

# Systeme II

## 6. Die Vermittlungsschicht (Teil 3)

Thomas Janson<sup>°</sup>, Kristof Van Laerhoven\*, Christian Ortolf<sup>°</sup>

Folien: Christian Schindelbauer<sup>°</sup>

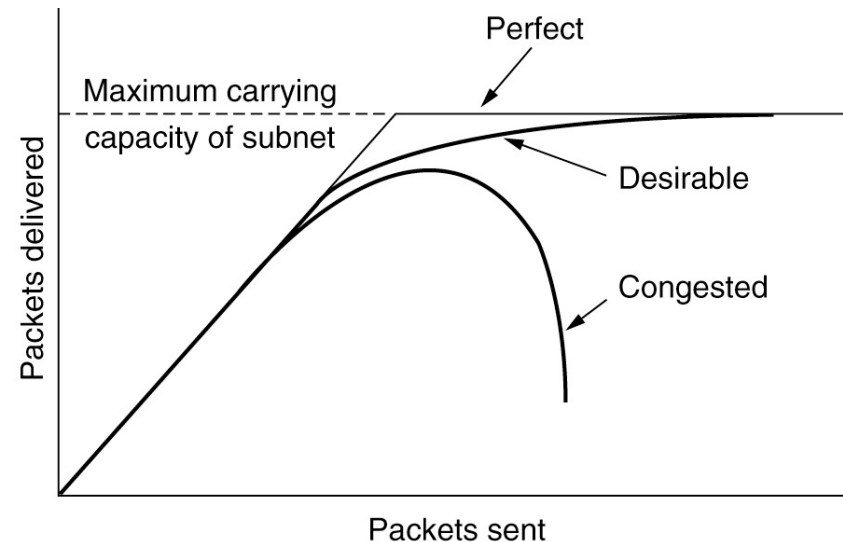
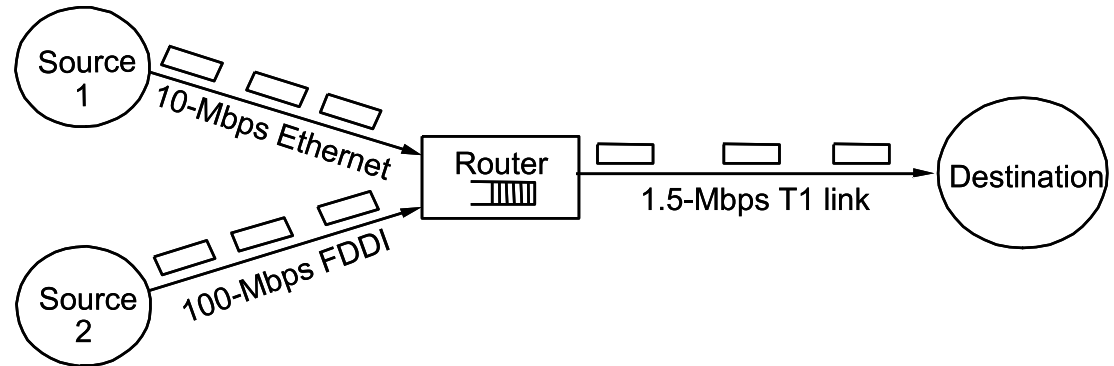
Technische Fakultät

<sup>°</sup>: 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)

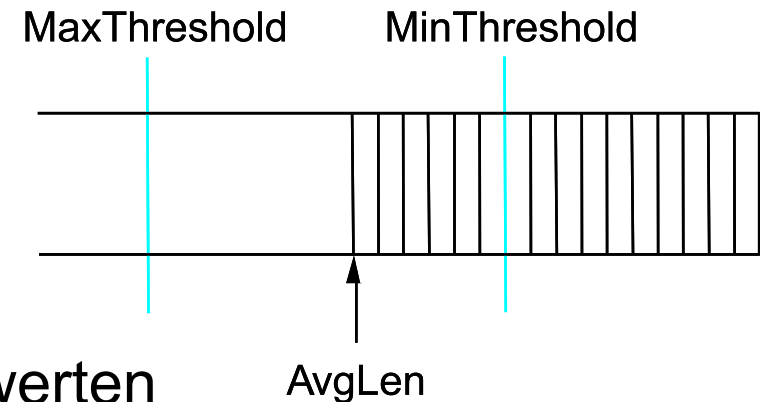
- Router- oder Host-orientiert
  - Messpunkt (wo wird der Stau bemerkt)
  - Steuerung (wo werden die Entscheidungen gefällt)
  - Aktion (wo werden Maßnahmen ergriffen)
- Fenster-basiert oder Raten-basiert
  - Rate: x Bytes pro Sekunde
  - Fenster:
    - siehe Fenstermechanismen in der Sicherungsschicht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



