



Routing-Protokolle und -Konzepte

CCNA Exploration Companion Guide



Rick Graziani • Allan Johnson

Cisco | Networking Academy
Mind Wide Open

 ADDISON-WESLEY

 Packet Tracer v4.1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	15
1 Einführung in das Routing und die Paketweiterleitung	27
1.1 Im Innern des Routers	28
1.1.1 Router sind Computer	28
1.1.2 Router-Prozessor und Router-Speicher	32
1.1.3 Das Internetwork Operating System	36
1.1.4 Der Boot-Vorgang	37
1.1.5 Router-Ports und Router-Schnittstellen	45
1.1.6 Router und die Vermittlungsschicht	49
1.2 Konfiguration und Adressierung über die Befehlszeile	52
1.2.1 Adressierung im Netzwerk	52
1.2.2 Grundkonfiguration des Routers durchführen	53
1.3 Aufbau der Routing-Tabelle	63
1.3.1 Einführung zur Routing-Tabelle	63
1.3.2 Direkt angeschlossene Netzwerke	66
1.3.3 Statisches Routing	68
1.3.4 Dynamisches Routing	69
1.3.5 Prinzipien von Routing-Tabellen	72
1.4 Pfadermittlung und Switching-Funktionen	74
1.4.1 Paket- und Frame-Felder	74
1.4.2 Bester Pfad und Metrik	77
1.4.3 Symmetrischer Lastausgleich	79
1.4.4 Pfadermittlung	81
1.4.5 Switching	82
1.5 Zusammenfassung	89
1.6 Übungen	90
1.7 Lernzielkontrolle	91
1.8 Weiterführende Fragen und Aktivitäten	94
1.9 Weitere Informationen	95

2	Statisches Routing	97
2.1	Router und das Netzwerk	98
2.1.1	Die Rolle des Routers	98
2.1.2	Grundlagen zur Topologie	98
2.1.3	Verbindungen des Routers untersuchen	100
2.2	Wiederholung zur Router-Konfiguration	103
2.2.1	Router-Schnittstellen untersuchen	104
2.2.2	Ethernet-Schnittstelle konfigurieren	108
2.2.3	Ethernet-Adressen überprüfen	112
2.2.4	Serielle Schnittstelle konfigurieren	114
2.2.5	Serielle Schnittstellen untersuchen	116
2.3	Direkt angeschlossene Netzwerke untersuchen	121
2.3.1	Änderungen an der Routing-Tabelle überprüfen	121
2.3.2	Geräte in direkt angeschlossenen Netzwerken	127
2.3.3	Das CDP-Protokoll	133
2.3.4	CDP zur Netzwerkdarstellung verwenden	137
2.4	Statische Routen mit Next-Hop-Adressen	139
2.4.1	Funktion und Syntax des Befehls »ip route«	139
2.4.2	Statische Routen konfigurieren	141
2.4.3	Prinzipien von Routing-Tabellen und statische Routen	145
2.4.4	Ausgangsschnittstelle mit rekursivem Routen-Lookup auflösen	148
2.5	Statische Routen mit Ausgangsschnittstellen	150
2.5.1	Statische Routen mit Ausgangsschnittstelle konfigurieren	151
2.5.2	Statische Routen und Point-to-Point-Netzwerke	153
2.5.3	Statische Routen ändern	153
2.5.4	Konfiguration statischer Routen überprüfen	154
2.5.5	Statische Routen mit Ethernet-Schnittstellen	157
2.6	Statische Summen- und Default-Routen	161
2.6.1	Statische Summenrouten	161
2.6.2	Statische Default-Routen	165
2.7	Statische Routen und Troubleshooting	168
2.7.1	Statische Routen und Paketweiterleitung	168
2.7.2	Troubleshooting bei statischen Routen	170
2.7.3	Fehlende Routen einrichten	171

