Netwerken
Deel 3 – Bedrijfsnetwerken, beveiliging en automatisering

Netwerken
Deel 3 – Bedrijfsnetwerken, beveiliging en automatisering

Versie 7

John Bakker

Boom beroepsonderwijs · Meppel · 2021

Boom beroepsonderwijs
info@boomberoepsonderwijs.nl
www.boomberoepsonderwijs.nl

Auteur: John Bakker
Redactie en opmaak: Henk Pel, Zeist
Titel: Netwerken – Deel 3 – Bedrijfsnetwerken, beveiliging en automatisering
ISBN 978 90 372 5910 0
Eerste druk / eerste oplage

Inhoud

0 Bedrijfsnetwerken, beveiliging en automatisering

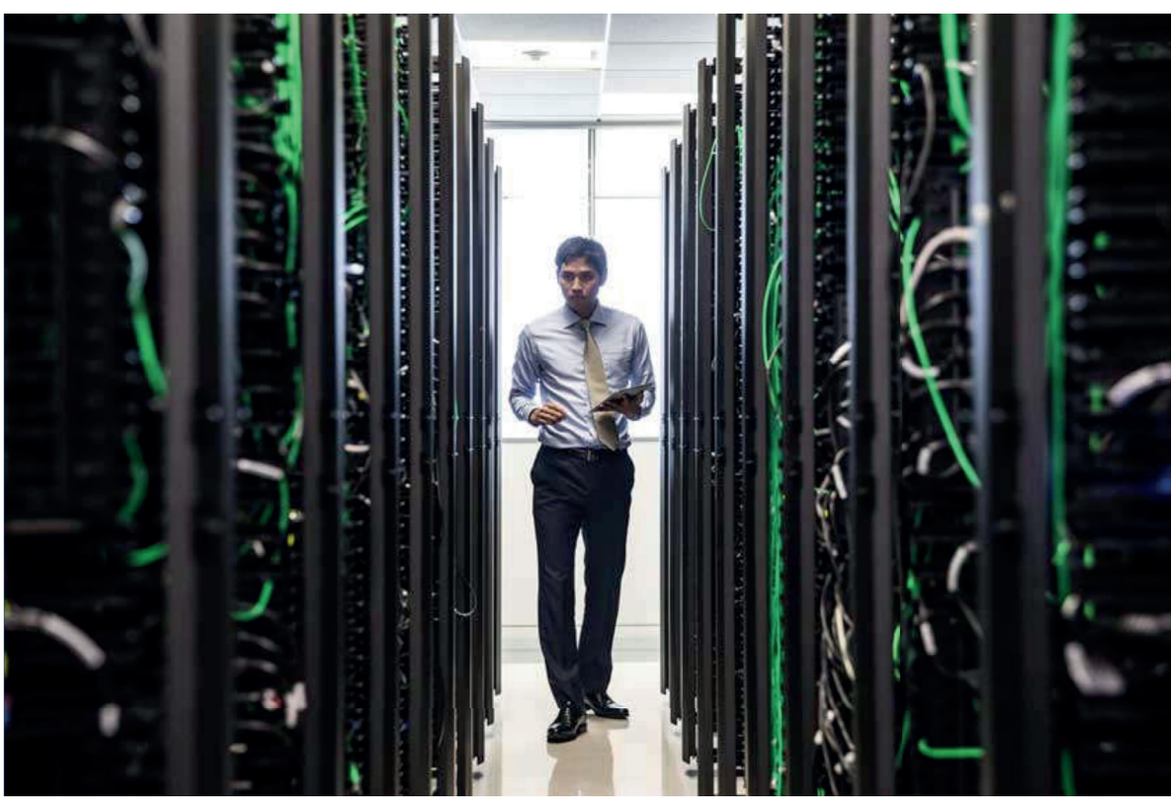
Networking Academy CCNAv7

Welkom bij de laatste cursus van het Cisco Networking Academy CCNAv7-curriculum, *Enterprise Networking, Security en Automation* (ENSA). Dit is de derde van drie cursussen die zijn afgestemd op het CCNA-certificeringsexamen. ENSA bevat 14 modules, elk met een reeks onderwerpen.

