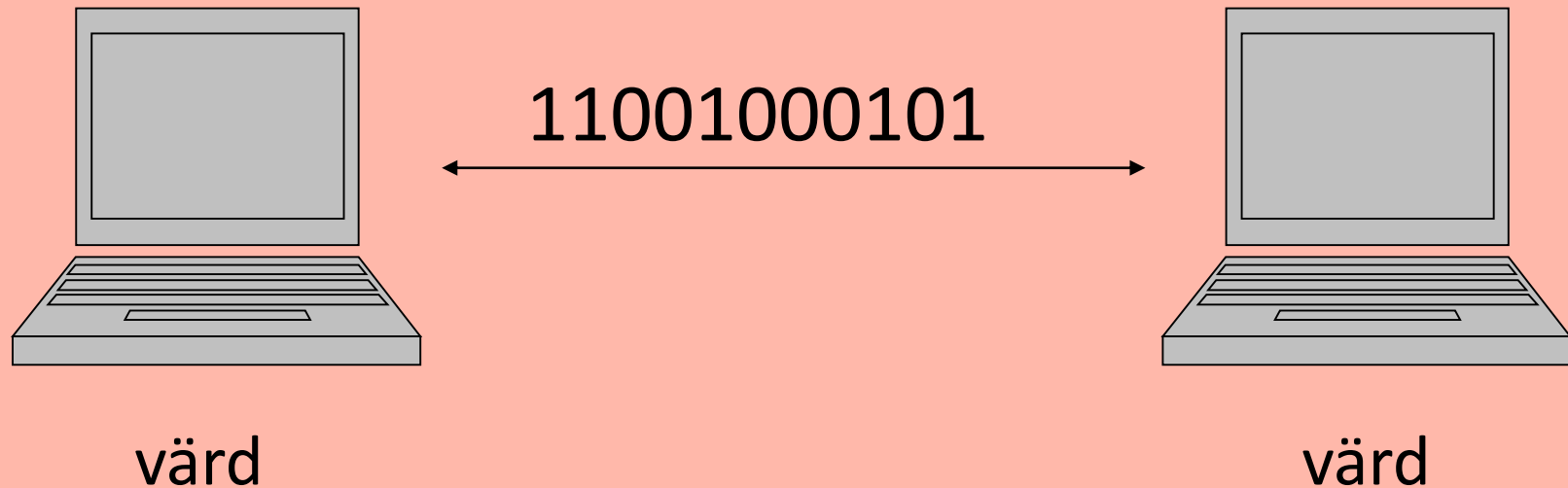


# Performance QoS Köteori

Emma Fitzgerald



# 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

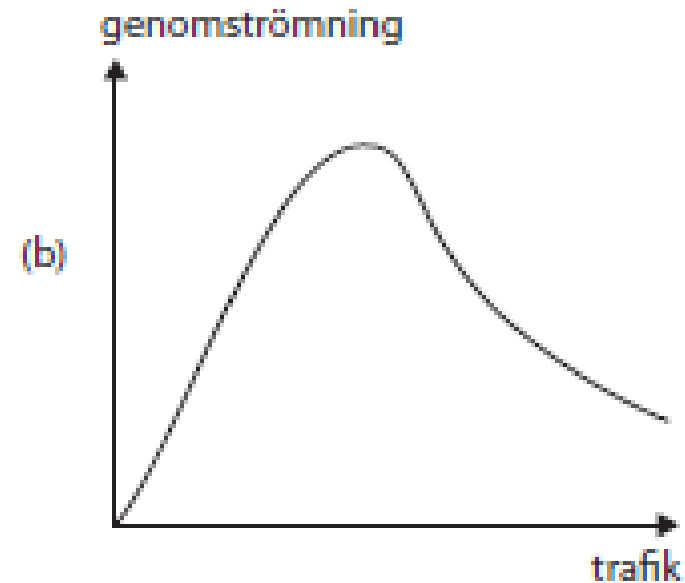
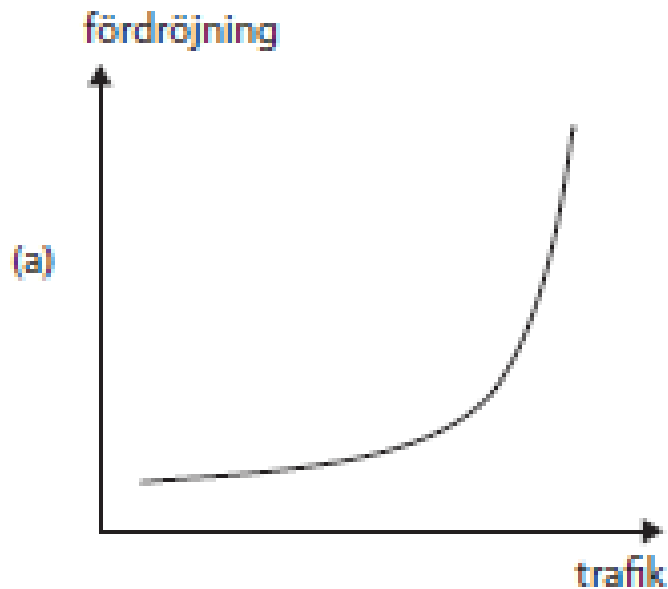
- Hur lång tid ett paket tar ”end-to-end”
    - Fördröjning (eng. Latency/Delay)
