

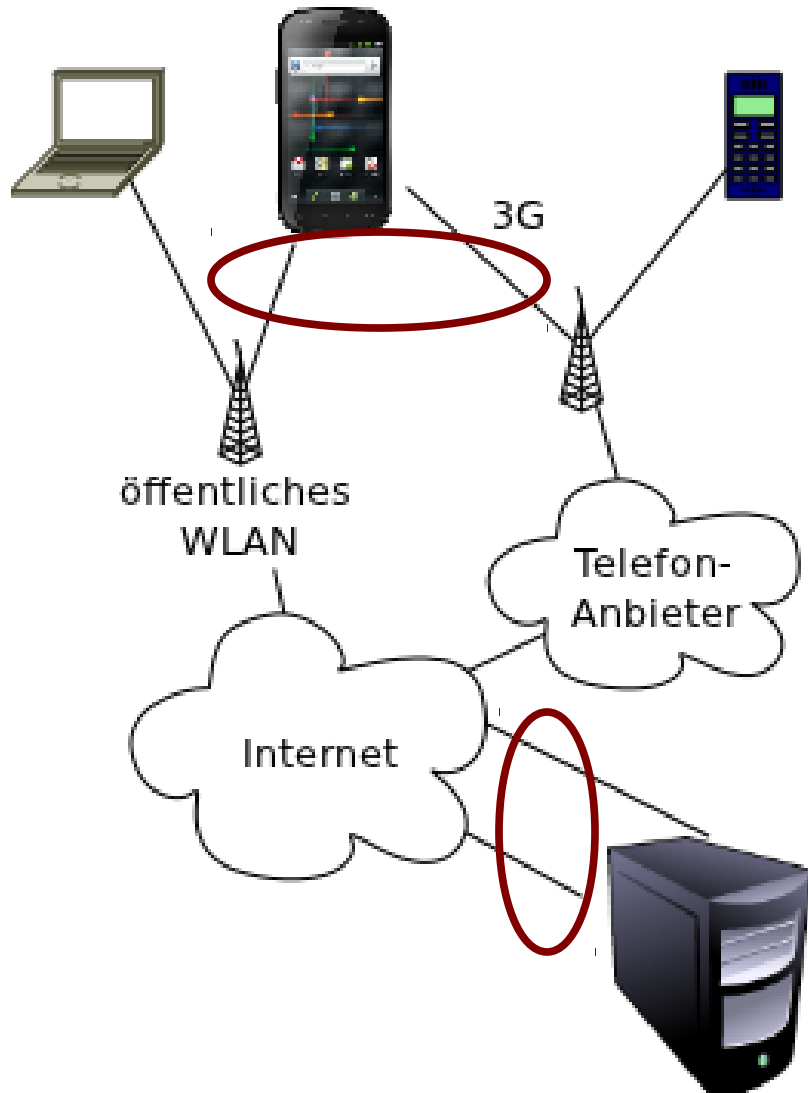
MPTCP – Multipath TCP

Dominik Weidemann
Fachbereich Informatik und Mathematik
Institut für Informatik
Freie Universität Berlin

Gliederung

- Motivation
- Probleme
 - TCP und Multipath
 - Staukontrolle
- MPTCP
 - Funktionsweise
 - Staukontrolle
 - Probleme bei der Einführung von MPTCP
- Zusammenfassung und Ausblick
- Q & A

Motivation – Warum brauchen wir 'Mehrwege'?



