „Backbone” (id = 0)
 - jest ciągła,
 - łączy wszystkie inne strefy.
- Łącza wirtualne (Virtual Links)
 - zapewniają ciągłość strefy,
 - łączą strefę ze strefą Backbone.
- Granice stref przebiegają przez routery (a nie łącza)
 - Router może należeć więcej niż 1 strefy.

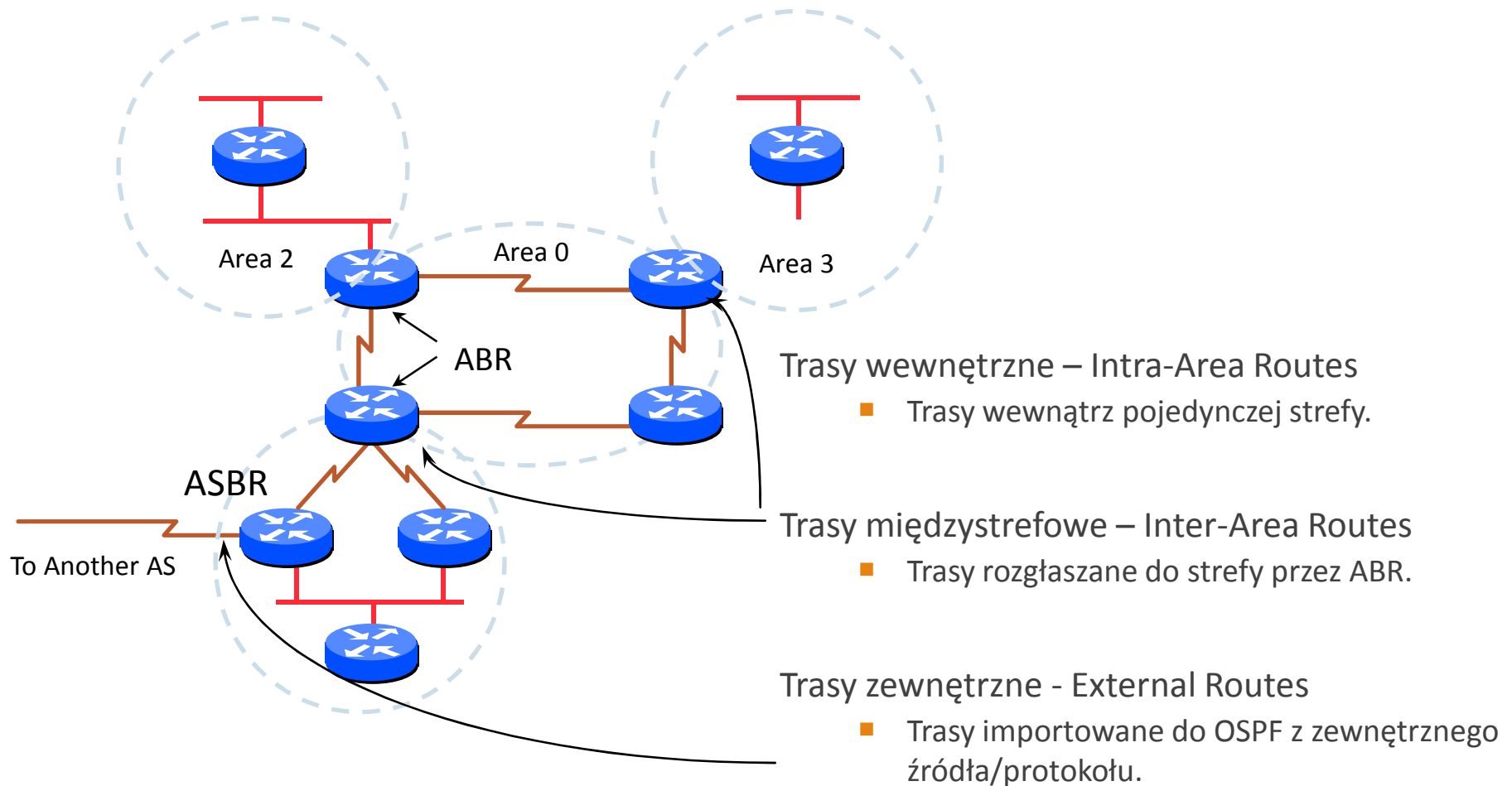


Typy routerów OSPF



- Internal Router (IR)
- Area Border Router (ABR)
- Backbone Router (BR)
- Autonomous System Border Router (ASBR)

Typy tras OSPF



Agregacja tras

Inter-Area Route Summarization

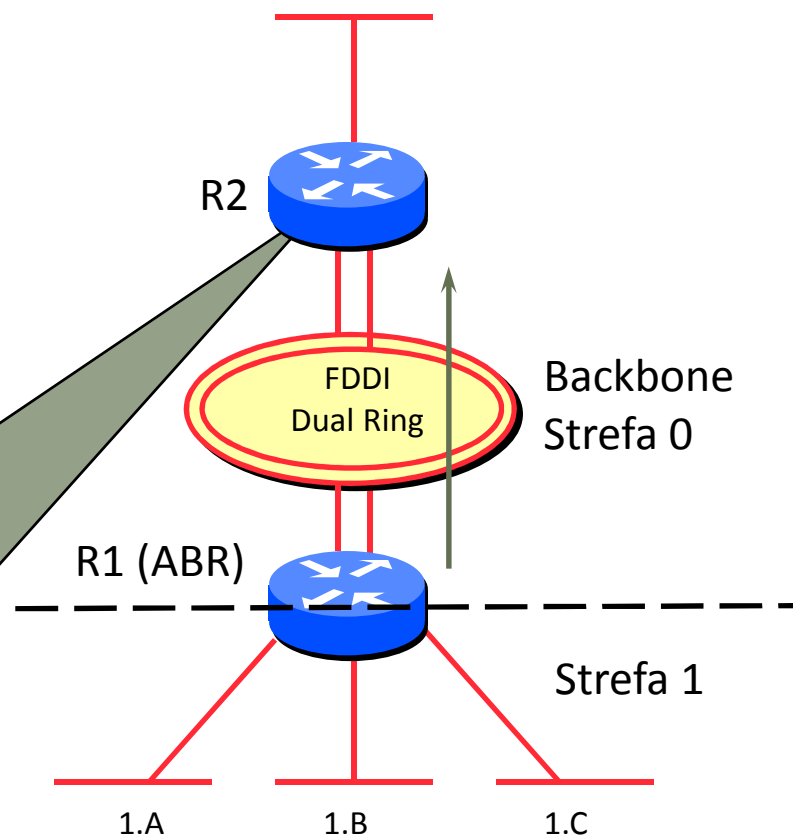
- Domyślnie nieaktywne. Konfigurowane ręcznie.
- Zagregowany prefiks jest rozgłaszany, jeśli w strefie pozostaje osiągalny choć jeden jego prefiks składowy.
- Zalety:
 - zmniejszenie liczby rozgłaszanych prefiksów
 - zmniejszenie liczby zmian bazy Link State DataBase – każda jej zmiana skutkuje przeliczeniem tras w tablicy routingu.

