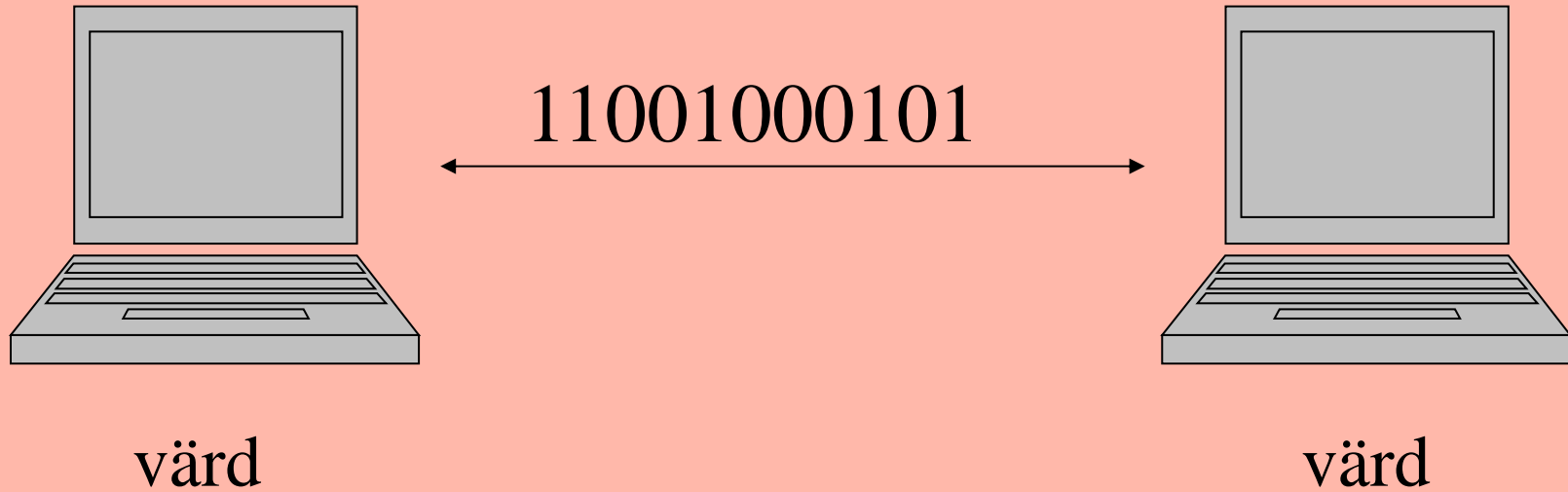


Performance QoS Köteori

Jens A Andersson



Att sända information mellan datorer



Vad händer på länken?

Vi vill veta

- Hur hög den egentliga kapaciteten är
- Hur datapaketen levereras
 - Jämn ström
 - Skurar (eng. burst)
- Hur lång tid det tar att transportera
 - en signal
 - ett paket
 - en fil

Vad händer på vägen?