In *Bedrijfsnetwerken, beveiliging en automatisering* bouw je voort op de vaardigheden en kennis uit *Netwerken Deel 1* en *2* pas je ze toe op **Wide Area Networks** (WAN's). WAN's zijn grote, complexe netwerken die een geavanceerd begrip van de werking en beveiliging van het netwerk vereisen. ENSA laat je ook kennismaken met twee baanbrekende gebieden van netwerken: virtualisatie en automatisering.

Aan het einde van deze cursus kun je bedrijfsnetwerkapparaten configureren, troubleshooten en beveiligen. Je bent vertrouwd met Application Programming Interfaces (API's) en de tools voor configuratiebeheer die netwerkautomatisering mogelijk maken.

Wanneer je ENSA afgerond hebt, heb je de praktische ervaring opgedaan die je nodig hebt om je op het certificeringsexamen voor te bereiden. Je hebt ook de vaardigheden die nodig zijn voor rollen op associate-niveau in de informatie- en communicatietechnologie (ICT). Laat Cisco Networking Academy je helpen waar je wilt zijn!



LET OP!

Om de Packet-Tracer- en Lab-activiteiten te kunnen uitvoeren heb je de nieuwste versie van Packet Tracer nodig. Hiervoor is een account bij de Cisco Networking Academy nodig.

Ga naar netacad.boomberoepsonderwijs.nl om je aan te melden via je **School-** of **Boom-account** en volg de stappen zoals deze vervolgens op de site aangegeven zijn.

Heb je nog geen account, registreer je dan eerst als gebruiker via **Registreer**.

1 Single area OSPFv2-concepten

1.0 Inleiding

1.0.1 Waarom zou je dit hoofdstuk bestuderen?

Welkom bij de single area OSPFv2-concepten! Welkom bij het eerste hoofdstuk van CCNA Enterprise *Bedrijfsnetwerken, beveiliging en automatisering* v7.0!

Stel je voor dat het tijd is dat je familie je grootouders bezoekt. Je pakt je koffers en laadt ze in de auto. Maar dit duurt iets langer dan gepland en nu kom je te laat. Je haalt je wegenkaart tevoorschijn. Er zijn drie verschillende routes. Eén route is niet goed omdat er veel wegwerkzaamheden zijn op de hoofdweg en deze tijdelijk is afgesloten. Een andere route is erg mooi, maar het duurt nog een uur om op je bestemming te komen. De derde route is niet zo mooi, maar er is een snelweg, die veel sneller is. Deze route is zelfs zoveel sneller dat je misschien wel op tijd komt als je deze neemt.

Bij netwerken hoeven packets niet de landschappelijke route te nemen. De snelste beschikbare route is altijd de beste. Open Shortest Path First (OSPF) is ontworpen om het snelste beschikbare pad voor een packet van de source naar de destination te vinden. Dit hoofdstuk behandelt de basisconcepten van OSPFv2 in één gebied (single area). Laten we beginnen!

1.0.2 Wat leer je in dit hoofdstuk?

Er wordt uitgelegd hoe single area OSPFv2 werkt in zowel point-to-point- als in multi-access-netwerken. De paragrafen in dit hoofdstuk zijn:

Onderwerp	Doel
OSPF-functies en eigenschappen	Beschrijving van de basisfuncties en eigenschappen van OSPF.
OSPF-packets	Beschrijving van de OSPF-packet-typen die in een single area OSPF gebruikt worden.
OSPF-werking	Uitleg over hoe single area OSPF werkt.

1.1 OSPF-functies en -eigenschappen

1.1.1 Inleiding in OSPF

Deze paragraaf geeft een kort overzicht van Open Shortest Path First (OSPF), dat single area en multi-area omvat. OSPFv2 wordt gebruikt voor IPv4-netwerken. OSPFv3 wordt gebruikt voor IPv6-netwerken. De primaire focus van dit hele hoofdstuk is OSPFv2 met single area (één gebied).

