IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

© IBM Deutschland 1997

Neue Internet-Dienste

Dr. Torsten Braun
IBM European Networking Center
Vangerowstr. 18
D-69115 Heidelberg

Telefon: 06221/59-4352
Fax: 06221/59-3300
Email: braun@heidelbg.ibm.com

Kommunikation in Verteilten Systemen
Tutorium T4
Braunschweig, 18. Februar 1997

IBM

Torsten Braun

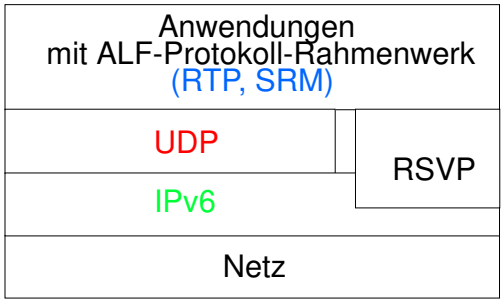
European Networking Center

Heidelberg

© IBM Deutschland 1997

Internet-Kommunikationsarchitektur

- neue Protokolle in der Vermittlungsschicht
  - IP next generation (IPng = IPv6)
  - Ressourcenreservierungsprotokolle (RSVP, ST2)
- einfache Transportprotokolle (UDP)
- Application Level Framing
  - Anwendungsintegration von Protokoll-Rahmenwerken
  - Beibehaltung der Grenzen der Dateneinheiten
- typische Anwendungen: Mbone-Multimedia-Anwendungen
  - Audio/Video-Konferenzwerkzeuge (RTP)
  - shared whiteboard-Anwendungen (SRM)



IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Inhalt

- Internet Protocol Version 6
  - Adressierung
  - Paketformat
  - Routing
  - Segmentieren und Reassemblieren
  - Dienstgütenunterstützung
  - Automatische Systemkonfiguration
  - Sicherheitsaspekte
  - Übergangsstrategien
- Real-Time Transport Protocol
- Internet Integrated Services Architektur
  - Internet Dienste
  - Resource Reservation Protocol

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IPv6-Entwicklung

- Adressierungsproblem wegen der nach der Jahrtausendwende nicht mehr ausreichenden Anzahl von IP-Adressen:

  IP-Adreßraum wird zwischen den Jahren 2000 und 2010 nicht mehr ausreichen.

- 1992: Beginn des IPng (IP next generation) Projekts zur Findung eines Nachfolgers für die aktuelle IP Version 4
- 1994: Entscheidung für SIPP (Simple Internet Protocol Plus)
- 1995: Internet Draft “Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification“ wird “proposed standard” (9/95), Veröffentlichung als RFC1883 (12/95)
- 1996: Inbetriebnahme des 6Bone (IPv6-Overlay-Netz), IPv6-Experimentier-Implementierungen und erste Produkte

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IPv6-Kennzeichen I

- erweiterte Adressierungsmöglichkeiten
  - 128 bit - Adressen ($6.65 \cdot 10^{23}$ Adressen pro m^2 der Erde)
  - Hierarchieebenen (registry, provider, subscriber, subnet, interface)
  - Anycast-Adressen adressieren den “nächsten” Knoten einer Region
- neues Datenformat
  - vereinfachter, minimaler IP Header
  - bessere Unterstützung von neuen Optionen und Erweiterungen
- Dienstgütenunterstützung
  - Flow Labels
  - Prioritäten

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IPv6-Kennzeichen II

- Multicast-Integration
  - vordefinierte Gruppen für Kontrollfunktionen
  - IGMP (Internet Group Management Protocol) in ICMP (Internet Control Message Protocol) integriert
  - spezielles Adreßformat für Multicast-Adressen
  - alle Router und Endsysteme Multicast-fähig
- automatische Systemkonfiguration
- Unterstützung mobiler Systeme
- Sicherheitsfunktionen
  - Verschlüsselung
  - Authentifizierung

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

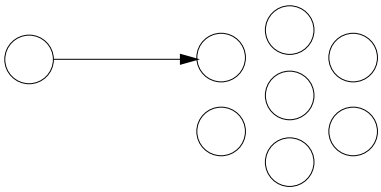
European Networking Center

Heidelberg

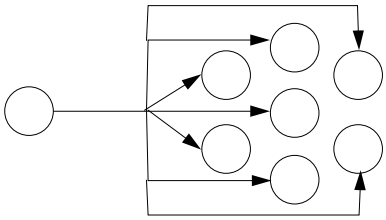
Adreßtypen

- Unicast -Adressen (1:1)

- Anycast-Adressen
  (1:nächster Knoten, Adressierung von Routern)



- Multicast-Adressen (1:n)



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Unicast-Adressen

- provider-basiert

3 bit	n bit	m bit	o bit	p bit	125-m-n-o-p bit
010	Registry-ID	Provider-ID	Subscriber-ID	Subnetz-ID	Interface-ID

- geograpisch-basiert
- Link-lokal
  - für Konfigurationsphase oder Netze ohne Router
  - Präfix + Interface-ID (Nummer, MAC-Adresse)
- Standort-lokal
  - für nicht an das Internet angeschlossene IP-Netze
  - Präfix + Subnetz-ID + Interface-ID
- kompatibel (IPv4, IPX, NSAP)
  - IPv4-kompatible Adresse:
    Präfix (96 0-bits) + IPv4-Adresse (32 bits)

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Multicast-Adressen

- Format:

8bit	4bit	4 bit	112 bit
11111111	flags	scope	Gruppen-ID

- flags: transiente/permanente Adresse
- Gültigkeit (scope):
  Knoten-, Link-, Standort-, Organisations-lokal
- reservierte Multicast-Adressen:
  - All Nodes (Knoten-, Link-lokal)
  - All Routers (Knoten-, Link-lokal)
  - DHCP-Server/Relay-Agent (Link-lokal)
  - Solicited-Node (Link-lokal)
    wird für jede Unicast- und Anycast-Adresse eines Knotens aus einem festgelegten 96-Bit-Präfix und den niederwertigsten 32 Bit der Unicast-/Anycast-Adresse gebildet

