

HANSER

Anatol Badach, Erwin Hoffmann

Technik der IP-Netze

TCP/IP incl. IPv6 - Funktionsweise, Protokolle und Dienste

ISBN-10: 3-446-21935-8

ISBN-13: 978-3-446-21935-9

Inhaltsverzeichnis

Weitere Informationen oder Bestellungen unter
<http://www.hanser.de/978-3-446-21935-9>
sowie im Buchhandel

Inhalt

1	Grundlagen der IP-Netze.....	1
1.1	Entwicklung des Internet	2
1.1.1	Internet vor der Nutzung des WWW.....	2
1.1.2	Die Schaffung des WWW	4
	Hauptkomponenten des Web-Dienstes.....	5
	Adressierung von Web-Ressourcen.....	6
1.1.3	Internet nach der Etablierung des WWW.....	7
1.1.4	Die Zukunft des Internet	8
1.2	Funktionen der Kommunikationsprotokolle	10
1.2.1	Prinzipien der Fehlerkontrolle.....	10
1.2.2	Realisierung der Flusskontrolle.....	13
1.2.3	Überlastkontrolle.....	15
1.3	Schichtenmodell der Kommunikation	16
1.3.1	Konzept des OSI-Referenzmodells	17
1.3.2	Schichtenmodell der Protokollfamilie TCP/IP	20
1.4	Allgemeine Prinzipien der IP- Kommunikation	22
1.4.1	Bildung von IP-Paketen	22
1.4.2	Netzwerkschicht in IP-Netzen.....	24
	Verbindungslose Netzwerkschicht	24
	Verbindungsorientierte Netzwerkschicht	25
1.4.3	Verbindungslose IP-Kommunikation im Internet	26
1.4.4	Transportschicht in IP-Netzen.....	27
1.4.5	Multiplexmodell der Protokollfamilie TCP/IP	31
1.5	Komponenten der Protokollfamilie TCP/IP	32
1.5.1	Protokolle der Netzwerkschicht	33
1.5.2	Protokolle der Transportschicht	33
1.5.3	Komponenten der Anwendungsschicht	34
1.6	IETF und Internet-Standards	38
1.7	Schlussbemerkungen	40

2	Internet-Netzwerkprotokolle IPv4, ARP, ICMP und IGMP	41
2.1	Aufgaben von IP	42
2.2	Aufbau von IPv4-Paketen	42
2.2.1	Differentiated Services	45
2.2.2	Fragmentierung der IPv4-Pakete	47
2.2.3	Optionen in IP-Paketen.....	50
2.3	IPv4-Adressen.....	53
2.3.1	Darstellung von IP-Adressen	55
2.3.2	Standard-Subnetzmaske.....	56
2.3.3	Vergabe von IP-Adressen	58
2.4	Bildung von Subnetzen	61
2.4.1	Bestimmen von Subnetz-IDs und Host-IDs.....	62
2.4.2	Zielbestimmung eines IP-Pakets beim Quellrechner	66
2.4.3	Adressierungsaspekte in IP-Netzen	67
2.5	Klassenlose IP-Adressierung (VLSM, CIDR)	70
2.5.1	Konzept der klassenlosen IP-Adressierung.....	71
	Erweitertes Netzwerkpräfix	72
	Präfixlänge in Routing-Tabellen.....	74
2.5.2	VLSM-Nutzung	75
	VLSM-Einsatz zur Strukturierung von Netzwerken	76
	Aggregation von Routen bei der VLSM-Nutzung	78
	Voraussetzungen für den effizienten VLSM-Einsatz.....	79
2.5.3	CIDR-Einsatz.....	80
	Beispiel für CIDR-Adresszuweisung.....	81
	Aggregation von Routen mit CIDR	82
	Voraussetzungen für den effizienten CIDR-Einsatz	84
2.6	Protokolle ARP und RARP	85
2.6.1	Protokoll ARP.....	85
2.6.2	Proxy-ARP.....	89
2.6.3	Protokoll RARP	93
2.7	Protokoll ICMP	94
2.7.1	ICMP-Nachrichten.....	95
2.7.2	ICMP-Fehlermeldungen	97
2.7.3	ICMP-Anfragen	98
2.7.4	Pfad-MTU Ermittlung	100

