

Systeme II

6. Die Vermittlungsschicht (Teil 3)

Thomas Janson[°], Kristof Van Laerhoven*, Christian Ortolf[°]

Folien: Christian Schindelbauer[°]

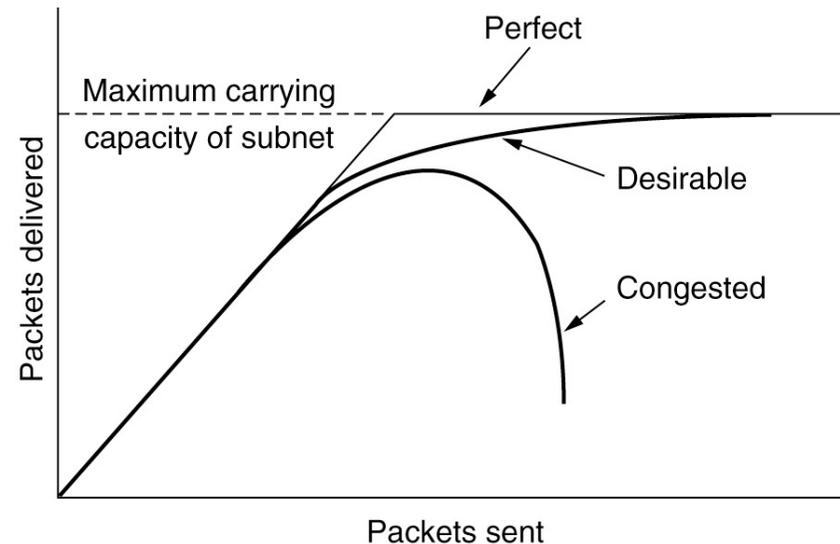
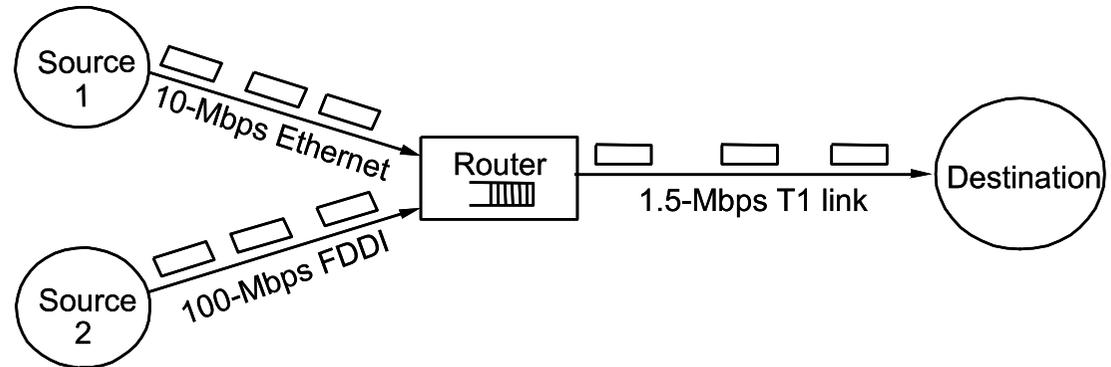
Technische Fakultät

[°]: Rechnernetze und Telematik, *: Eingebettete Systeme

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 24.04.2015

- Jedes Netzwerk hat eine eingeschränkte Übertragungs-Bandbreite
- Wenn mehr Daten in das Netzwerk eingeleitet werden, führt das zum
 - Datenstau (congestion) oder gar
 - Netzwerkausfall (congestive collapse)
- Folge: Datenpakete werden nicht ausgeliefert



- Congestion control soll Schneeballeffekte vermeiden
 - Netzwerküberlast führt zu Paketverlust (Pufferüberlauf, ...)
 - Paketverlust führt zu Neuversand
 - Neuversand erhöht Netzwerklast
 - Höherer Paketverlust
 - Mehr neu versandte Pakete
 - ...

- Effizienz
 - Verzögerung klein
 - Durchsatz hoch

- Fairness
 - Jeder Fluss bekommt einen fairen Anteil
 - Priorisierung möglich
 - gemäß Anwendung und Bedarf
 - z.B. Echtzeitpakete für VoIP