2.8	Zusammenfassung	173
2.9	Übungen	174
2.10	Lernzielkontrolle	175
2.11	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	180
2.12	Weitere Informationen	183
2.12.1	Statische Floating-Routen	183
2.12.2	Discard-Routen	184
2.12.3	Weiterführende Lektüre zum statischen Routing	185
3	Einführung in die dynamischen Routing-Protokolle	187
3.1	Einführung in die dynamischen Routing-Protokolle	188
3.1.1	Entstehung und Entwicklung	188
3.1.2	Netzwerkerkennung und Pflege der Routing-Tabelle	191
3.1.3	Vorteile dynamischer Routing-Protokolle	192
3.2	Dynamische Routing-Protokolle klassifizieren	194
3.2.1	IGPs und EGPs	195
3.2.2	Distanzvektor- und Link-State-Protokolle	197
3.2.3	Klassenbezogene und klassenlose Routing-Protokolle	199
3.2.4	Dynamische Routing-Protokolle und Konvergenz	201
3.3	Metrik	202
3.3.1	Funktion der Metrik	202
3.3.2	Metrik und Routing-Protokolle	203
3.3.3	Lastausgleich	206
3.4	Administrative Distanz	207
3.4.1	Aufgabe der administrativen Distanz	207
3.4.2	Dynamische Routing-Protokolle und administrative Distanz	211
3.4.3	Statische Routen und die administrative Distanz	213
3.4.4	Direkt angeschlossene Netzwerke und die administrative Distanz	215
3.5	Zusammenfassung	217
3.6	Aktivitäten und Übungen	218
3.7	Lernzielkontrolle	219
3.8	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	222
3.9	Weitere Informationen	223

4	Distanzvektor-Protokolle	225
4.1	Einführung in die Distanzvektor-Protokolle	226
4.1.1	Distanzvektor-Technologie	228
4.1.2	Algorithmen bei Routing-Protokollen	230
4.1.3	Eigenschaften von Routing-Protokollen	232
4.2	Netzwerkerkennung	234
4.2.1	Der Kaltstart	234
4.2.2	Erster Austausch von Routing-Informationen	235
4.2.3	Nächster Austausch von Routing-Informationen	237
4.2.4	Konvergenz	239
4.3	Routing-Tabellen pflegen	240
4.3.1	Periodische Updates	240
4.3.2	Bounded-Updates	243
4.3.3	Triggered-Updates	243
4.3.4	Jitter	245
4.4	Routing-Schleifen	245
4.4.1	Routing-Schleifen: Eine Definition	245
4.4.2	Auswirkungen von Routing-Schleifen	246
4.4.3	Count-to-Infinity	248
4.4.4	Routing-Schleifen durch Festlegen einer Maximalmetrik verhindern	248
4.4.5	Routing-Schleifen mit Holddown-Timern verhindern	249
4.4.6	Routing-Schleifen mit Split-Horizon-Regeln verhindern	252
4.4.7	Routing-Schleifen mit IP und TTL verhindern	255
4.5	Distanzvektor-Protokolle heute	257
4.5.1	RIP und EIGRP	257
4.6	Zusammenfassung	259
4.7	Aktivitäten und Übungen	261
4.8	Lernzielkontrolle	261
4.9	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	265
4.10	Weitere Informationen	265

5	RIPv1	267
5.1	RIPv1: Ein klassenbezogenes Distanzvektor-Protokoll	268
5.1.1	Entstehung und Entwicklung	268
5.1.2	Eigenschaften und Nachrichtenformat von RIPv1	269
5.1.3	Betrieb von RIP	272
5.1.4	Administrative Distanz	273
5.2	RIPv1-Basiskonfiguration	275
5.2.1	RIPv1: Szenario A	275
5.2.2	RIP mit »router rip« aktivieren	276
5.2.3	Netzwerke angeben	277
5.3	Überprüfung und Troubleshooting	278
5.3.1	RIP mit »show ip route« überprüfen	279
5.3.2	RIP mit »show ip protocols« überprüfen	281
5.3.3	RIP mit »debug ip rip« überprüfen	283
5.3.4	Passive Schnittstellen	285
5.4	Automatische Zusammenfassung	287
5.4.1	RIPv1: Szenario B	287
5.4.2	Boundary-Router und automatische Zusammenfassung	291
5.4.3	RIP-Updates verarbeiten	291
5.4.4	Mit »debug« die automatische Zusammenfassung untersuchen	293
5.4.5	Vor- und Nachteile der automatischen Zusammenfassung	295
5.5	Default-Routen und RIPv1	300
5.5.1	RIPv1: Szenario C	300
5.5.2	Default-Route in RIPv1 verbreiten	303
5.6	Zusammenfassung	304
5.7	Aktivitäten und Übungen	306
5.8	Lernzielkontrolle	307
5.9	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	311
5.10	Weitere Informationen	313