Z agregacją

Network	Next Hop
1	R1

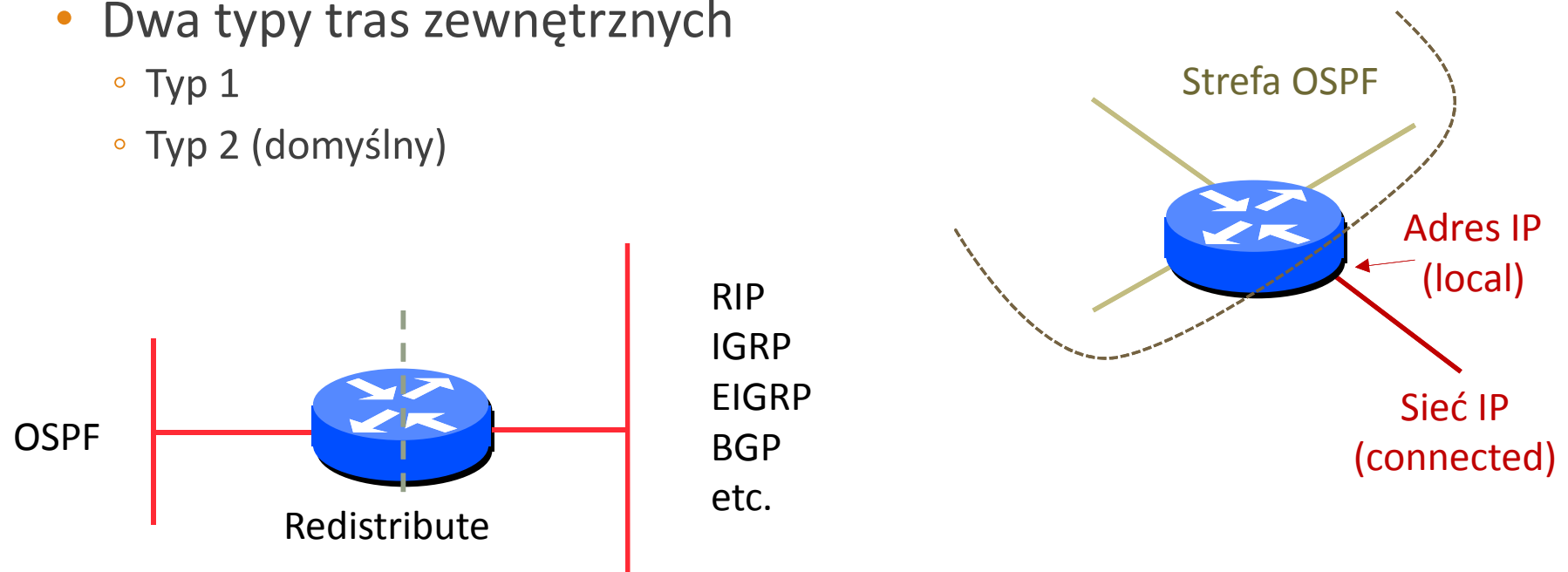
Bez agregacji

Network	Next Hop
1.A	R1
1.B	R1
1.C	R1



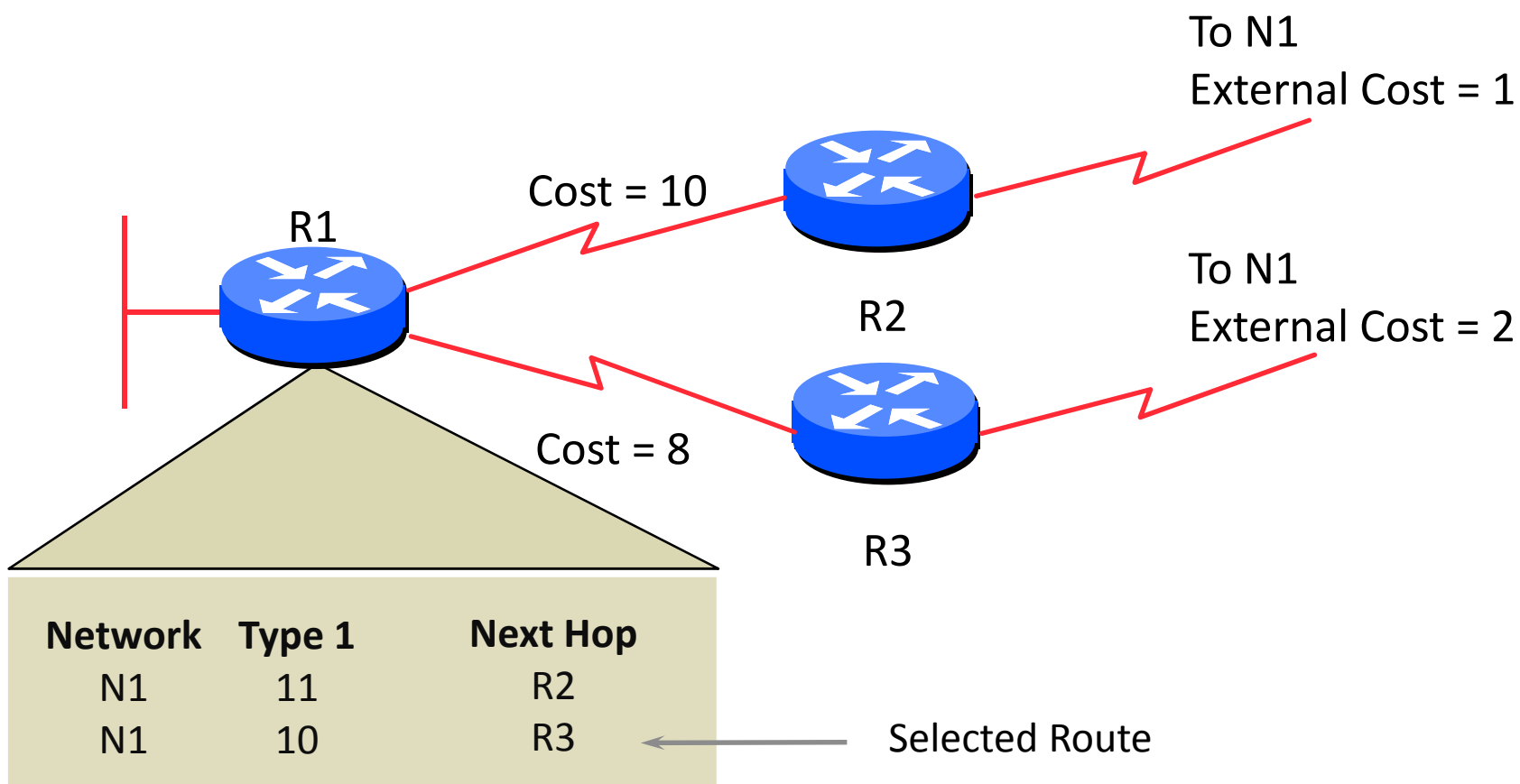
Trasy zewnętrzne (External Routes)

- Importowane ze źródeł zewnętrznych
 - lokalny interfejs routera nie dołączony do strefy OSPF to też źródło zewnętrzne - typu *local* lub *connected*.
- Rozsyłane bez modyfikacji w obrębie AS
- Dwa typy tras zewnętrznych
 - Typ 1
 - Typ 2 (domyślny)



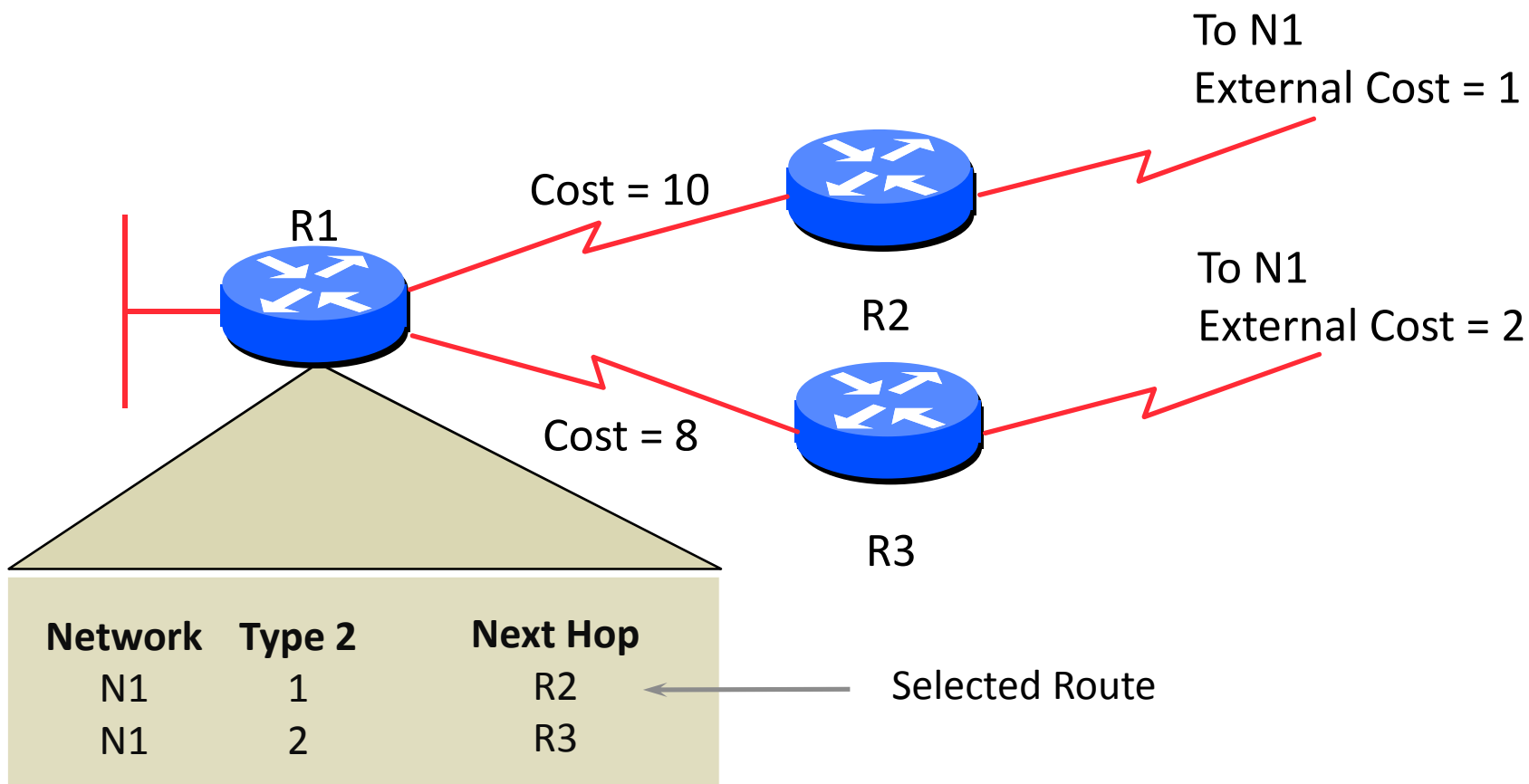
Trasy zewnętrzne

Typ 1 – wewnętrzna metryka trasy jest dodawana do metryki zewnętrznej.



Trasy zewnętrzne

Typ 2 – brana pod uwagę jest wyłącznie metryka zewnętrzna.