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IPv4 Header

version	hdr len	prec	TOS	total length
identification			flags	fragment offset
time to live	protocol		header checksum	
source address				
destination address				

- 20 Bytes, 13 Felder
- Veränderungen
  - precedence -> priority
  - total length -> payload length
  - time to live -> hop limit
  - protocol -> next header

© IBM Deutschland 1997

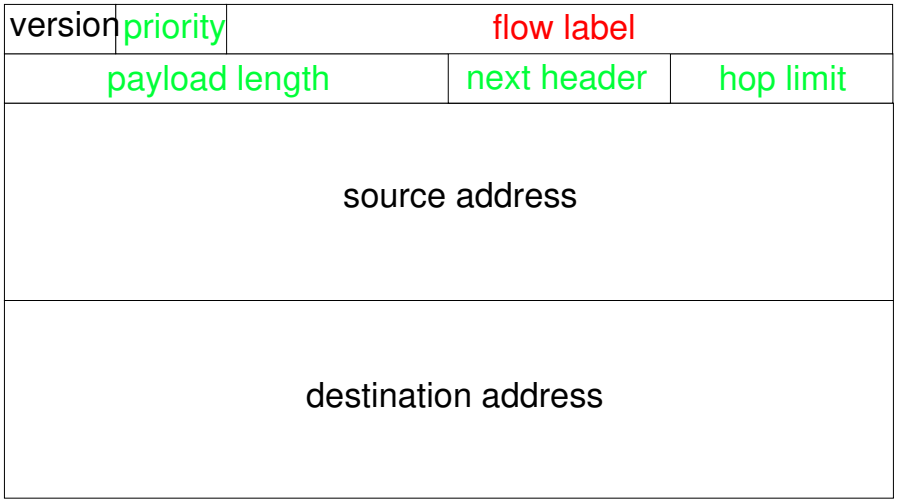
IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IPv6 Header



- 40 Bytes, 8 Felder

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

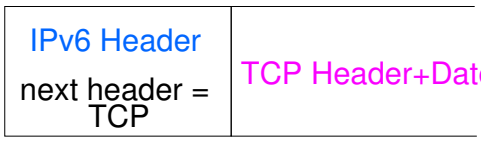
Heidelberg

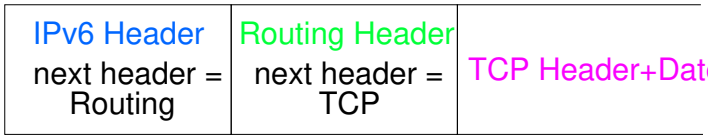
Header-Erweiterungen

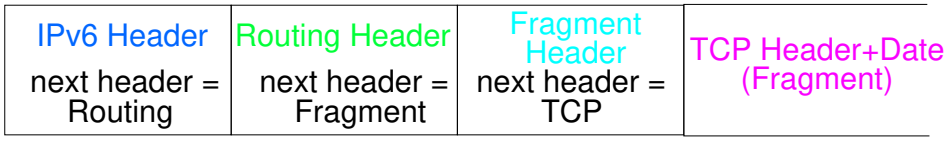
Verkettung von Header-Erweiterungen

-> Flexibilität

-> einfache Einführung neuer Erweiterungen und Optionen







© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Reihenfolge der Header-Erweiterungen

IPv6 header	40 Bytes	next header field
Hop-by-hop options	variabel	
Destination options header	variabel	
Routing header	variabel	
Fragment header	8	
Authentication header	variabel	
Encapsulation security payload header	variabel	
Destination options header	variabel	
TCP header	20 (optionaler, variabler Teil)	
Anwendungsdaten	variabel	

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Routing-Header

next header	routing type=0	hdr ext len	segments left
reserved	loose/strict bit mask		
address [0]			
address [1]			
...			

- Routing-Header enthält Liste von zu besuchenden Unicast- oder Anycast-Adressen
- vgl. Source-Routing-Option in IPv4

© IBM Deutschland 1997

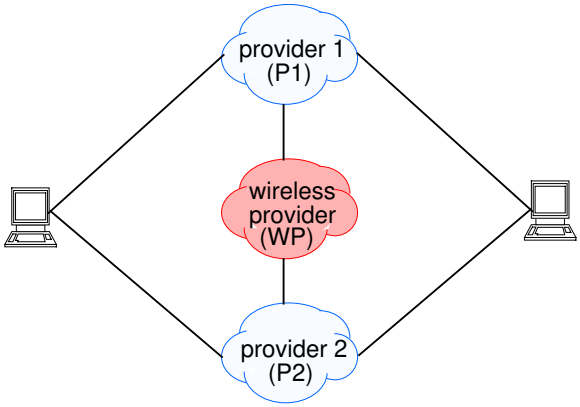
IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Anwendung von Routing Headern



- Fall1: kein Routing Header (H1, H2)
  -> beliebiger Provider wird ausgewählt
- Fall 2: H1 sendet Daten für H2 über Provider 1 (H1, P1, H2) mit “strict” Routing
- Fall 3: H1 wird mobil, d.h. Anschluß an Provider WP (H1, WP, P1, H2)

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Segmentieren und Reassemblieren

- kein Segmentieren/Reassemblieren durch IPv6-Router
- Vermeiden von Segmentieren und Reassemblieren in den Routern erfordert Vorkehrungen in den Endsystemen
  - Segmentieren in den Endsystemen (Fragment Header)
  - Senden minimaler Link-MTUs
  - Path MTU Discovery
- Link-MTU = maximale Größe einer Übertragungseinheit (MTU: maximum transmission unit) auf einem Link
  - mindestens 576 Oktetts
  - kleinere Segmente (z.B. ATM-Zellen) erfordern Segmentier- und Reassemblierfunktionen auf Link-Ebene
- Path-MTU = Minimum aller Link-MTUs auf dem Pfad zwischen Quell- und Zielknoten

