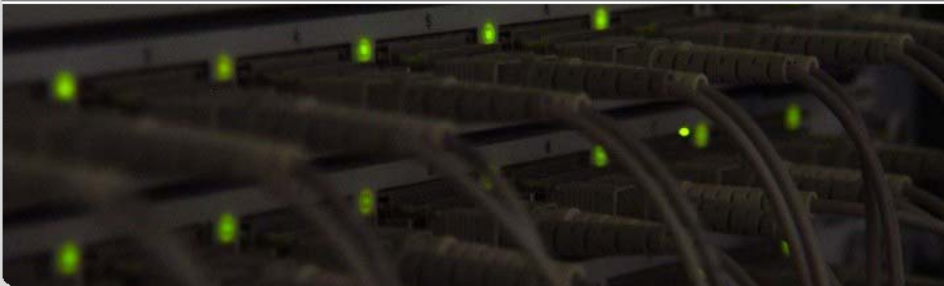


Next Generation Internet

9. Aktive Netze

INSTITUT FÜR TELEMATIK



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.kit.edu

Überblick Kapitel 9

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Services

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

- 9.1 Motivation
- 9.2 ANTS
- 9.3 AMNet
- 9.4 Einsatz programmierbarer Netze

2

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)

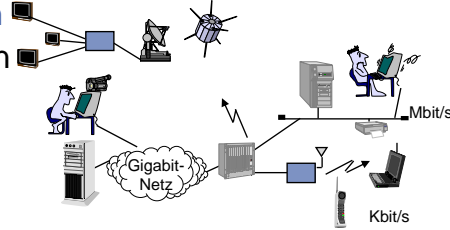


Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

9.1 Motivation



- Bisheriges Paradigma:
 - intelligente Endsysteme, „dummes Netz“
- Große **Heterogenität**:
 - Vielzahl verschiedener Endgeräte
 - Unterschiedliche Anbindung (Übertragungskapazität)
- Mehr **Intelligenz im Netz**
 - nicht nur weiterleiten, sondern auch **verarbeiten/speichern**
 - kann Endsysteme entlasten
 - Bsp. Aggregation von Messdaten im Rahmen von Sensornetzen „In-Network processing“



3

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



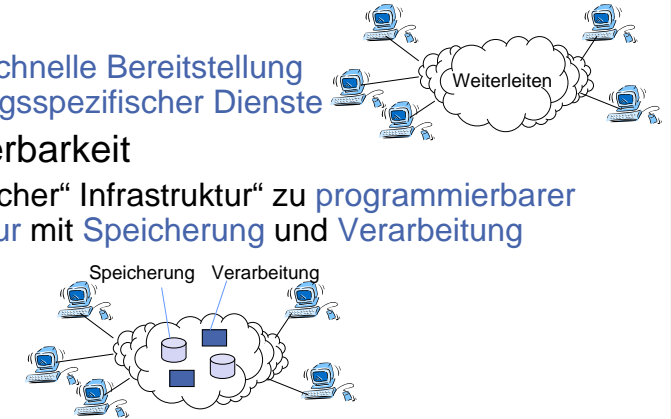
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

- bisher Intelligenz am Rand, innen nur Weiterleitung
- mittlerweile sehr heterogene Endgeräte (von PC bis PDA bzw. Workstation bis Sensorknoten), die auch noch über heterogene Netze angebunden sind (unterschiedliche Bandbreite, im Backbone hoch mit Gbit+/s; im Zugangsbereich mittel bis niedrig (802.3, 802.11, GPRS, UMTS))
- Daher: eventuell mehr Intelligenz im Netz erwünscht (Weiterleiten vs. Verarbeiten/Speichern)
 - Beispiele
 - insbesondere Aggregation von Messdaten im Rahmen von Sensornetzen „In-Network processing“
 - Virens Scanner im Netz → Quarantäne für Endgeräte, bis erfolgreich geprüft
 - Transcodierung von Medien im Netz (statt in der Quelle) zwecks Bandbreitenanpassung

