

Optimization of TCP/IP Traffic Across Shared ADSL

Specialeforsvar

d.4/2-2005

af

Jesper Dangaard Brouer

<hawk@diku.dk>

Datalogisk Institut
Københavns Universitet

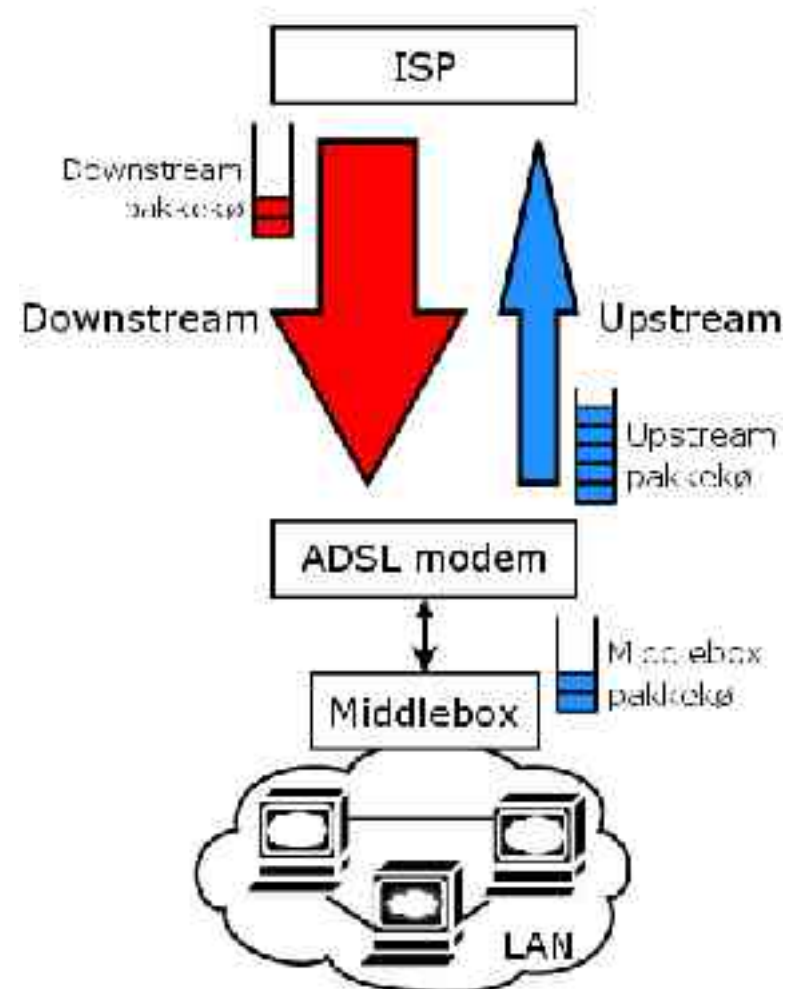


Motivation

- Mange brugere deler en ADSL
- Startede med en 2Mbit/s / 512kbit/s linie
 - Forbindelsen var meget dårlig...
- Opgradering til større linie 8Mbit/s / 768kbit/s
 - Forbindelse stadigvæk meget dårlig...
- Observationer
 - Høj latenstid
 - Upstream forbindelse belastet hele tiden
 - Lav udnyttelse af downstream båndbredden

Motivation: netværket

- Hvordan ser netværket ud?
 - Delt forbindelse LAN
 - Downstream vs. upstream
 - ADSL er flaskehalsen
 - Pakkekøer
- Før specialet...
 - Startet med naive løsning
 - Middlebox/packet scheduler
 - Båndbredden reduceres fiktivt
 - Kontrol over pakkekø



Motivation: den naive løsning

- Havde en positiv effekt...
 - ... men virkede ikke hele tiden!
 - ... det varierede hvorvidt det havde effekt!
- Reducering af upstream båndbredde
 - Reducering på 40% før det virkede
 - ... det meste af tiden.
- Løsningen...
 - ...findes i dette speciale ;-)

Oversigt

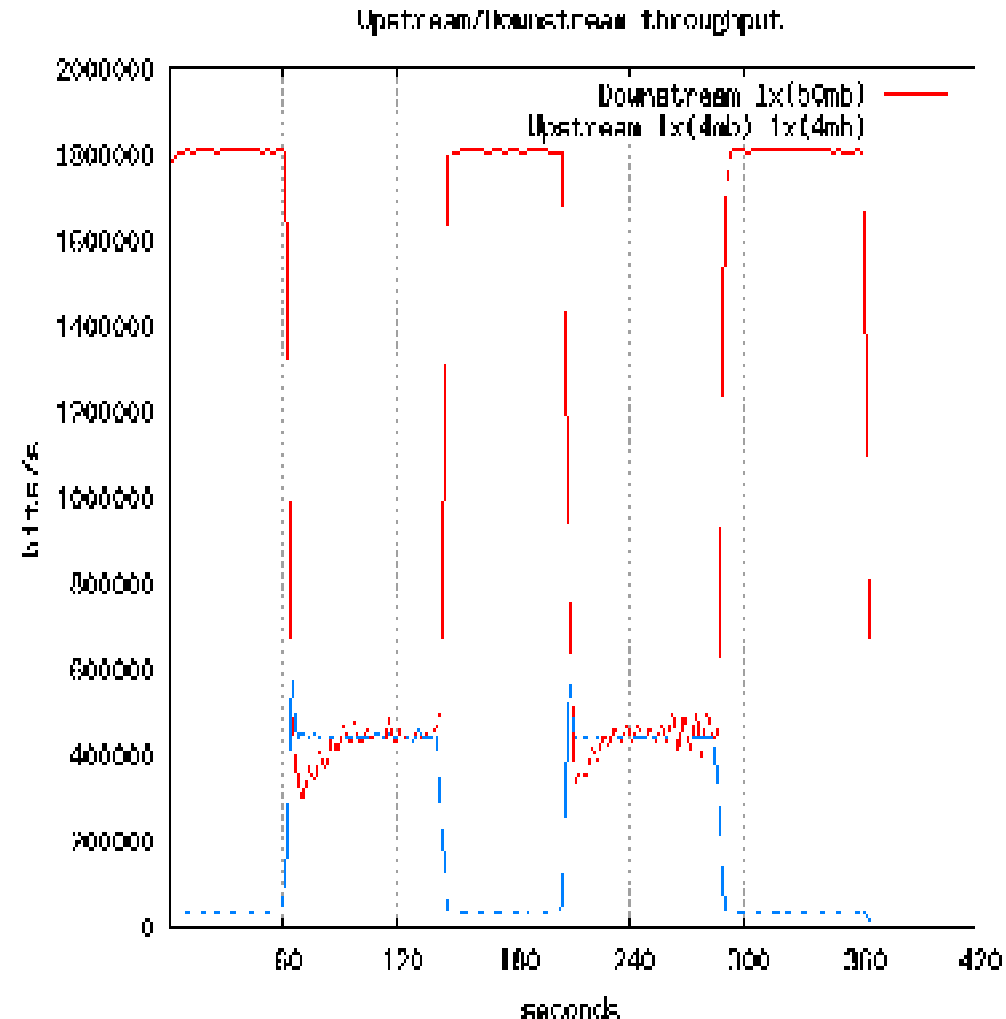
- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

Oversigt

- **Visualisering af problemerne på ADSL**
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