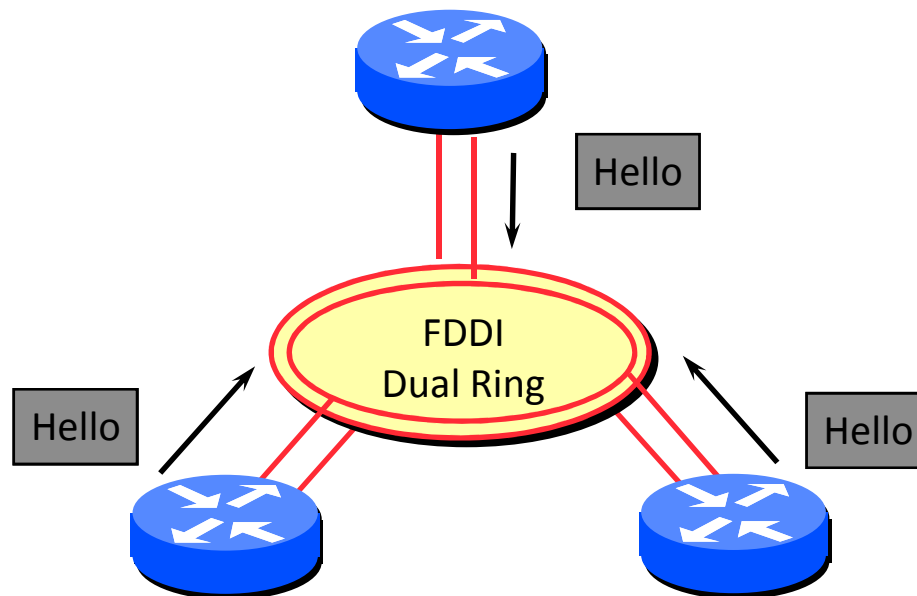


Baza danych topologii

- Router utrzymuje osobną bazę topologii dla każdej ze stref do których należy
- Wszystkie routery w strefie dysponują identyczną bazą jej topologii
- Obliczanie tras dokonywane jest osobno dla każdej ze stref
- LSA rozsyłane są wyłącznie w obrębie określonej strefy

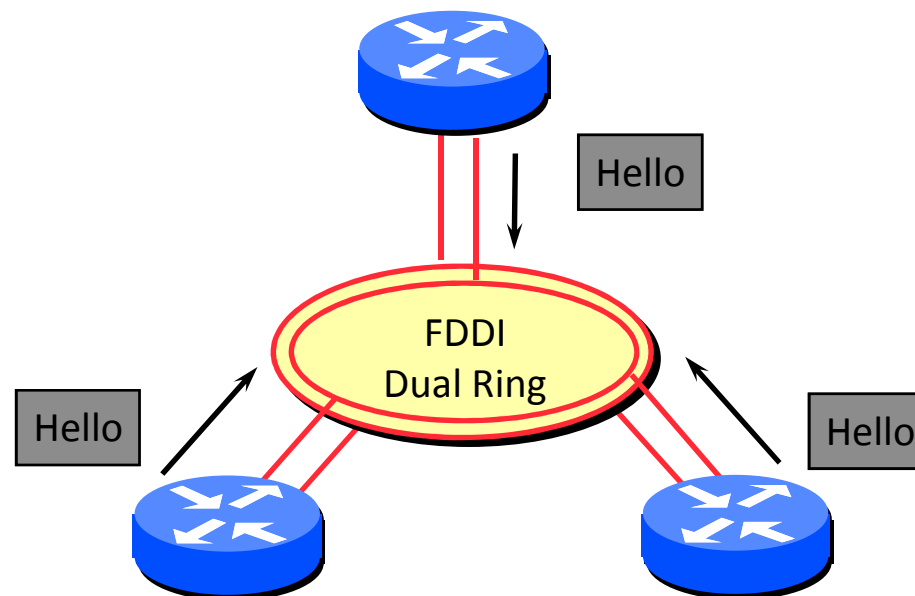
Protokół Hello

- Odpowiedzialny za wykrywanie i utrzymanie sąsiedztwa.
- W sieciach wielodostępowych odpowiada również za wybór routera DR (Designated Router).



Wiadomość Hello

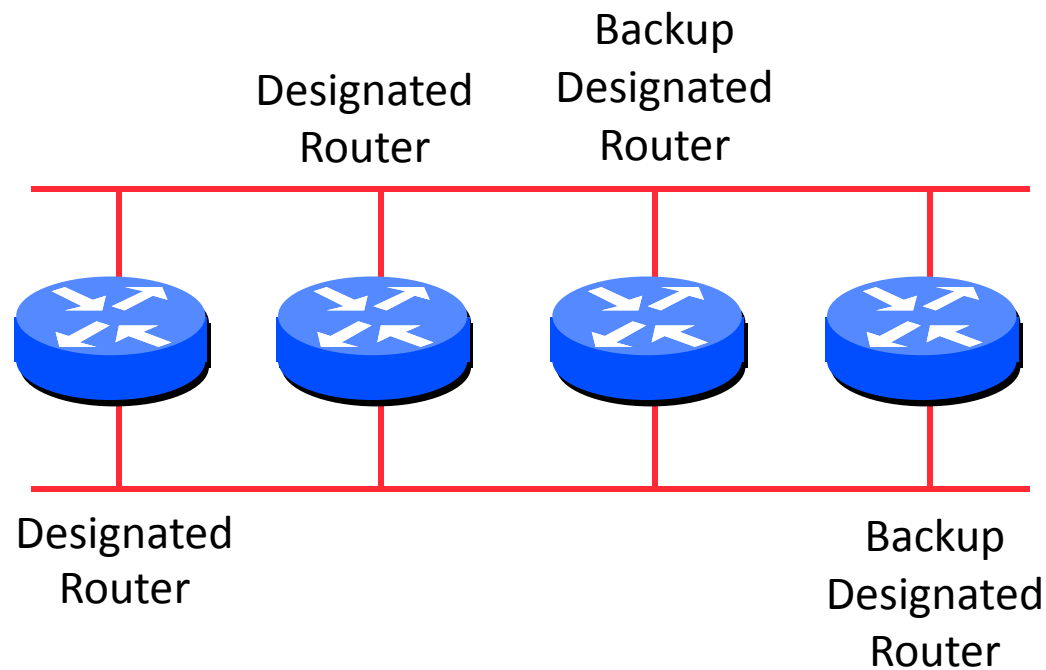
- Nagłówek OSPF:
 - Router ID nadawcy,
 - Area ID,
 - Lista wykrytych sąsiadów,
 - Opcjonalnie dane uwierzytelniające,
 - wersja, długość, suma kontrolna.
- Wiadomość Hello dodatkowo zawiera:
 - Router Priority,
 - Hello Interval,
 - Router dead interval,
 - Network mask,
 - DR&BDR IP,
 - Opcje: T-bit, E-bit.



Designated Router (DR)

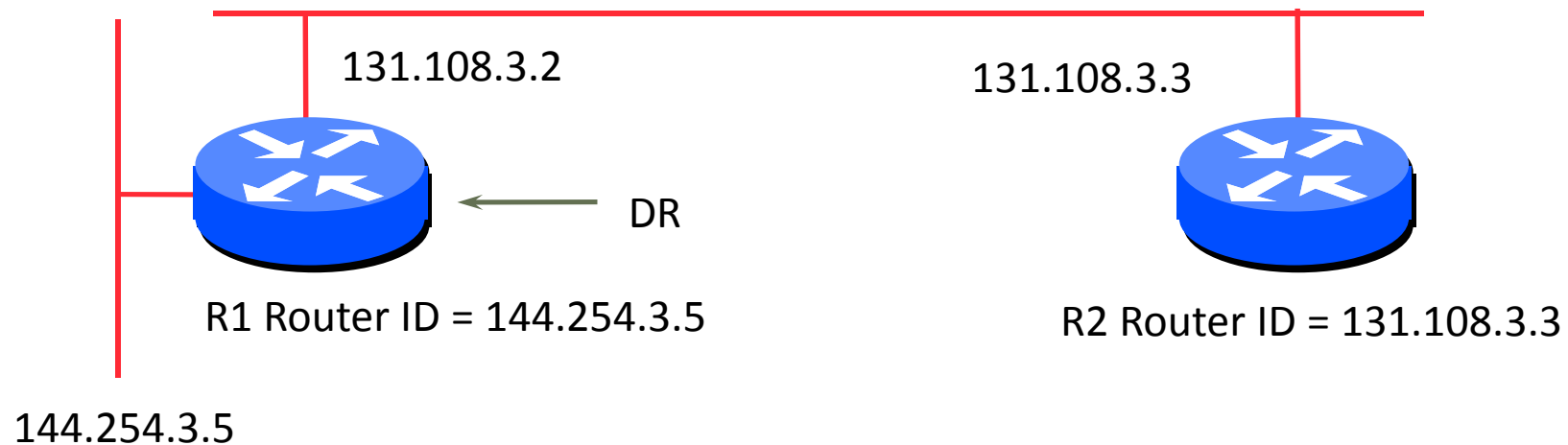
□ Jeden na sieć wielodostępową

- Rozgłasza network link advertisements
- Wspomaga synchronizację bazy danych topologii



Wybór routera DR

- Najwyższa (konfigurowana dla interfejsu) wartość Router Priority.
- Najwyższa wartość Router ID:
 - ręcznie konfigurowana wartość RID,
 - lub, jeśli router posiada adres na interfejsie loopback to staje się on jego RID,
 - lub, RID jest ustawiany na równy najwyższemu z jego adresów IP.

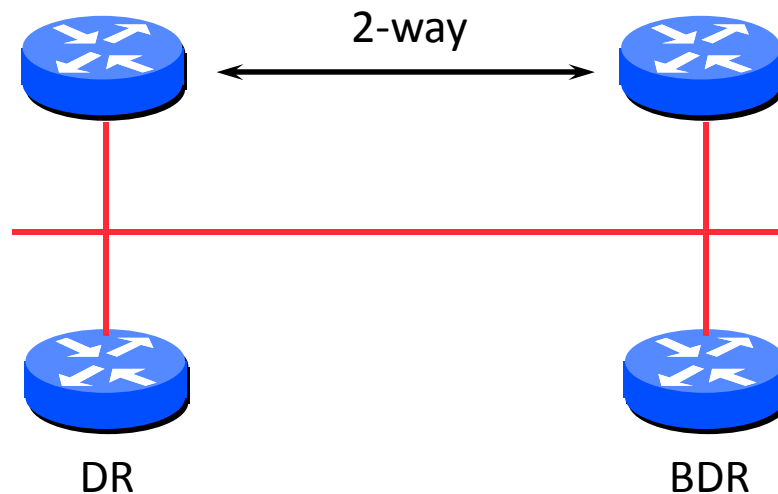


Stany sąsiedztwa

- Down – nie odebrano żadnych wiadomości Hello, albo upłynął timeout od czasu ostatniej wiadomości,
- Attempt – w sieciach NBMA: jak Down, ale router wysyła do sąsiada wiadomości Hello,
- Init – otrzymano Hello od sąsiada, lecz bez własnego ID,
- 2-Way – otrzymano Hello od sąsiada, zawierające własne ID – routery „widzą” się wzajemnie,
- Exstart, Exchange, Loading – wstępna synchronizacja bazy danych topologii.
- Full – routery posiadają relację sąsiedztwa i są w pełni zsynchronizowane.