© IBM Deutschland 1997

IBM

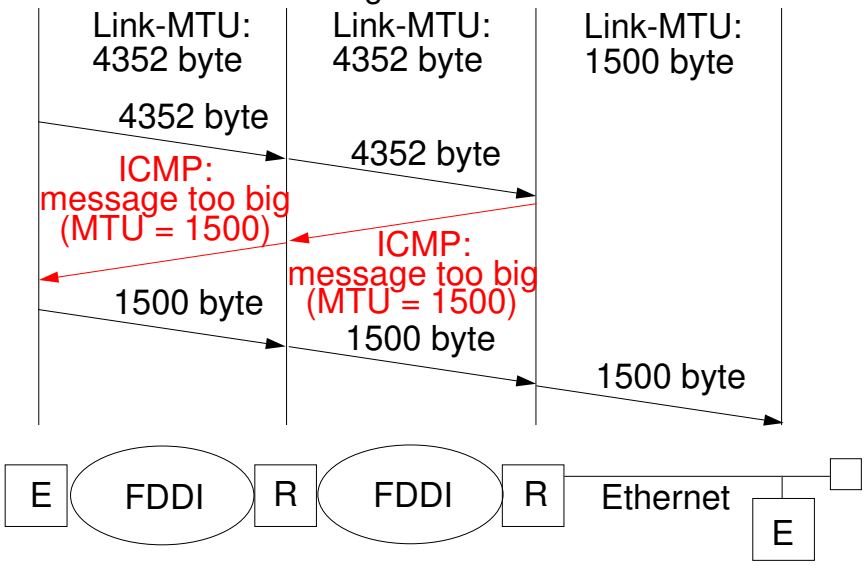
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Path MTU Discovery

1. Senden der Pakete mit der Länge der Link-MTU
2. “packet too big”-ICMP-Nachrichten bei zu langen Paketen
3. Reduzieren der Paketlänge



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Prioritäten

- 2 unabhängige Prioritätsbereiche:
  - Verkehrsarten mit Staukontrolle (z.B. TCP-Verkehr)
    Werte: 0-7 (s. Tabelle)
  - Verkehrsarten ohne Staukontrolle (z.B. Realzeitdaten-verkehr), Werte: 8-15 zur Anzeige einer Wegwerfpriorität

Wert	Verkehrsart
0	nicht näher charakterisierter Verkehr
1	Füllverkehr (z.B. news)
2	Datenverkehr ohne spezielle Behandlung (z.B. electronic mail)
3	reserviert
4	Datenverkehr mit spezieller Behandlung (z.B. ftp, NFS)
5	reserviert
6	interaktiver Verkehr (z.B. telnet, X)
7	Kontrollverkehr (z.B. Routing-Protokolle, ICMP)

© IBM Deutschland 1997

IBM

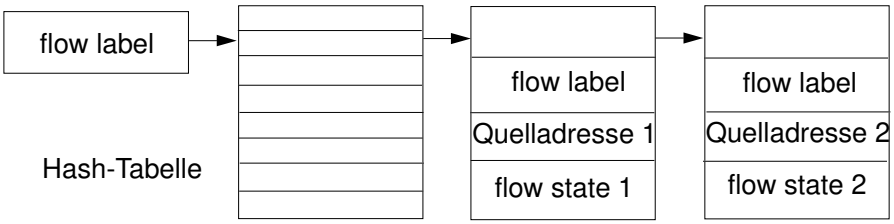
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IPv6 Flows

- Flow = “a sequence of packets for which the source desires non-default or real-time service”
- Eindeutige Kennzeichnung von Datenflüssen zwischen Endsystemen durch Quelladresse und zufälligen Flow Label (-> Hashing)



- Beispiele für flow state
  - nächster Knoten
  - Information über zu unterstützende Dienstgüte des Flows

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Flow Behandlung

- Spezielle Verarbeitung der Pakete eines Flows
  - Dienstgütenunterstützung
  - Mitteilung der Art der Behandlung über
    - spezielle Paket-Optionen (z.B. hop-by-hop-Optionen) oder
    - Ressourcenreservierungsprotokolle (z.B. RSVP)
- Vereinfachte Paketverarbeitung
  - Ergebnisse werden durch vollständige Verarbeitung des 1. Paket eines Flows berechnet und für folgende Pakete verwendet
  - Pakete eines Flows müssen gleiche Formate besitzen
  - Flow Labels sind 6 Sekunden gültig, danach Ergebnisauffrischung

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Neighbor Discovery Funktionen I

- **Router Solicitation**: Aufforderung an All-Routers-Multicast-Adresse Router Advertisement-Pakete zu senden
- **Router Advertisement**: periodisch an All-Nodes-Multicast-Adresse oder an Quelle der Aufforderung gesendetes Paket mit Präfix-Werten, Link- und Internet-spezifischen Informationen, Anzeige zustandslose/-behaftete Konfiguration etc.
- Funktionen
  - Erkennung angeschlossener Router
  - Erkennung Link-lokaler Präfix-Werte sowie Link-lokaler und Internet-spezifischer Parameter wie z.B. MTU-Größe und max. Hop-Limit
  - zustandslose automatische Adreßkonfiguration (Kombination von Präfix-Werten und Link-lokaler Unicast-Adresse)
  - Bestimmung des nächsten Knotens durch Präfix-Vergleich

© IBM Deutschland 1997

IBM

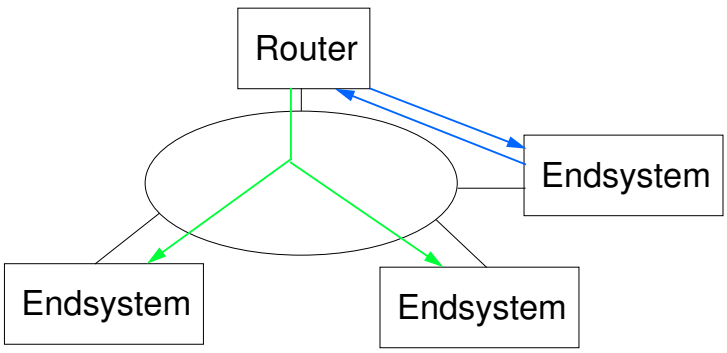
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Plug-and-Play

