

## Überblick: OSPF Terminologie (thematisch gegliedert)

### Hierarchischer Aufbau

Autonomous system (AS)	<p>Eine Gruppe von Netzwerken unter einer einzelnen administrativen Kontrolle, die auf der gleichen Routing-Strategie basieren (man spricht auch von einer Routing-Domäne).</p> <p>Um ein AS von einem anderen zu trennen, wird einer AS eine <b>eindeutige ID von 1 bis 65535</b> zugeordnet. Die IANA (Internet Assigned Numbers Authority) ist für die Vergabe dieser Nummern zuständig. Wie bei IP-Adressen gibt es jedoch auch hier <b>öffentliche und private AS Nummern</b>. Um mit einem externen Routing-Protokoll mit anderen öffentlichen Netzen Routing-Informationen austauschen zu können muß das AS eine öffentliche Nummer haben. Wenn die Routing-Informationen nur intern ausgetauscht werden kann eine private AS verwendet werden. Protokolle die AS verstehen: IGRP, EIGRP, OSPF, IS-IS und BGP.</p>
Area(s)	<p>Areas teilen ein AS in hierarchische Bereiche auf. Areas sind normalerweise über Router mit anderen Areas verbunden. Sie werden verwendet um zu kontrollieren wann, wie viele und welche Routinginformationen über das Netzwerk übermittelt werden, zwecks bessere Ausnutzung der Ressourcen.</p> <p>In einem hierarchischen Netzwerk, wirken sich Änderungen in der Netzstruktur nur auf die beteiligte Areas aus.</p> <p>OSPF implementiert eine 2-Schichten Hierarchie von areas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• das backbone (area 0) und</li> <li>• areas die mit dem backbone, direkt oder indirekt, verbunden sind (areas 1 bis 65535).</li> </ul> <p>Es gibt jedoch insgesamt fünf unterschiedliche Arten von areas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>backbone</b> area</li> <li>• <b>ordinary</b>, standard area</li> <li>• <b>stub</b> area</li> <li>• <b>totally</b> stubby area</li> <li>• NSSA (not so stubby area)             <ul style="list-style-type: none"> <li>• totally NSSA (Cisco proprietär)</li> </ul> </li> </ul>
Internal Router	ist nur mit anderen Routern und Stationen innerhalb einer area verbunden.
Backbone Router	besitzt mindestens eine Schnittstelle zum Backbone.
Area Border Router (ABR)	ist mit mehreren areas verbunden.
Autonomous System Border Router (ASBR)	verfügt über Verbindungen nach ausserhalb des AS
intra-area-routing	Bezeichnung für Routen innerhalb einer Area.
inter-area-routing	Bezeichnung für Routen die Areas miteinander verbinden.
autonomous system external route	Routen, die sich nicht auf Areas beziehen.