OSPF is een **Link-state**-routingprotocol dat als alternatief ontwikkeld is voor het **Distance Vector Routing Information Protocol** (RIP). RIP was een acceptabel routingprotocol in de begintijd van netwerken en internet. De RIP-afhankelijkheid van het aantal hops als enige metric voor het bepalen van de beste route werd echter al snel problematisch. Het gebruik van het aantal hops is niet goed schaalbaar in grotere netwerken met meerdere paden met verschillende snelheden. OSPF heeft aanzienlijke voordelen ten opzichte van RIP doordat het snellere convergentie biedt en naar veel grotere netwerkimplementaties opgeschaald kan worden.

OSPF is een **Link-state**-routingprotocol dat gebruikmaakt van het concept van area's (gebieden). Een netwerkbeheerder kan het routingdomein opsplitsen in verschillende gebieden die helpen bij het beheren van routing-updateverkeer. Een link is een interface op een router. Een link is ook een netwerksegment dat twee routers met elkaar verbindt, of een stub-netwerk zoals een Ethernet LAN dat is aangesloten op een enkele router. Informatie over de status van een link wordt een linkstatus genoemd. Alle informatie over de linkstatus omvat het netwerkprefix, de prefixlengte en de costs.

Dit hoofdstuk behandelt eenvoudige OSPF-implementaties en configuraties met één gebied.

1.1.2 Onderdelen van OSPF

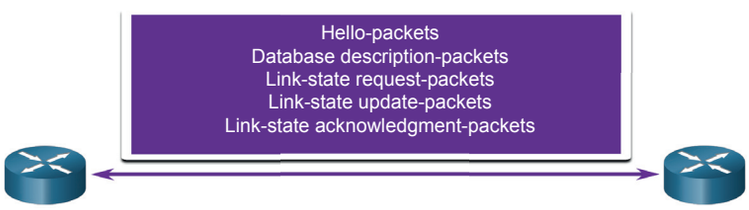
Alle routingprotocollen delen vergelijkbare componenten. Ze gebruiken allemaal routingprotocolberichten om route-informatie uit te wisselen. De berichten helpen bij het opbouwen van datastructuren, die vervolgens met behulp van een routingalgoritme verwerkt worden.

Routers met OSPF wisselen berichten uit om routinginformatie over te brengen met behulp van vijf soorten packets. Deze packets zie je in figuur 1-1:

1. Hello-packet
2. Database description-packet
3. Link-state-request-packet
4. Link-state-update-packet
5. Acknowledgment-packet voor verbindingstoestand

Routingprotocolberichten

Deze pakketten worden gebruikt om naburige routers te ontdekken en ook om routinginformatie uit te wisselen om nauwkeurige informatie over het netwerk bij te houden.



Figuur 1-1 *Routers wisselen Hello-packets uit*

Datastructuren

Er worden OSPF-berichten gebruikt om de volgende drie OSPF-databases te maken en te onderhouden:

- **Adjacency-database** – Deze creëert de neighbor-tabel.
- **Link-state-database** (LSDB) – Hiermee wordt de topologietabel gemaakt.
- **Forwarding-database** – Deze creëert de routetabel.

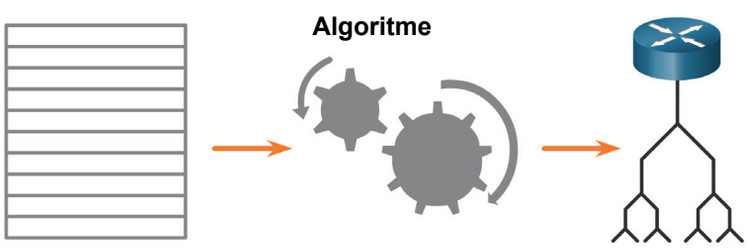
Deze tabellen bevatten een lijst van aangrenzende routers om routinginformatie uit te wisselen. De tabellen worden bewaard en onderhouden in RAM. In de volgende tabel zijn de commando's te zien die gebruikt worden om elke tabel weer te geven.