- IPv4: Konfiguration der Endsysteme mit verschiedenen IP-Parametern (IP-Adresse, Subnetz-Maske, Default-Gateway)
- IPv6: Router teilt Parameter periodisch mit (Router Advertisement an alle Endsysteme) oder Endsystem fordert diese explizit an (Router Solicitation an fest-definierte Router-Multicast-Adresse)
- Endsystem verwendet in der Initialisierungsphase Link-lokale Adresse bestehend aus festem Präfix und Interface-ID (z.B. MAC-Adresse)



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Neighbor Discovery Funktionen II

- **Neighbor Solicitation**: an Solicited-Nodes-Multicast-Adresse oder Unicast-Adresse gesendetes Paket
- **Neighbor Advertisement**: gezielte Antwort auf Neighbor-Solicitation-Paket oder Ankündigung einer Änderung der Link-Adresse an All-Nodes-Multicast-Adresse
- Funktionen
  - Erkennung von Adreßduplikaten durch entsprechende Antworten auf Neighbor-Solicitation-Pakete an die Solicited-Nodes-Multicast-Adresse
  - Erreichbarkeitsbestimmung
  - Adreßauflösung, d.h. Bestimmen der Link-Adresse bei bekannter IP-Adresse durch Senden eines Neighbor-Solicitation-Pakets an die Solicited-Nodes-Multicast-Adresse (vgl. Address Resolution Protocol, ARP)
- **Redirect**-Funktion, d.h. Mitteilen von günstigeren nächsten Knoten auf dem Weg zum Ziel

© IBM Deutschland 1997

IBM

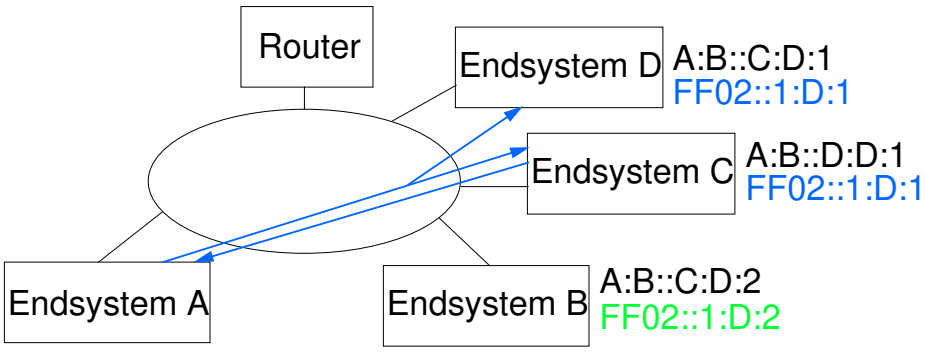
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Broadcast-Vermeidung bei Adreßauflösung

- IPv4: Broadcast des ARP_Request, gesuchter Knoten antwortet mit ARP_Reply
- IPv6: Multicast des Neighbor Solicitation an kleine lokale Gruppe (Solicited-Nodes-Multicast-Adresse), Solicited Nodes-Multicast-Gruppe besitzt Mitglieder mit identischen niederwertigen 32 bits (meist 32 bits der MAC-Adresse)
- Gesuchter Knoten antwortet mit Neighbor Advertisement



© IBM Deutschland 1997

IBM

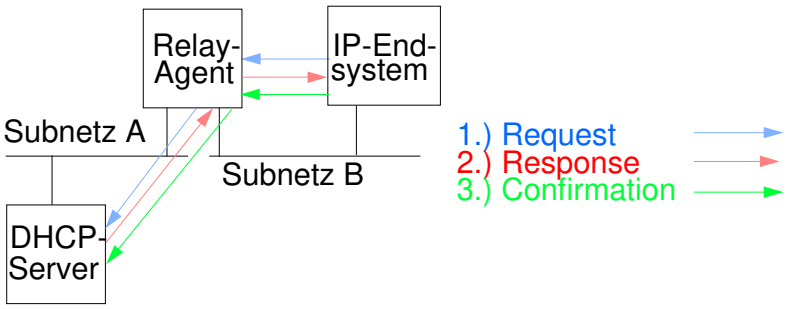
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Dynamic Host Configuration Protocol (DHCPv6)

- zustandsbehaftete Adreßkonfiguration (Client/Server-Konzept)
- Relay-Agenten vermitteln Nachrichten zwischen Client und DHCP-Server, falls kein DHCP-Server am lokalen Link



- Anforderung von IP-Adressen oder Host-Namen durch Request-Paket an Link-lokale DHCP-Server/Relay-Agenten-Multicast-Adresse -> Antwort im Response-Paket
- Begrenzte Gültigkeit von Adressen und Namen

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Authentifizierung

- Überprüfung, ob der angegebene Sender das Paket auch tatsächlich gesendet hat
- Überprüfung, ob die gesendeten Daten manipuliert wurden
- Default-Algortihmus: Message Digest 5 (MD5) Berechnung einer 128-bit-Kennung im aus dem zu sendenden Paket und einem Schlüssel (-> authentication data)

next header	length	reserved
security parameter index (SPI)		
authentication data (n * 32 Bit)		

- SPI und Zieladresse identifizieren die etablierte Security-Assoziation
- Parameter der Security-Assoziation: Schlüssel, Algorithmus, Lebenszeit, Quelladresse, Sicherheitsstufe usw.