Rapid Service Creation



- Konvergenz von „**Computing**“ und „**Communication**“
 - Zusammenwachsen: Verarbeitung, Speicherung und Kommunikation
- Ziel
 - Flexible, **schnelle Bereitstellung anwendungsspezifischer Dienste**
- Programmierbarkeit
 - Von „einfacher“ Infrastruktur“ zu **programmierbarer Infrastruktur mit Speicherung und Verarbeitung**



4

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Aktive Netze



- Wie kann man Netze **flexibler** gestalten?
 - Idee: **Netzkomponenten** sind für Anwendungen individuell **programmierbar**
- Trennung von ISP und ASP
 - Infrastructure Service Provider (ISP)
 - Application Service Provider (ASP)
- **Schnelle Einführung neuer Dienste**
- Standardisiert werden müssen:
 - Schnittstellen zwischen den Diensten
- Widerspruch zum Ende-zu-Ende-Argument?
 - Eigentlich schon, denn anwendungsspezifische Funktionen sollten aus dem Netz fernbleiben
→ aber: mehr Flexibilität bei Platzierung von Funktionen

5

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

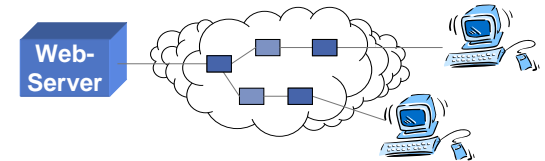
- Trennung von ISP und ASP
 - Infrastructure Service Provider (ISP)
 - Basismechanismen für alle Anwendungen
 - Netzinfrastruktur für Basiskommunikationsdienst wie z.B. IP-Konnektivität und Weiterleitung von IP-Paketen
 - Application Service Provider (ASP)
 - Individuelle Dienste
 - Nach Bedarf programmierbar
- Schnelle Einführung neuer Dienste
 - Dienste werden dynamisch im Netz bereitgestellt
 - Neue Anwendungen mit Infrastrukturunterstützung aber ohne globale Standardisierung
 - Flexible Erprobung und rasche, individuelle Einführung
- Standardisiert werden müssen:
 - Schnittstellen zwischen den Diensten
- Widerspruch zum Ende-zu-Ende-Argument?
 - Eigentlich schon, denn anwendungsspezifische Funktionen sollten aus dem Netz fernbleiben
 - Aber: u.a. zu Zwecken der Leistungsoptimierung erlaubt
 - Konzept der Aktiven Netze: Erleichtert das Einbringen von Funktionen in das Netz → erlaubt, flexibel zu bestimmen welche Funktionen ins Netz integriert werden

Beispielanwendungen



Web-Proxies

- Speicherung von Webseiten



Audio- und Video-Streaming

- Pufferung und „Shaping“ des Datenstroms

Netzmanagement

- Basiert meist auf zentralen Architekturen

Angriffserkennung

- Verkehrsanalyse im Netz zur frühzeitigen Erkennung von Angriffen

6

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)