## OSPF Netzwerke

<p>Broadcast Multiaccess Networks (BMA) "ip ospf network broadcast"</p>	<p>LAN Netzwerke (Ethernet, Token Ring, FDDI).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Umgebung <b>werden DR und BDR gewählt</b>, um die Anzahl der adjacencies zu verringern.</li> <li>• Versendung von <b>Multicast</b> Paketen.</li> </ul>
<p>Point-to-Point (P2P) "ip ospf network point-to-point"</p>	<p>Punkt-zu-Punkt Verbindungen (z.B. über serial line).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Umgebung werden <b>DR und BDR nicht gewählt</b>, über Pt-to-Pt direkt verbunden Router sind immer adjacent.</li> <li>• Versendung von <b>Multicast</b> Paketen.</li> </ul>
<p>Point-to-Multipoint (P2MP) "ip ospf network point-to-multipoint"</p>	<p>WAN Netzwerke (z.B. Frame Relay "Hub and Spoke") Point-to-Multipoint bezeichnet ein einzelnes Interface, das über VCs zu unterschiedliche Zielen führt. Diese Technologie verwendet ein IP Subnetz für alle angeschlossenen Endpunkte (ähnlich LAN).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Umgebung werden <b>DR und BDR nicht gewählt</b>, verbunden Router sind immer adjacent.</li> <li>• Versendung von <b>Multicast</b> Paketen.</li> </ul>
<p>Point-to-Multipoint Non-Broadcast (Cisco proprietär) "ip ospf network point-to-multipoint non-broadcast"</p>	<p>Wie Point-to-Multipoint, jedoch im Non-Broadcast Mode:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Umgebung werden <b>DR und BDR nicht gewählt</b>, verbunden Router sind immer adjacent.</li> <li>• Versendung von <b>Unicast</b> Paketen. Manuelle Konfiguration durch den Administrator notwendig (neighbor).</li> </ul>
<p>Non-broadcast Multiaccess Networks (NBMA) "ip ospf network non-broadcast"</p>	<p>WAN Netzwerke (Frame Relay, X.25, ATM) Einige Point-to-Multipoint Netzwerke unterstützen keinen Broadcast bzw. Multicast Datenverkehr. Die Verbindung wird als eindeutige Pt-to-Pt Link betrachtet, die jedoch zu unterschiedlichen Zielen führt. Diese Technologie verwendet ein IP Subnetz für alle angeschlossenen Endpunkte (ähnlich LAN).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Umgebung <b>werden DR und BDR gewählt</b>.</li> <li>• Versendung von <b>Unicast</b> Paketen. Manuelle Konfiguration durch den Administrator notwendig (neighbor).</li> </ul>
<p>Wenn die default Einstellung von OSPF für den Link, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BMA (z.B. Ethernet LAN): broadcast</li> <li>• NBMA (z.B. Frame Relay): non-broadcast</li> <li>• Serial P2P: point-to-point</li> </ul> <p>nicht gefällt, kann im SubConfigurationMode des IF den Network Type konfigurieren (s.o.). ! Die Zuordnung des Network Type "broadcast" für NBMA Netzwerke ist Cisco proprietär !</p>	
<p>Virtual Links (Besonderheit)</p>	<p>Ein virtueller Link ist die logische P2P Verbindung eines Backbone Routers zu einem Router einer entfernten Area, die keine physikalische Verbindung zur Backbone Area hat (Ausnahmesituation). Man kann einen virtual Link mit einer OSPF-getunnelten Transitstrecke durch eine dritte Area vergleichen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In dieser Umgebung werden <b>DR und BDR nicht gewählt</b>, über einen virtual link verbundene Router sind immer adjacent.</li> <li>• Versendung von <b>Unicast</b> Paketen.</li> </ul>

## Nachbarschaften

Neighbor	Ein Router "on the same link", d.h. im gleichen Netzsegment mit dem Routinginformationen ausgetauscht werden.
Neighbor Table	Eine Tabelle, die alle Nachbarn enthält. Sie wird durch Hello Pakete aufgebaut (Hello Pakete enthalten Nachbarschaftslisten)
Adjacency	Wenn sich zwei benachbarte Router synchronisiert haben, d.h. sie haben die gleichen Informationen in ihrer Topologie-Datenbank, sind sie adjacent.
Designated router (DR)	nur in Multiaccess Networks (BMA, NBMA, P2MP) zur Vermeidung von "zu vielen" Adjacencies ( $2n-2$ gegen $n*(n-1)/2$ ) ist der DR ein Router der Adjacencies zu allen Routern im gleichen Multiaccess Netzwerk (Broadcast Segment) aufbaut <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Router mit der höchsten Priorität</b> wird DR;</li> <li>• <b>wenn gleich: höchste RID</b></li> </ul> Router mit der Priorität von 0 nehmen an der Wahl zum DR/BDR nicht teil Router antwortet auf Anfragen der adjacent Router
Backup designated router (BDR)	Ausfallsicherung für den DR Adjacencies zu allen Routern im gleichen Segment (wie DR) und zum DR Router mit der nächsthöheren Priorität/RID zum DR Router antwortet <u>nicht</u> auf Anfragen der adjacent Router
DROTHER	"Normal" Router im Multiaccess Net:weder DR noch BDR
Priority	Kriterium zur Auswahl eines DR/BDR <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Router mit der höchsten Priorität wird DR, der zweithöchste BDR</li> <li>• Priorität = 0: der Router wird niemals DR oder BDR (DROTHER)</li> <li>• gleiche Priorität: höchste RID</li> </ul>
Router ID (RID)	Jeder Router in einem OSPF-Netzwerk benötigt eine <b>eindeutige ID</b> . Diese ID wird in jede OSPF-Nachricht des Routers eingefügt. Auf diese Weise wird der Absender der Nachricht eindeutig identifiziert. Die Router-ID wird von OSPF auf folgenden Art festgelegt: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die <b>höchste IP-Adresse seiner Loopback-Schnittstelle</b></li> <li>2. Wenn keine Loopback-Schnittstelle konfiguriert wurde: Die <b>höchste IP-Adresse seiner aktiven Schnittstellen</b></li> </ol> Wenn keine Loopback-Schnittstelle konfiguriert wurde und keine andere Schnittstelle aktiv ist, kann <b>OSPF nicht starten, da er keine Router-ID ermitteln kann</b> . Es wird daher empfohlen immer eine Loopback-Schnittstelle zu konfigurieren, damit OSPF immer eine Router-ID bestimmen kann (denn die Loopback-Schnittstelle ist immer aktiv).