© IBM Deutschland 1997

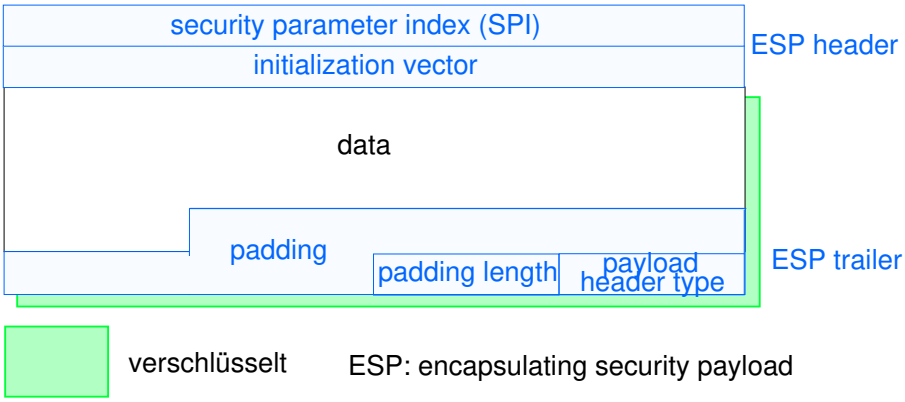
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Verschlüsselung

- Paket wird für vertraulichen, abhörsicheren Datenaustausch verschlüsselt
- DES-CBC als Default-Algorithmus
- Initialisierungsvektor (n * 32 bit):
  Input für Verschlüsselungsalgorithmus
- Payload header type:
  Protokolltyp des Datenfelds (z.B. IP, TCP, UDP)



© IBM Deutschland 1997

Torsten Braun

European Networking Center

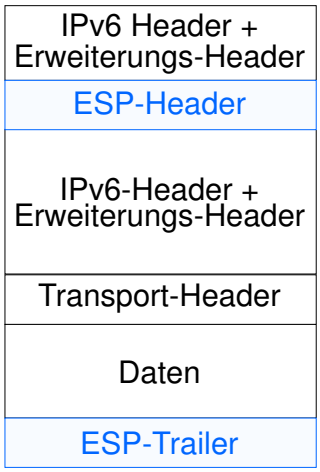
Heidelberg

Verschlüsselungsmöglichkeiten

- Tunnel-Modus
  Einkapselung eines gesamten IP-Pakets mit neuem IP-Header
- Transport-Modus
  Ende-zu-Ende-Erweiterungs-Header und Transportprotokoll-Paket bilden Nutzlast des Verschlüsselungs-Pakets

Transport-Modus

Tunnel-Modus



© IBM Deutschland 1997

IBM

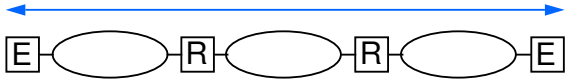
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

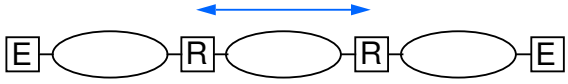
Anwendung von Verschlüsselung

- Ende-zu-Ende mit Transport-Modus



  z.B. für vertraulichen Datenaustausch zwischen 2 Teilnehmern

- Security-Gateway-zu-Security-Gateway mit Tunnel-Modus



  z.B. für Datenaustausch über unsichere Netze (Kopplung von Firmennetzen über das Internet)

- Ende-zu-Security-Gateway mit Tunnel-Modus

  z.B. Verschlüsselung auf unsicherem Zugangsnetz (Zugriff über Funknetz auf Firmennetz)

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Übergangsstrategien

- Auslaufen der IPv4-Adressen frühestens im Jahr 2000
- Betriebssysteme werden in Zyklen von ca. 3 Jahren gewechselt.
- IPv6-Implementierungen kommen 1996/1997 auf den Markt
- 2 Zyklen zum Übergang
- In der Übergangsphase sollen IPv4-Knoten und IPv6-Knoten miteinander kommunizieren können.
- Nach der Übergangsphase werden nur noch sehr wenige IPv4-Knoten betrieben.
- 2 Strategien werden derzeit als ausreichend betrachtet
  - doppelte Protokollstacks
  - IPv6 in IPv4 - Tunneling
- Header Translation ist nur notwendig, wenn alte IPv4-Knoten mit neuen (reinen) IPv6-Knoten kommunizieren wollen.

© IBM Deutschland 1997

IBM

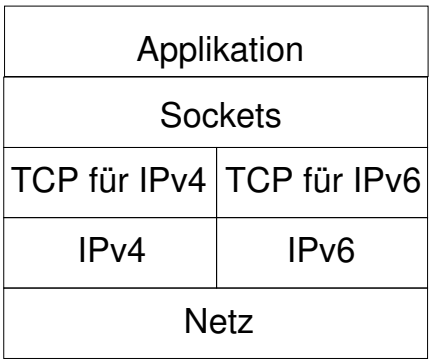
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Doppelte Protokollstacks

- doppelte Stacks
  - UDP/IPv4 und UDP/IPv6
  - TCP/IPv4 und TCP/IPv6
- IPv6 als zusätzliche Protokollfamilie
- In der Übergangsphase haben alle IPv6-Knoten auch einen IPv4-Protokollstack



© IBM Deutschland 1997

IBM

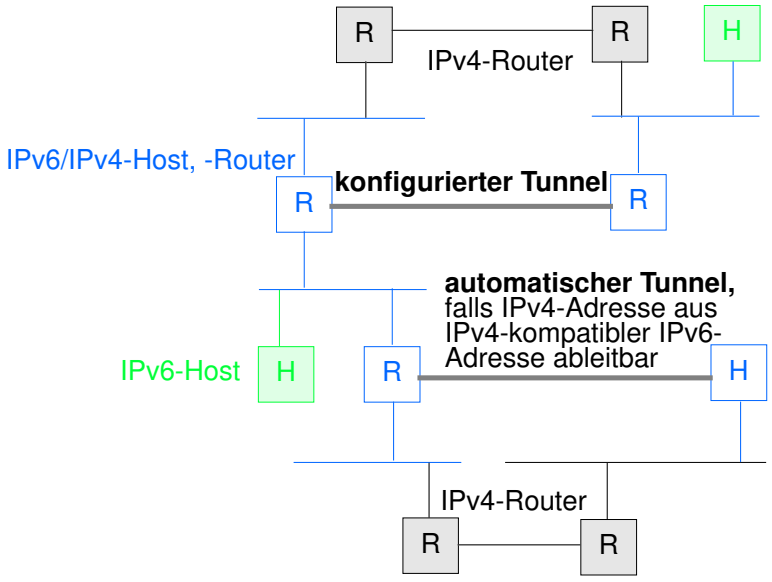
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Tunnel-Technik