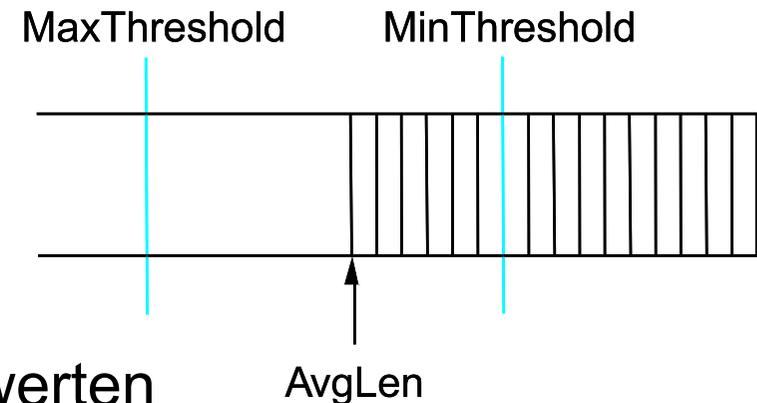
- Erhöhung der Kapazität
 - Aktivierung weiterer Verbindungen, Router
 - Benötigt Zeit und in der Regel den Eingriff der Systemadministration
- Reservierung und Zugangskontrolle
 - Verhinderung neuen Verkehrs an der Kapazitätsgrenze
 - Typisch für (Virtual) Circuit Switching
 - z.B. ATM (Asynchronous Transfer Mode) im ISDN-Netz mit Sprach- und Datenkanal
- Verringerung und Steuerung der Last
 - (Dezentrale) Verringerung bei bestehenden Verbindungen
 - Benötigt Feedback aus dem Netzwerk
 - Typisch für Packet Switching
 - Router teilt Sender drohende Überlast mit in TCP durch fehlende Bestätigungen (ACK)

- Router- oder Host-orientiert
 - Messpunkt (wo wird der Stau bemerkt)
 - Steuerung (wo werden die Entscheidungen gefällt)
 - Aktion (wo werden Maßnahmen ergriffen)
- Fenster-basiert oder Raten-basiert
 - Rate: x Bytes pro Sekunde
 - Fenster:
 - siehe Fenstermechanismen in der Sicherungsschicht
 - Congestion-Fenster in TCP
 - wird im Internet verwendet

- Bei Pufferüberlauf im Router
 - muss (mindestens) ein Paket gelöscht werden
- Das zuletzt angekommene Paket löschen (*drop-tail queue*)
 - Intuition: “Alte” Pakete sind wichtiger als neue (Wein)
 - z.B. für go-back-n-Strategie
- Ein älteres Paket im Puffer löschen
 - Intuition: Für Multimedia-Verkehr sind neue Pakete wichtiger als alte (Milch)
 - z.B. Sensordaten aktueller Zustand

- Paketverlust durch Pufferüberlauf im Router erzeugt Feedback in der Transportschicht beim Sender durch ausstehende Bestätigungen
 - Internet
- Annahme:
 - Paketverlust wird hauptsächlich durch Stau ausgelöst
- Maßnahme:
 - Transport-Protokoll passt Senderate an die neue Situation an

- Pufferüberlauf deutet auf Netzwerküberlast hin
- Idee: Proaktives Feedback = Stauvermeidung (Congestion avoidance)

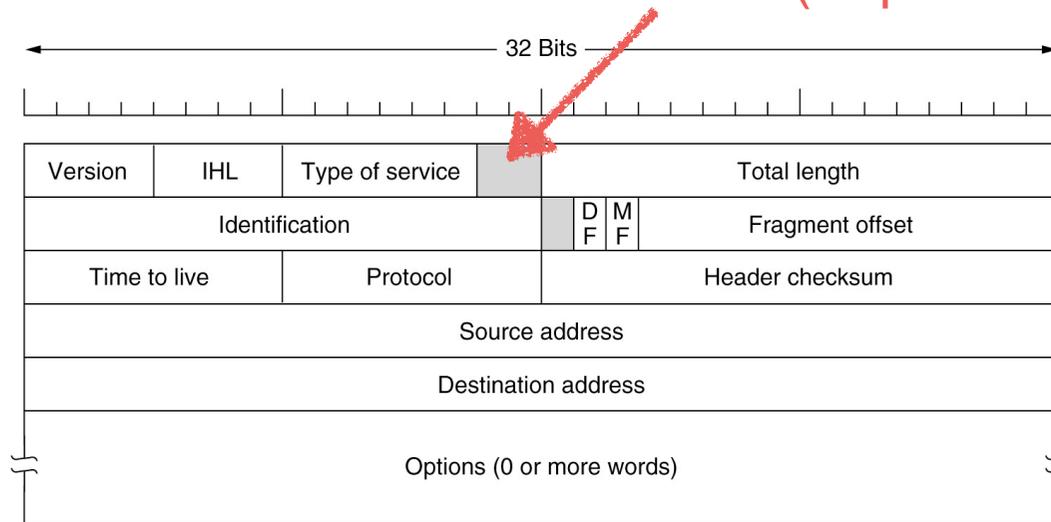


- Aktion bereits bei kritischen Anzeigewerten
- z.B. bei Überschreitung einer Puffergröße
- z.B. wenn kontinuierlich mehr Verkehr eingeht als ausgeliefert werden kann
- ...
- Router ist dann in einem Warn-Zustand

Proaktive Aktion: Pakete drosseln (Choke packets)