Vi vill veta

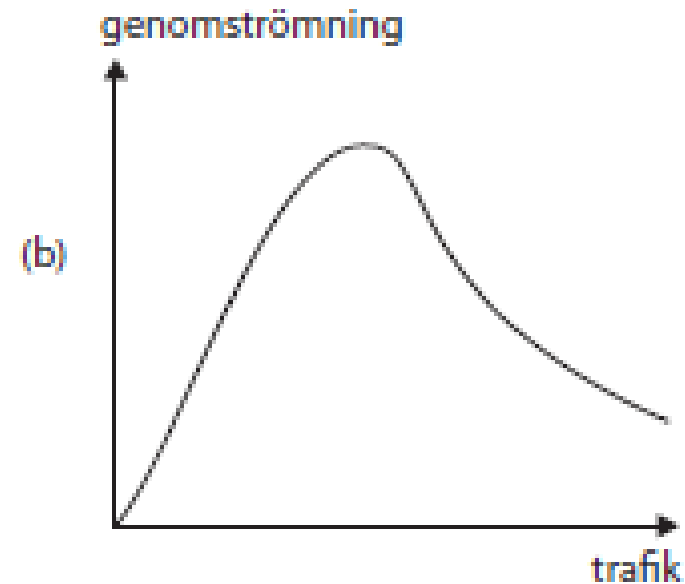
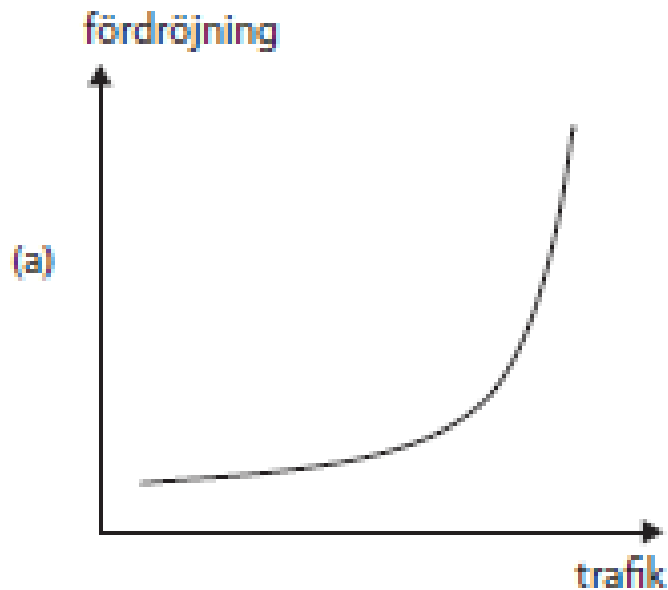
- Hur lång tid ett paket tar ”end-to-end”
 - Fördröjning (eng. Latency/Delay)
 - Ändringar i fördröjning (*Packet Delay Variation* PDV, kallas lite slarvigt för jitter)
 - Om paket försvinner/kommer fram
 - Paketförlust (*packet loss*)
 - Om paketen kommer fram i rätt ordning
 - Hur applikationen och användaren påverkas
- QoS: *Quality of Service*; QoE: *Quality of Experience*

Några parametrar som påverka fördröjning

- Utbredningstid
 - Tid för signalen att gå i mediet från sändare till mottagare
- Transmissionstiden
 - Tiden det tar att sända en bit eller en ram
- Fördröjning e2e påverkas också av tid i routrar och switchar
 - Kötid och exekveringstid