Stany sąsiedztwa (Neighbor States)

- Stan 2-way:
 - Router widzi informację o sobie w wiadomościach Hello od sąsiada.
 - DR jest wybierany z pośród routerów w stanie 2-way lub wyższym.



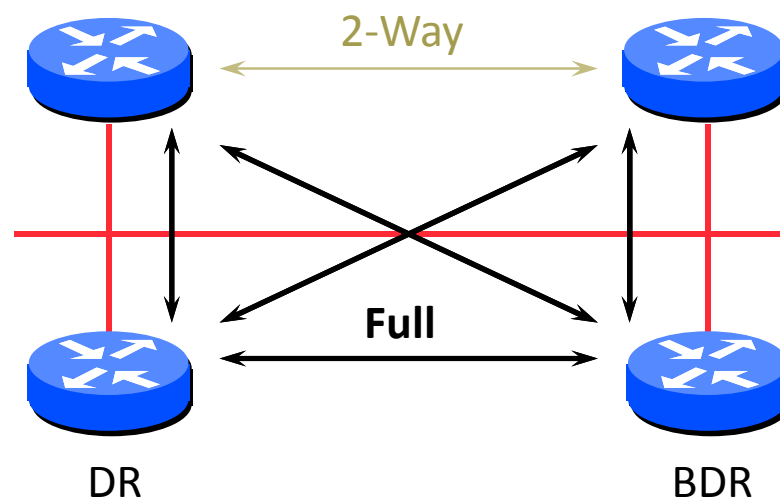
Kiedy
nawiązywane
jest
sąsiedztwo
(adjacency) ?

- Wykorzystywana sieć jest typu:
 - punkt-punkt
 - virtual link
- lub router pełni rolę:
 - DR
 - BDR
- lub drugi router pełni rolę:
 - DR
 - BDR

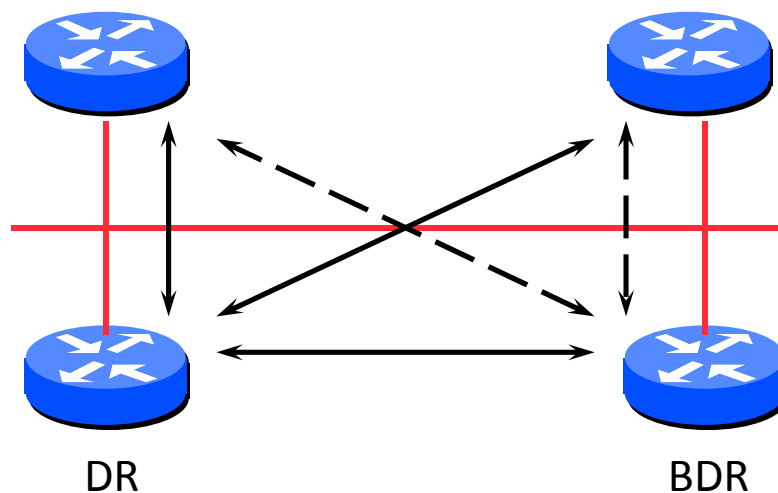
Stany sąsiedztwa (Neighbor States)

- **Stan: Full**

- Routery zsynchronizowały ze sobą bazę topologii (adjacent routers)
- Baza danych topologii jest zsynchronizowana



Wymiana LSA



- LSA – Link State Advertisement
- LSA rozsyłane są pomiędzy sąsiadującymi (adjacent) routerami

Komunikacja między routerami OSPF

- Ten sam nagłówek protokołu
- Pole TOS równe 0
- 5 typów komunikatów OSPF:
 - Hello – packet type 1 – wykrywanie sąsiadów,
 - DB Description – packet type 2 – opisuje zawartość bazy danych stanu systemu,
 - Link-state Request – packet type 3 – żądanie przesłania informacji z bazy danych stanu systemu,
 - Link-state Update – packet type 4 – przenoszenie wiadomości LSA,
 - Link-state Acknowledgment – packet type 5 – potwierdzenia otrzymania LSA

Najczęściej spotykane rodzaje LSA

- Typ 1: Router LSA
 - Generowane przez router dla każdej strefy do której należy, opisuje łącza, którymi dysponuje router. Rozgłaszane w obrębie danej strefy.
- Typ 2: Network LSA
 - Generowane przez router w sieciach wielodostępowych. Opisuje sieć i routery OSPF połączone do danej sieci. Rozgłaszane w obrębie strefy zawierającej daną sieć.
- Typ 3 & 4: Summary LSA
 - Generowane przez ABR i rozsyłane w strefie 0 (backbone). Opisują listę sieci IP w danej strefie (typ 3) oraz routerów ASBR (typ 4) osiągalnych za pośrednictwem danego ABR.
- Typ 5: External LSA
 - Generowane przez ASBR. Opisują listę zewnętrznych (znajdujących się w innych systemach autonomicznych) sieci IP osiągalnych za pośrednictwem danego ASBR. **Rozsyłane w całym systemie autonomicznym (za wyjątkiem stref stub i totally-stubby-area).**
- Typ 7: External LSA
 - Jak typ 5 lecz w strefach NSSA. ABR konwertuje je na typ 5, który z kolei rozsyłany jest dalej na zwykłych zasadach.

Router LSA (Typ 1)

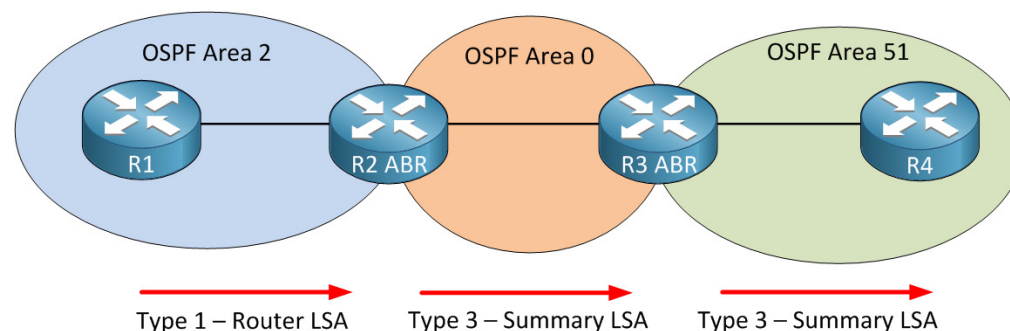
- Opisuje stan i koszt łączy danego routera, należących do danej strefy.
- Informacja o wszystkich takich łączach zawierana jest w jednym LSA.
 - Prefiks i długość maski adresu IP posiadanego przez router na interfejsie danego łącza.
 - Typ łącza: PtP, Transit network, Stub network, Virtual link.
- Rozgłaszane wyłącznie w obrębie danej strefy.
- Router określa czy jest ASBR, ABR lub końcem łącza wirtualnego.

Network LSA (Typ 2)

- Generowane dla każdej sieci rozgłoszeniowej lub NBMA (Non-Broadcast Multiple Access) należącej do strefy.
 - Czyli dla sieci wielodostępowych.
- Generowane wyłączenie przez DR.
- Zawiera:
 - Prefiks i długość maski adresu IP posiadanego przez DR na interfejsie danej sieci.
 - Informacje o wszystkich routerach OSPF dołączonych do danej sieci.
- Rozgłaszane wyłącznie w obrębie danej strefy.

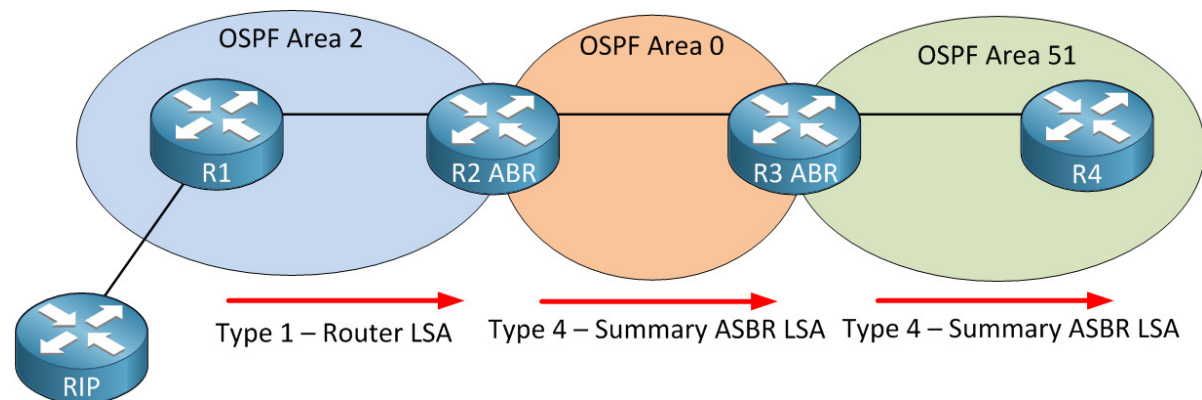
Summary LSA (Typ 3)

- Zawiera informacje o sieciach docelowych zlokalizowanych poza daną strefą, lecz ciągle w obrębie AS.
- Rozgłaszane do strefy 0 i w niektórych wypadkach docierające z niej do podłączonych do niej innych stref.
- Wysyłane do strefy 0 przez ABR strefy zawierającej daną sieć.
- Pomimo nazwy (summary) nie musi zawierać informacji zagregowanej.