2.8	IP-Multicasting	101
2.8.1	Multicast- Adressen	102
2.8.2	Internet Group Management Protocol.....	104
2.9	Schlussbemerkungen	107
3	Transportprotokolle TCP, UDP und SCTP	109
3.1	Grundlagen der Transportprotokolle	110
3.2	Konzept und Einsatz von UDP	112
3.2.1	Aufbau von UDP-Paketen	113
3.2.2	Protokoll UDP-Lite	114
3.3	Funktion des Protokolls TCP.....	116
3.3.1	Aufbau von TCP-Paketen.....	117
3.3.2	Konzept der TCP-Verbindungen.....	121
3.3.3	Auf- und Abbau von TCP-Verbindungen	123
3.3.4	Flusskontrolle bei TCP.....	126
3.3.5	TCP Sliding-Window-Prinzip	128
3.4	Implementierungsaspekte von TCP.....	132
3.4.1	Klassische TCP-Algorithmen.....	133
3.4.2	Abschätzung von Round Trip Time	134
3.4.3	Verbesserung der Effizienz von TCP	136
3.4.4	Transaction TCP.....	138
3.4.5	TCP Socket-Interface	140
3.4.6	Angriffe gegen den TCP-Stack	141
3.4.7	Socket Cloning und TCP-Handoff	143
3.5	Konzept und Einsatz von SCTP	144
3.5.1	SCTP versus UDP und TCP.....	145
3.5.2	SCTP-Assoziationen	146
3.5.3	Struktur der SCTP-Pakete	147
3.5.4	Aufbau und Abbau einer SCTP-Assoziation.....	149
3.5.5	Daten- und Nachrichtenübermittlung nach SCTP	150
	Selektive Bestätigung von DATA-Chunks.....	152
	Beispiel für fehlerfreie Übermittlung	153
	Beispiel für fehlerhafte Übermittlung.....	154
3.6	Schlussbemerkungen	155

4	DNS und DHCP.....	157
4.1	Domain Name System	158
4.1.1	Organisation des DNS-Namensraums	159
4.1.2	Namensauflösung am Beispiel von Hostnamen.....	162
4.1.3	Auflösung von IP-Adressen auf Hostnamen.....	165
4.1.4	Resource Records und ihre Abfrage	166
4.1.5	Zonen und Zonentransfer.....	171
	Zonendatei	172
	Zonentransfer.....	173
4.1.6	DNS-Nachrichten	175
	Aufbau von DNS-Nachrichten.....	175
	DNS-Nachrichten mit EDNS.....	177
4.1.7	DNS und Internet-Dienste	178
	Aufbau von DNS-Nachrichten.....	175
	DNS-Nachrichten mit EDNS.....	177
4.1.8	Domain Name Registrare und dynamisches DNS	182
4.1.9	DNS Security (DNSSEC)	184
	Typische Bedrohungsszenarien bei DNS.....	185
	DNS-Erweiterung zu DNSSEC	185
4.1.10	DNS für IPv6.....	188
4.1.11	DNS und Internet-Anbindung.....	190
4.1.12	Internationalisierung des DNS (IDN).....	191
4.2	Dynamische Adressvergabe mit DHCP	192
4.2.1	Aufbau von DHCP-Nachrichten.....	195
4.2.2	Ablauf des DHCP-Verfahrens	196
4.2.3	Implementierung mehrerer DHCP-Server	199
4.2.4	DHCP im Einsatz.....	200
4.2.5	DHCP und PXE.....	201
4.3	Schlussbemerkungen.....	202
5	NAT und Netzdienstprotokolle: SOCKS, SSL, LDAP	203
5.1	Network Address Translation (NAT).....	204
5.1.1	Klassisches NAT	205
5.1.2	Konzept von NAT	206
5.1.3	Prinzip von Full Cone NAT.....	208
5.1.4	Prinzip von Restricted Cone NAT	209