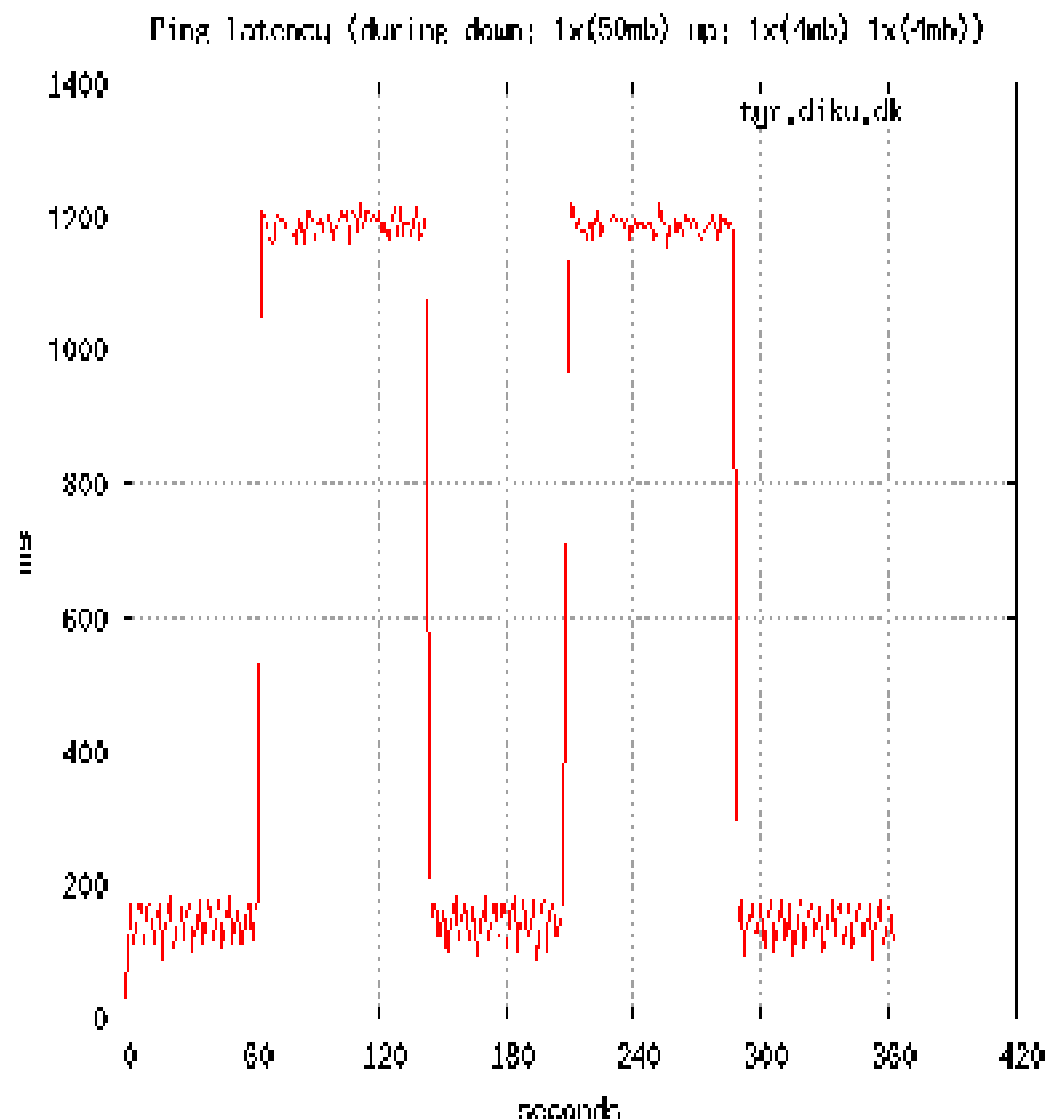
Problem: Downstream udnyttelse

- ADSL 2Mbit/s / 512 kbit/s
 - Normal umodificeret ADSL
- Kun downstream:
 - Een downstream overførsel
 - Downstream udnyttelse 1800kbit/s
- Trafik begge retninger:
 - Een downstream overførsel
 - Og een upstream overførsel
 - Downstream udnyttelse 440kbit/s
- ADSL påvirkes af *asymmetri*



Problem: Høj forsinkelse

- Forsinkelse under testen
 - Een upstream: 1200ms
 - Max observeret 3300ms
- Stor upstream pakkekø
 - For stor i forhold til kapaciteten
 - Default TCP window for stor...



Oversigt

- Visualisering af problemerne på ADSL
- **Definition af mål og indfaldsvinkel**
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

Målet og indfaldsvinkel

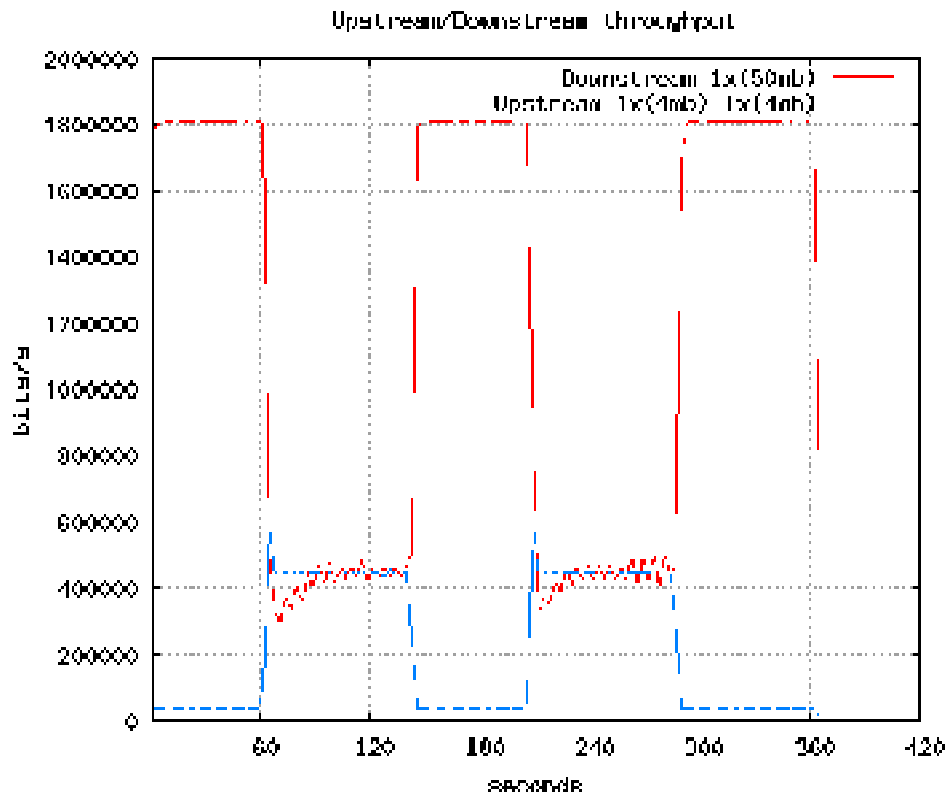
Målet er at lave en praktisk løsning der optimerer en ADSL, som deles af et autonomt netværk, både med hensyn til interaktiv support og fuld udnyttelse af kapaciteten

- Praktisk løsning
 - Anvendes uafhængigt af ISP'en => Middlebox løsning
 - Ingen rettelser af TCP/IP protokollen
- Interaktiv support
 - Fokus på latenstiden
- Fuld udnyttelse
 - Maximal udnyttelse af kapaciteten *uden spild*