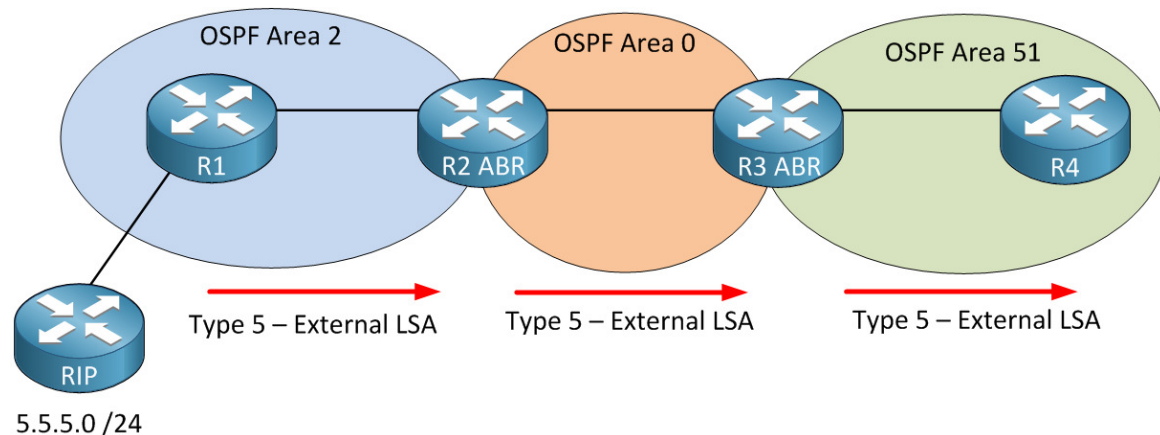
Summary ASBR LSA (Typ 4)

- Zawiera informacje o routerach ASBR znajdujących się w danej strefie.
- Rozgłaszane do strefy 0 i w niektórych wypadkach docierające z niej do podłączonych do niej innych stref.
- Wysyłane do strefy 0 przez ABR strefy zawierającej dany router ASBR.
- Pozwala routerom w innych strefach odnaleźć dany ASBR.



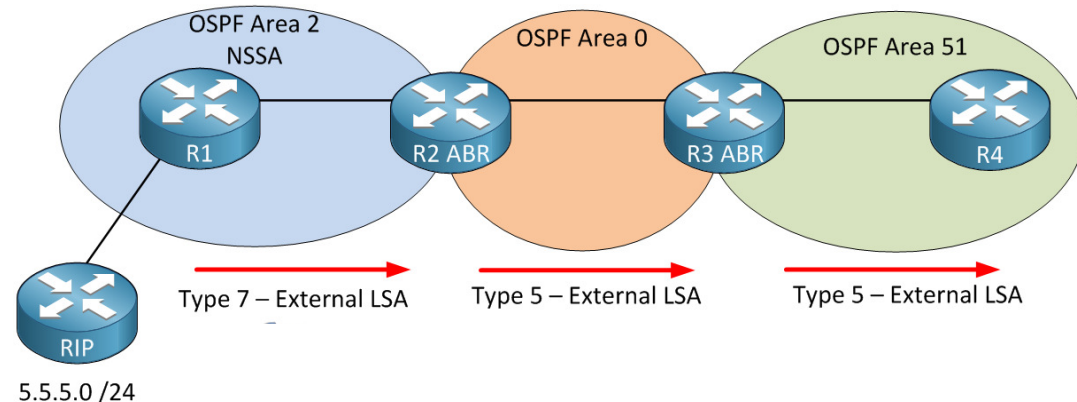
External LSA (Typ 5)

- Zawiera informacje o sieciach docelowych zlokalizowanych poza danym AS.
 - Należy do nich również trasa domyślna.
- Istnieją 2 rodzaje External LSA:
 - E1: Przy wyznaczaniu kosztu trasy brany są pod uwagę zarówno koszt ścieżki wewnątrz AS jak i koszt trasy zewnętrznej.
 - E2: Przy wyznaczaniu kosztu trasy brany są pod uwagę wyłącznie koszt trasy zewnętrznej.
- Generowane przez ASBR.
- Przekazywane do strefy 0 i w niektórych wypadkach docierające do podłączonych do niej innych stref.



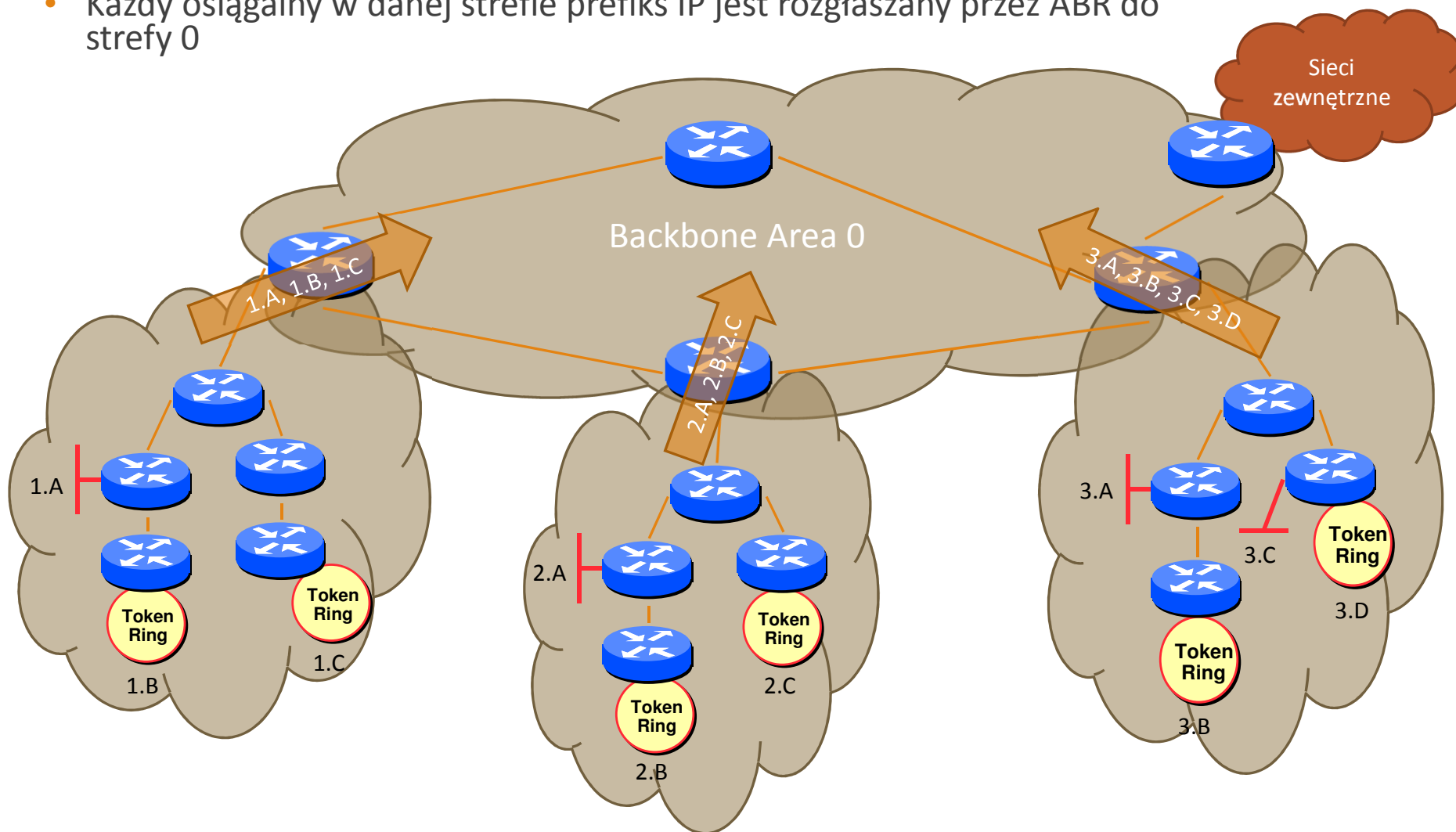
External LSA (Typ 7)

- Różnego rodzaju strefy stub nie zezwalają na rozgłaszanie LSA Typ 5.
- Strefa NSSA (Not-So-Stubby-Area) pozwala na funkcjonowanie routerów ASBR wewnątrz takiej strefy.
 - Konieczne jest przekazywanie z wewnątrz strefy NSSA do strefy 0 informacji o trasach typu External.
 - W tym celu ASBR generuje LSA Typ 7, który tłumaczony jest na klasyczny LSA Typ 5 przez ABR strefy NSSA i wysyłany do strefy 0.