Database	Tabel	Beschrijving
Adjacency-database	Neighbor-tabel	▸ Lijst met alle neighbor-routers waarmee een router bidirectionele communicatie tot stand heeft gebracht. ▸ Deze tabel is uniek voor elke router. ▸ Kan bekeken worden met het commando **show ip ospf neighbor**.
Link-state-database	Topologietabel	▸ Geeft informatie over alle andere routers in het netwerk. ▸ Deze database vertegenwoordigt de netwerktopologie. ▸ Alle routers binnen een gebied hebben identieke LSDB. ▸ Kan met het databasecommando **show ip ospf** bekeken worden.
Forwarding-database	Routetabel	▸ Lijst met routes die gegenereerd worden wanneer een algoritme op de Link-state-database uitgevoerd wordt. ▸ De routetabel van elke router is uniek en bevat informatie over hoe en waar pakketten naar andere routers gestuurd kunnen worden. ▸ Kan met het commando **show ip route** bekeken worden.

Algoritme

De router stelt de topologietabel samen met behulp van berekeningen op basis van het Dijkstra shortest-path first-algoritme (SPF). Het SPF-algoritme is gebaseerd op de cumulatieve kosten om een bestemming te bereiken.

Het SPF-algoritme maakt een SPF-tree door elke router in de root van de tree te plaatsen en het kortste pad naar elk knooppunt te berekenen. De SPF-tree wordt vervolgens gebruikt om de beste routes te berekenen. OSPF plaatst de beste routes in de forwarding-database, die gebruikt wordt om de routetabel te maken.



Figuur 1-2 *Werking algoritme*

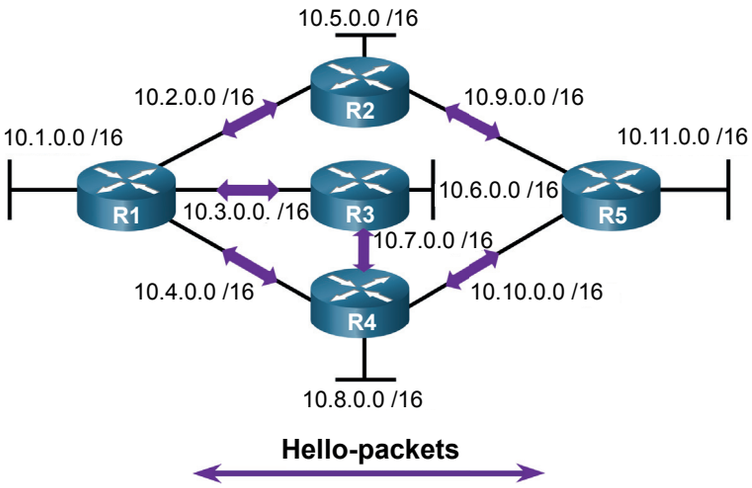
1.1.3 Werking Link-State

Om routinginformatie bij te houden, voeren OSPF-routers een generiek link-state-routingproces uit om een staat van convergentie te bereiken. Figuur 1-3 toont een topologie van vijf routers. Elke link tussen routers is gelabeld met een cost-waarde. In OSPF wordt de cost gebruikt om het beste pad naar de bestemming te bepalen. Hieronder volgen de routingstappen voor de link-status die door een router worden voltooid:

1. Bouw neighbor adjacencies op.
2. Wissel link-state-advertenties uit.
3. Bouw de link-state-database op.
4. Voer het SPF-algoritme uit.
5. Kies de beste route.