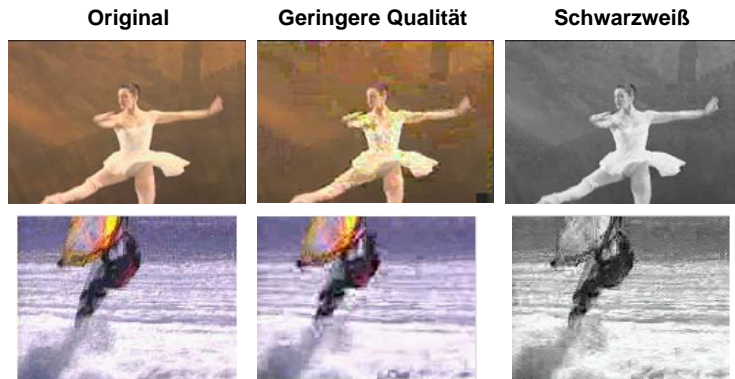


Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

- Web-Proxies
 - Speicherung von Web-Seiten (meist statisch, hierarchisch)
 - Reduktion von Zugriffszeiten und Netzlast
 - Programmierbarkeit: **Dynamische** Platzierung an strategischen Stellen im Netz
- Audio- und Video-Streaming
 - Pufferung und „Shaping“ des Datenstroms
 - Kontinuierlicher Datenstrom (Reduktion von Bursts); Reduktion von Netzlast
 - Programmierbarkeit: Dynamische Platzierung auf dem Datenpfad
- Netzmanagement
 - Basiert meist auf zentralen Architekturen
 - Programmierbarkeit: Verteilte Interpretation von Daten im Netz
- Angriffserkennung
 - Verkehrsanalyse im Netz zur frühzeitigen Erkennung von Angriffen
 - bei hohen Geschwindigkeiten nur grobe Analyse möglich
 - bei Anfangsverdacht wird Analyseaufwand erhöht
 - Programmierbarkeit
 - Dynamische Platzierung bzw. Aktivierung von Monitoringfunktionen
 - Aktivieren und Nachladen von Detektionsstufen unterschiedlicher Granularität

Individuelle Dienstgüte mit Videofiltern

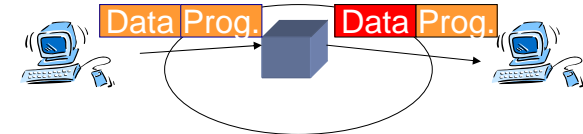
- Videofilter, z.B. für MPEG-1
- Beispiel



Realisierungskonzepte (1)

■ Capsules

- Dateneinheiten führen das Verarbeitungsprogramm selbst mit



■ Vorteile

- Verarbeitungsprogramm kann sich per Dateneinheit ändern
- Keine Signalisierung/Installationsphase
- Keine Zustandshaltung

■ Nachteile

- Gefährdung der Sicherheit
- limitierte Programmgröße
- Kein Kontext auf dem Knoten nutzbar
- Hoher Mehraufwand während Weiterleitung

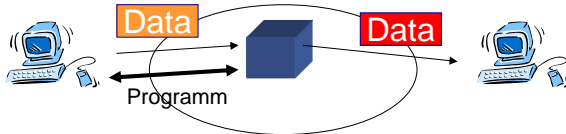
Sicherheitskritisch: jeder Anwender kann Programme im Netz ausführen

Realisierungskonzepte (2)



■ Programmierbare Knoten

- Programme werden per Signalisierung auf den Knoten geladen und werden anschließend auf Paketen ausgeführt



■ Vorteile

- Geringerer Mehraufwand während Weiterleitung
- Sicherheit „einfacher“ zu gewährleisten
- Kontext auf dem Knoten nutzbar

■ Nachteile

- Größere Infrastruktur erforderlich
- Zustand muss für jeden Flow verwaltet werden
- Hohe Reaktionszeit

9

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

9.2 ANTS



- Eines der ersten Projekte im Bereich der aktiven Netze

■ Ursprünglicher Ansatz

- Programm und Daten werden in Capsules verschickt
- Aktiver Knoten stellt Basisfunktionalität zur Verfügung
- Knoten überwacht Ressourcen- und Bandbreitenanforderungen eines Capsules

■ Überarbeiteter Ansatz

- Code-Loading on demand (vom vorherigen Knoten)

10

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

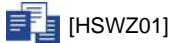
- Eines der ersten Projekte im Bereich der aktiven Netze
 - Ursprünglicher Ansatz
 - Programm und Daten werden in Capsules verschickt
 - Capsules-Header zu IP kompatibel
 - IP-Router leiten Capsules wie IP-Pakete weiter
 - Aktive Knoten führen das mitgeführte Programm aus
 - Programmiersprache ist Java
 - Aktiver Knoten stellt Basisfunktionalität zur Verfügung
 - Capsules-Manipulation: Code- und Format-Änderungen
 - Kontrolloperationen: Erzeugung, Verdopplung, Verwerfen und Weiterleiten
 - Zugriff auf Ausführungsumgebung: Knotenadresse, Routingtabelle
 - Knoten überwacht Ressourcen- und Bandbreitenanforderungen eines Capsules
- Neuer Ansatz
 - Code-Loading on demand
 - Codereferenzen im Capsule
 - Funktionalität wird vom „Previous Hop“ geladen