    - Ändringar i fördröjning (*Packet Delay Variation* PDV, kallas lite slarvigt för jitter)
  - Om paket försvinner/kommer fram
    - Paketförlust (*packet loss*)
  - Om paketen kommer fram i rätt ordning
  - Hur applikationen 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

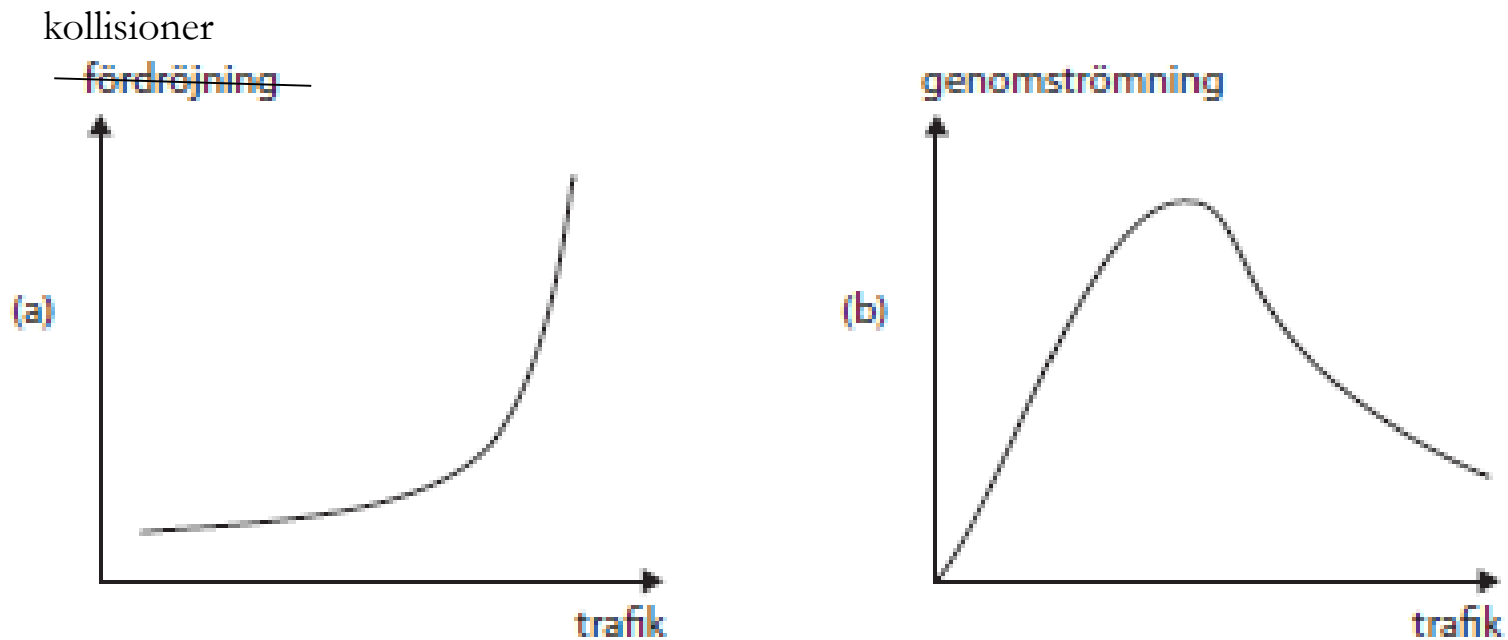
Trafiken/Lasten inverkar på fördröjning och genomströmning