- Mobilfunkschnittstelle ist langsam und teuer

- WLAN ist schnell, aber nicht überall verfügbar

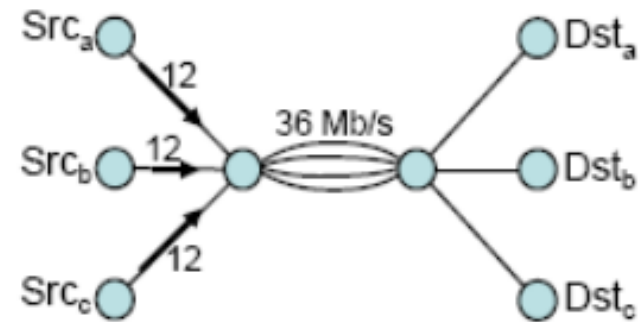
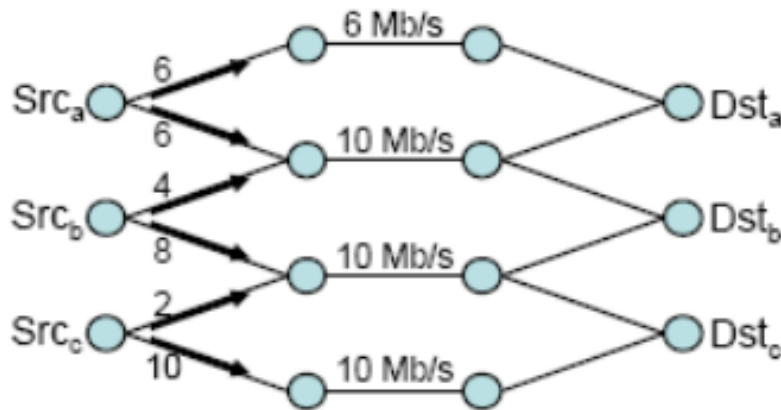
- Motivation: **störungsfreier Wechsel**
- Motivation: **Erhöhung der Verbindungsgeschwindigkeit**

- Eine Netzwerk-Schnittstelle ist Single-Point-of-Failure

- Motivation: **Redundanz**

Idee: Ressource Pooling Principle (RPP)

→ Mehrere Ressourcen sollen sich wie eine kombinierte Ressource verhalten



Quelle: Damon Wischik, Mark Handley, and Marcelo Bagnulo Braun. The resource pooling principle. ACM CCR, 2008

Wie kann das Ressource Pooling Principle eingesetzt werden, um die motivierten Ziele für die Mehrwege-Kommunikation zu erreichen?

RPP und OSI-Modell

RPP auf der Sicherungsschicht

- **Redundanz**
- **Durchsatz-Erhöhung**

Nachteil: lokale Maßnahme

RPP auf Vermittlungsschicht

- Es werden immer mehrere Adressen benötigt
- Zuordnung von Paketen zu Anwendungen ist schwierig