5.1.5	Bidirektionales NAT und RSIP	210
5.1.6	ICMP bei NAT und die Notwendigkeit von ALGs	211
5.2	SOCKS v5 Proxy-Protokoll.....	212
5.2.1	Das SOCKS-Regelwerk	213
5.2.2	Gesicherte Verbindungen über SOCKS	215
5.3	Secure Socket Layer	216
5.3.1	SSL im Schichtenmodell und Hilfsprotokolle.....	218
5.3.2	SSL und X.509-Zertifikate	219
5.3.3	Ablauf des SSL-Verfahrens	220
5.3.4	Record Layer Protocol	222
5.3.5	Cipher Suites	223
5.3.6	SSL-Ports und STARTTLS.....	224
5.4	Lightweight Directory Access Protocol (LDAP).....	225
5.4.1	Directory Information Tree	227
5.4.2	LDAP-Server	228
5.4.3	LDAP-Client-Zugriff	229
5.5	Schlussbemerkungen	232
6	Konzept des Protokolls IPv6.....	233
6.1	Neuerungen bei IPv6 gegenüber IPv4	234
6.2	Header-Struktur bei IPv6.....	236
6.3	Erweiterungs-Header	238
6.4	IPv6-Flexibilität mit Options-Headern	242
6.4.1	Aufbau der Options-Header	242
6.4.2	Belegung des Option-Feldes	244
6.5	Einsatz von Jumbo Payload	246
6.6	Source Routing beim IPv6.....	247
6.7	Fragmentierung langer IPv6-Pakete	250
6.8	Adressstruktur von IPv6	251
6.8.1	Darstellung von IPv6-Adressen	252
6.8.2	Aufteilung des IPv6-Adressraums.....	255
6.8.3	Vergabe von IPv6-Adressen.....	255
6.9	Unicast-Adressen beim IPv6	256
6.9.1	Globale Unicast-Adressen.....	257
6.9.3	Interface-ID in IPv6-Adressen	261

6.9.4	Unicast-Adressen von lokaler Bedeutung.....	263
6.9.5	IPv4-Kompatibilitätsadressen.....	264
6.10	Multicast- und Anycast-Adressen bei IPv6.....	266
6.11	Protokoll ICMPv6.....	269
6.12	Schlussbemerkungen.....	271
7	IPv6-Dienstprotokolle: NDP und DHCPv6.....	273
7.1	Neighbor Discovery Protocol.....	274
7.1.1	Bestimmen des Ziels eines IPv6-Pakets	277
7.1.2	Ermittlung von Link-Adressen	279
7.1.3	Bekanntmachung von Netzparametern durch Router	281
7.1.4	IPv6-Paket-Umleitung	284
7.2	Stateless Autoconfiguration in IPv6-Netzen	285
7.3	Konzept und Einsatz von DHCPv6.....	288
7.3.1	Funktionsweise von DHCPv6.....	288
7.3.2	Struktur von DHCPv6-Nachrichten.....	289
7.3.3	Kommunikation zwischen Client und Server	292
7.3.4	Ablauf von DHCPv6.....	293
7.3.5	Einsatz von DHCPv6-Agenten	296
7.3.6	Verlängerung der Ausleihe einer IPv6-Adresse.....	297
7.3.7	Schnelle Umadressierung mit DHCPv6.....	298
7.4	Schlussbemerkungen.....	300
8	Migration zum IPv6-Einsatz	301
8.1	Integration von IPv4 und IPv6 in Rechnern.....	302
8.1.1	IPv4- und IPv6-Protokollfamilien im Schichtenmodell.....	302
8.1.2	Dual-Stack-Rechner in einem LAN-Segment.....	303
8.1.3	Betrieb von Dual-Stack-Rechnern in IPv4-Netzen.....	304
8.2	Arten der Koexistenz von IPv6 und IPv4.....	305
8.2.1	IPv6-Kommunikation über IPv4-Netze	306
8.2.2	IPv4-Kommunikation über IPv6-Netze	308
8.2.3	IP-Kommunikation durch Translation IPv4 ⇔ IPv6.....	309
8.3	Einsatz von IPv6-in-IPv4-Tunneling	309
8.3.1	Erweiterung eines IPv4-Netzes um ein IPv6-Netz	309
8.3.2	Kopplung der IPv6-Netze über ein IPv4-Netz.....	312
8.3.3	Zugang zum IPv6-Internet über Tunnel Broker.....	312