Genomströmning mäts ”per sekund”

# Genomströmning CDMA/CD

Antalet kollisioner ökar med lasten

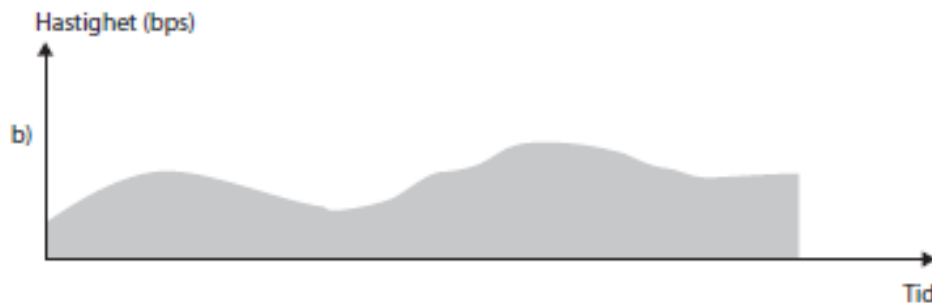


Genomströmning mäts ”per sekund”

# 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.

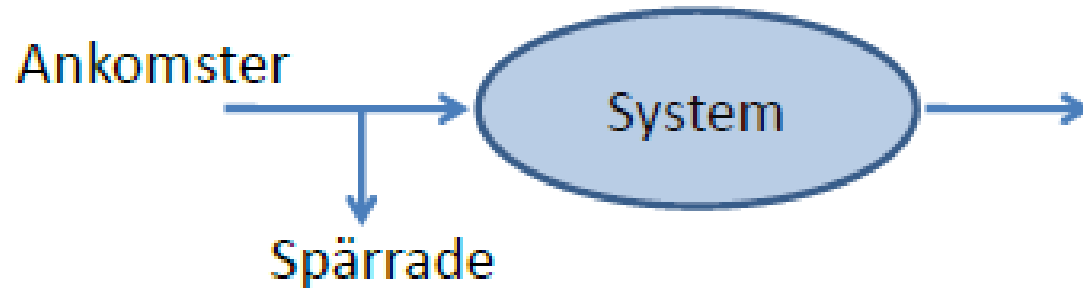
Men för det krävs analytiska modeller av systemet:

## 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

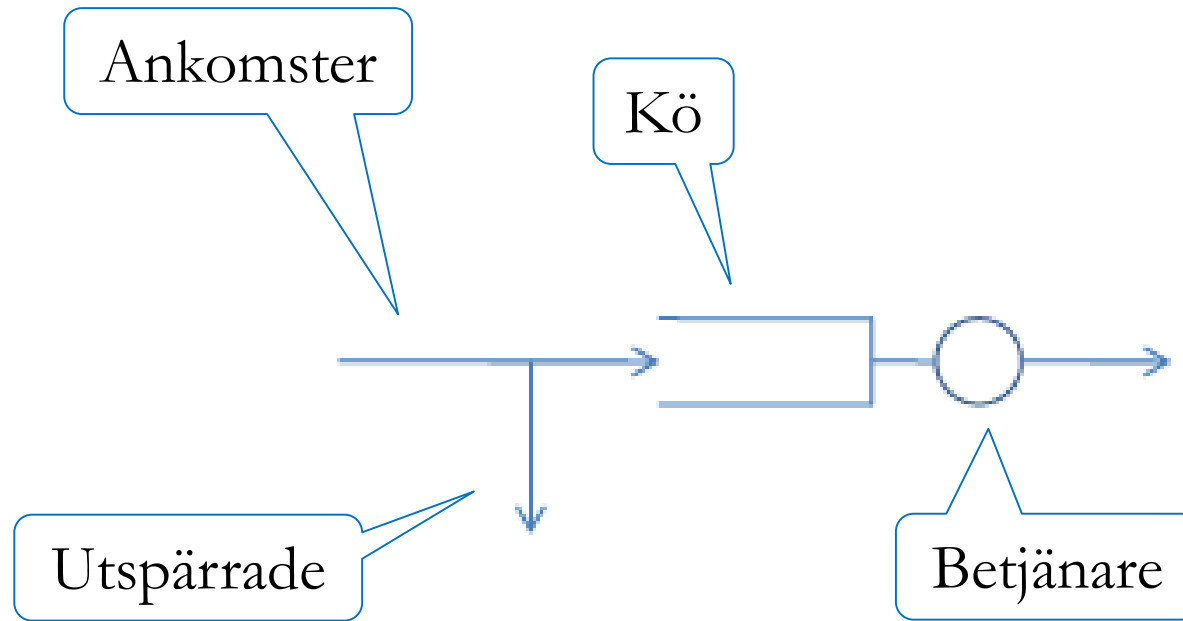
# Vad vill vi veta?

- 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: Webserver



Enkel modell men tillräcklig

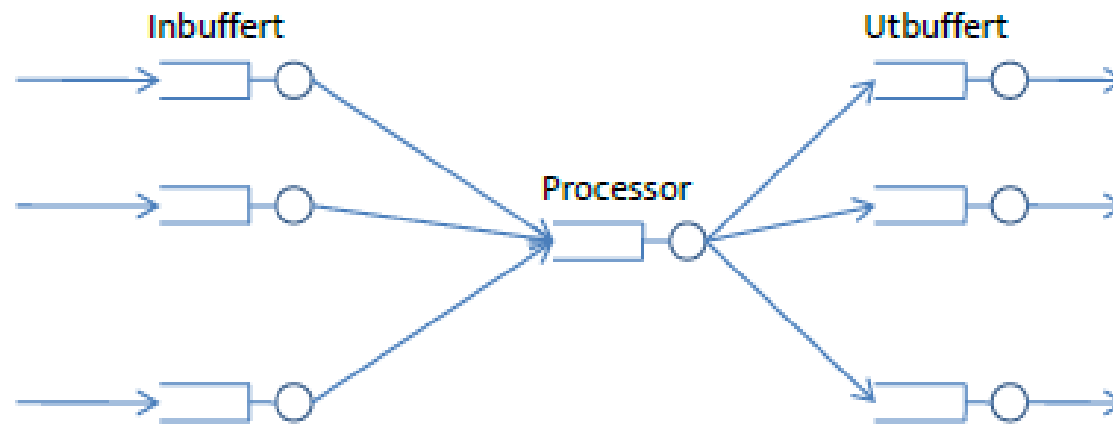
# Exempel: GSM-basstation



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 alla 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 ankomster (eller tiden mellan ankomster)
- Fördelningen för betjäningstid i systemet
- Antalet händelser under en tidsenhet är Poissionfördelade med medelvärdet  $\lambda$  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)