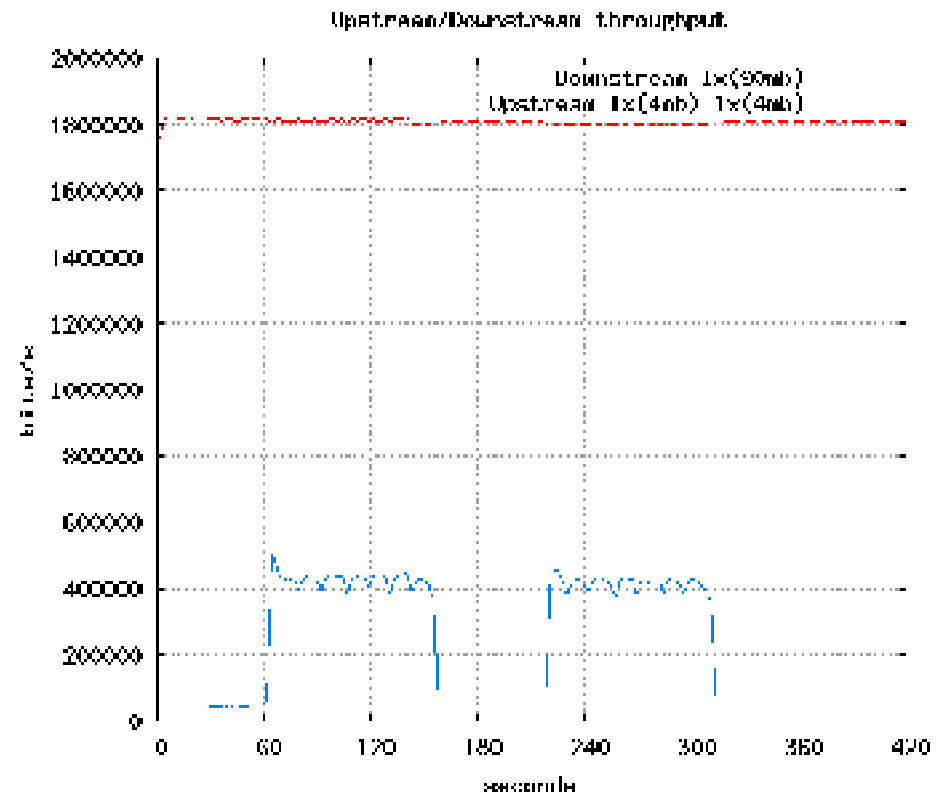
Oversigt

- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- **Visualisering af løsningen**
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

Visualisering af løsning

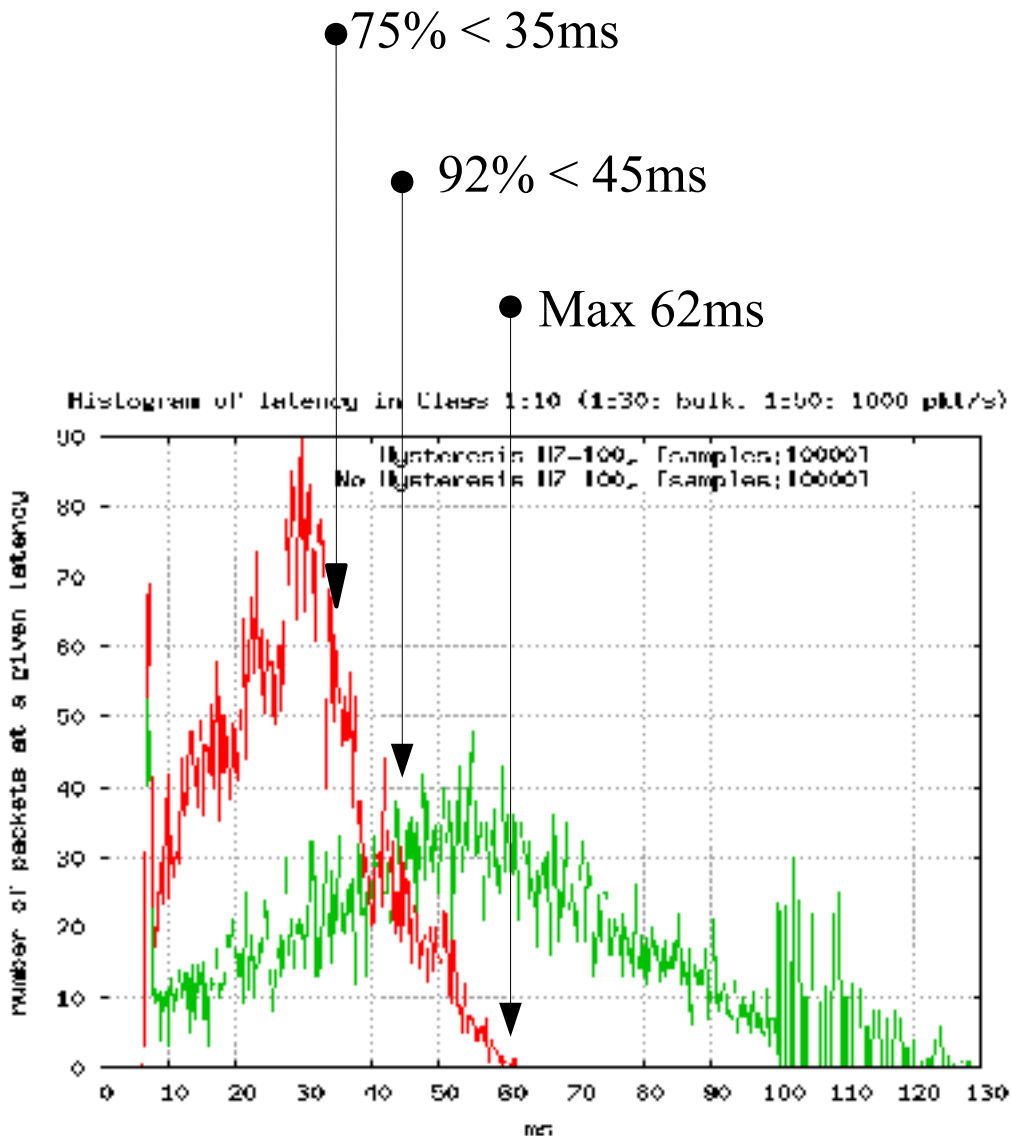


Normal ADSL line



Min løsning
(ADSL-optimizer)

Forbedring af upstream forsinkelse



- Fokus på upstream forsinkelse
 - Observeret max 3300ms
 - Forbedret til max 62ms
 - 3300 ms => 62 ms
- Non-preemptive packet scheduler
 - Optimal 1 x MTU-tid (35 ms)
 - 27ms(MTU-tid) + 8ms(basedelay)
 - Løsning max 2 x MTU-tid
 - 2 x 27ms + 8ms = 62ms
- Tuning af HTB-scheduler

Oversigt

- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- **Specialets bidrag**
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

Specialets bidrag

- Detaljeret undersøgelse: TCP over ADSL
- Kortlagt encapsulerings metoder og overhead
- Håndtering af varierende overhead
- Analyse og praktisk evaluering af komponenter
- Evaluering af samlet løsning i praksis
- Softwarepakke: www.ADSL-optimizer.dk