8.4	Konzept und Einsatz von 6to4	314
8.4.1	Bedeutung von 6to4	314
8.4.2	Struktur von 6to4-Adressen	315
8.4.3	IPv6-Kommunikation über IPv4-Netz	315
8.4.4	Problem bei 6to4 mit NAT	317
8.5	IPv6 over IPv4 mit ISATAP	318
8.5.1	Kommunikation mit ISATAP	318
8.5.2	Struktur und Bedeutung von ISATAP-Adressen	319
8.5.3	Funktionsweise von ISATAP	321
	Abfrage des Präfixes bei einem 6to4-Router	322
	Kommunikation zwischen ISATAP-Rechnern über 6to4-Sites	323
8.6	IPv6 in IPv4-Netzen mit NAT (Teredo)	324
8.6.1	Teredo-Adresse und -Pakete	325
8.6.2	Bestimmung der Art von NAT	327
8.6.3	Beispiele für der Ablauf der Kommunikation mit Teredo	330
8.7	IPv4 over IPv6 mit DSTM	333
8.8	Einsatz der Translation IPv4 ⇔ IPv6	335
8.8.1	Einsatz von SIIT	335
	Adressierung bei SIIT	336
	Translation IPv4 ⇔ IPv6	338
8.8.2	Einsatz von NAT-PT	343
	Einsatz von Basic NAT-PT	345
	Einsatz von NAPT-PT	346
	Einsatz von Bidirectional NAT-PT	347
8.9	Schlussbemerkungen	351
9	Routing in IP-Netzen	353
9.1	Routing-Grundlagen	354
9.1.1	Grundlegende Aufgaben von Routern	354
	Lokale Vernetzung der IP-Subnetze	354
	LAN-Erweiterung mit einem WAN	355
	Vernetzung der IP-Subnetze über ein WAN	356
9.1.2	Adressierung beim Routereinsatz	357
	Schichtenmodell für die Vernetzung mit Routern	358
	Beispiel für die Übermittlung eines IP-Pakets	359
9.1.3	Routing-Tabelle	360

	Struktur einer Routing-Tabelle	361
	Bestimmung der besten Route	362
9.1.4	Routing-Verfahren	363
	Routing-Arten	365
	Link State Routing	367
9.1.4	Inter-/Intra-Domain-Protokolle	368
9.2	Routing Information Protocol (RIP)	369
9.2.1	Erlernen von Routing-Tabellen beim RIP	370
	Beispiel für einen RIP-Ablauf	371
	Reduzierung der Konvergenzzeit	372
	Beispiel für einen RIP-Ablauf mit Split-Horizon	373
	Count-to-Infinity-Problem	374
9.2.2	Besonderheiten des RIP-1	376
	Struktur von RIP-1-Nachrichten	376
	Routing-Tabelle beim RIP-1	378
	Schwächen des RIP-1	379
9.2.3	Das Routing-Protokoll RIP-2	380
9.2.4	RIP für das Protokoll IPv6 (RIPng)	383
9.3	Open Shortest Path First (OSPF)	385
9.3.1	Funktionsweise von OSPF	386
9.3.2	Nachbarschaften zwischen Routern	389
	Bildung einer Nachbarschaft	389
	Hinzufügen eines Routers	391
	Einsatz eines designierten Routers	392
9.3.3	OSPF-Einsatz in großen Netzwerken	393
	Aufteilung großer Netzwerke auf OSPF-Bereiche	394
	Bereichsübergreifendes Routing	396
	AS-übergreifendes Routing	397
	Beispiel für einen OSPF-Einsatz	398
9.3.4	OSPF-Pakete	402
	Hello-Paket	403
	Paket Database Description	404
	Link-State-Pakete	405
	LSA-Typen und -Angaben	407
9.3.5	Besonderheiten von OSPFv2	409
9.3.6	OSPF für IPv6 (OSPFv3)	409