- Tunnel-Technik zur Überbrückung der IPv4-Welt (6Bone)
- IPv6-Paket wird in IPv4-Paket eingekapselt, IPv4-Adresse wird automatisch oder durch Konfiguration ermittelt



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Auswirkungen auf andere Protokolle

- Änderung der Anwendungen wegen modifizierter Socket API
- Modifikation der Prüfsummenberechnung in UDP- und TCP-Implementierungen (modifizierter IP-Pseudo-Header)
- Anpassungen der Routing-Protokolle an neues Adreßformat
- Domain Name System (DNS)
  - Unterstützung der IPv6-Adressen
  - dynamisches DNS

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Dienstgütenunterstützung im Internet

- anwendungsorientiert
  - Anpassung der Anwendungen in Abhängigkeit der Netzcharakteristiken (z.B. Stausituationen)
    -> Änderung des Anwendungsverhaltens
    (z.B. Reduzieren der Senderate durch Erhöhen des Komprimierung oder Modifikation der A/V-Kodierung)
  - Unterstützung durch Monitorfunktionen (RTP)
  - Erhöhung der Zuverlässigkeit mit Übertragungswiederholungen durch die Anwendung
    (Scalable Reliable Multicast, SRM)
- netzorientiert
  - Ressourcenreservierung, d.h. Reservierung von Netz- und Systemressourcen (Netzbandbreite, Puffer, CPU-Zeit) in Abhängigkeit der Anwendungsanforderungen
  - Reservierung von Netzkapazitäten mit entsprechenden Signalisierungsprotokollen (ATM, ISDN, RSVP, ST2)
  - Scheduling und Priorisierung von Dateneinheiten (z.B. IP-Pakete)

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Real-Time Transport Protocol (RTP)

- Ende-zu-Ende-Transportfunktionen für Realzeitdatentransfer
  - Sequenznumerierung
  - Nutzlastidentifikation
  - Zeitstempel (-> Synchronisation von Strömen)
  - Quality-of-Service-Monitioring
    ->Kontrollprotokoll RTCP definiert Sende- und Empfangsberichte
- nicht unterstützte Funktionen: Fehlerkontrolle, Ressourcenreservierung, Verbindungsverwaltung
- Definition von Paketformaten zur Einkapselung von Video- und Audioformaten (MPEG, H.261, M-JPEG usw.)
- Einsatz in verschiedenen Mbone-Multimedia-Anwendungen und kommerziellen A/V-Anwendungen
- ITU H.323 Standard für A/V-Conferencing über LANs
- RFC 1889

© IBM Deutschland 1997

IBM

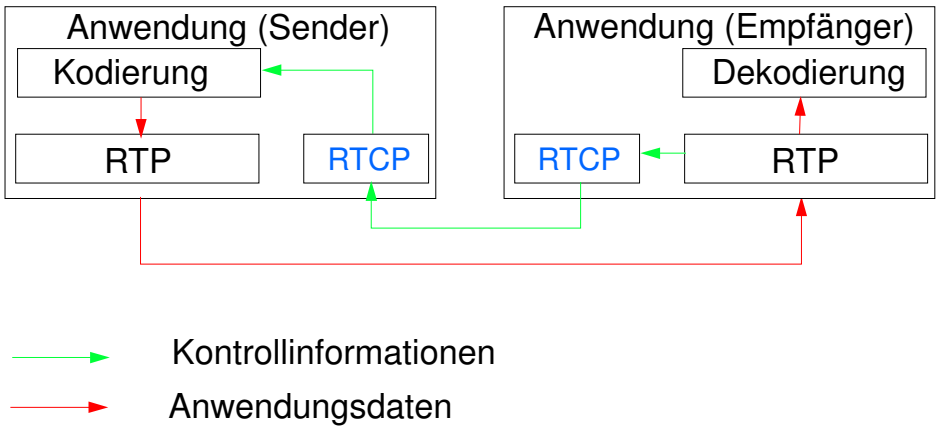
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

RTP-Protokollarchitektur

- Anpassung der Anwendung basierend auf RTCP-Berichten (z.B. Änderung der A/V-Kodierung, Übertragungsrate etc.)
- unterliegende Protokolle: UDP, ST2, AAL5



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

IP Integrated Service (Intserv) Classes

- IP bietet derzeit einen reinen best-effort Dienst an.
- Definition zusätzlicher Dienste durch die Integrated Services Working Group der IETF
  - Controlled load service
  - Controlled delay service
  - Predictive delay service
  - Committed rate service
  - Guaranteed service
- Implementierung von Verkehrskontrollfunktionen in Netzknoten (Router, Endsystem-Betriebssysteme)
  - Zugangskontrolle (Admission Control)
  - Policing
  - Reshaping
- Beschreibung der Verkehrscharakteristik erforderlich -> Flow-Spezifikation

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Flow-Beschreibung

- Filter-Spezifikation (FilterSpec)
  - Definition der Untermenge von Paketen einer Session, die mit der in der Flow-Spezifikation beschriebenen Dienstgüte bedient werden soll
  - Parameter zur Klassifikation von Paketen
  - Session: Menge von Flows mit gleicher IP-Zieladresse und TCP/UDP-Port
- Flow-Spezifikation (FlowSpec)
  - Definition der gewünschten Dienstgüte eines Flows
  - Parameter zum Scheduling von Paketen
  - IPv4
    - IP-Adresse und TCP/UDP-Port der Quelle
  - IPv6
    - IP-Adresse und TCP/UDP-Port der Quelle
    - IP-Adresse der Quelle und Flow Label (nur IP-Information !)