Oversigt

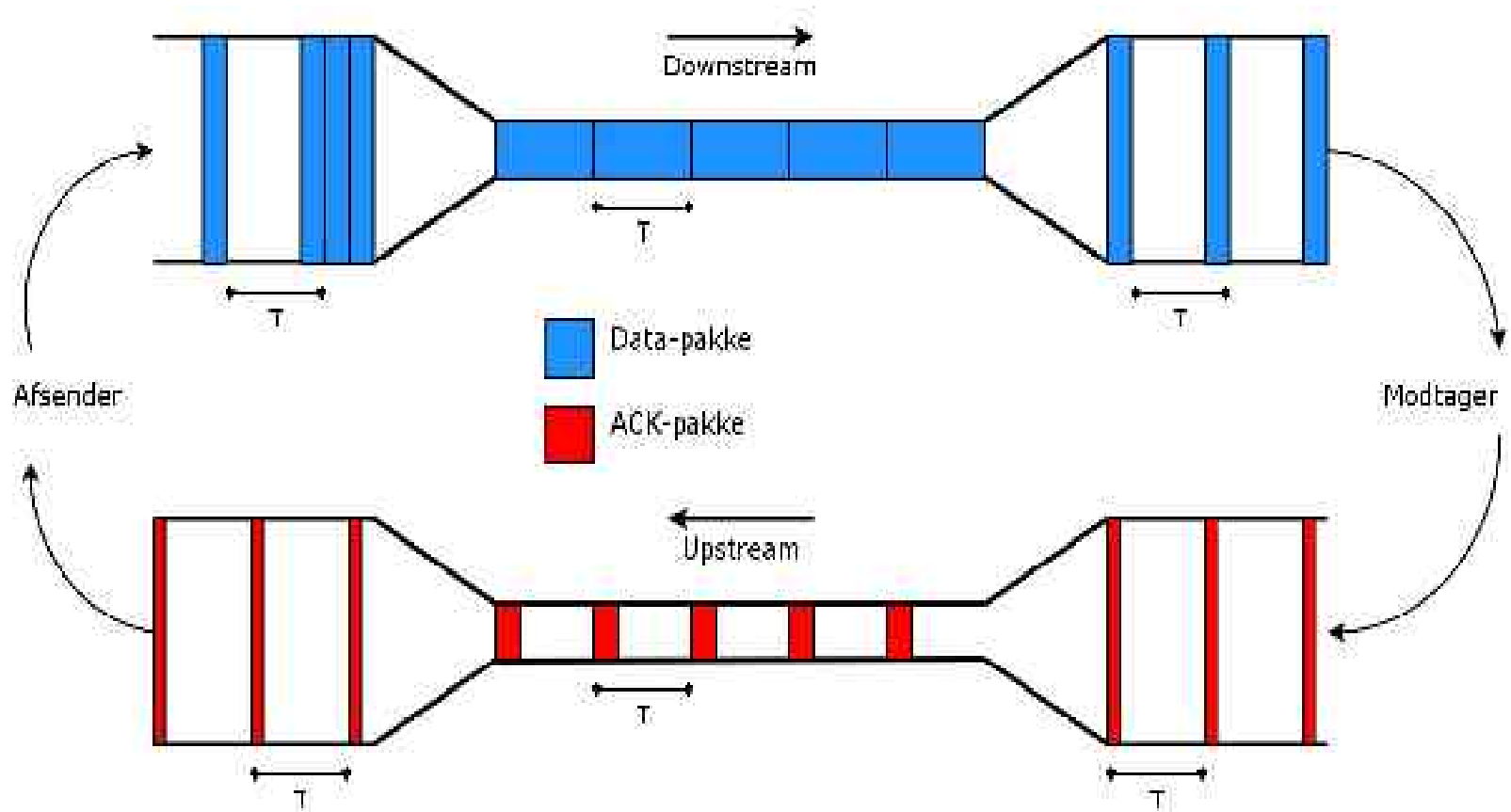
- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- **Hvorfor opstår problemerne?**
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

Hvorfor opstår problemerne

- Hvorfor opstår problemerne?
 - med udnyttelse af downstream båndbredden?
- ADSL er en asymmetrisk teknologi
 - Downstream større end Upstream
 - TCP antager at båndbredden er symmetrisk
 - TCP's flow control algoritme
 - Afhængig af ACK pakkerne

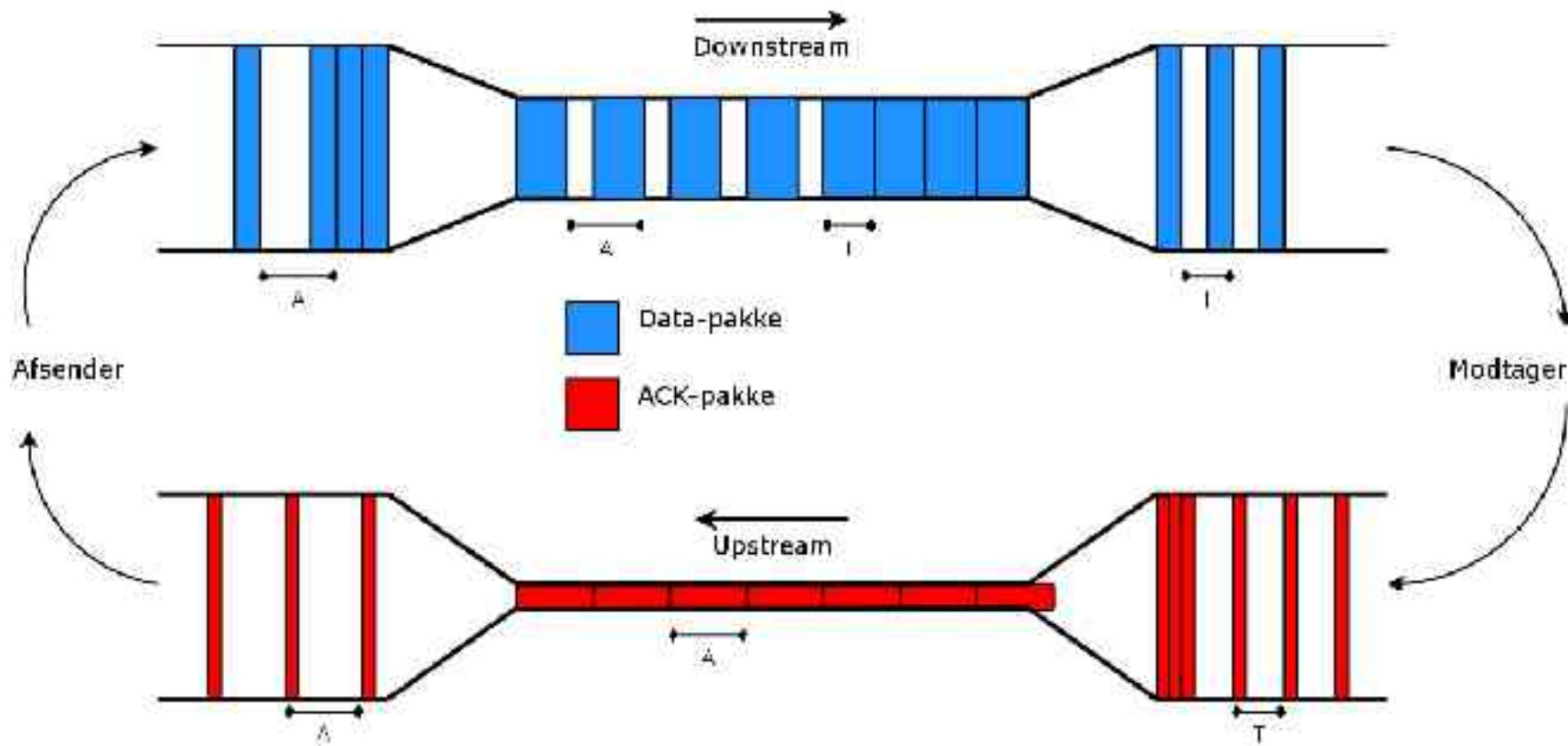
TCP flow control: Symmetrisk

- TCP's flow kontrol på en symmetrisk linie
 - (Højde: Båndbredde) x (Bredde: Tiden) = (Areal: Pakkestørrelse)
 - ACK pakkerne indikerer downstream båndbredde overfor Afsender