9.3 AMnet: Active Multicasting Network



■ Rahmenwerk für programmierbare offene Dienstplattform

- Basiert auf programmierbaren Knoten
- Empfängerbasiertes Konzept, nutzt Multicast-Techniken



■ Integration von Software und programmierbarer Hardware (FPGA)

- Softwaremodule in C oder Java
- Dedizierte Dienstmodule für programmierbare Hardware

■ Beispielanwendungen in AMnet

- Heterogene Gruppenkommunikation
- Ankopplung mobiler Teilnehmer
- Flexible Dienstbereitstellung in Ad-hoc-Netzen

11

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

- Rahmenwerk für programmierbare offene Dienstplattform
 - Basiert auf programmierbaren Knoten
 - Dynamisch ladbare Evaluations-Prozesse zur Bewertung der Eignung von Knoten zur Dienstbereitstellung
 - Dynamisch ladbare Dienstmodule (Out-of-Band-Signalisierung)
 - Verteiltes Repository enthält Dienstmodule mit zugehörigem Evaluations-Prozess
 - Empfängerbasiertes Konzept
 - Nutzt Multicast-Techniken
- Integration von Software und programmierbarer Hardware (FPGA)
 - Softwaremodule in C oder Java
 - Dedizierte Dienstmodule für programmierbare Hardware (Happlets)
- Beispielanwendungen in AMnet
 - Heterogene Gruppenkommunikation (ursprüngliches Anwendungsszenario für AMnet)
 - QoS-Filter für Video
 - Heterogene Fehlerkontrolle bei Video-on-Demand
 - Ankopplung mobiler Teilnehmer
 - meist Anbindung mit geringerer Bandbreite
 - andere Fehlercharakteristik der Anbindung → Einsatz spezieller Fehlerkontrollverfahren für drahtlosen Link
 - Flexible Dienstbereitstellung in Ad-hoc-Netzen

Anwendungsszenario

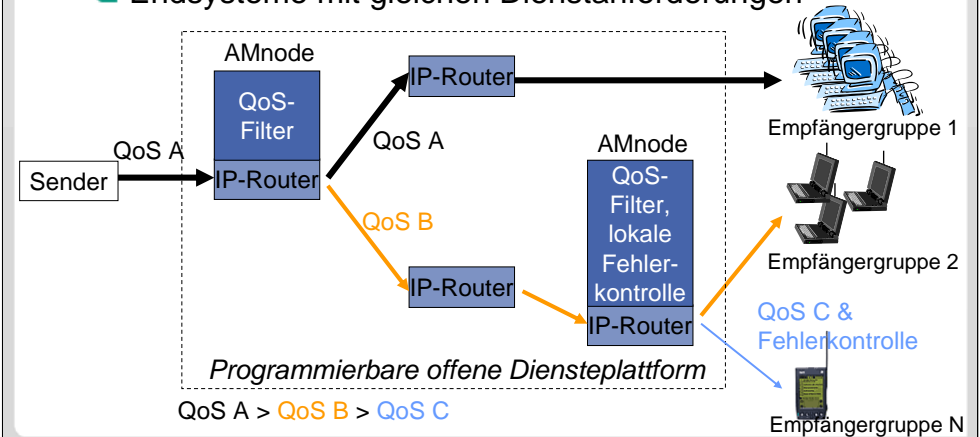


■ IP-Router

- “Normales” Weiterleiten

■ Empfängergruppe

- Endsysteme mit gleichen Dienstanforderungen



12

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



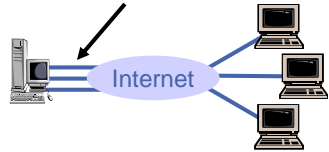
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Realisierte Beispieldienste