9.4	Border Gateway Protocol (BGP-4).....	410
9.4.1	Grundlagen des BGP-4	411
9.4.2	Funktionsweise des BGP-4	412
9.4.3	BGP-4-Nachrichten.....	413
9.4.4	Multiprotocol Extensions for BGP-4 (MP-BGP).....	419
	IPv6 Inter-Domain Routing.....	422
	Einsatz des MP-BGP in BGP/MPLS IPv4-VPNs.....	423
9.5	Redundante Auslegung von Routern	424
9.5.1	Konzept des virtuellen Routers	424
	Virtueller Router und ARP.....	426
	Lastverteilung mit virtuellen Routern.....	426
9.5.2	Funktionsweise von VRRP	427
	Aufbau von VRRP-Advertisement.....	428
	Auswahl des Master-Routers.....	429
	Entdeckung eines Ausfalls des Master-Routers.....	429
9.5.3	Einsatz HSRP	430
9.6	Multicast Routing-Protokolle	433
9.6.1	Einige Aspekte von MC-Routing	434
9.6.2	Aufgaben von MC-Routing	437
	Arten der Verteilbäume.....	437
	Multicast Forwarding	439
	Aufbau und Nutzung des quellbasierten Verteilbaums.....	440
9.6.3	Intra-Domain-MC-Routing mit PIM-SM.....	442
	Besonderheiten der MC-Forwarding	442
	Nutzung des gemeinsamen Verteilbaums.....	443
	Übergang zur Nutzung des quellbasierten Verteilbaums.....	444
	Aufnahme eines neuen MC-Routers.....	445
	Pruning beim PIM-SM	446
	Struktur von PIM-Nachrichten	447
9.6.4	Inter-Domain-MC-Routing mit MSDP	447
	Grundkonzept von MSDP	448
	Bildung von MC-Gruppen in autonomen Systemen.....	449
	MC-Verteilung über gemeinsame Bäume	450
	Anbindung von RPs an den Verteilbaum der MC-Quelle	451
9.7	Schlussbemerkungen	452

10	Klassische Ansätze für IP over X.....	455
10.1	IP über LANs	456
10.1.1	Übermittlung der IP-Pakete in MAC-Frames	457
10.1.2	Multiplexing auf der LLC-Teilschicht.....	459
10.2	IP über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen.....	461
10.2.1	Protokoll SLIP	461
10.2.2	Protokoll PPP.....	463
10.3	IP über X.25 und Frame-Relay	472
10.3.1	Grundlagen der X.25-Netze.....	472
10.3.2	IP über X.25.....	476
10.3.3	Konzept von Frame-Relay	478
10.3.4	IP über Frame-Relay.....	483
10.4	IP über ATM-Netze	485
10.4.1	Grundlagen der ATM-Netze.....	486
	Bildung von ATM-Zellen	487
	Struktur von ATM-Zellen.....	489
	ATM-Verbindungen	490
10.4.2	Classical IP over ATM	491
	ATM-basiertes IP-Subnetz	491
	Schritte vor der Datenübermittlung.....	492
	ATMARP/InATMARP-Pakete in ATM-Zellen.....	493
10.4.3	LAN-Emulation in ATM-Netzen.....	494
	Bedeutung der LAN-Emulation.....	495
	Komponenten der LAN-Emulation.....	496
	Phasen beim Ablauf der LAN-Emulation	497
	Beispiel für den Ablauf der LAN-Emulation.....	498
	LAN-Kommunikation über ein ATM-Netz	499
10.4.4	Next Hop Resolution Protocol.....	500
10.4.5	Multi-Protocol Over ATM (MPOA).....	504
	Ziel des MPOA.....	504
	Funktionsweise des MPOA	506
	IP-Kommunikation nach dem MPOA.....	507
10.5	Schlussbemerkungen.....	509