TCP flow control: Asymmetrisk

- Upsteam linien for lille til at håndtere ACK pakkerne
 - Resulterer i forkert indikation til Afsender



K faktoren

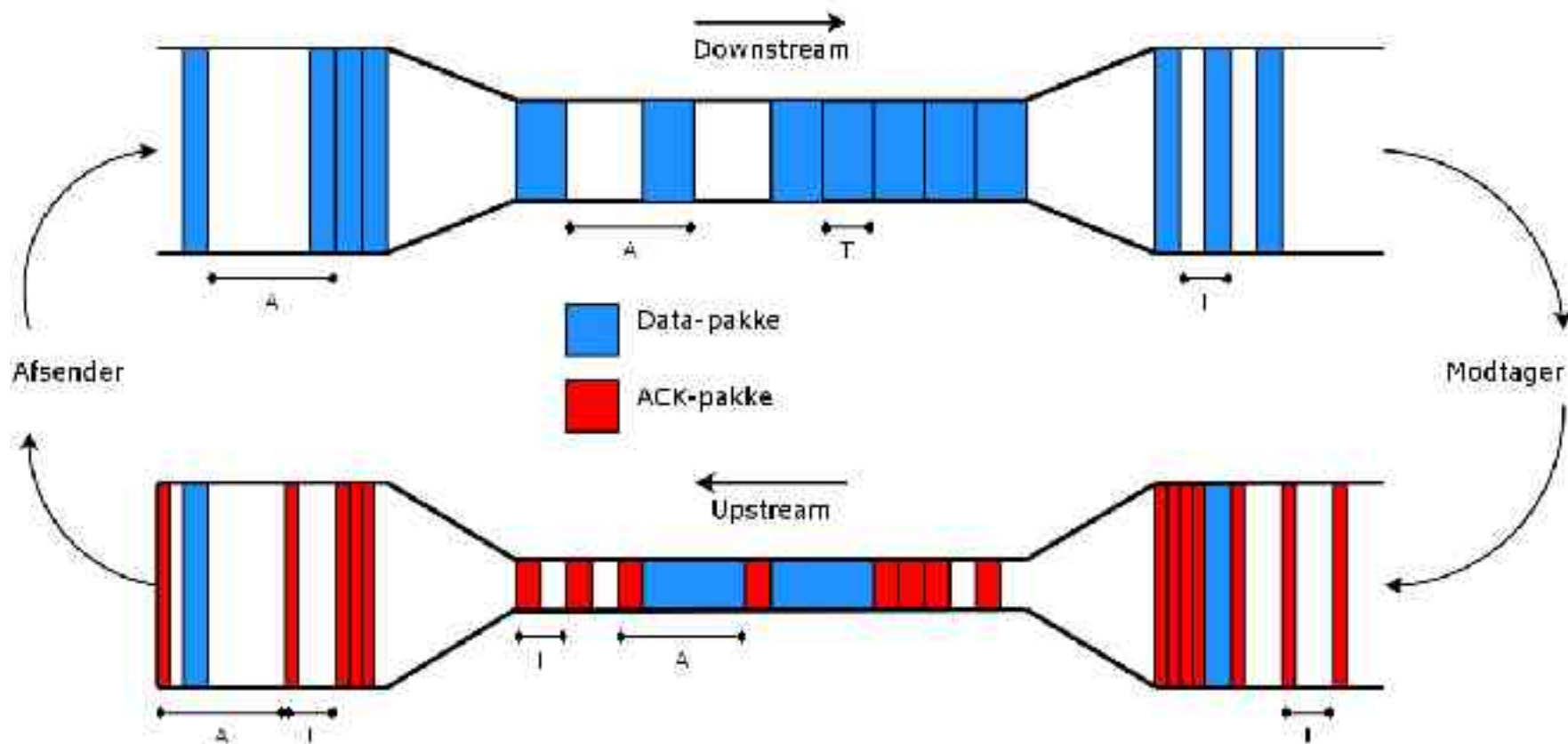
Tegningerne illustrerer, hvad man i teorien kalder K faktoren:

$$\frac{(\text{downstream/upstream})}{(\text{data/ack})} = K$$

- Hvornår er upstream tilstrækkelig
 - Tilstrækkelig hvis $K < 1$ (hvis der sendes een ACK per data pakke)
 - Alle kommercielle ADSL linier: $K < 1$
 - Hvorfor er der så stadigvæk et problem?...
 - Teorien bag K faktoren, antager at:
 - upstream linie kun bruges til ACK pakker
 - ... det er ikke tilfældet i virkeligheden!

TCP flow control: Tovejs trafik

- Data pakke på upstream forbindelsen forstyrrer!
 - Tilfælde på ADSL linien, $K < 1$, men upstream data pakke forstyrrer



Oversigt

- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- **Hvilke komponenter i løsningen**
- Evaluering af løsningen
- Konklusion og perspektivering

Middlebox: komponenterne samles

- Pakke schedulerende middlebox
 - Indbefatter kø kontrol og modelering af ATM linklaget
- Klasser af trafik
 - Relateret til “Differentiated Services” arkitekturen
 - Netværks applikationer => forskellige behov
 - Trafik klasser
 - ACK pakke får sin egen klasse (sikre downstream udnyttelse)
- Klassificering (uddybning se specialet)
- Site-policy
 - Specifik opsætning af trafik klasser og klassificering