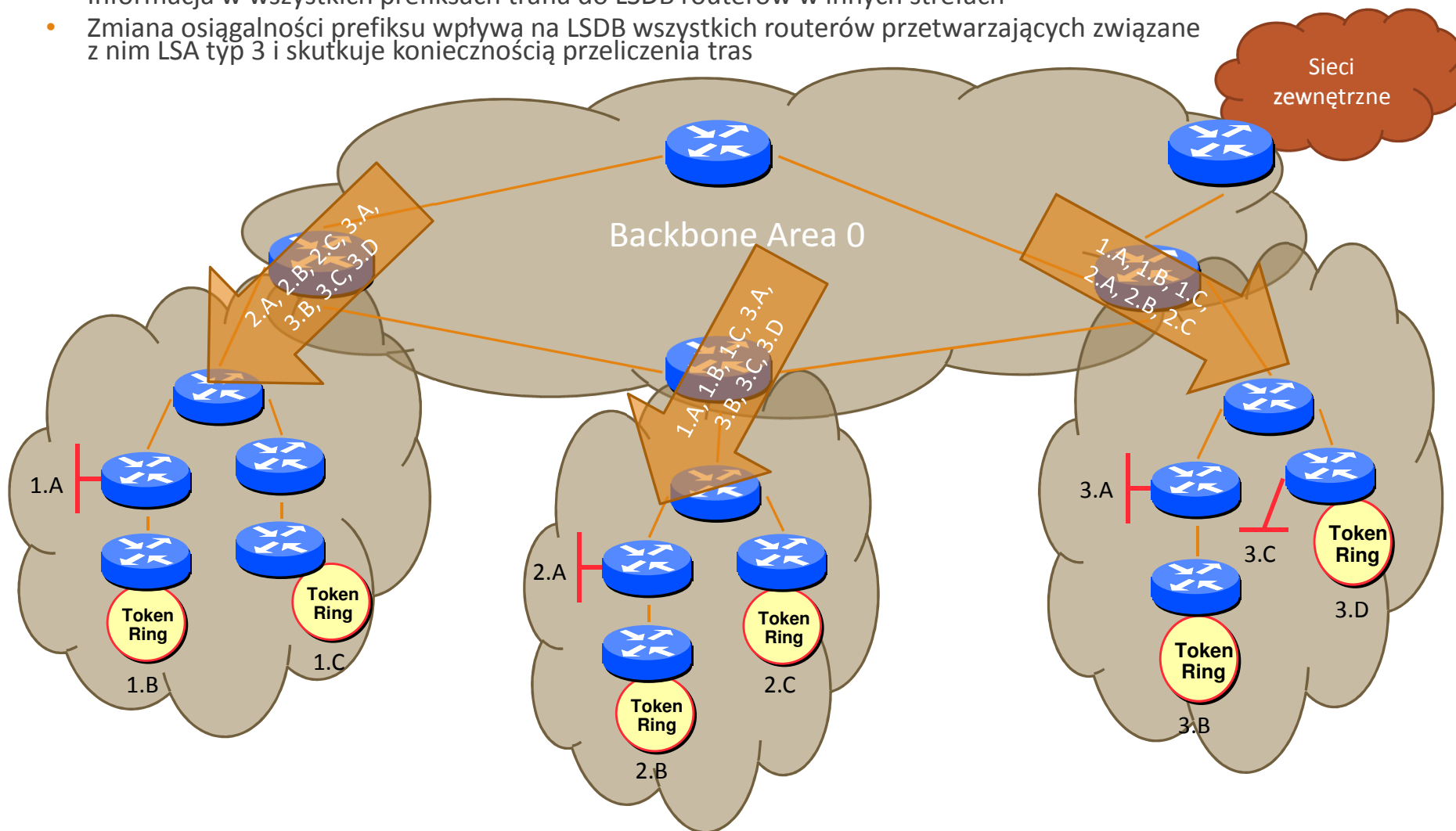
Brak sumowania tras

- Każdy osiągalny w danej strefie prefiks IP jest rozgłaszany przez ABR do strefy 0



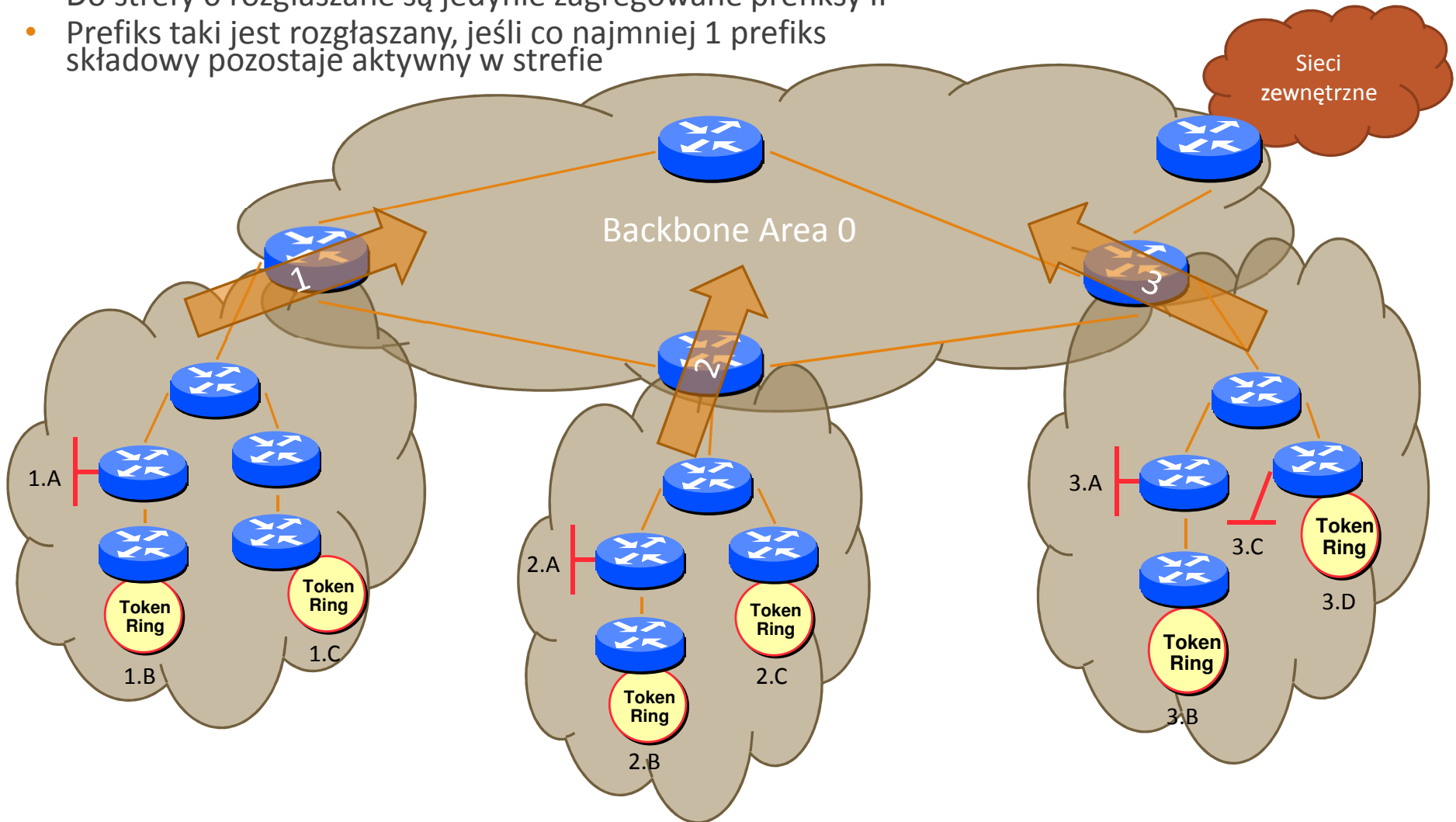
Brak sumowania tras

- Informacja w wszystkich prefiksach trafia do LSDB routerów w innych strefach
- Zmiana osiągalności prefiksu wpływa na LSDB wszystkich routerów przetwarzających związane z nim LSA typ 3 i skutkuje koniecznością przeliczenia tras