Bouw neighbor adjacencies op

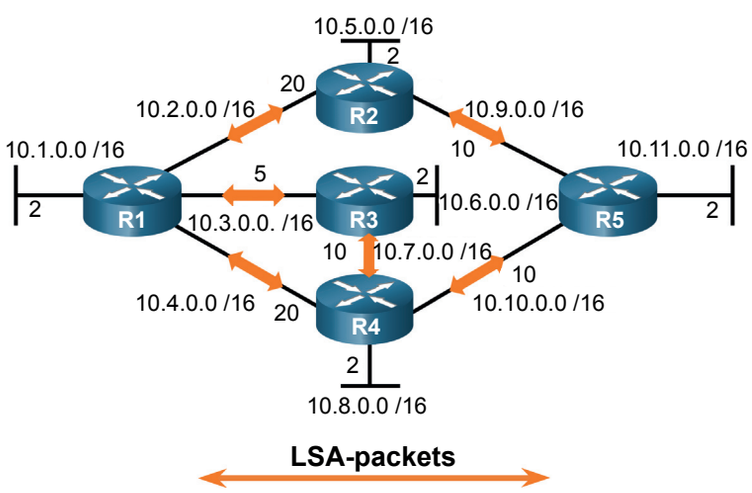
Routers die OSPF ondersteunen, moeten elkaar op het netwerk herkennen voordat ze informatie kunnen delen. Een OSPF-compatibele router verstuurt **Hello**-packets via alle OSPF-compatibele interfaces om te bepalen of er neighbors (buren) aanwezig zijn op die links. Als er een neighbor aanwezig is, probeert de router met OSPF-functionaliteit een adjacency (gemeenschap) met die neighbor tot stand te brengen.



Figuur 1-3 *Routers wisselen Hello-packets uit*

Wissel link-state-advertenties uit

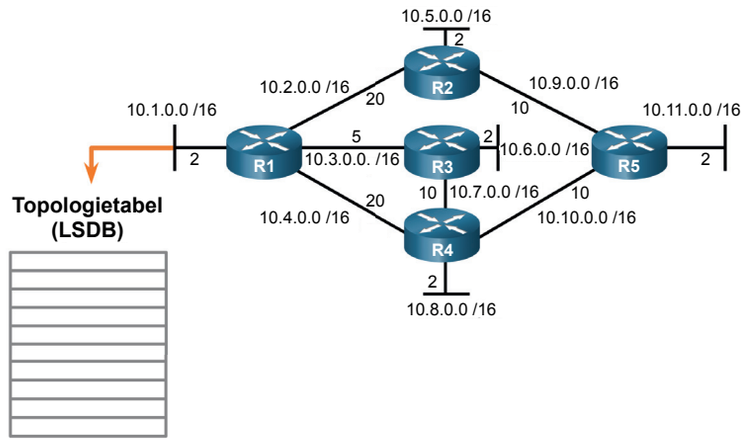
Nadat de adjacencies tot stand gebracht zijn, wisselen routers vervolgens link-state-advertenties (LSA's) uit. LSA's bevatten de status en costs van elke direct verbonden link. Routers versturen hun LSA's naar aangrenzende neighbors. Aangrenzende neighbors die de LSA ontvangen, versturen de LSA onmiddellijk door naar andere direct verbonden neighbors, totdat alle routers in het gebied alle LSA's hebben.



Figuur 1-4 *Routers wisselen LSA's uit*

Bouw de link-state-database op

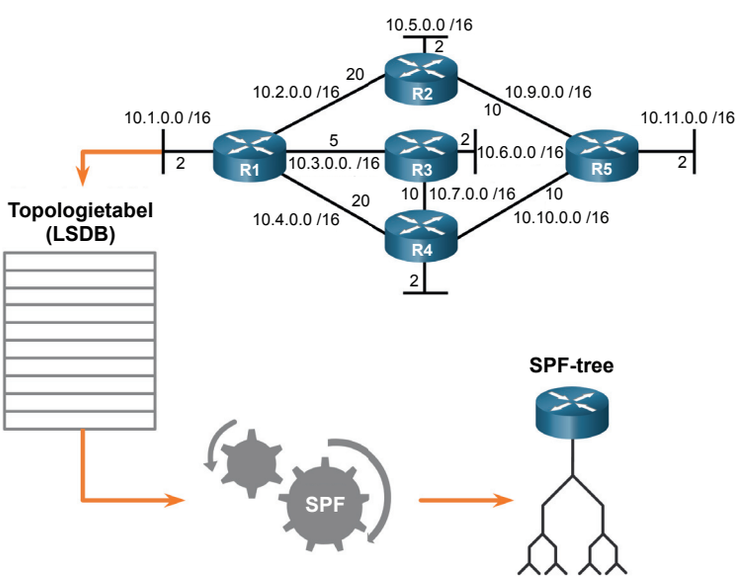
Nadat de LSA's ontvangen zijn, bouwen OSPF-compatibele routers de topologietabel (LSDB) op basis van de ontvangen LSA's op. Deze database bevat uiteindelijk alle informatie over de topologie van de area.