6	VLSM und CIDR	315
6.1	Klassenbezogene und klassenlose Adressierung	316
6.1.1	Klassenbezogene IP-Adressierung	316
6.1.2	Klassenbezogene Routing-Protokolle	320
6.1.3	Klassenlose IP-Adressierung	321
6.1.4	Klassenlose Routing-Protokolle	323
6.2	VLSM	324
6.2.1	VLSM im Einsatz	324
6.2.2	VLSM und IP-Adressen	327
6.3	CIDR	329
6.3.1	Zusammenfassung von Routen	329
6.3.2	Zusammenfassung von Routen berechnen	331
6.4	Zusammenfassung	333
6.5	Aktivitäten und Übungen	334
6.6	Lernzielkontrolle	335
6.7	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	339
6.8	Weitere Informationen	340
7	RIPv2	343
7.1	Beschränkungen von RIPv1	344
7.1.1	Die Summenroute	348
7.1.2	VLSM	348
7.1.3	Private Adressen nach RFC 1918	349
7.1.4	IP-Beispieladressen bei Cisco	349
7.1.5	Loopback-Schnittstellen	350
7.1.6	Beschränkungen der RIPv1-Topologie	350
7.1.7	Nichtzusammenhängende Netzwerke bei RIPv1	354
7.1.8	Die fehlende VLSM-Unterstützung in RIPv1	358
7.1.9	Die fehlende CIDR-Unterstützung in RIPv1	360
7.2	RIPv2 konfigurieren	363
7.2.1	RIPv2 aktivieren und überprüfen	363
7.2.2	Automatische Zusammenfassung und RIPv2	367
7.2.3	Automatische Zusammenfassung in RIPv2 deaktivieren	369
7.2.4	RIPv2-Updates überprüfen	370
7.3	VLSM und CIDR	374
7.3.1	RIPv2 und VLSM	374
7.3.2	RIPv2 und CIDR	375

7.4	RIPv2 überprüfen und Troubleshooting durchführen	377
7.4.1	Befehle für Überprüfung und Troubleshooting	377
7.4.2	Häufig auftretende RIPv2-Probleme	383
7.4.3	Authentifizierung	383
7.5	Zusammenfassung	385
7.6	Aktivitäten und Übungen	386
7.7	Lernzielkontrolle	387
7.8	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	388
7.9	Weitere Informationen	391
8	Die Routing-Tabelle unter der Lupe	393
8.1	Aufbau der Routing-Tabelle	394
8.1.1	Übungstopologie	394
8.1.2	Einträge in Routing-Tabellen	395
8.1.3	Level-1-Routen	396
8.1.4	Über- und untergeordnete Routen in klassenbezogenen Netzwerken	399
8.1.5	Über- und untergeordnete Routen: Klassenlose Netzwerke	404
8.2	Der Lookup-Prozess	407
8.2.1	Schritte beim Lookup-Prozess	407
8.2.2	Längste Übereinstimmung: Level-1-Netzwerkrou- ten	415
8.2.3	Längste Übereinstimmung: Übergeordnete Level-1- und untergeordnete Level-2-Routen	421
8.3	Routing-Verhalten	426
8.3.1	Klassenbezogenes und klassenloses Routing-Verhalten	427
8.3.2	Klassenbezogenes Routing-Verhalten mit »no ip classless«	430
8.3.3	Der Suchvorgang beim klassenbezogenen Routing-Verhalten	432
8.3.4	Klassenloses Routing-Verhalten mit »ip classless«	435
8.3.5	Der Suchvorgang beim klassenlosen Routing-Verhalten	438
8.4	Zusammenfassung	441
8.5	Aktivitäten und Übungen	443
8.6	Lernzielkontrolle	444
8.7	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	448
8.8	Weitere Informationen	449