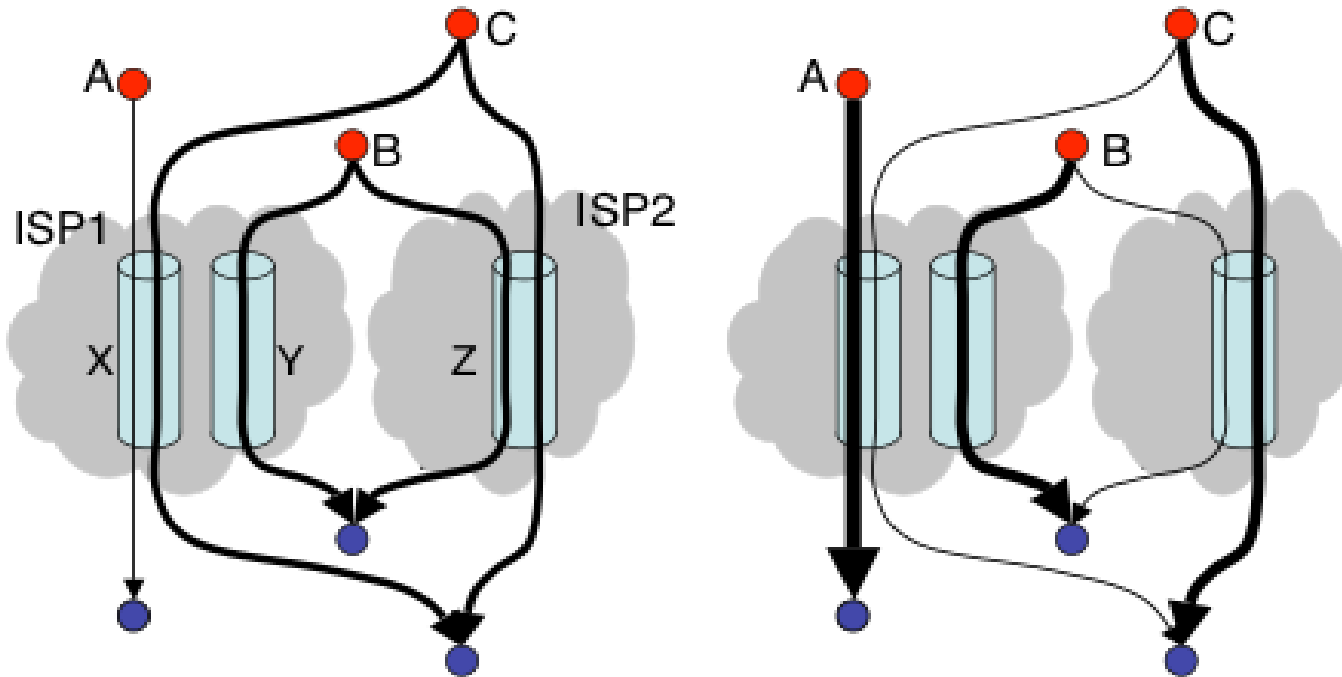
RPP auf Transportschicht

- Ermöglicht Ende-zu-Ende-Kommunikation trotz verschiedener darunterliegender Protokolle (**störungsfreier Wechsel**)
- **Redundanz** und **Geschwindigkeit** durch mehrere (disjunkte) Wege
- Transparent für Anwendungen
- Verbesserte Staukontrolle

RPP und Staukontrolle

„Ein Netzwerk wird aus Sicht des Benutzers als verstopft (congested) angesehen, wenn es eine spürbare Qualitätsminderung des Dienstes aufgrund erhöhter Netzwerklast gibt.“

Quelle: Michael Welzl. Network Congestion Control: Managing Internet Traffic



Quelle: Damon Wischik, Mark Handley, and Marcelo Bagnulo Braun. The resource pooling principle. ACM CCR, 2008

RPP löst auch Probleme der Staukontrolle und bringt damit **Geschwindigkeitsvorteile**

Anforderungen an Transportschicht-Lösung

- **Interoperabilität und Transparenz**
 - Hilft der Integration in bestehende Hard- und Software-Systeme
- **Abwärtskompatibilität zu TCP**
 - Inkrementelle Inbetriebnahme möglich
- **Strikte Modularisierung**
 - Ermöglicht einfache Erweiterbarkeit
 - Zukunftsorientiert
- **Fairness gegenüber TCP**
 - Darf normale TCP-Verbindungen nicht stören

Grundlagen von Multipath TCP (MPTCP)

Ziel

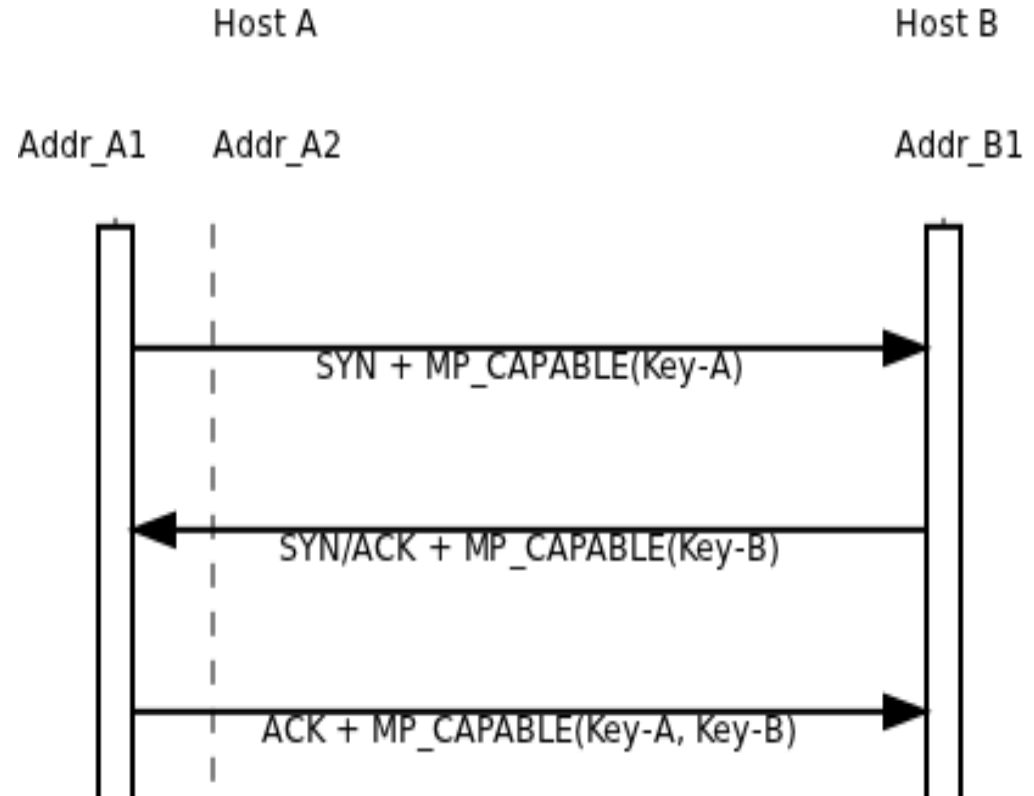
- Mehrwegeunterstützung durch TCP-Erweiterung