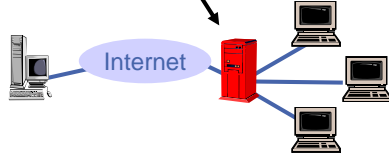


Beispiel 1

Problem: Viele Streamingverfahren basieren auf Unicast



Lösung: Aktiver Knoten als transparenter Reflektor in der lokalen Domäne



Beispiel 2

Problem: Digitales Video erfordert eine hohe Bandbreite (MPEG-2)

Lösung: Aktiver Knoten passt Videostrom individuell an das jeweilige Endgerät an, z.B. Palm-Format und Bluetooth-Anbindung



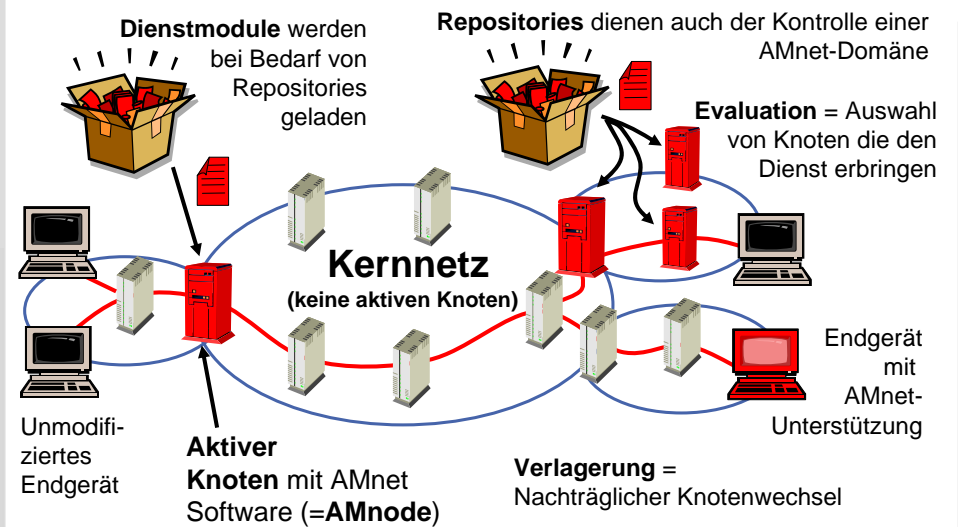
13

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

AMnet-Rahmenwerk im Überblick



14

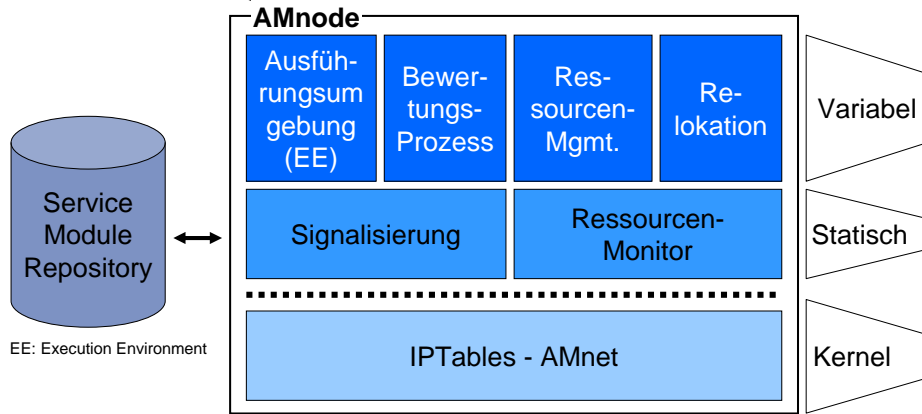
Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

AMnet-Architektur

- **Statische** Komponenten werden einmal bei der Initialisierung des Knotens geladen
- **Variable** Komponenten können zur Laufzeit des Knoten ausgetauscht werden