11	Neue Generation der IP-Netze mit MPLS und GMPLS	511
11.1	Weg zu neuer Generation der IP-Netze	512
11.1.1	Notwendigkeit von (G)MPLS	512
11.1.2	Bedeutung von Traffic Engineering in IP-Netzen.....	514
11.1.3	Multiplane-Architekturen zukünftiger IP-Netze	515
11.1.4	Schritte zu einem LSP	517
11.2	Multi-Protocol Label Switching	518
11.2.1	Multiplane-Architektur der MPLS-Netze	519
11.2.2	MPLS als Integration von Routing und Switching.....	521
11.2.3	Logisches Modell des MPLS	522
11.2.4	Prinzip des Label-Switching	524
11.2.5	Logische Struktur der MPLS-Netze	525
11.2.6	Bildung der Klassen von IP-Paketen und MPLS-Einsatz	526
11.2.7	MPLS und die Hierarchie von Netzen	528
	MPLS und Tunneling	529
	Label-Stack	530
11.2.8	MPLS und verschiedene Übermittlungsnetze	531
11.2.9	Virtual Private Networks mit MPLS	532
11.3	Konzept von GMPLS	533
11.3.1	Vom MPLS über MPλS zum GMPLS	535
11.3.2	Struktur eines optischen Switches beim GMPLS.....	536
11.3.3	Interpretation von Labels	537
11.3.4	Interpretation des Transportpfads.....	538
11.3.5	Bedeutung des LMP in GMPLS-Netzen	539
11.4	Traffic Engineering in (G)MPLS-Netzen	541
11.4.1	Traffic Trunks und LSPs	541
11.4.2	Aufgaben und Schritte beim MPLS-TE	543
11.4.3	Routing beim Traffic Engineering	544
11.4.4	Attribute von Traffic Trunks	545
11.4.5	Constraint-based Routing.....	547
11.4.6	Re-Routing und Preemption.....	548
11.5	Signalisierung in (G)MPLS-Netzen	549
11.5.1	Einsatz des RSVP-TE	550
	Funktionsweise des RSVP.....	550
	RSVP-TE als Signalisierungsprotokoll in MPLS-Netzen.....	553
	Explizites Routing mit dem RSVP-TE.....	554

	Fast Re-Routing mit dem RSVP-TE.....	556
11.5.2	Einsatz des GMPLS RSVP-TE.....	556
11.5.3	Einsatz des CR-LDP.....	558
	Struktur von LDP-Nachrichten.....	559
	Aufbau eines LSP mit dem CR-LDP.....	560
11.6	Schlussbemerkungen.....	561
12	Virtual Private Networks und Remote Access Services.....	563
12.1	Grundlagen und Arten von VPNs.....	564
12.1.1	Tunneling als Basis von VPNs.....	564
	Tunneling über klassische IP-Netze.....	564
	Tunneling über MPLS-Netze.....	565
12.1.2	Arten von VPNs.....	567
12.2	Vom Provider bereitgestellte VPNs.....	569
12.2.1	Pseudo-Drähte als L1 VPNs.....	571
12.2.2	Vom Provider bereitgestellte L2 VPNs.....	574
	Punkt-zu-Punkt L2VPN: EoMPLS.....	575
	Punkt-zu-Mehrpunkt L2VPN: VPLS.....	578
12.2.3	BGP/MPLS VPNs.....	580
12.3	Layer-2-Tunneling über klassische IP-Netze.....	583
12.3.1	Tunneling-Protokoll L2TP.....	584
	Das Konzept des L2TP.....	584
	Auf- und Abbau einer Kontrollverbindung.....	588
	L2TP-Verlauf beim Tunnelaufbau.....	589
	L2TP-Verlauf beim Tunnelabbau.....	590
	Besonderheiten des L2TPv3.....	591
	L2-Übermittlungsdienste über klassische IP-Netze mit dem L2TPv3.....	593
12.3.2	Das Tunneling-Protokoll PPTP.....	594
	Das Konzept des PPTP.....	594
	Auf- und Abbau einer Kontrollverbindung.....	596
	PPTP-Verlauf beim Tunnelaufbau.....	598
	PPTP-Verlauf beim Tunnelabbau.....	599
12.4	IPsec und Layer-3-Tunneling.....	600
12.4.1	Ziele des IPsec.....	600
12.4.2	Erweiterung der IP-Pakete mit IPsec-Angaben.....	601
12.4.3	Sicherheitsvereinbarungen.....	603