Kerneigenschaften

- Bietet gleiche API wie TCP
 - Keine Veränderungen der Anwendung nötig für Basisfunktion
 - Zusatzfunktionen über separate API Calls
- Bietet Fallback auf TCP
 - Gliedert sich in vorhandene Infrastruktur ein
- Konzept Subflow (bei mehreren Pfaden)
 - Ein Subflow entspricht einer TCP-Verbindung
 - Subflows werden zu logischer Verbindung zusammengefasst
- Verschiedene Sequenznummern auf Subflow- und Daten-Ebene

MPTCP - Verbindungsaufbau

- 3-Wege-Handschlag
- MP_CAPABLE Option um MPTCP-Kompatibilität anzuzeigen
- Austausch von Schlüsseln
 - dienen der Verbindungs-Identifikation
- Wie werden die Schlüssel benutzt?



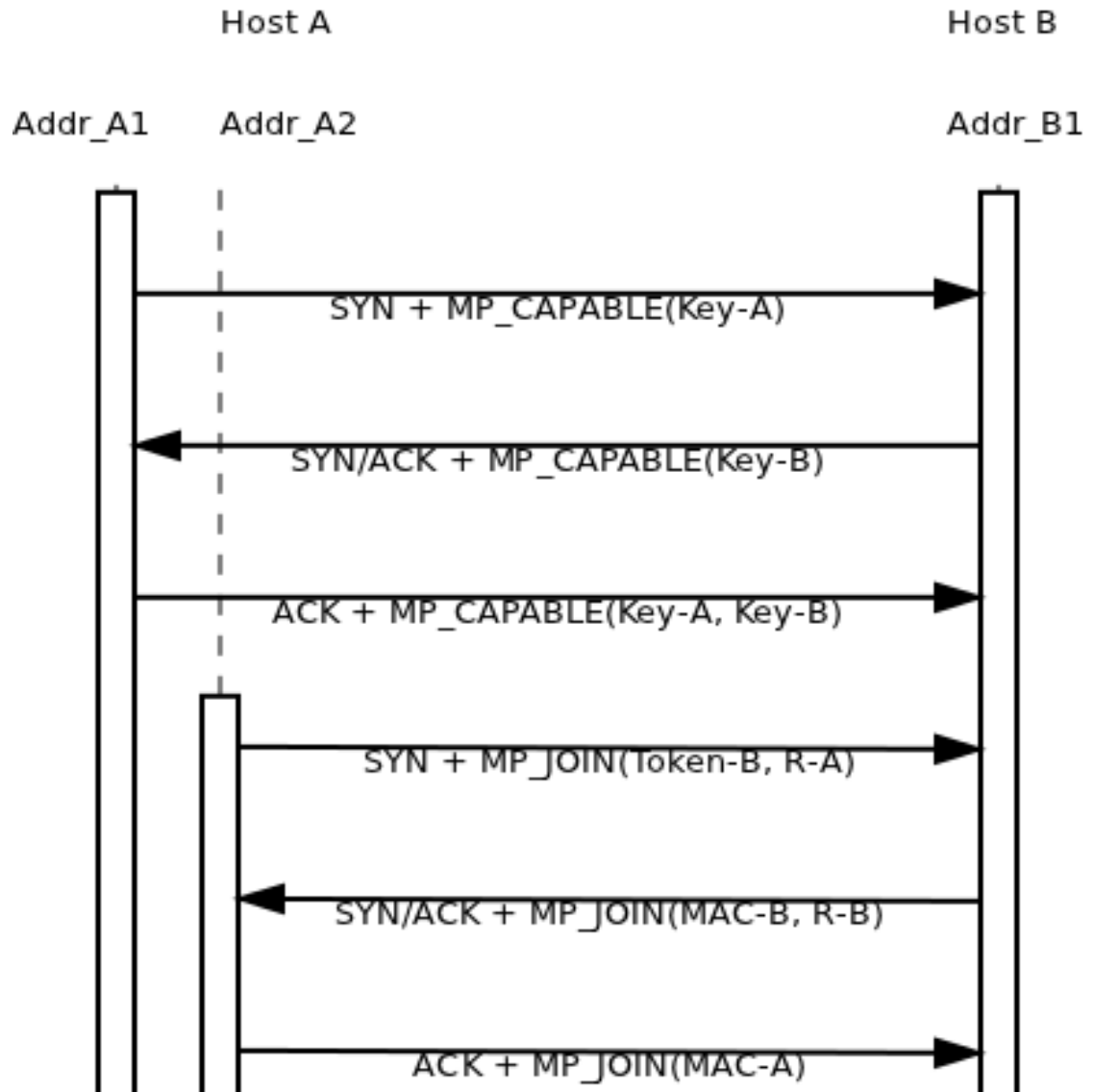
MPTCP – Neuer Subflow

- Austausch von Adressen über TCP-Segmente mit der Option `ADD_ADDRESS`

- $MAC-A = MAC(\text{Key}=(\text{Key-A}+\text{Key-B}), \text{Msg}=(R-A+R-B))$

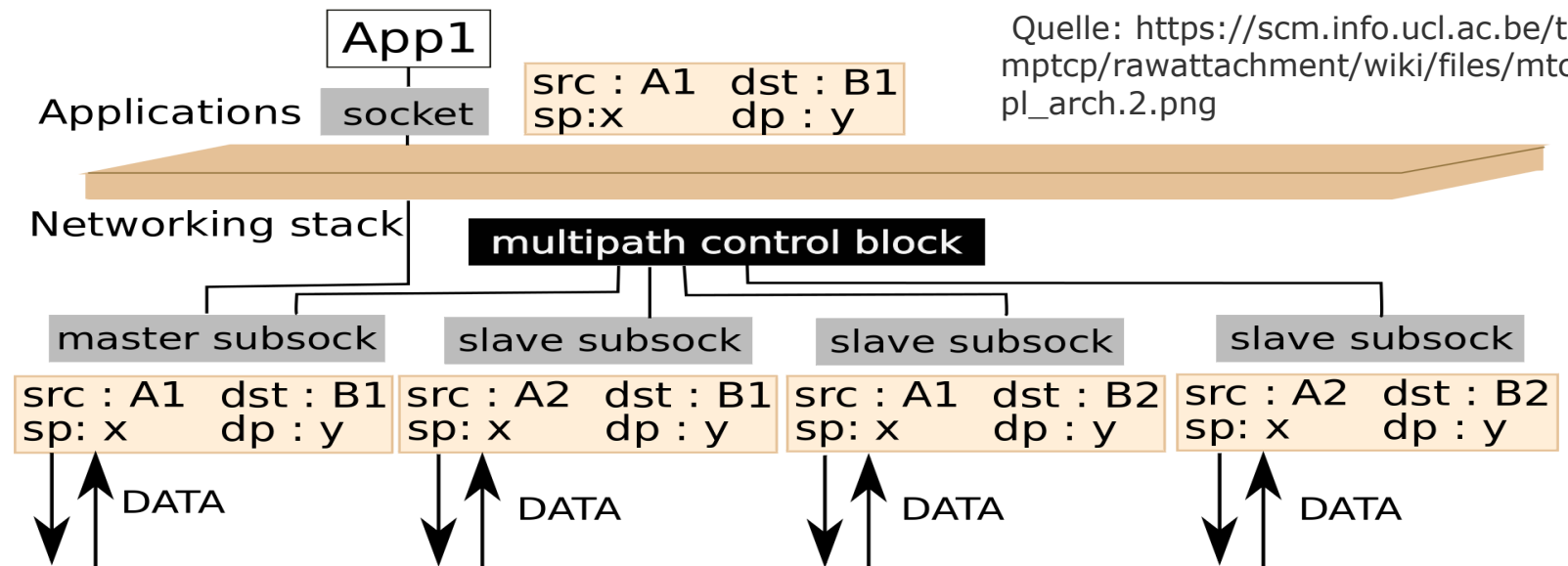
- $MAC-B = MAC(\text{Key}=(\text{Key-B}+\text{Key-A}), \text{Msg}=(R-B+R-A))$

- Verfahren ermöglicht Identifizierung einer Verbindung ohne 'Listen' auf dem Zielport