15

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

AMNet-Architektur eingebettet in Linux Version 2.4/2.6

Umgebung/Ressourcen

- Ausführungsumgebung
 - Dienstmodul-Management
 - Paket-Verarbeitung
- Ressourcen-Monitor
 - Ressourcenüberwachung der EEs
 - Aggregation und Übergabe gesammelter Informationen ans Ressourcen-Management
- Ressourcen-Management
 - Proaktives Management: vor Dienstauführung
 - Reaktives Management: Reaktion bei Überlast → **Relokation**

16

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

- Ausführungsumgebung
 - Dienstmodul-Management
 - Dienste werden aus zusammengesetzten Dienstmodulen gebildet
 - Dienstmodule werden dynamisch verknüpft
 - Installierte Dienstmodule frei konfigurierbar
 - Dienstmodul-Arten
 - Transcoding
 - Halbzuverlässiges Multicast-Transportprotokoll
 - Stau- und Fehlerkontrollmechanismen
 - Paket-Verarbeitung
 - Auslesen der Pakete aus den IPTables-Warteschlangen
 - Bearbeitete Pakete werden zurück an IPTables gegeben
- Ressourcen-Monitor
 - Überwachung der genutzten Ressourcen der EEs eines Knotens
 - Dynamischer Speicher für die Paket-Verarbeitung
 - Länge der Warteschlangen
 - Bandbreiten-Nutzung auf eingehenden und ausgehenden Verbindungen
 - Auslastung spezieller Hardware (z.B. FPGA, DSP)
 - Aggregation und Übergabe gesammelter Informationen ans Ressourcen-Management
- Ressourcen-Management
 - Proaktives Management
 - Ressourcenüberprüfung vor Dienststart:
 - Kann der Dienst auf diesem Knoten ausgeführt werden?
 - Sind genügend Ressourcen verfügbar?
 - Aktueller Systemstatus hilft bei Bewertung der AMnodes (**Evaluierung**)
 - Reaktives Management
 - Erkennen von Überlast-Situationen
 - Auswahl von Diensten, die nicht mehr genutzt werden oder sich zur Umlagerung eignen
 - Anstoß der Relokation der Dienstauführung → Verlagerung auf anderen Knoten

Evaluierung/Knotenfindung



Evaluierung

- Dienst-spezifisches Evaluierungsmodul
- Ziel: **Auswahl eines AMnodes** aus einer Kandidatenmenge
- Parallele Evaluierung für verschiedene Dienste
- Keine parallele Evaluierung für gleiche Dienste
- Überprüfung von Nutzerrechten und freien Ressourcen

Knotenfindung

- Dienst-spezifische Knotenfindung
- Finden des AMnets
- Bestimmen der Kandidatenmenge

17

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



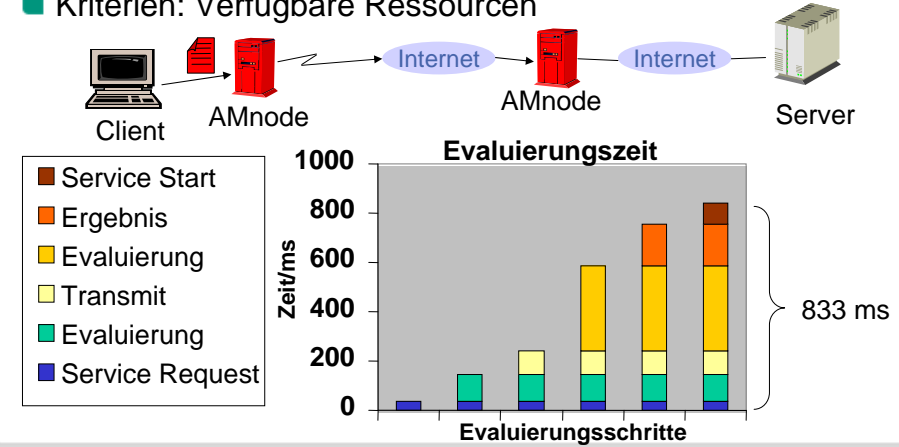
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