12.4.4	Authentication Header (AH)	605
12.4.5	Encapsulating Security Payload (ESP).....	606
12.4.6	Datenverschlüsselung beim IPsec	608
12.4.7	Authentifizierung und Prüfung der Datenintegrität.....	609
12.4.8	IPsec-Einsatz im Tunnel-Mode	611
12.4.9	IPsec-Einsatz zum Aufbau von VPNs.....	614
12.5	Einsatz des Protokolls RADIUS	616
12.5.1	Network Access Server und RADIUS	616
12.5.2	Konzept von RADIUS	618
12.5.3	RADIUS-Pakete	620
12.5.4	Einsatz mehrerer RADIUS-Server	622
12.6	Schlussbemerkungen	623
13	Unterstützung der Mobilität in IP-Netzen.....	625
13.1	Ansätze für die Unterstützung der Mobilität	626
13.1.1	Bedeutung von WLAN- und Hotspot-Roaming	626
13.1.2	Hauptproblem der Mobilität in IP-Netzen.....	629
13.1.3	Die grundlegende Idee des Mobile IP	630
13.1.4	Die Idee des Mobile IPv4.....	631
13.1.5	Idee des Mobile IPv6	633
13.2	Roaming zwischen Hotspots	634
13.2.1	Hotspot-Roaming zwischen mehreren WISPs	634
13.2.2	Ablauf des Hotspot-Roaming.....	635
13.3	Funktionsweise des MIPv4.....	637
13.3.1	Beispiel für einen Ablauf des MIP	638
13.3.2	Agent Discovery.....	640
13.3.3	Erkennen des Verlassens des Heimatsubnetzes	642
13.3.4	Erkennen des Wechsels eines Fremdsubnetzes	643
13.3.5	Erkennen einer Rückkehr in das Heimatsubnetz	644
13.3.6	Registrierung beim Heimatagenten	645
	Nachrichten für die Registrierung	645
	Registrierung einer CoA.....	647
	Registrierung einer colocated CoA.....	648
	Deregistrierung beim Heimat-Agenten.....	648
	Authentifizierung bei der Registrierung	650
13.3.7	Mobiles IP-Routing.....	651

	Einsatz von Routern ohne Mobility Agents	651
	Einsatz von Routern mit Mobility Agents	653
13.4	Konzept des MIPv6.....	653
13.4.1	MN hat sein Heimatsubnetz verlassen	654
13.4.2	MN hat ein Fremdsubnetz gewechselt.....	657
13.4.3	MN ist in sein Heimatsubnetz zurückgekehrt.....	658
13.4.4	MIPv6-Nachrichten	659
13.4.5	Kommunikation zwischen MN und CN	660
	Prinzip der indirekten Kommunikation.....	660
	Prinzip der direkten Kommunikation.....	662
13.4.6	Home Agent Binding	662
13.4.7	Correspondent Node Binding	663
13.4.8	Entdeckung eines Subnetzwechsels.....	664
13.4.9	Entdeckung der Home-Agent-Adresse	665
13.5	Hierarchical MIPv6.....	666
13.5.1	Unterstützung der Mobilität mit dem HMIPv6.....	666
13.5.2	Finden eines MAP	668
13.5.4	Unterstützung der Mikromobilität	669
13.5.5	Unterstützung der Makromobilität.....	671
13.5.6	Datentransfer zwischen MN und CN.....	672
13.6	Schlussbemerkungen.....	674
	Literatur	675
	Abkürzungsverzeichnis.....	677
	Index	685