Genomströmning

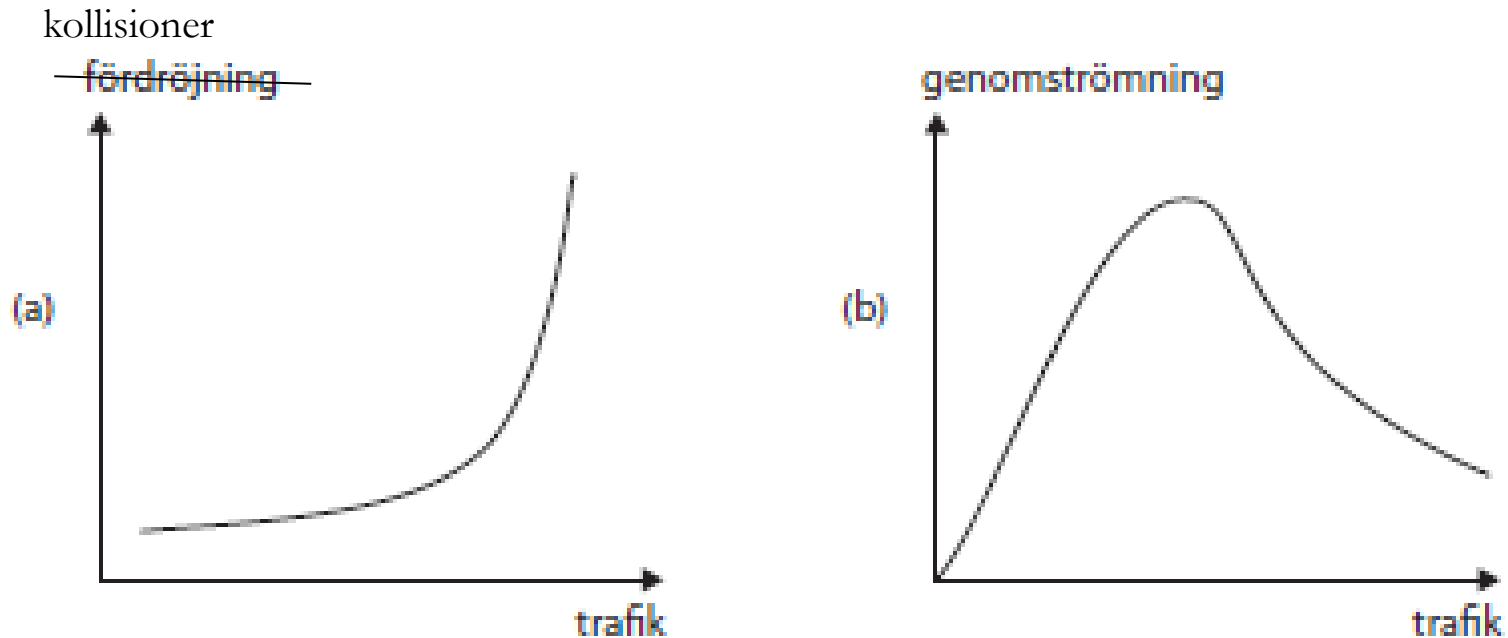
Trafiken/Lasten inverkar på fördröjning och genomströmning



Genomströmning mäts ”per sekund”

Genomströmning CDMA/CD

Antalet kollisioner ökar med lasten

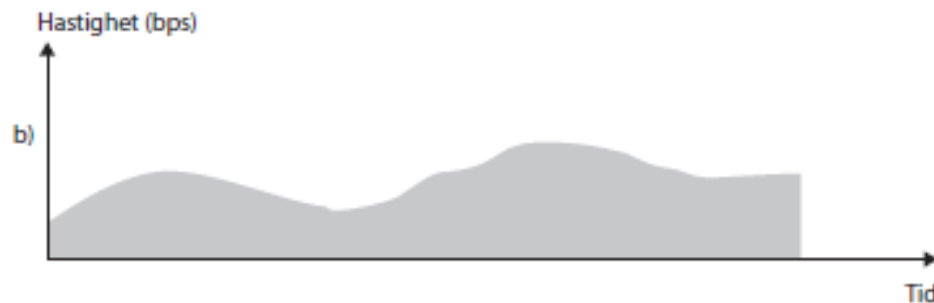


Genomströmning mäts ”per sekund”

Trafikprofiler



Konstant bit rate



Variabel bit rate



Trafik med skurar

Köteori, en intro

Innan man bygger system är det bra att veta hur de fungerar i teorin.

Då tar man till matematisk analys.

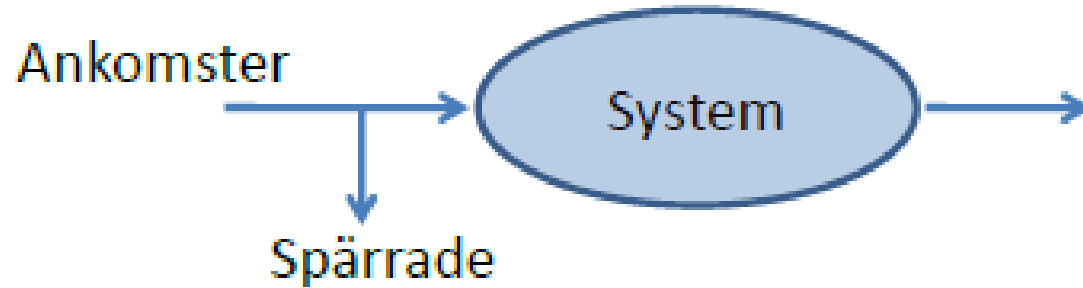
Men för det krävs analytiska modeller av systemet:

Köteori

Köteori

- 1909: Erlang tillämpar sannolikhetssteori på problem inom telekommunikation
- 1943: Conny Palms doktorsavhandling (KTH):
”Intensitetsvariationer i teletrafik”
- 1961: Littles sats ger
 - medelantal kunder i systemet och medeltid i systemet
 - medelantal kunder i kön och medeltid i kön
 - medelantal kunder i betjäningstationerna och medeltid hos betjäningstationerna

Princip



- Något som ska bearbetas av systemet ankommer
 - Exempel: Ram till en switch
- Om systemet är upptaget och inte kan ta emot ankomster, blir nya ankomster utspärrade.
 - Exempel: Switchen är upptagen och ramen kastas
- Efter en viss tid i systemet (betjäningstiden) är ”ankomsten” betjänad.
 - Exempel: Switchen skickar ut ramen på nästa länk

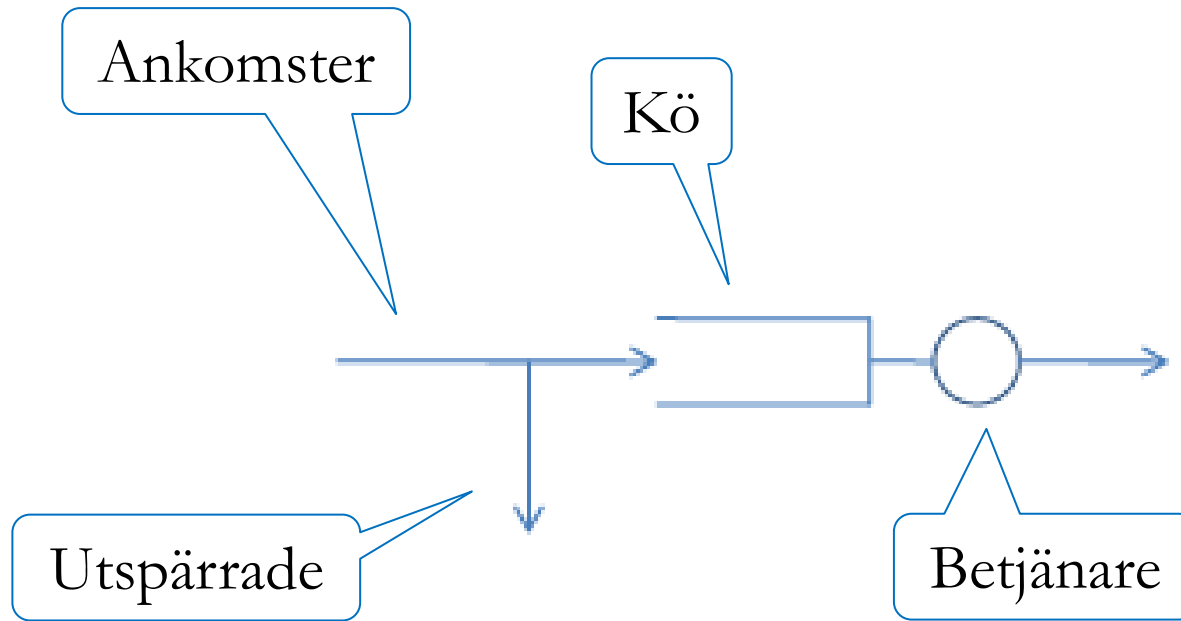
Vad vill vi veta?