- Evaluierung
 - Dienst-spezifisches Evaluierungsmodul
 - Ziel: **Auswahl eines AMnodes** aus einer Kandidatenmenge
 - Parallele Evaluierung für verschiedene Dienste
 - Keine parallele Evaluierung für gleiche Dienste
 - Schnelle Ablehnung bei Misserfolg
 - Überprüfung der Nutzerrechte
 - Überprüfung der freien Ressourcen
 - Speicher, CPU, ...
 - Spezialhardware
- Knotenfindung
 - Dienst-spezifische Knotenfindung
 - Anforderung an topologische Lage
 - Verteilter Dienst
 - Finden des AMnets
 - Liste von bekannten Knoten
 - Bekannte Datenquelle
 - Transparent für End-Anwender
 - Bestimmen der Kandidatenmenge
 - Multicast-Gruppe
 - Overlay-Netz
 - Expanding Ring Search

Beispielszenario Evaluierung



- Dienstanforderung des Client
- Evaluierung von zwei Knoten (Java-Implementierung)
- Aufsetzen des Dienstes auf dem besser geeigneten Knoten
- Kriterien: Verfügbare Ressourcen



18

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/


9.4 Programmierbare Netze im Einsatz



■ Richtig programmierbare Netze in der Praxis kaum zu finden, aber

- verschiedene kommerzielle Produkte, die Funktionen im Netz ausführen, u.a. diverse Middleboxes, vor allem auch Sicherheitsfunktionen, z.B. Virens Scanner etc.

■ Cisco Application Oriented Networking (AON):

- "...is the foundation for a new class of network-embedded products and solutions that help converge intelligent networks with application infrastructure based on either service oriented or traditional architectures."  [CISCOAON]
- Nachrichten-basiert → vollständige Paketanalyse

■ AMnet/FlexiNet am Institut

- Testplattform für DDoS-Erkennung

19

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

- Richtig programmierbare Netze in der Praxis kaum zu finden, aber
 - verschiedene kommerzielle Produkte, die Funktionen im Netz ausführen, u.a. diverse Middleboxes, vor allem auch Sicherheitsfunktionen, z.B. Virens Scanner etc.
 - Cisco Application Oriented Networking (AON):
 - "...is the foundation for a new class of network-embedded products and solutions that help converge intelligent networks with application infrastructure based on either service oriented or traditional architectures."
 - Nachrichten-basiert, nicht paketorientiert
 - Pakete werden immer vollständig analysiert
 - Beispiele: Beeinflussung des Routings der Nachrichten oder Formatanpassung während der Übertragung
 - HTTP, XML, JMS usw. werden unterstützt, u.a. in Switches
- AMnet am Institut → DDoS-Erkennung

9.5 Übungen



9.1 Welche Ziele werden mit aktiven Netzen verfolgt?

9.2 Nennen Sie die wesentlichen Unterschiede zwischen traditionellen und aktiven Netzen.

9.3 Welche Basis-Konzepte gibt es zur Realisierung aktiver Netze?

9.4 Was versteht man unter „Relokation“?

9.5 Welche Kriterien müssen für eine Dienstaufführung beachtet werden?

20

Next Generation Internet SS2010 – 9. Programmierbare Netze (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

9.5 Literaturhinweise



[HSWZ01] T. Harbaum, A. Speer, R. Wittmann, M. Zitterbart;
Providing Heterogeneous Multicast Services with AMnet;
Journal of Communications and Networks, Vol. 3, No. 1,
März 2001

[WeGT98] D. Wetherall, J. Guttag, D. Tennenhouse; ANTS: A
Toolkit for Building and Dynamically Deploying Network
Protocols; Proceedings of the IEEE Openarch 1998, April
1998

[CiscoAON] Cisco AON: A Network Embedded Intelligent
Message Routing System,
[http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/quest/products/
ps6438/c1037/cdccont_0900aecd802c201b.pdf](http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/quest/products/ps6438/c1037/cdccont_0900aecd802c201b.pdf),
<http://www.cisco.com/go/aon>