Figuur 1-5 *R1 bouwt zijn topologietabel op*

Voer het SPF-algoritme uit

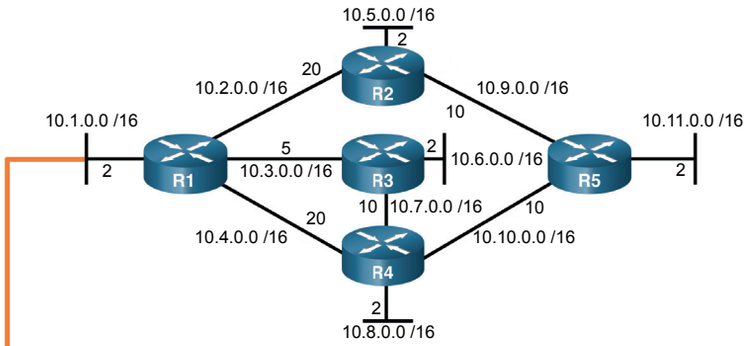
Routers voeren vervolgens het SPF-algoritme uit. De tandwielen in figuur 1-6 voor deze stap worden gebruikt om de uitvoering van het SPF-algoritme weer te geven. Het SPF-algoritme bouwt de SPF-tree op.



Figuur 1-6 *R1 stelt de SPF-tree samen*

Kies de beste route

Nadat de SPF-tree opgebouwd is, worden de beste paden naar elk netwerk aan de IP-routetabel aangeboden. De route wordt in de routetabel ingevoegd, tenzij er een route-source naar hetzelfde netwerk is met een lagere administrative distance (AD), zoals een statische route. Routebeslissingen worden op basis van de data in de routetabel genomen.



Destination	Shortest Path	Cost
10.5.0.0 /16	R1 → R2	22
10.6.0.0 /16	R1 → R3	7
10.7.0.0 /16	R1 → R3	15
10.8.0.0 /16	R1 → R3 → R4	17
10.9.0.0 /16	R1 → R2	30
10.10.0.0 /16	R1 → R3 → R4	25
10.11.0.0 /16	R1 → R3 → R4 → R5	27

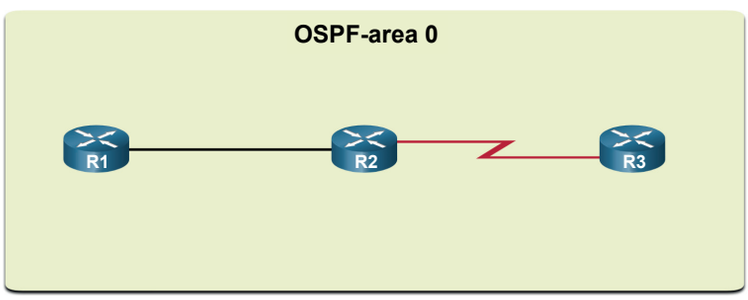
Figuur 1-7 *Inhoud van de SPF-tree van R1*