- Vad är sannolikheten att en ram spärras och måste kastas?
 - $P(\text{spärr})$
- Hur lång tid tar det för en ram att switchas?
 - T (svarstiden)
- Hur många ramar kan switchen hantera under en viss tid och vissa villkor?
 - Genomströmningen

Villkor

- Ankomstintensiteten
 - Antal paket som ankommer till routern per tidsenhet
 - Deterministisk
 - Exempel: Exakt varje sekund
 - Stokastisk
 - Normalfördelat med medelvärde 1 sekund
- Betjäningstiden
 - Deterministisk eller stokastisk
- I vårt exempel med switchen måste vi veta hur hårt lastad utgående länk är dvs sannolikheten för att länken är ledig när en ram ska skickas ut

Exempel : Webbserver



Enkel modell men tillräcklig

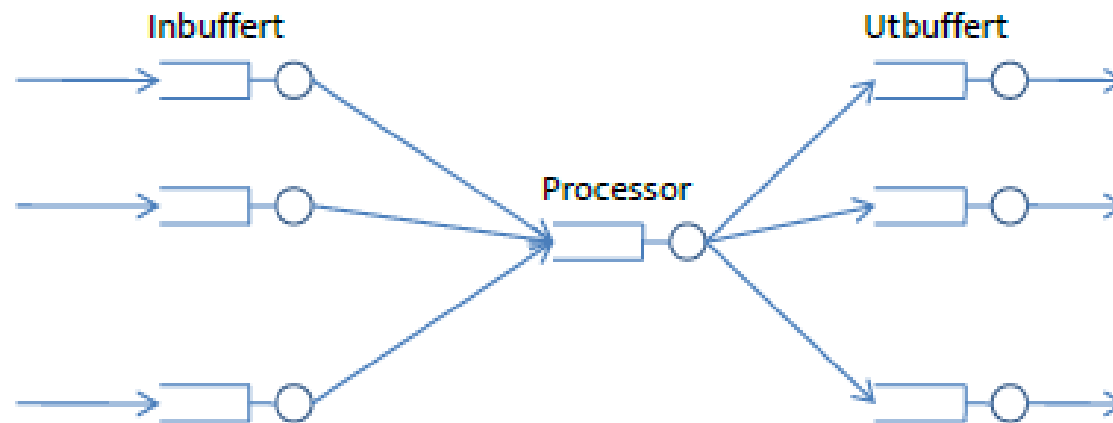
Exempel: GSM-basstation



Varje basstation har ett antal radiokanaler=betjänare,
en mobiltn per radiokanal.

När alla radiokanaler är upptagna kan basstationen inte
betjäna fler mobiler

Exempel: Router, mer utvecklat



Kunderna är IP-paket.

Sannolikhetslära

- Stokastisk variabel
 - Diskret: antar bara vissa värden
 - Slag med tärning
 - Ankomster under en sekund
 - Kontinuerlig: kan anta all värden
 - Temperatur
 - Tiden mellan två ankomster

Sannolikhetslära (forts)

- Frekvensfunktion
- Sannolikheten att en diskret variabel k antar ett visst värde X
 - $f_X(k) = P(X = k)$
- Fördelningsfunktion
 - Sannolikheten att en variabel är \leq ett visst värde
 - $F_X(k) = P(X \leq k)$
 - $0 \leq F \leq 1$
- Vi vill veta medelvärde och varians av X

Exempel

För att beräkna sannolikheten för spärr behövs

- Fördelningsfunktionen för av ankomster (eller tiden mellan ankomster)
- Fördelningen för betjäningstid i systemet
- Antalet händelser per tidsenhet är under en tidsenhet är Poissionfördelade med medelvärdet λ om

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

Då är tiden mellan ankomster x exponentialfördelad enligt $f(x; \lambda) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}$

Simulering

- I stället för matematisk analys eller mätning på verkliga system
- **Diskret händelsesimulering**
- Vi vill veta (exempelvis)
 - Medelantal kunder i systemet
 - Sannolikhet för spärr
 - Mm ...

Simulering ...

- Beskriv systemet
fördelning ankomster per tid, betjäningstid, antal betjänare
- I programmet
 - Generera ankomster
 - Beräkna nästa händelse utifrån systemet
exvis kund placeras i kö, kund betjänas, kund lämnar systemet
 - Mät exvis antal kunder i system (obs också en händelse)