Trafik klasser

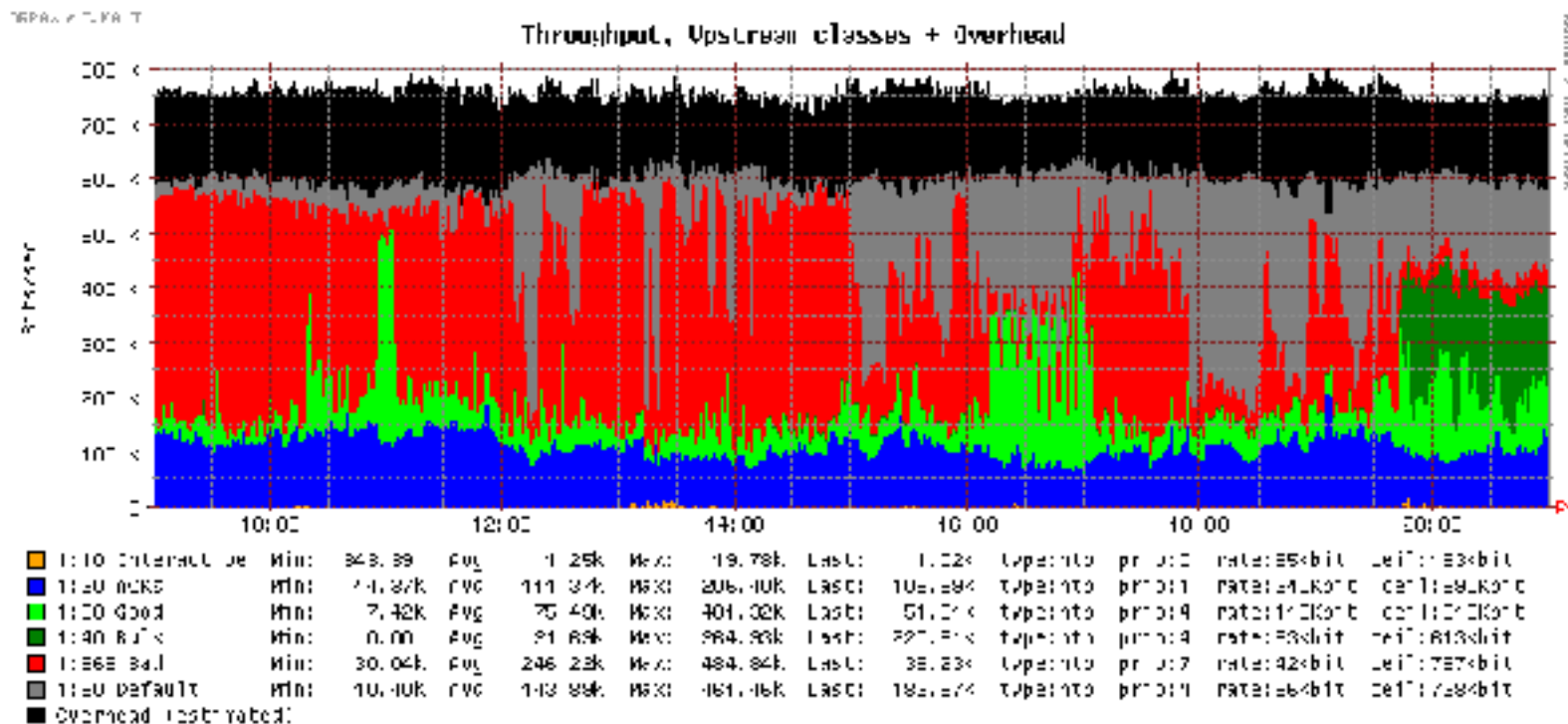
- Trafik klasser og krav til latenstiden
 - Interactive – 100 ms
 - ACK – 100 ms
 - Good – 400 ms
 - Bulk – 1 sekund
 - Default – (undgå udsultning)
 - Bad – (udsultning okay)
- Baseret på Y.1541 “Network performance obj. for IP-based services”
 - Real-time klassen/VoIP ikke valgt at understøtte.
 - Jitter krav: 50 ms
 - Løsningen: 56ms jitter (62ms – 6ms) (ved 512kbit/s)

Oversigt

- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- **Evaluering af løsningen**
- Konklusion og perspektivering

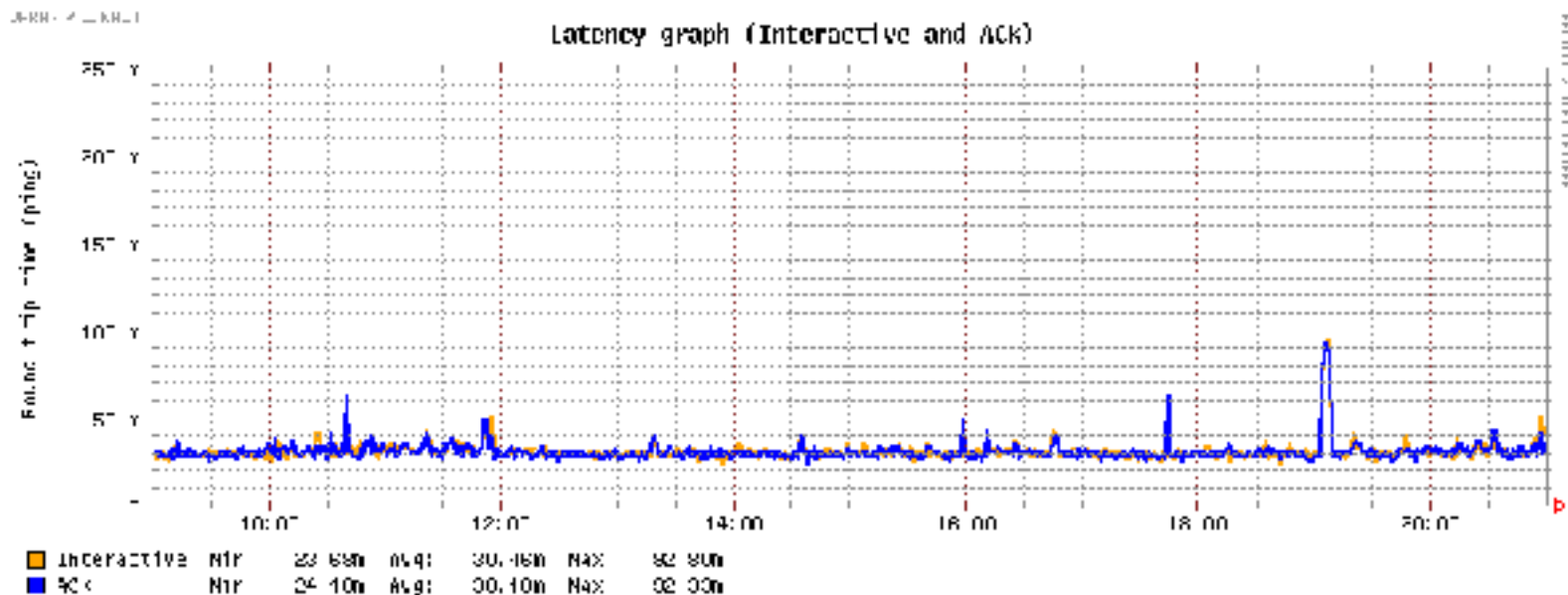
Real-world: trafik klasserne

- Illustration af trafik klasserne (upstream)
 - Ingen udsultning
 - Overhead og ACK pakker “fylder” meget