- Wenn der Router in dem Warnzustand ist:
 - sendet Choke-Pakete (Drossel-Pakete) zum Sender
 - Choke-Paket im Internet Control Message Protocol (ICMP) mit Typ 4 (Source Quench)
- Choke-Pakete fordern den Sender auf die Senderate zu verringern
- Problem:
 - Im kritischen Zustand werden noch mehr Pakete erzeugt
 - Bis zur Reaktion beim Sender vergrößert sich das Problem

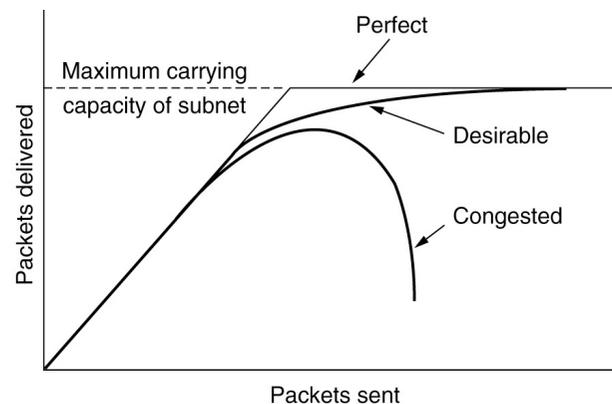
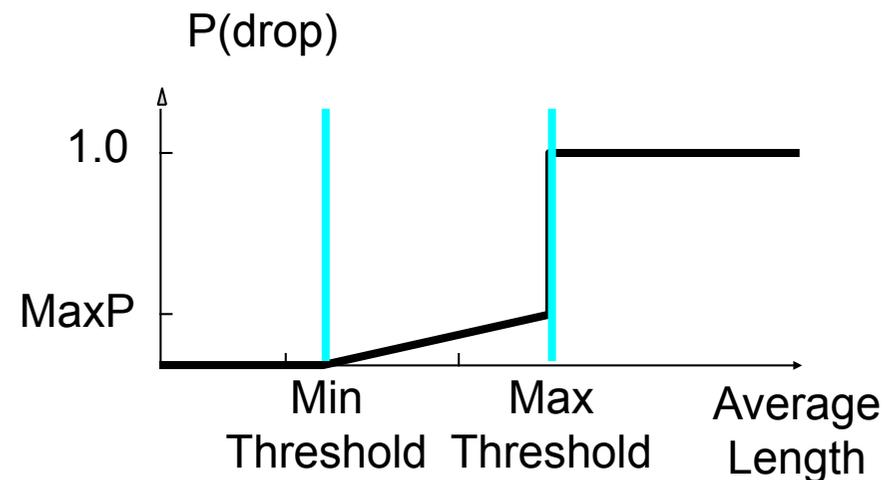
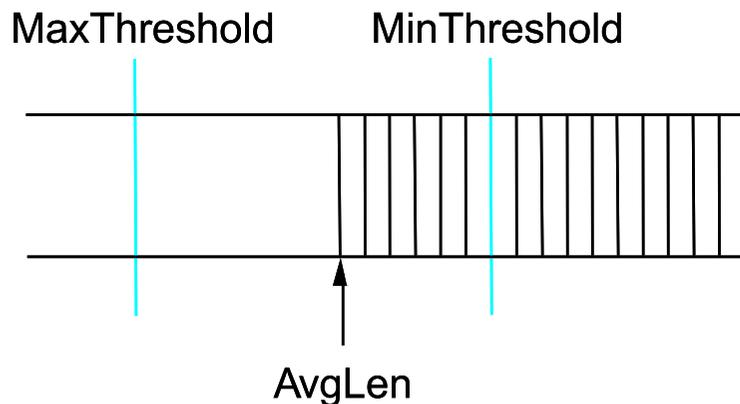
- Wenn der Router im Warnzustand ist:
 - Sendet er Warn-Bits in allen Paketen zum Ziel-Host
 - IPv4 Header: **2 Bit ECN (Explicit Congestion Notification)**



- Ziel-Host sendet diese Warn-Bits in den Bestätigungs-Bits zurück zum Sender
 - Quelle erhält Warnung und reduziert Sende-Rate
- nicht immer als Standard implementiert (Fairness?)

Proaktive Aktion: Random early detection (RED)

- Verlorene Pakete werden als Indiz aufgefasst
- Router löschen Pakete willkürlich im Warnzustand
- Löschrage kann mit der Puffergröße steigen



- Raten-basierte Protokolle
 - Reduzierung der Sende-Rate
 - Problem: Um wieviel?
- Fenster-basierte Protokolle:
 - Verringerung des Congestion-Fensters
 - z.B. mit AIMD (additive increase, multiplicative decrease)

Systeme II

6. Die Vermittlungsschicht

Thomas Janson[°], Kristof Van Laerhoven*, Christian Ortolf[°]

Folien: Christian Schindelbauer[°]

Technische Fakultät

[°]: Rechnernetze und Telematik, *: Eingebettete Systeme

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 24.04.2015