© IBM Deutschland 1997

IBM

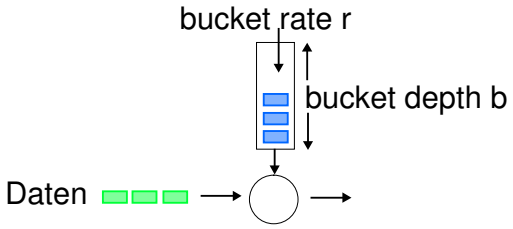
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Flow-Spezifikation

- Diensteklasse
- TSpec (traffic specification) basiert auf token bucket:
  - bucket depth b [bytes]
  - bucket rate r [bytes/s]



    - Token bucket wird mit der Rate r gefüllt. 1 Token wird während des Zeitintervalls 1/r erzeugt. Während der Zeit T können nicht mehr als r · T + b Daten gesendet werden.
  - Weitere TSpec Parameter
    - peak rate p [bytes/second]
    - minimum policed unit m [bytes]
    - maximum packet size M [bytes]
- RSpec (requested service specification, dienstabhängig)

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Controlled Load Service

- Eigenschaften
  - Dienstgüte (quality-of-service, QoS) ähnlich der, die man in einem unbelasteten Nety erhalten würde
  - hoher Prozentsatz korrekt übertragener Pakete
  - Verzögerung überschreitet die minimal mögliche Verzögerung nicht stark.
- Anwendungen
  - gedacht für Anwendungen, die gegenüber Überlastsituationen empfindlich sind (z.B. adaptive Realzeitanwendungen)
- FlowSpec
  - TSpec: r, b, p, m, M
- Verkehrskontrollfunktionen
  - Zugangskontrolle (admission control), um den Dienst in überlasteten Netzen sicherzustellen
  - optional: Paket-Scheduling

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Committed Rate Service

- Eigenschaften
  - Garantie, daß den Anwendungen die minimal geforderte Bandbreite zur Verfügung steht.
  - keine Verzögerungsgarantie
  - Verzögerung sollte die durch eine Verbindung mit konstanter Bitrate nicht wesentlich übertreffen
- Anwendungen
  - gedacht für Anwendungen, die eine gewisse Bandbreite für ein sinnvolles Funktionieren erfordern
- FlowSpec
  - TSpec: r, b, p, m, M
  - RSpec: gewünschte Bedienrate R [bytes/s]
- Verkehrskontrollfunktionen
  - Zugangskontrolle für R
  - Traffic Policing
  - Reshaping gemäß R

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Guaranteed Service

- Eigenschaften
  - Garantie von Verzögerung und Bandbreite
  - keine Minmierung von Verzögerungsschwankungen(jitter)
- Anwendungen
  - Audio/Video-Playback-Anwendungen
- FlowSpec
  - TSpec: r, b, p, m, M
  - RSpec:
    - gewünschte Bedienrate R [bytes/s]
    - Slack term s: Unterschied zwischen gewünschter Verzögerung und resultierender Verzögerung bei Ressourcenreservierung für Bedienrate R
      -> Reduzierung der Ressourcenreservierungen
- Verkehrskontrollfunktionen
  - Zugangskontrolle für R
  - Traffic Policing
  - Reshaping gemäß R

© IBM Deutschland 1997

IBM

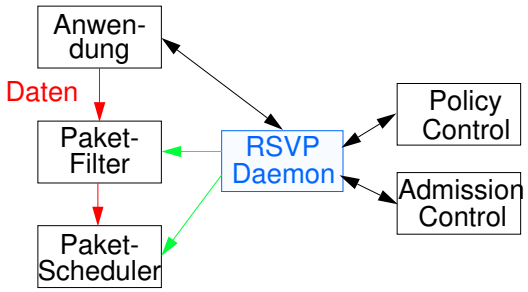
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Intserv/RSVP-Implementierungsmodell

- RSVP Daemon bildet die RSVP-Protokollinstanz und kontrolliert andere Module.
- Admission Control Modul bestimmt, ob ausreichend Ressourcen zur Verfügung stehen.
- Policy Control Modul stellt fest, ob der Benutzer berechtigt ist, Ressourcen zu reservieren.
- Paket-Filter filtert Pakete eines Anwendungsdatenflusses.
- Paket-Scheduler ordnet den Paketen die zugehörenden Ressourcen (Verarbeitungszeit, Puffer, Bandbreite) zu.



© IBM Deutschland 1997

IBM

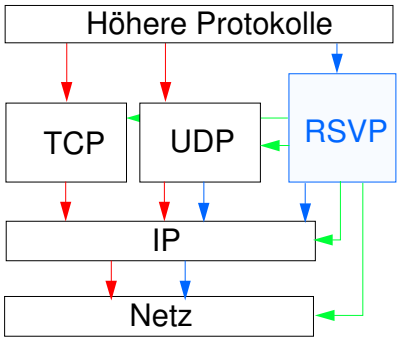
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Resource Reservation Protocol RSVP

- RSVP nur zum Austausch von Signalisierungsnachrichten für TCP/IP- oder UDP/IP-Datenströme
- kein Nutzdatentransfer über RSVP
- RSVP übermittelt Filter- und Scheduling-Informationen an andere Protokollinstanzen



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

RSVP-Nachrichten

- PATH
  - Senden von Pfadnachrichten vom Sender zu den Empfängern (Unicast- oder Multicast-Adresse) mit Angaben der Eigenschaften des Datenflusses
  - Etablieren und aufrechterhalten des Pfads durch periodische PATH-Nachrichten
- RESV
  - Ressourcenreservierung auf dem Rückweg vom Empfänger zum Sender (Router speichern Vorgängerknoten)
  - periodische Auffrischung der Reservierungen
  - soft states
    - Fehlerkontrolle
    - dynamische Reservierungen
  - heterogene Empfänger
- RESV_CONFIRM zur Bestätigung einer Reservierung
- Fehlermeldungen: PATH_ERR, RESV_ERR
- Beenden einer Reservierung: PATH_TEAR, RESV_TEAR

© IBM Deutschland 1997

IBM

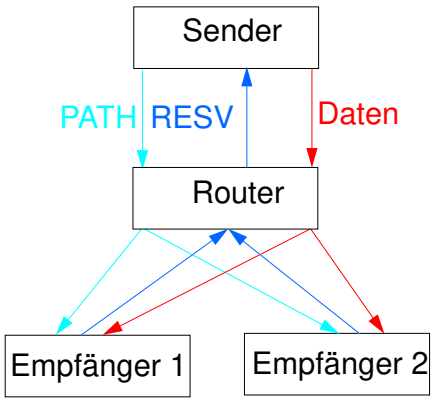
Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

RSVP-Protokollablauf

- Anzeige der Sitzungsparameter durch Pfadnachrichten (PATH) an die gesamte Gruppe
- Empfänger senden periodisch Reservierungsnachrichten (RESV) an die Sender.
- Router reservieren Ressourcen basierend auf den Reservierungsnachrichten (Verschmelzen von Reservierungen).