1.1.4 Single area en multi-area OSPF

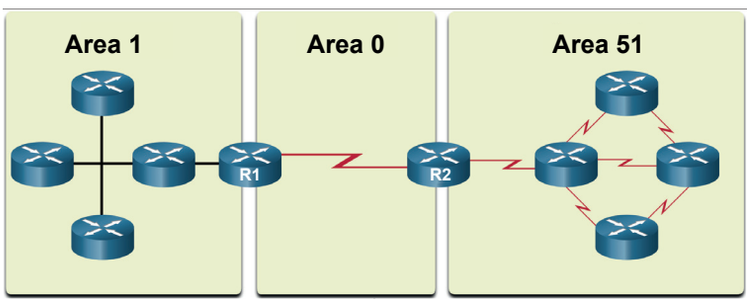
Om OSPF efficiënter en schaalbaarder te maken, ondersteunt OSPF hiërarchische routing met behulp van area's. Een OSPF-area is een groep routers die dezelfde link-statusinformatie in hun LSDB's delen. OSPF kan op twee manieren geïmplementeerd worden:

- **Single area OSPF** – Alle routers bevinden zich in één area. Je kunt het beste **area 0** gebruiken.
- **Multi-area OSPF** – OSPF wordt in meerdere area's geïmplementeerd, op een hiërarchische manier. Alle area's moeten verbinding met de backbone-area (area 0) maken. Routers die area's met elkaar verbinden, worden **Area Border Routers** (ABR's) genoemd.

De focus van dit hoofdstuk ligt op OSPFv2 met één area.



Figuur 1-8 *Single area OSPF*



Figuur 1-9 *Multi-area OSPF*

1.1.5 Multi-area OSPF

Bij multi-area OSPF kan één groot routingdomein in kleinere area's onderverdeeld worden om hiërarchische routing te ondersteunen. Routing vindt nog steeds plaats tussen de gebieden (inter-area-routing), terwijl veel van de processor-intensieve routingbewerkingen, zoals het herberekenen van de database, binnen één area gehouden worden.

Elke keer dat een router bijvoorbeeld nieuwe informatie ontvangt over een topologieverandering binnen de area (inclusief het toevoegen, verwijderen of wijzigen van een link), moet de router het SPF-algoritme opnieuw uitvoeren, een nieuwe SPF-tree maken en de routetabel bijwerken. Het SPF-algoritme is CPU-intensief en de tijd die nodig is voor de berekening is afhankelijk van de grootte van de area.

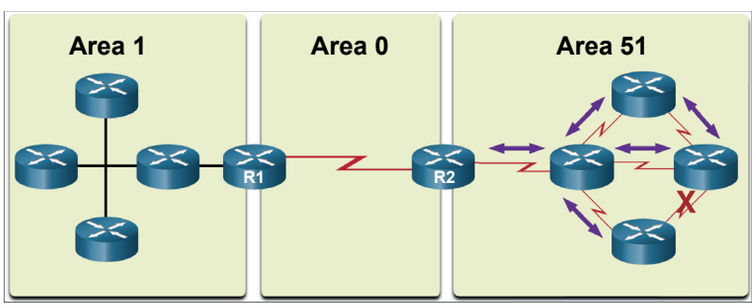
Opmerking Routers in andere area's ontvangen updates met betrekking tot wijzigingen in de topologie, maar deze routers werken alleen de routetabel bij en voeren het SPF-algoritme niet opnieuw uit.

Te veel routers in één area zouden de LSDB's erg groot maken en de belasting van de CPU vergroten. Daarom verdeelt het rangschikken van routers in area's een potentieel grote database effectief in kleinere en beter beheersbare databases.

De ontwerpopties voor hiërarchische topologie met OSPF met meerdere area's kunnen de volgende voordelen bieden:

- **Kleinere routetabellen** – Tabellen zijn kleiner omdat er minder route-entries zijn. Dit komt omdat netwerkadressen tussen area's samengevoegd kunnen worden. Route-summary is niet standaard ingeschakeld.
- **Verminderde overhead bij het bijwerken van de link-status** – Het ontwerpen van OSPF met meerdere area's met kleinere area's minimaliseert de verwerkings- en geheugeneisen.
- **Verminderde frequentie van SPF-berekeningen** – Multi-area OSPF beperkt de impact van een topologieverandering tot één area. Het minimaliseert bijvoorbeeld de impact op het bijwerken van routing, omdat LSA-berichten bij de area-grens stoppen.