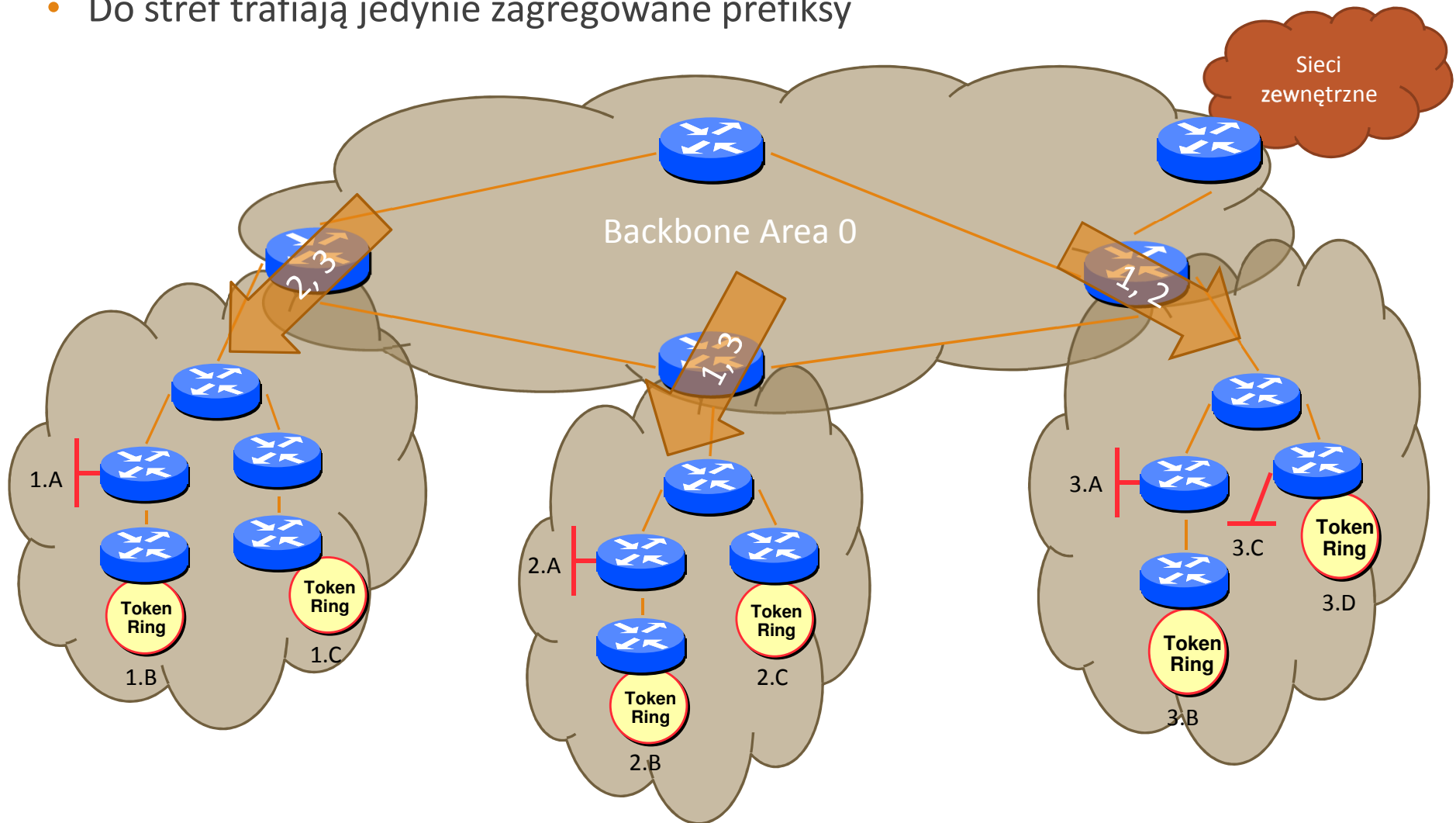
Agregacja tras

- Do strefy 0 rozgłaszane są jedynie zagregowane prefiksy IP
- Prefiks taki jest rozgłaszany, jeśli co najmniej 1 prefiks składowy pozostaje aktywny w strefie



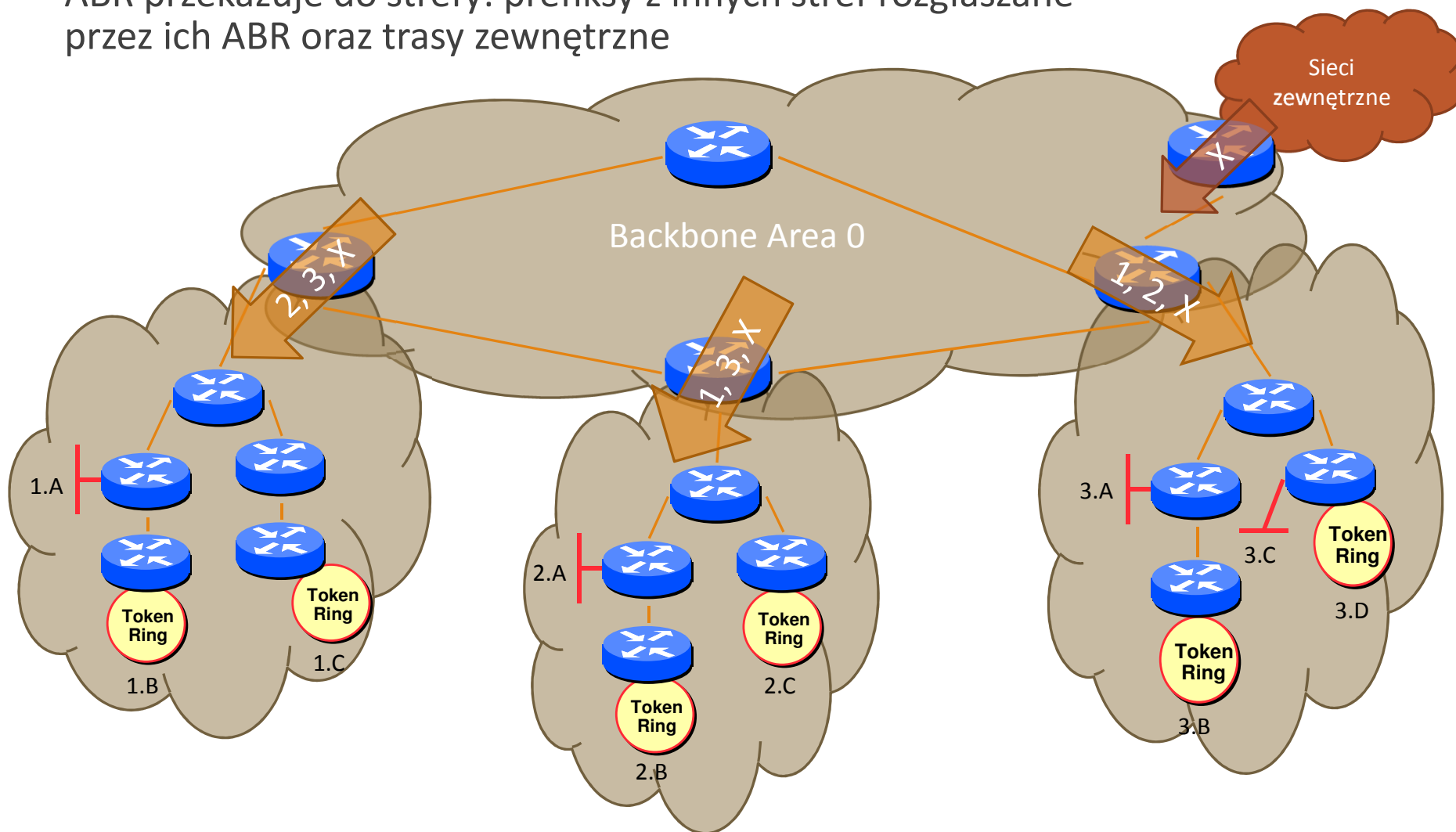
Agregacja tras

- Do stref trafiają jedynie zagregowane prefiksy



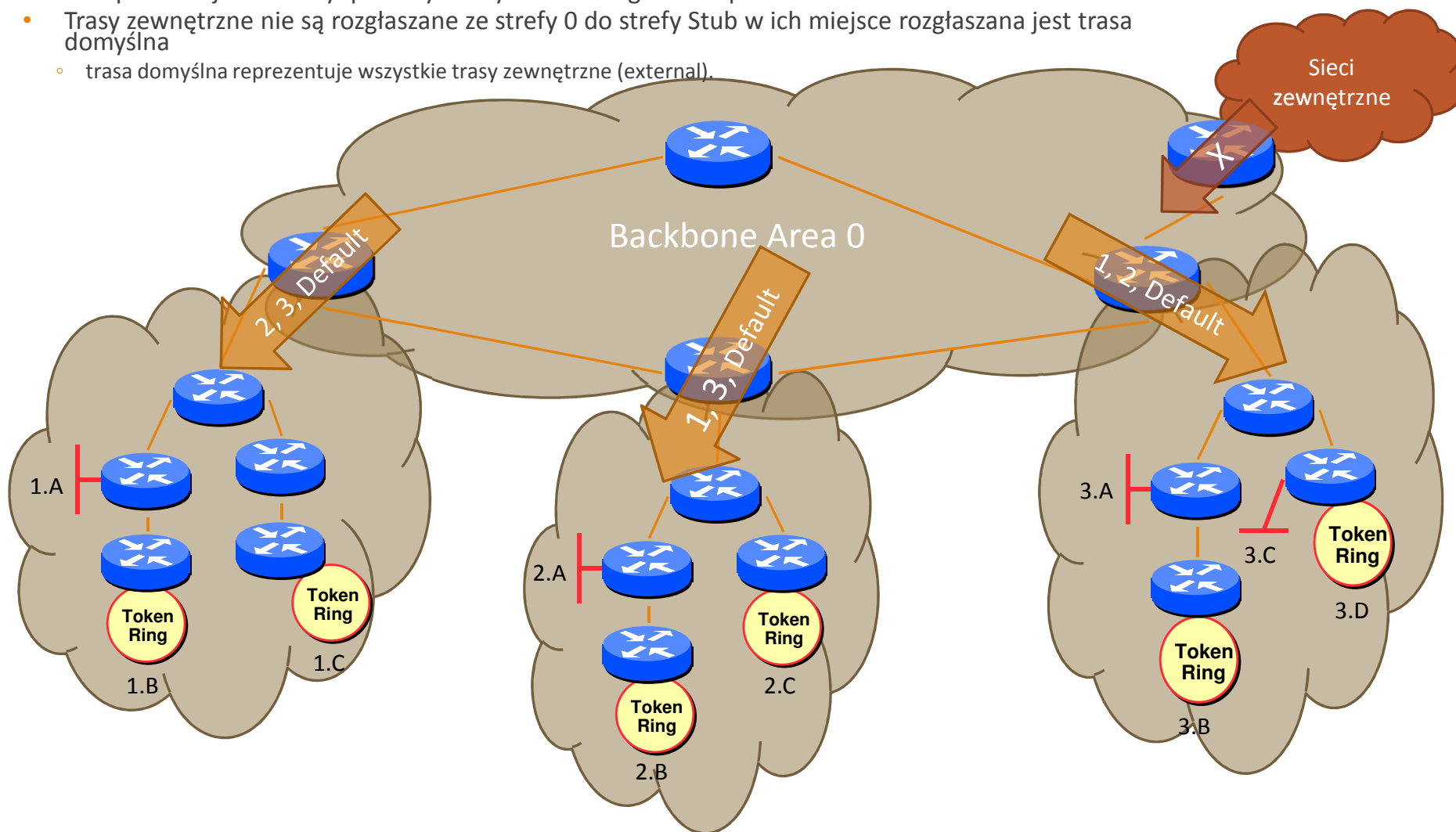
Strefa zwykła

- ABR przekazuje do strefy: prefiksy z innych stref rozgłaszane przez ich ABR oraz trasy zewnętrzne