9	EIGRP	451
9.1	Einführung in EIGRP	453
9.1.1	EIGRP: Ein erweitertes Distanzvektor-Protokoll	453
9.1.2	Nachrichtenformat bei EIGRP	456
9.1.3	Protokollabhängige Module	460
9.1.4	RTP und EIGRP-Pakettypen	461
9.1.5	Das Hello-Protokoll	464
9.1.6	Beschränkte EIGRP-Updates	465
9.1.7	Eine Einführung in DUAL	466
9.1.8	Administrative Distanz	469
9.1.9	Authentifizierung	469
9.2	Grundlegende EIGRP-Konfiguration	470
9.2.1	EIGRP-Netzwerktopologie	470
9.2.2	Autonome Systeme und Prozess-IDs	473
9.2.3	Der Befehl »router eigrp«	476
9.2.4	Der Befehl »network«	476
9.2.5	EIGRP überprüfen	478
9.2.6	Routing-Tabelle untersuchen	481
9.3	Die Berechnung der EIGRP-Metrik	484
9.3.1	Die zusammengesetzte Metrik und die K-Werte	485
9.3.2	EIGRP-Metriken	487
9.3.3	Der Befehl »bandwidth«	490
9.3.4	EIGRP-Metrik berechnen	491
9.4	DUAL	495
9.4.1	DUAL-Konzepte	495
9.4.2	Successor und FD	495
9.4.3	FS, Feasibility-Bedingung und RD	496
9.4.4	Successor und FS in der Topologietabelle	498
9.4.5	Kein FS in der Topologietabelle	501
9.4.6	Die DUAL-FSM	504
9.5	Weitergehende EIGRP-Konfiguration	510
9.5.1	Die Summenroute Null0	511
9.5.2	Automatische Zusammenfassung deaktivieren	512
9.5.3	Manuelle Routenzusammenfassung	517
9.5.4	Die EIGRP-Default-Route	521
9.5.5	EIGRP optimieren	524
9.6	Zusammenfassung	526

9.7	Aktivitäten und Übungen	528
9.8	Lernzielkontrolle	529
9.9	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	533
9.10	Weitere Informationen	533
10	Link-State-Protokolle	535
10.1	Link-State-Routing	536
10.1.1	Link-State-Protokolle	536
10.1.2	Einführung in den SPF-Algorithmus	537
10.1.3	Der Link-State-Routing-Prozess	539
10.1.4	Schritt 1: Direkt angeschlossene Netzwerke erlernen	540
10.1.5	Schritt 2: Hello-Pakete an Nachbarn senden	543
10.1.6	Schritt 3: Link-State-Pakete erstellen	544
10.1.7	Schritt 4: LSPs an Nachbarn fluten	545
10.1.8	Schritt 5: Link-State-Datenbank erstellen	547
10.1.9	Der SPF-Baum	549
10.2	Link-State-Protokolle implementieren	555
10.2.1	Vorteile von Link-State-Protokollen	555
10.2.2	Voraussetzungen bei Link-State-Protokollen	557
10.2.3	Link-State-Protokolle im Vergleich	559
10.3	Zusammenfassung	560
10.4	Aktivitäten und Übungen	562
10.5	Lernzielkontrolle	562
10.6	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	566
10.7	Weitere Informationen	566
11	OSPF	569
11.1	Einführung in OSPF	570
11.1.1	Entstehung von OSPF	570
11.1.2	Kapselung von OSPF-Nachrichten	571
11.1.3	OSPF-Pakettypen	572
11.1.4	Das Hello-Protokoll	572
11.1.5	OSPF-LSUs	576
11.1.6	Der OSPF-Algorithmus	576
11.1.7	Administrative Distanz	578
11.1.8	Authentifizierung	578

11.2	Grundlegende OSPF-Konfiguration	579
11.2.1	Übungstopologie	579
11.2.2	Der Befehl »router ospf«	582
11.2.3	Der Befehl »network«	582
11.2.4	Die OSPF-Router-ID	584
11.2.5	OSPF überprüfen	589
11.2.6	Routing-Tabelle untersuchen	593
11.3	Die OSPF-Metrik	595
11.3.1	Metrik berechnen	595
11.3.2	Kosten einer Verbindung ändern	599
11.4	OSPF und Multi-Access-Netzwerke	602
11.4.1	Herausforderungen in Multi-Access-Netzwerken	602
11.4.2	Die Auswahl von DR und BDR	609
11.4.3	OSPF-Schnittstellenpriorität	615
11.5	Weitere OSPF-Konfigurationsaufgaben	619
11.5.1	Redistribution der OSPF-Default-Route	619
11.5.2	OSPF optimieren	622
11.6	Zusammenfassung	628
11.7	Aktivitäten und Übungen	630
11.8	Lernzielkontrolle	631
11.9	Weiterführende Fragen und Aktivitäten	634
11.10	Weitere Informationen	635
Anhang: Antworten zu Lernzielkontrollen und weiterführenden Fragen		637
Glossar		667
Stichwortverzeichnis		681