In figuur 1-10 is R2 bijvoorbeeld een ABR voor area 51. Een topologieverandering in area 51 zal ertoe leiden dat alle routers van area 51 het SPF-algoritme opnieuw uitvoeren, een nieuwe SPF-tree maken en hun IP-routetabellen bijwerken. De ABR, R2, zal een LSA sturen naar routers in het gebied 0, die uiteindelijk naar alle routers in het OSPF-routingdomein doorgestuurd worden. Dit type LSA zorgt ervoor dat routers in andere gebieden het SPF-algoritme niet opnieuw uitvoeren. Ze hoeven alleen hun LSDB en routetabel bij te werken.



Figuur 1-10 *Link-wijzigingen hebben alleen impact op de lokale area*

- Het uitvallen van de link heeft alleen invloed op de lokale area (area 51).
- De ABR (R2) isoleert de flooding van een specifieke LSA tot area 51.
- Routers in de area's 0 en 1 hoeven het SPF-algoritme niet uit te voeren.

1.1.6 OSPFv3

OSPFv3 is de OSPFv2-tegenhanger voor het uitwisselen van IPv6-prefixes. Zoals je weet wordt bij IPv6 het netwerkadres het prefix en het subnetmasker de prefixlengte genoemd.

Net als zijn IPv4-tegenhanger wisselt OSPFv3 routinginformatie uit om de IPv6-routetabel met externe prefixes te vullen.

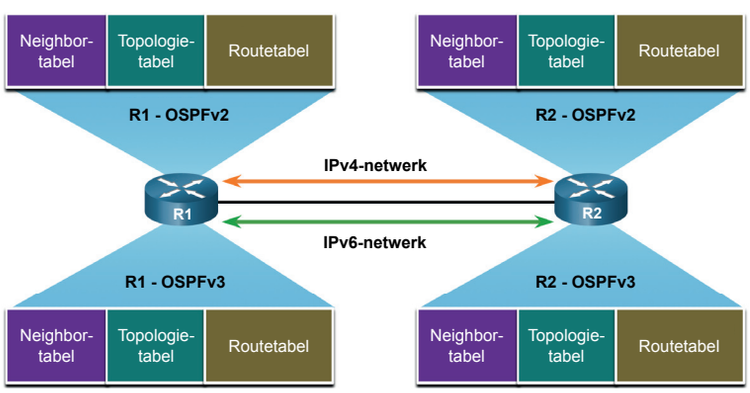
Opmerking Met de OSPFv3 Address Families-functie biedt OSPFv3 ondersteuning voor zowel IPv4 als IPv6. OSPF Address Families vallen buiten de scope van dit curriculum.

OSPFv2 draait op de IPv4-netwerklaag, communiceert met andere OSPF IPv4-peers en adverteert alleen IPv4-routes.

OSPFv3 heeft dezelfde functionaliteit als OSPFv2, maar gebruikt IPv6 als transport op de netwerklaag, communiceert met OSPFv3-peers en adverteert IPv6-routes. OSPFv3 gebruikt ook het SPF-algoritme als de reken-engine om de beste paden door het routingdomein te bepalen.

OSPFv3 heeft andere processen dan zijn IPv4-tegenhanger. De processen en bewerkingen zijn in principe hetzelfde als in het IPv4-routingprotocol, maar werken onafhankelijk. OSPFv2 en OSPFv3 hebben elk aparte adjacency-tabellen, OSPF-topologietabellen en IP-routetabellen, zoals in figuur 1-11 te zien is.

De OSPFv3-configuratie- en verificatiecommando's zijn vergelijkbaar met die van OSPFv2.



Figuur 1-11 *OSPFv2- en OSPFv3-datastructuren*

1.1.7 Test je kennis – OSPF-functies en -eigenschappen

Test je kennis van de OSPF-functies en -eigenschappen door het beste antwoord op de volgende vragen te kiezen.

1 Welke van de volgende OSPF-componenten is aan de neighbor-tabel gekoppeld?

a Dijkstra's algoritme
b Link-state-database
c Routingprotocolberichten
d Adjacency-tabel
e Forwarding-database