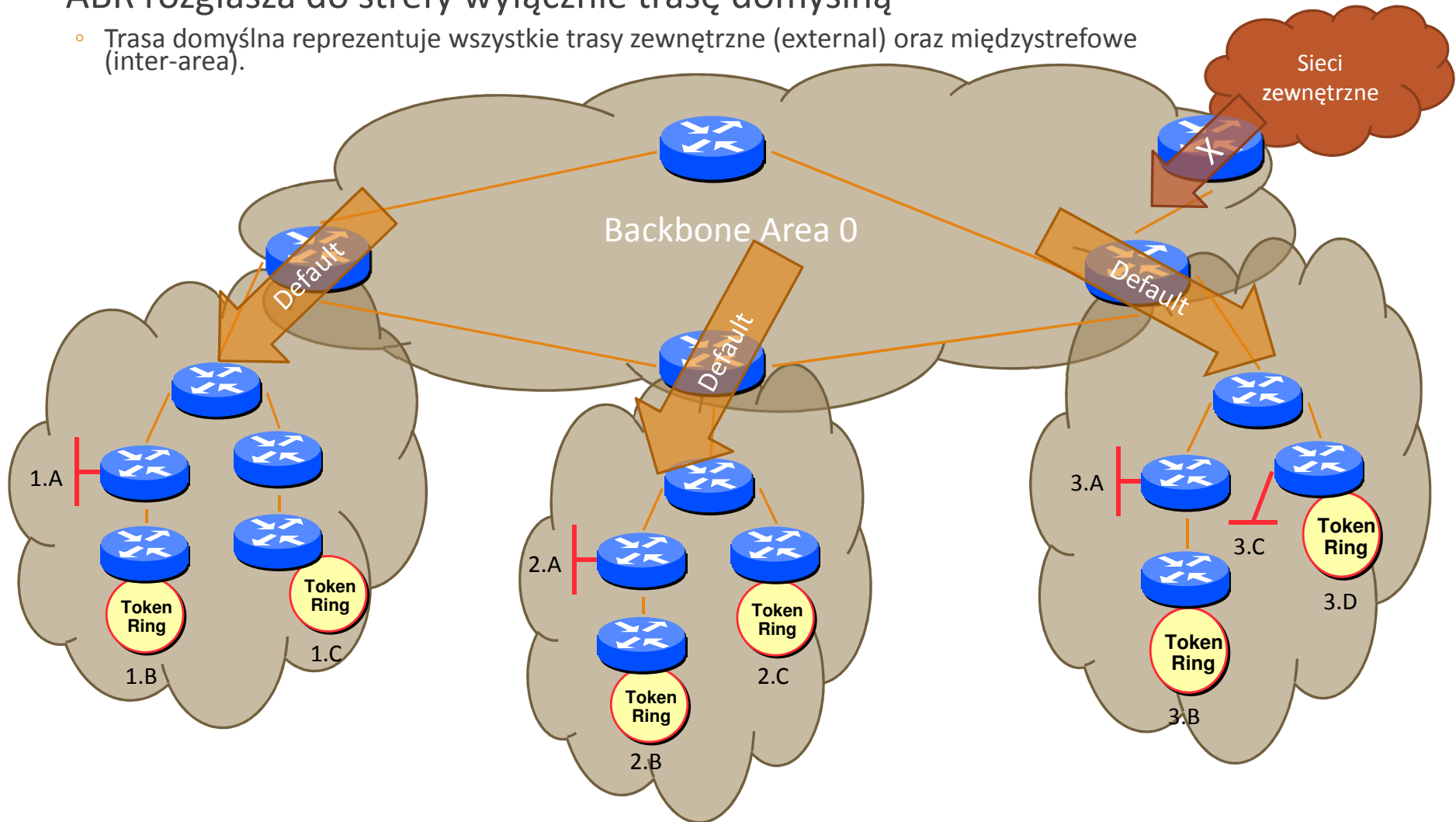
Stub Area

- ABR przekazuje do strefy: prefiksy z innych stref rozgłaszane przez ich ABR
- Trasy zewnętrzne nie są rozgłaszane ze strefy 0 do strefy Stub w ich miejsce rozgłaszana jest trasa domyślna
 - trasa domyślna reprezentuje wszystkie trasy zewnętrzne (external).



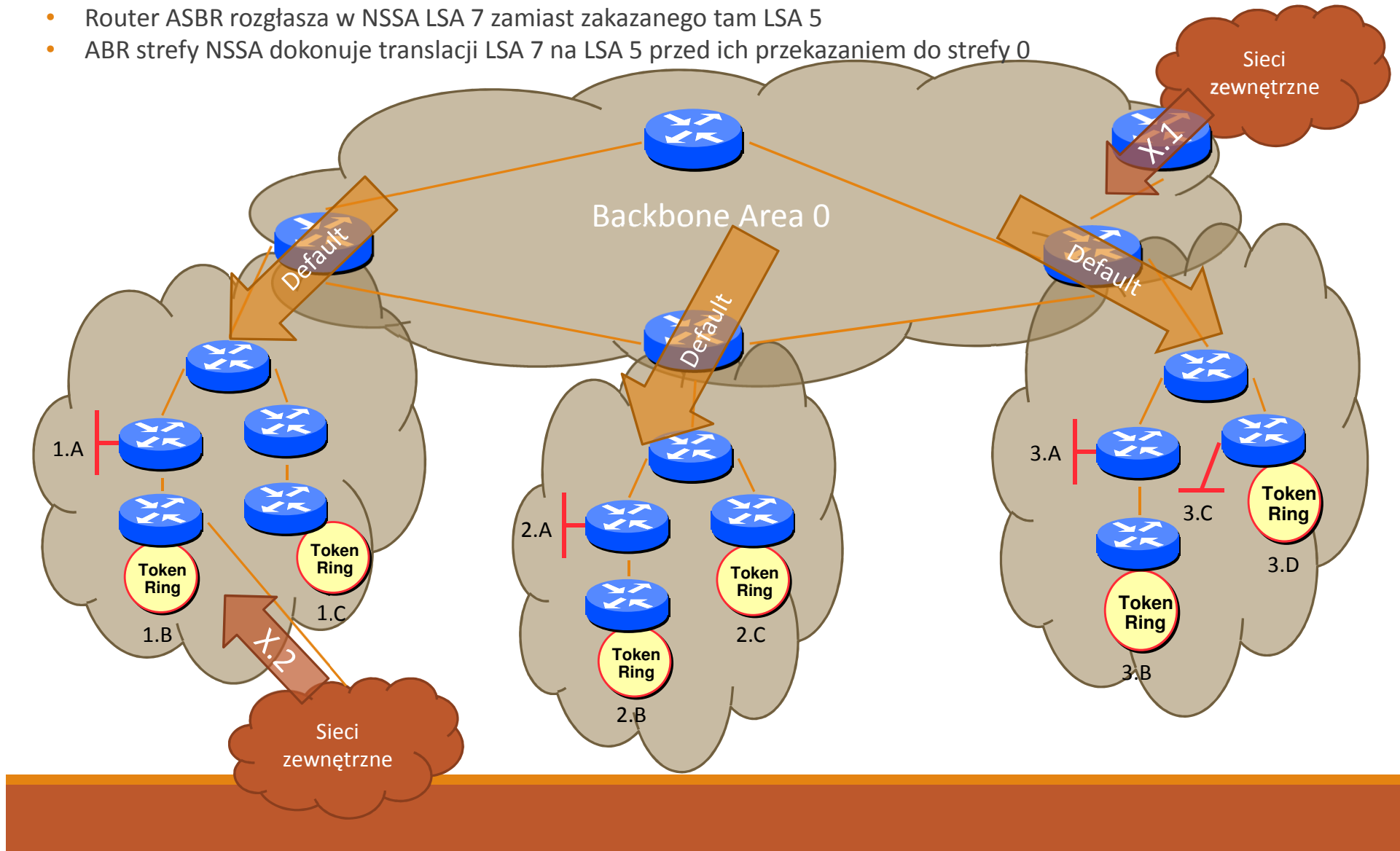
Totally Stubby Area

- ABR rozgłasza do strefy wyłącznie trasę domyślną
 - Trasa domyślna reprezentuje wszystkie trasy zewnętrzne (external) oraz międzystrefowe (inter-area).



Not So Stubby Area

- Umożliwia funkcjonowanie routera ASBR wewnątrz strefy NSSA
- Router ASBR rozgłasza w NSSA LSA 7 zamiast zakazanego tam LSA 5
- ABR strefy NSSA dokonuje translacji LSA 7 na LSA 5 przed ich przekazaniem do strefy 0



Projektowanie OSPF

- Prawidłowy plan adresacji IP – dostosowanie adresacji do struktury sieci
 - podstawa decydująca o efektywności funkcjonowania protokołu OSPF oraz routingu w obrębie AS,
 - pozwala zastosować sumowanie tras,
- Wykorzystanie stref typu STUB
 - ograniczenie ruchu kontrolnego,
 - ograniczenie liczby tras w tablicach routingu,
 - efektywna obsługa tras zewnętrznych,
- Sumowanie tras
 - ograniczenie ruchu kontrolnego pomiędzy strefą Backbone, a pozostałymi,
 - ograniczenie liczby tras w tablicach routingu innych stref.

OSPF Router ID



Jeśli istnieje interfejs loopback i posiada on adres IP, adres ten jest używany jako Router ID. Stabilne rozwiązanie.



W przeciwnym przypadku jako Router ID używany jest najwyższy numerycznie adres IP aktywnego interfejsu danego routera. Niebezpieczeństwo niekontrolowanych zmian.



Administrator może też skonfigurować Router ID ręcznie.