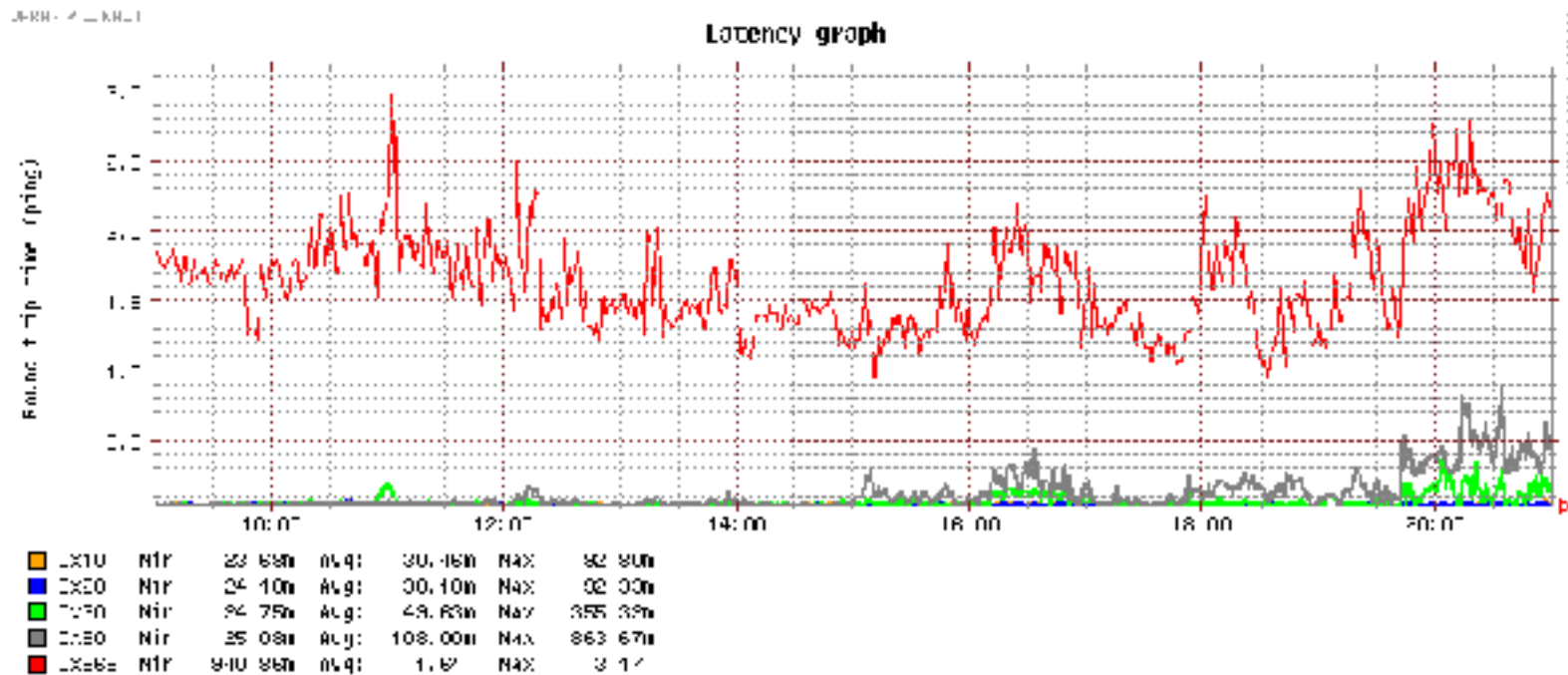
Real-world: latenstiden

- Latenstiden: højprioritets-klasserne
 - Klasserne: Interaktiv og ACK
 - Overholder kravet: 100 ms



Real-world: latenstiden

- Latenstiden: alle klasser
 - Overholder kravene for alle klasser



Oversigt

- Visualisering af problemerne på ADSL
- Definition af mål og indfaldsvinkel
- Visualisering af løsningen
- Specialets bidrag
- Hvorfor opstår problemerne?
- Hvilke komponenter i løsningen
- Evaluering af løsningen
- **Konklusion og perspektivering**

Konklusion

- Målet er opnået!
 - Virker i praksis på et autonomt produktions netværk
 - Fuld udnyttelse samtidig med lav latenstid
- Modelering af linklaget har stor effekt
 - ... nu virker schedulerings mekanismerne efter hensigten.

Hvad kunne gøres bedre?

- Bedre pakke scheduler
 - Tættere på optimal non-preemptive scheduler
- Flere real-world eksperimenter
 - Opførelse uden prioritering
- ACK pakke håndtering
 - ACK-filter og andre typer...
 - Downstream styring via ACK pakker
- Bedre klassificering
 - Undgå fejl klassificering...

Beyond a middlebox

- Udnyt potentialet ved ATM
 - ADSL oplever kun ulemperne ved ATM
 - Brug flere ATM Virtual Circuits
 - Giver en preemptive packet scheduler!!!
 - ... VoIP bliver nemt at understøtte!
- ACK header komprimering
 - ACK størrelse: 40 bytes => 106 bytes på ATM
 - 62% overhead

The End

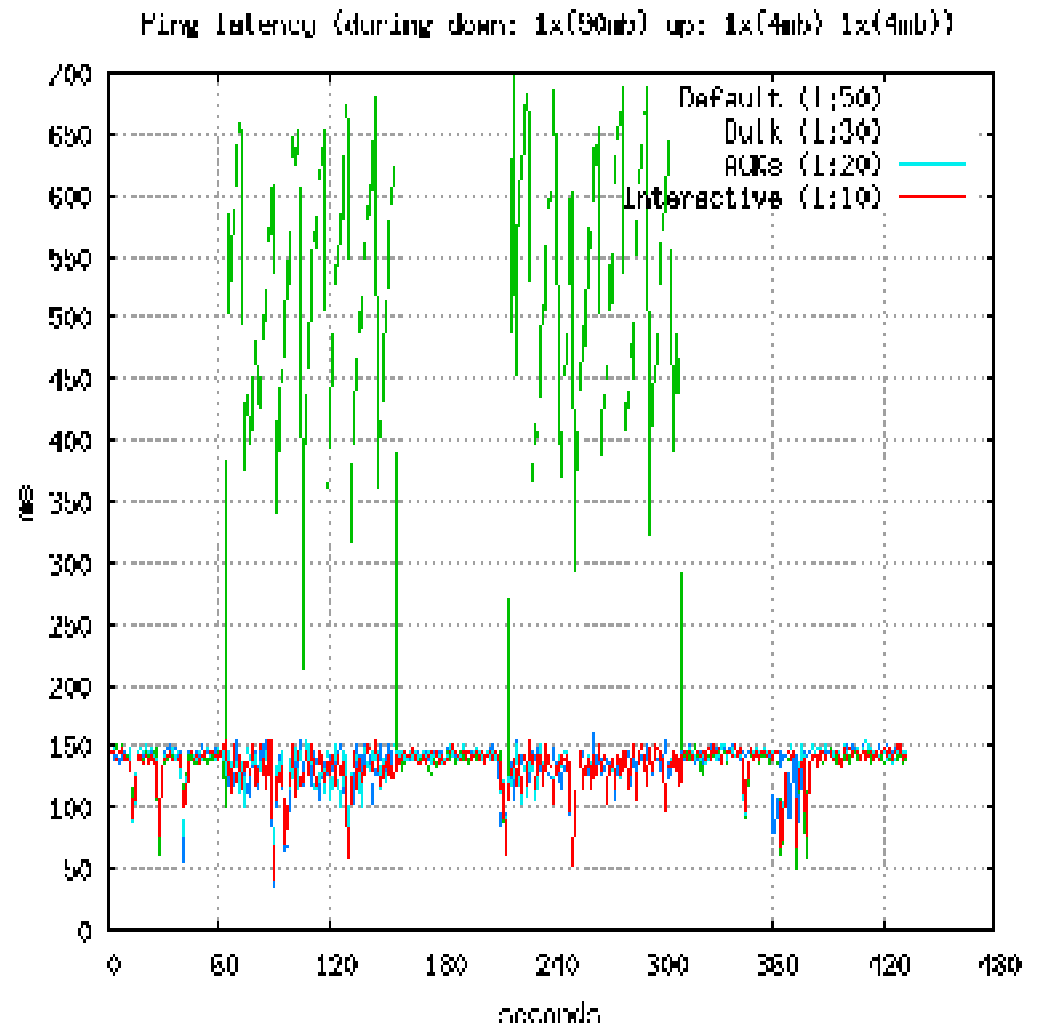
Pause...