## Nachbarschaften aufbauen (neighbors/adjacencies)

Vorraussetzungen: folgende Einstellungen müssen übereinstimmen, sonst kann keine Nachbarschaft gebildet werden und es werden keine Routing-Informationen ausgetauscht.

- Die **area Nummer** und der **area Typ**
- Die Einstellungen für **hello und dead interval timers**
- Das OSPF Passwort, sofern eines vergeben wurde
- Das area Stub-Flag (CCNA uninteressant)

Down state	RTA sendet <b>Hello</b> Pakete an <b>224.0.0.5</b> (AllSPFRouters).
Attempt state	RTA <b>wartet auf Antwort.</b>
Init state	RTA erhält eine Antwort von RTB (mit seiner RID und einer Liste seiner Nachbarn - inklusiv RTA).
Two-way state	Eine bi-direktionale Verbindung mit RTB ist aufgebaut. <b>RTA hat sich selbst in der Liste der Nachbarn von RTB (im Antwort Hello von RTB) entdeckt.</b>
<p>Am Ende des Two-way State entscheidet der Router,          → ob eine Adjacency mit dem Nachbarrouter aufgebaut werden soll.          Diese Entscheidung wird durch die Verbindung zum Nachbarrouter beeinflusst (Netzwerk Typ) und falls es ein Multiaccess Network ist, ob der Nachbarrouter ein DR oder BDR ist.          Wenn eine Adjacency aufgebaut werden soll,          → dann: werden nach dem Two-way state die Informationen der Link-State Database ausgetauscht, d.h. die folgenden Stati werden durchlaufen          → sonst: verbleiben die Router im Two-way State          Tip: # sh ip ospf neighbors</p>	
Exstart state	In diesem Stus legen die benachbarten Router die <b>initial sequence number</b> und die <b>master/slave</b> Beziehung für die Synchronisation der LS-Database fest. Der Router mit der höchsten RID wird Master. Diese Unterscheidung ist nicht wirklich signifikant, sondern legt lediglich fest welcher Router mit der Kommunikation beginnt (die sequenz number vorgibt).
Exchange state	Austausch von <b>Database Description Packets (DDP)</b> , die zusammenfassende Information über die Links in der Topology Database des jeweiligen Routers enthalten (RID, Interface ID, Link ID, Costs).
Loading state	Im diesem Status werden die empfangen Informationen vervollständigt (DDP enthalten nur zusammenfassende Informationen über die Links). Der Router erstellt eine <b>Link-state Request List</b> (welche genaueren Informationen über welchen Link werden noch benötigt) und eine <b>Link-state Retransmission List</b> (welche Anfragen wurden noch nicht beantwortet). Kurz: RTA (slave) sendet <b>LSR</b> -Pakete (Link-state Request) an RTB (master) und wartet auf <b>LSU</b> -Pakete (Link-state Update) von RTB.
Full state (Fully adjacent)	Wenn alle LSU-Pakete erhalten wurden, die Topologie-Datenbank aktualisiert und mit dem Nachbar-Router synchronisiert ist, d.h. <b>die Nachbar-Router exakt das gleiche Abbild des Netzwerks in ihrer Topologie-Datenbank haben</b> , sind sie fully adjacent.