MPTCP - Datenaustausch

- Eine Sende-Queue beliefert alle Subflows
 - Daten werden auf Subflow-Ebene wie bei TCP bestätigt
- Sequenznummern auf Verbindungsebene
 - Bestätigen Daten auf logischer Ebene
 - Empfänger kann Reihenfolge der Daten wiederherstellen
- Send- und Recv-Fenster sind für Verbindung global



Quelle: https://scm.info.ucl.ac.be/trac/mptcp/rawattachment/wiki/files/mtcp_impl_arch.2.png

Einschub: Stau-Kontrolle mit TCP (1)

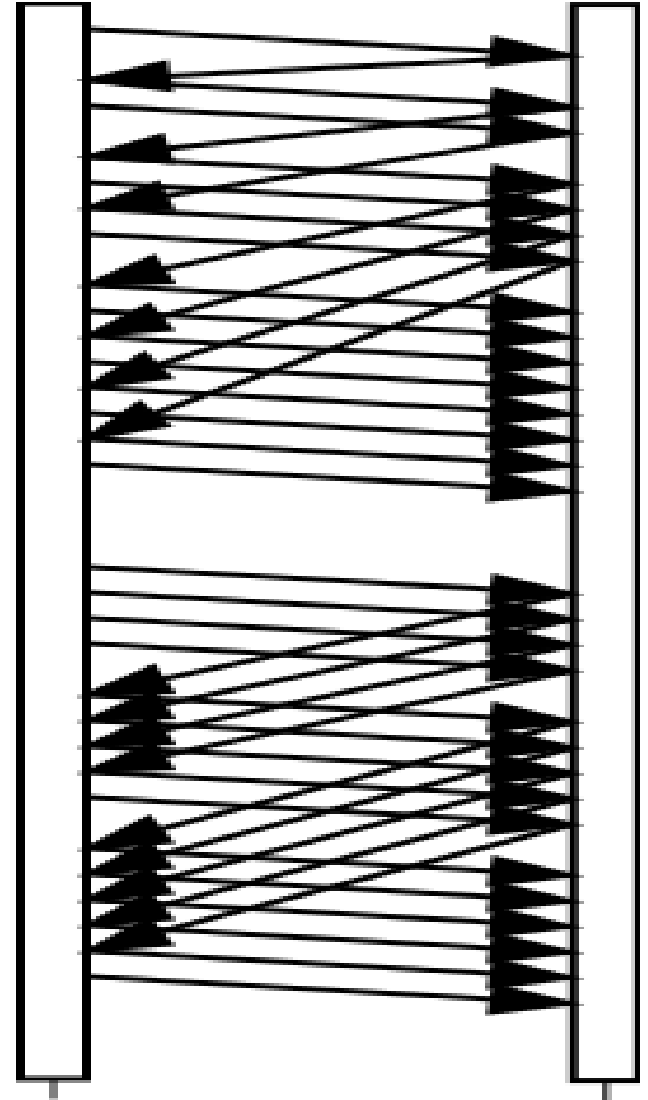
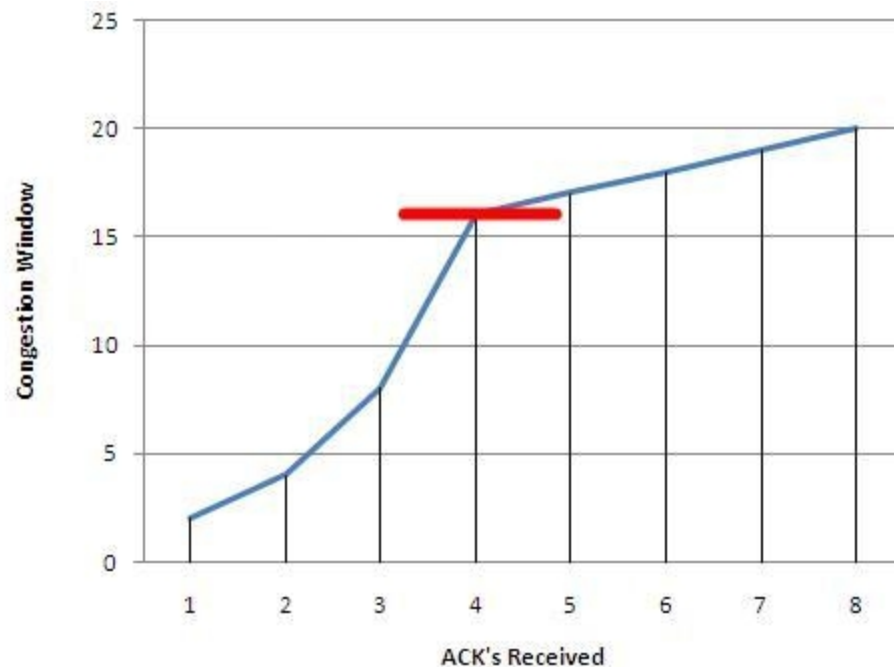
4 Maßnahmen:

•Slow Start

- Exponentielle Erhöhung des Sendefensters bis Schwellwert überschritten wird

•Congestion Avoidance

- Lineare Erhöhung nach Schwellwert-Überschreitung



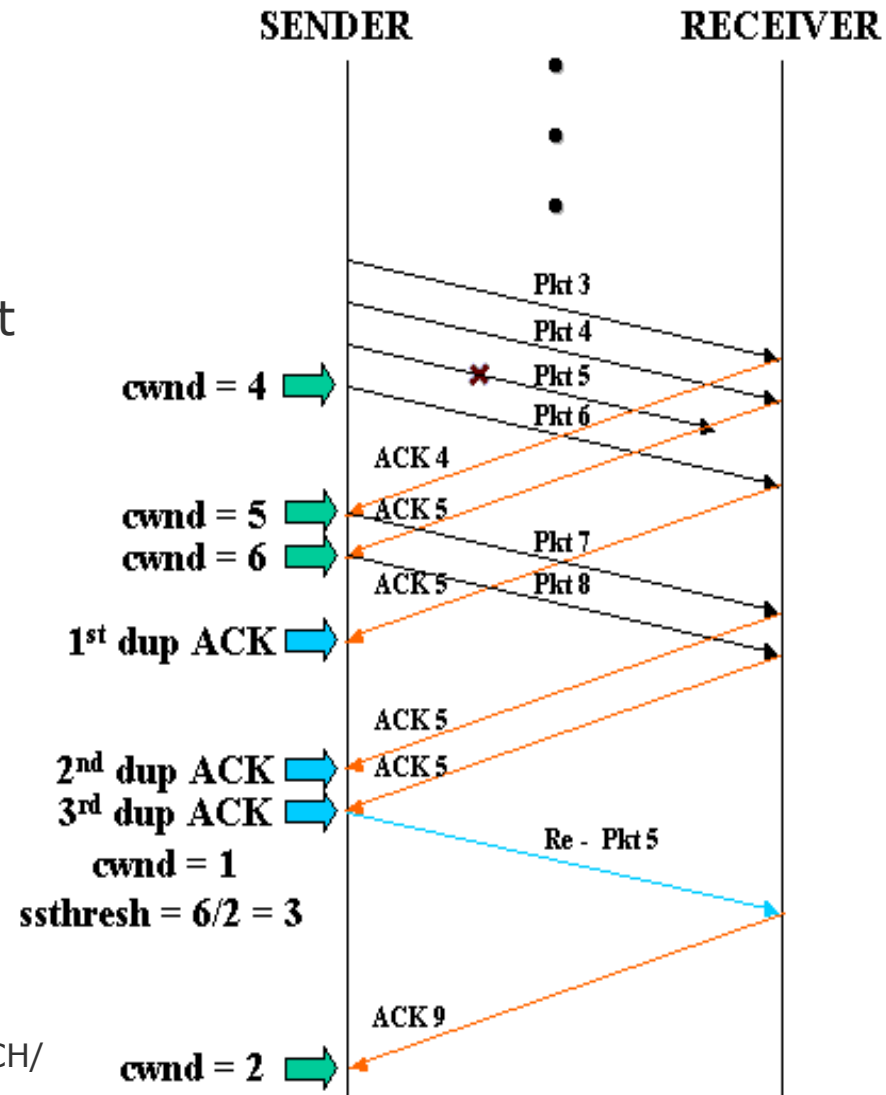
Einschub: Stau-Kontrolle mit TCP (2)

•Fast Retransmit

- Duplizierte ACKs ermöglichen erneutes Versenden vor dem Timeout
- Danach slow start (Staufenster = 1 Paket)