Se mere på:

www.ADSL-optimizer.dk

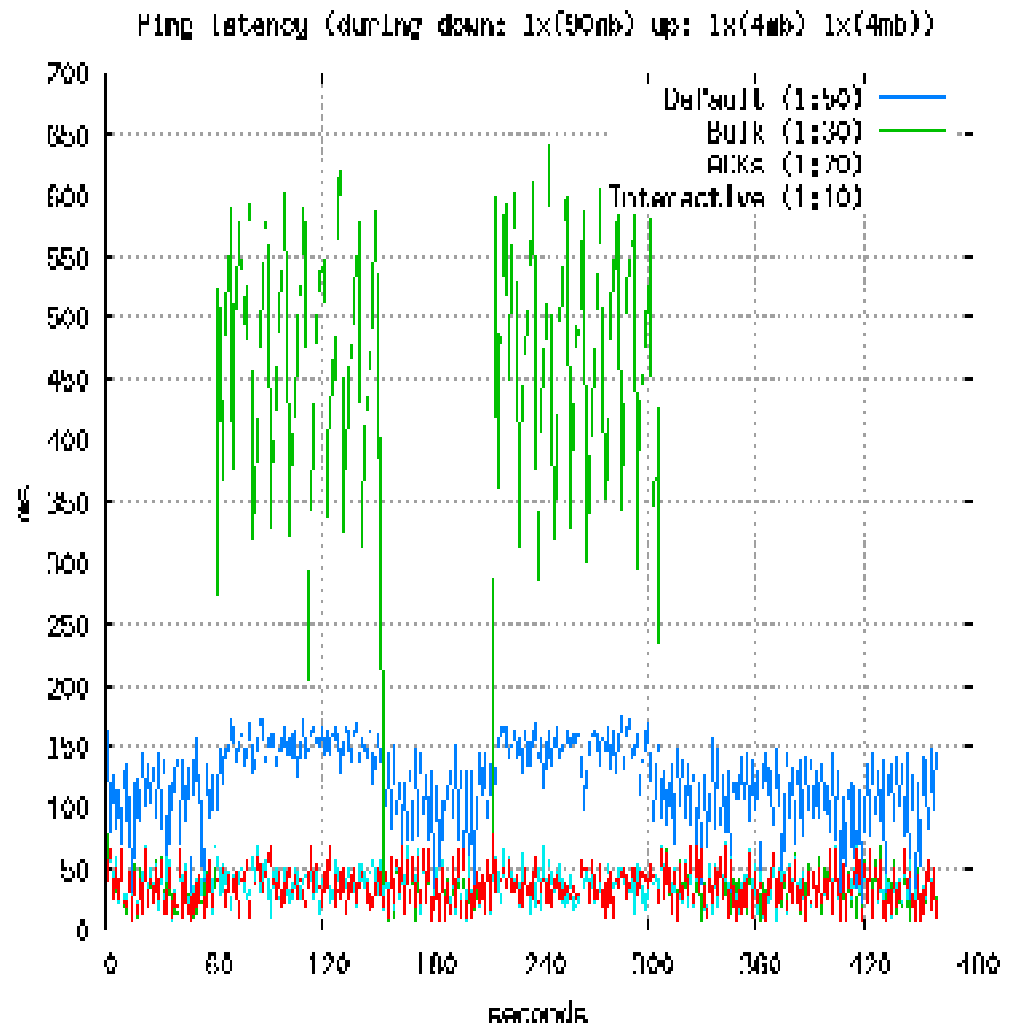
Problem: Downstream kø-forsinkelse

- Downstream kø
 - Resulterer i en kø-forsinkelse
 - Det var forventet...
 - Service Klasserne fra Y.1541
 - Defineret som one-way delay
 - Krav stadig overholdt



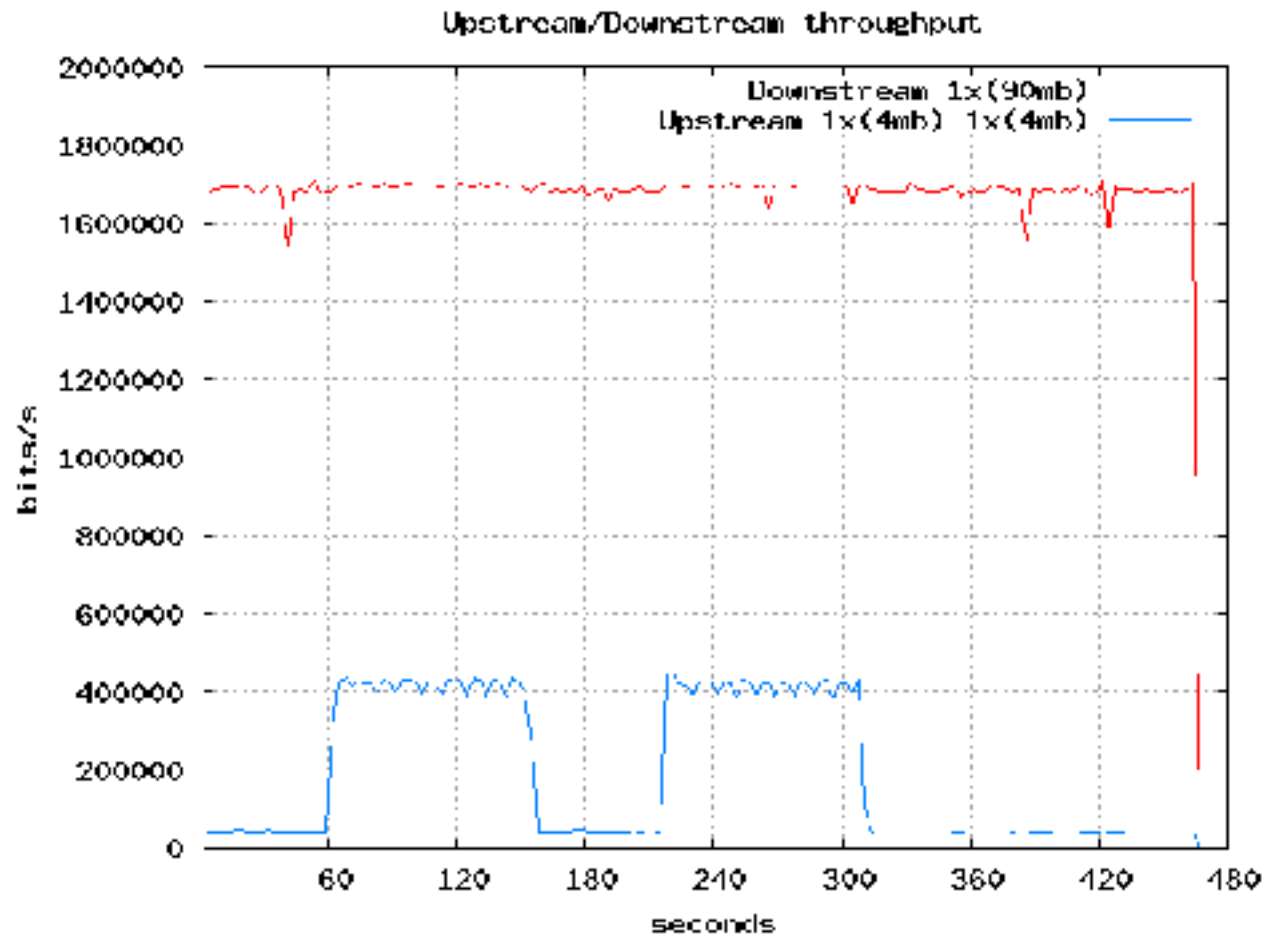
Løsning: Downstream kø-forsinkelse

- Downstream schedulering
 - Ved afsendelse imod LAN
 - Indirekte ACK kontrol
 - Forsinkelse af data pakkerne
 - Resulterer i forsinkelse af ACK
- Spilder downstream kapacitet
 - 1805kbit/s => 1687 kbit/s
 - Reduction på kun 6.5%
- Future work...



Reduceret downstream udnyttelse

- Spilder downstream kapacitet
 - 1805kbit/s => 1687 kbit/s
 - Reduction på kun 6.5%



Token bucket teori

- Token bucket teori
 - Spécialet antager man kender denne teori