## Paketformate und Übertragung

Hello Packet	<p>Wird verwendet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• um Nachbarn zu finden</li> <li>• DR oder BDR festzulegen</li> <li>• Verbindungen zu überprüfen (wenn 4 x Hello Time kein Hello Paket vom Nachbarn erhalten wurde, wird die Verbindung als nicht erreichbar propagiert)</li> </ul>
Database Descriptor (DBD, DDP)	<p>Pakete die zwischen den Routern <b>während des Exchange State</b> ausgetauscht werden. DDP enthalten zusammenfassende Informationen über die Links in der Topology Database (<b>partial LSAs</b>).</p>
Link-state request (LSR)	<p>Falls ein Router nach Austausch von DDPs noch weitere Informationen über einen Link benötigt, sendet er ein LSR-Paket an den Nachbarrouter.</p>
Link-state update (LSU)	<p>Das LSU-Paket ist die Antwort eines Nachbarrouters auf ein LSR-Paket. Ein LSU enthält LSAs.</p>
Link-state acknowledgement (LSACK)	<p>Bestätigt den Erhalt von LSUs.</p>
Link-state advertisement (LSA)	<p>Pakete, die Verbindungen (link) eines Routers und deren Status (state) beschreiben. Es gibt unterschiedliche LSAs, die unterschiedliche Links beschreiben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Router link LSA (Type 1) injected by all OSPF Routers</li> <li>• Network link LSA (Type 2) injected by DRs only</li> <li>• Network summary link LSA (Type 3) injected by ABRs only</li> <li>• AS external ASBR summary link LSA (Type 4) points to ASBR</li> <li>• External link LSA (Type 5) injected by ASBRs only</li> <li>• NSSA external link LSA (Type 7)</li> </ul>
Flood	<p>Wenn sich Änderungen im Netzwerk ergeben, werden die entsprechenden Informationen als LSAs an alle Router im Netzwerk weitergeleitet (geflutet).</p>

## Aufbau der Routing Tabelle

Topology table (Topology Database, Link-state database)	Enthält eine Liste aller Router, deren Links und den Status dieser Links. Sie enthält so ebenfalls eine Liste aller Netzwerke und den Pfad in jedes dieser Netzwerke.										
Dijkstra algorithm (Shortest Path First (SPF))	Ein Algorithmus um aus den Informationen der Topology-Database die besten Pfade zu den Zielnetzwerken zu ermitteln.										
SPF tree	Baumstruktur des topologischen Netzwerks, wobei sich der jeweilige Router immer als die Wurzel des topologischen Netzes betrachtet. Der SPF tree wird durch den Dijkstra Algorithmus erzeugt, indem er die Datenbank aller Pfade derart beschneidet, daß zu jedem Zielnetzwerk nur noch ein "kürzester", schleifenfreier Pfad ermittelt wird.										
Routing table	Die Einträge aus dem SPF Tree werden in die Routing Tabelle des Router übernommen.										
Cost	Die Metrik von OSPF. OSPF benutzt <b>cost</b> als <b>Metrik</b> . Cost bedeutet, daß die Metrik vom Administrator selbst festgelegt werden kann , wobei verschiedene Kriterien (Metriken) verwendet werden können. Bei Cisco ist die default-Einstellung der Metrik eine inverse Darstellung der Bandbreite. Formel: <b><math>10^8 / \text{bps}</math></b> . Default Metriks (Costs) auf einem Cisco Router: <table style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>56-kbps serial link</td> <td>--&gt; 1785</td> </tr> <tr> <td>T1 (1,544 Mbps serial link)</td> <td>--&gt; 64</td> </tr> <tr> <td>Ethernet</td> <td>--&gt; 10</td> </tr> <tr> <td>16 Mbps Token Ring</td> <td>--&gt; 6</td> </tr> <tr> <td>FE</td> <td>--&gt; 1</td> </tr> </table> Die Default-Einstellung für die Bandbreite von WAN Schnittstellen auf Cisco Routern sollten mit dem <b>bandwidth</b> Kommando oder können mit dem <b>ip ospf cost</b> Kommando im IF-Subconfiguration Mode verändert werden. Auch die OSPF Berechnung der Costs kann durch Manipulation des Dividenden (.. die Reference-Bandwidth: $10^8$ ) verändert werden.	56-kbps serial link	--> 1785	T1 (1,544 Mbps serial link)	--> 64	Ethernet	--> 10	16 Mbps Token Ring	--> 6	FE	--> 1
56-kbps serial link	--> 1785										
T1 (1,544 Mbps serial link)	--> 64										
Ethernet	--> 10										
16 Mbps Token Ring	--> 6										
FE	--> 1										