© IBM Deutschland 1997

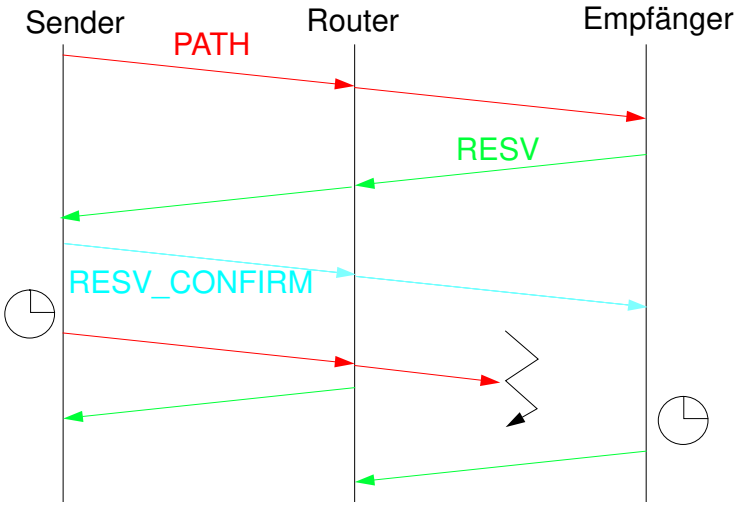
IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Etablieren einer Reservierung



- Pfad- und Reservierungsnachrichten werden periodisch gesendet (Redundanz und Änderungen der Reservierungen) -> soft-state
- Reservierungsnachrichten werden bei gesetztem Confirmation-Flag bestätigt.

© IBM Deutschland 1997

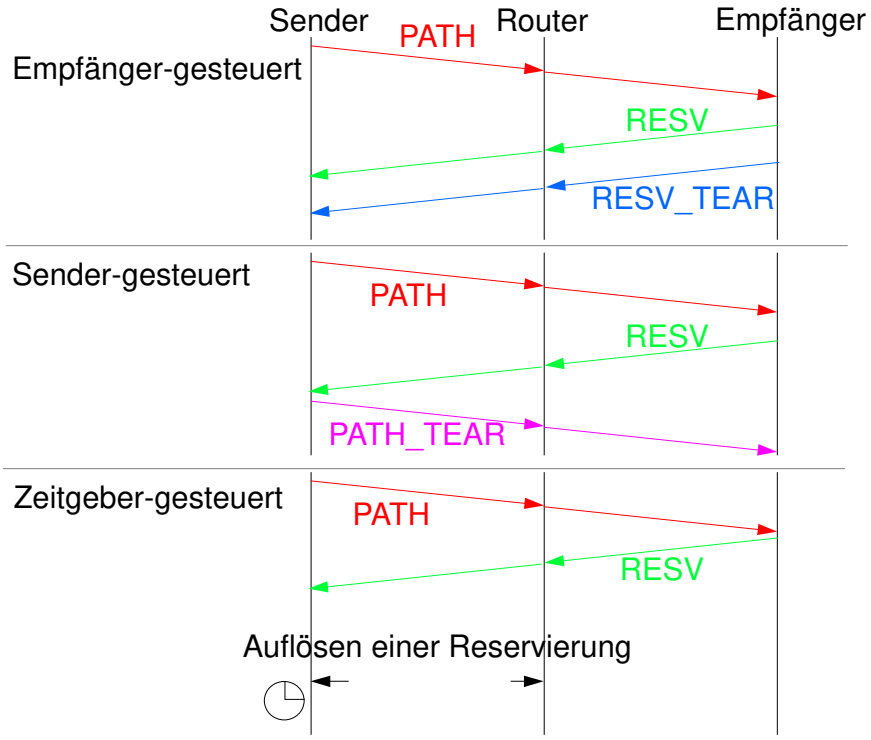
IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Auflösen einer Reservierung



© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Integrated Services over Specific Link Layers (ISSLL)

- Abbildung von Controlled-Load und Guaranteed Service auf ATM
- IP Integrated Services mit RSVP über ATM
- Integrated Services über ATM LAN Emulation (LANE)
- Integrated Services über IEEE 802.1D/802.1p Networks
- Integrated Services über Ethernet und Token-Ring
- Integrated Services über Links mit niedriger Bitrate

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Referenzen I

- http://playground.sun.com/ipng
- http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtp/faq.html
- http://www.ietf.cnri.reston.va.us/html.charters/wg-dir.html
- http://www.isi.edu/div7/rsvp/rsvp.html
- T. Braun: Die Internet-Protokollfamilie der nächsten Generation, “Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation” (PIK), 2/1996
- T. Braun, M. Zitterbart: Hochleistungskommunikation, Band 2: Transportdienste und -protokolle, Oldenbourg-Verlag, München, 1996
- R. Hinden: IP Next Generation Overview, Communications of the ACM, Juni 1996
- C. Huitema: IPv6 The New Internet Protocol, Prentice Hall, 1996

© IBM Deutschland 1997

IBM

Torsten Braun

European Networking Center

Heidelberg

Referenzen II

- C. Schmidt, M. Zitterbart: Reservierung von Netzwerk-Ressourcen, “Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation” (PIK), 3/1995
- H. Schulzrinne: Internet Services: from Electronic Mail to Real-Time Multimedia, KiVS 1995
- S. Shenker, L. Breslau: Two Issues in Reservation Establishment, ACM SIGCOMM ’95
- S. Shenker: Fundamental Design Issues for the Future Internet, IEEE Journal on Selcted Areas in Communications, Vol. 13, No. 7
- W. Stallings: IPv6: The New Internet Protocol, IEEE Communications Magazine, Juli 1996
- L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, D. Zappala: RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol, IEEE Network, September 1993

© IBM Deutschland 1997