•Fast Recovery

- Fast Retransmit kombiniert mit Congestion Avoidance
- Reduziert das Staufenster auf Schwellwert



Quelle: http://www.isi.edu/nsnam/DIRECTED_RESEARCH/DR_WANIDA/DR/images/fast-retransmit-1.gif

MPTCP - Staukontrolle

Die Staukontrolle übertragen auf MPTCP ist unfair gegenüber TCP

- Öffnet MPTCP z.B. 9 Subflows, die sich mit einem TCP-Stream ein Bottleneck teilen, würde es 90% der Bandbreite bekommen

Zwei Fairness-Ziele:

1. Der Datendurchsatz von MPTCP sollte mindestens genauso groß sein, wie von TCP auf dem besten von MPTCP benutzen Pfad.
2. MPTCP sollte sich fair verhalten, wenn es sich mit anderen TCP-Verbindungen ein gemeinsames Bottleneck teilt. Gibt es kein Bottleneck, so darf es mehr Bandbreite beanspruchen.

MPTCP erreicht diese Ziele durch:

- „Probing“ von verstopften Pfaden
- dem hauptsächlich Benutzen der freien Pfade

Probleme bei der Einführung von MPTCP

•Wirtschaft

- Kosten für Nutzer (zweiter Internet-Anschluss)
- Auswirkungen von MPTCP auf bestehende Traffic-Engineering-Politiken von ISPs

•Implementierung

- Linux-Restriktionen bzgl. Gleitkomma-Arithmetik
- Wahl der Empfangs-Puffer-Größe

•Inbetriebnahme

- Um die Interoperabilität zu gewährleisten, muss MPTCP bei jedem Ausnahmefall auf TCP zurückfallen (Problem mit Middleboxes)

Zusammenfassung

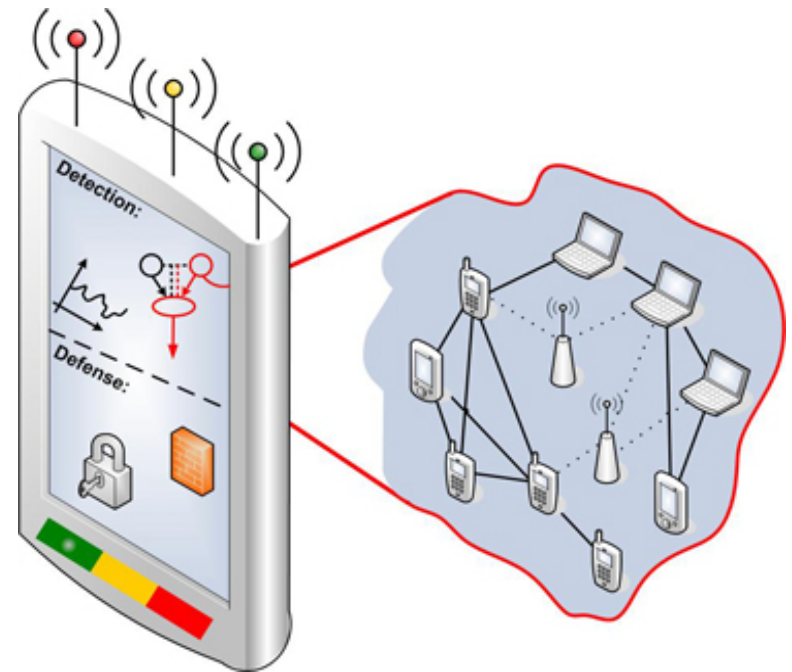
MPTCP ermöglicht:

- Mehrere Verbindungen zu einer logischen zu bündeln
 - Damit auch transparente Wechsel der Netzwerk-Schnittstellen
- Die Übertragungsgeschwindigkeit zu erhöhen durch paralleles Benutzen mehrerer Subflows
- Ohne Änderung an bestehenden Strukturen eingeführt zu werden

Ausblick

MPTCP wird Teil von SKIMS (Schichtenübergreifendes kooperatives Immunsystem für mobile, mehrseitige Sicherheit)

- Kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Kanäle unter Berücksichtigung diverser Sicherheitsaspekte
- Steigerung von Sicherheit und Übertragungsgeschwindigkeit durch Benutzung aller sicheren Pfade
- Entwicklung eigener Pfadwahl-Komponente, die Entscheidungen trifft aufgrund von Netzverkehrs-Beobachtungen



Fragen?



Danke!