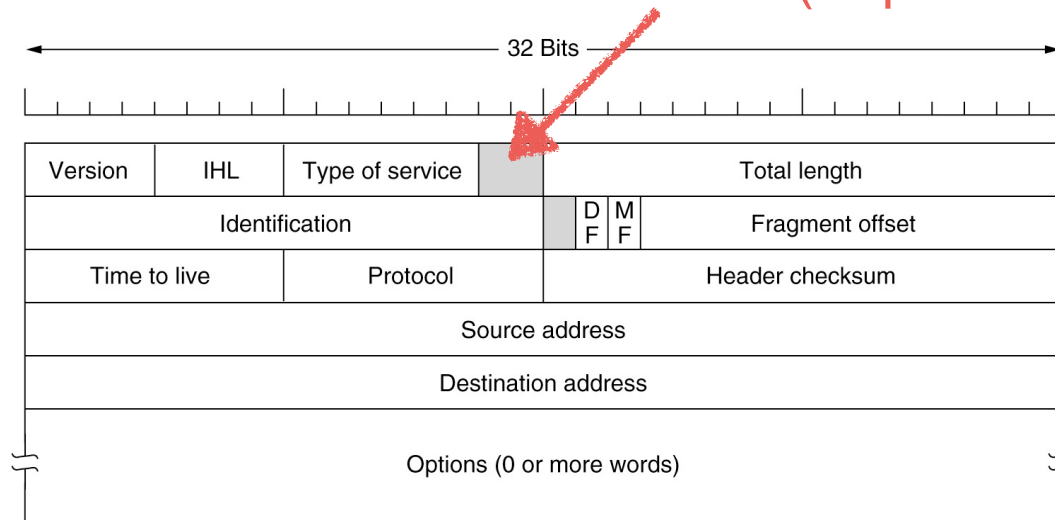
- Aktion bereits bei kritischen Anzeigewerten
- z.B. bei Überschreitung einer Puffergröße
- z.B. wenn kontinuierlich mehr Verkehr eingeht als ausgeliefert werden kann
- ...
- Router ist dann in einem Warn-Zustand

# 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

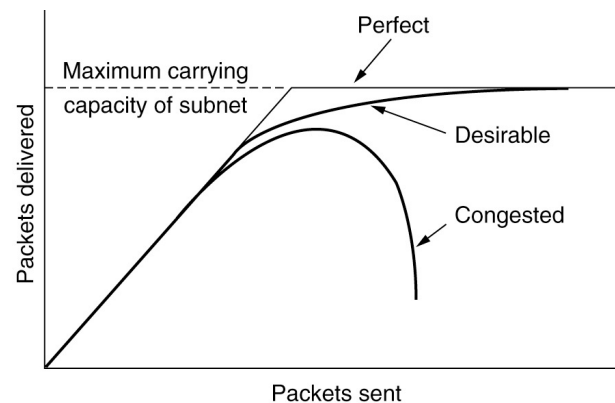
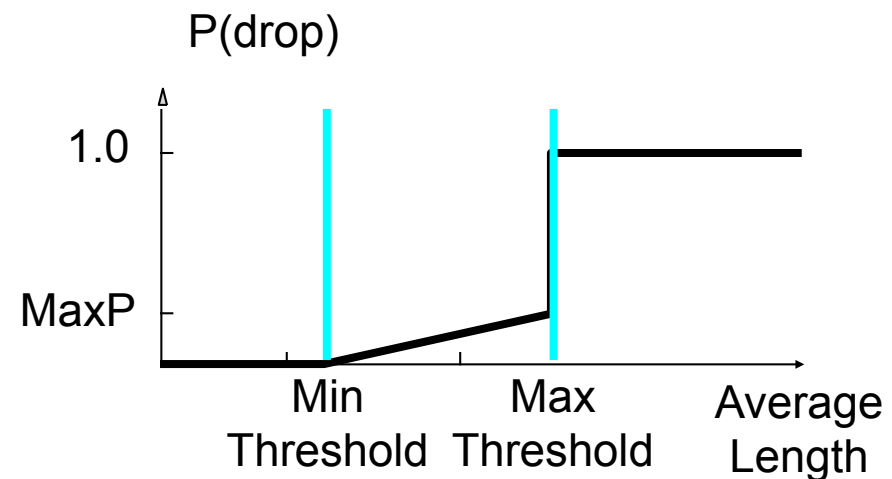
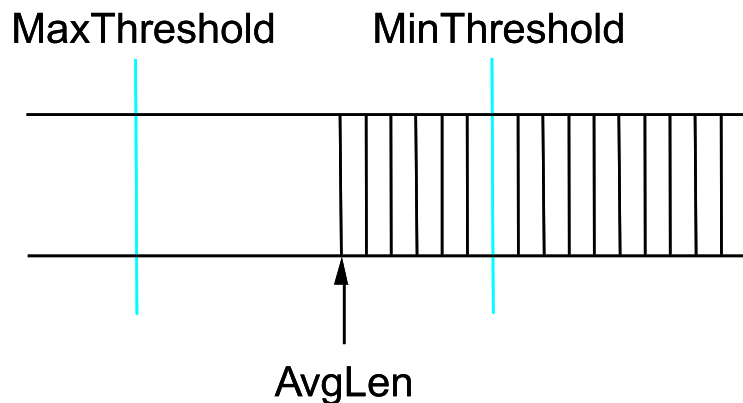
- Wenn der Router im Warnzustand ist:
  - Sendet er Warn-Bits in allen Paketen zum Ziel-Host
  - IPv4 Header: **2 Bit ECN (Explicit Congestion Notification)**



- 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<sup>°</sup>, Kristof Van Laerhoven\*, Christian Ortolf<sup>°</sup>

Folien: Christian Schindelbauer<sup>°</sup>

Technische Fakultät

<sup>°</sup>: Rechnernetze und Telematik, \*: Eingebettete Systeme

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 24.04.2015