

# PhD Course

Lecture on

## 802.11 and Mesh Networking

Paal E. Engelstad

### Outline

Basic 802.11 WLAN

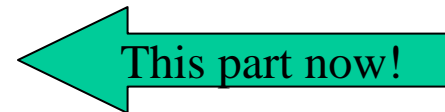
(802.11a/b/g)

[Security in WLAN

(WEP, 802.11i/w)]

QoS in WLAN

(802.11e)



Markov Modeling

(Article)

Mesh networking

(802.11s)

# Agenda for QoS med 802.11e

- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - HCCA
  - EDCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# 802.11e fordi 802.11 ikke støtter QoS

- DCF
    - Klassifisering: Ingen - og derfor ingen tjeneste differensiering.
    - Kanal Aksess: Per-stasjon, per-pakke rettferdighet
    - Pakke skedulering: All trafikk i samme FIFO køen
  - PCF
    - Klassifisering: Ingen - og derfor ingen tjeneste differensiering for ulik trafikk fra samme STA.
    - Kanal Access: Polling-basert.
      - Offer for mulig delay av Beacon
      - Kun en pakke kan sendes per poll.
    - Pakke scedulering mellom noder: Poll-sekvens ikke standardisert
    - Signalering: Ingen – og PC vet derfor ikke QoS kravene til STA
    - Pakke scedulering på en node: All trafikk i samme FIFO-køen.
- ⇒ ***DERFOR: Ingen kjente implementasjoner av PCF***

# 802.11e: MAC støtte for QoS

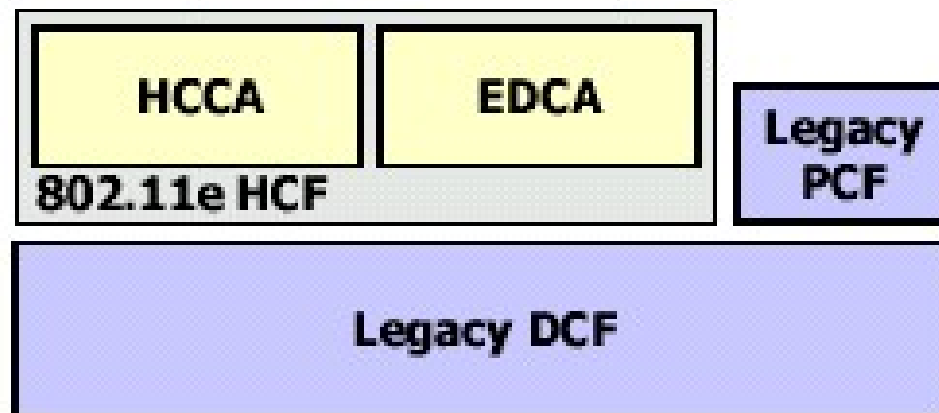
- Et tillegg til 802.11-99 standarden for å støtte QoS til f.eks. Speech. Audio. Video over WLAN ..etc
- Både AP og STA må støtte 11e for å få QoS
  - 11 og 11e devicer er interoperable, men uten QoS
- Status:
  - Standard

# Agenda for QoS med 802.11e

- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - HCCA
  - EDCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# HCF: EDCA og HCCA

- Hybrid Coordination Function (HCF):
  - HCCA (Hybrid Controlled Channel Access)
    - Erstatter/Forbedrer PCF
  - EDCA (Enhanced Distributed Coordination Function)
    - Erstatter/Forbedrer DCF



# 802.11e's to målsetninger er:

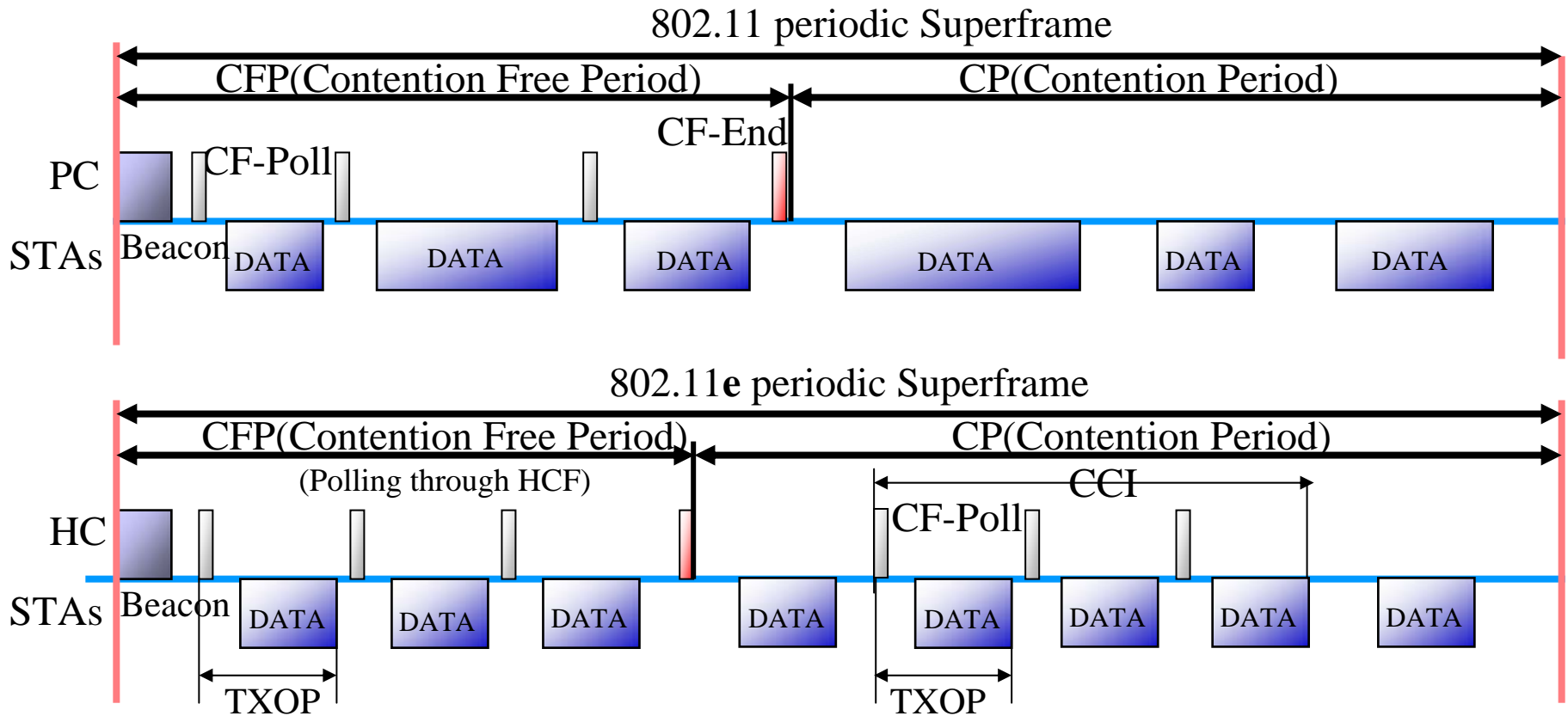
## 1. Kvantitativ (parameterisert) QoS

- Tilfredstille en applikasjons trafikk spesifikasjon (TSPEC)
- Implementeres vha **HCCA**
- Klassifisering: QoS for ulike "Traffic Streams" (per-flow)
- Kan sammenligne med IntServ/RSVP

## 2. Differensiert (prioritert) QoS

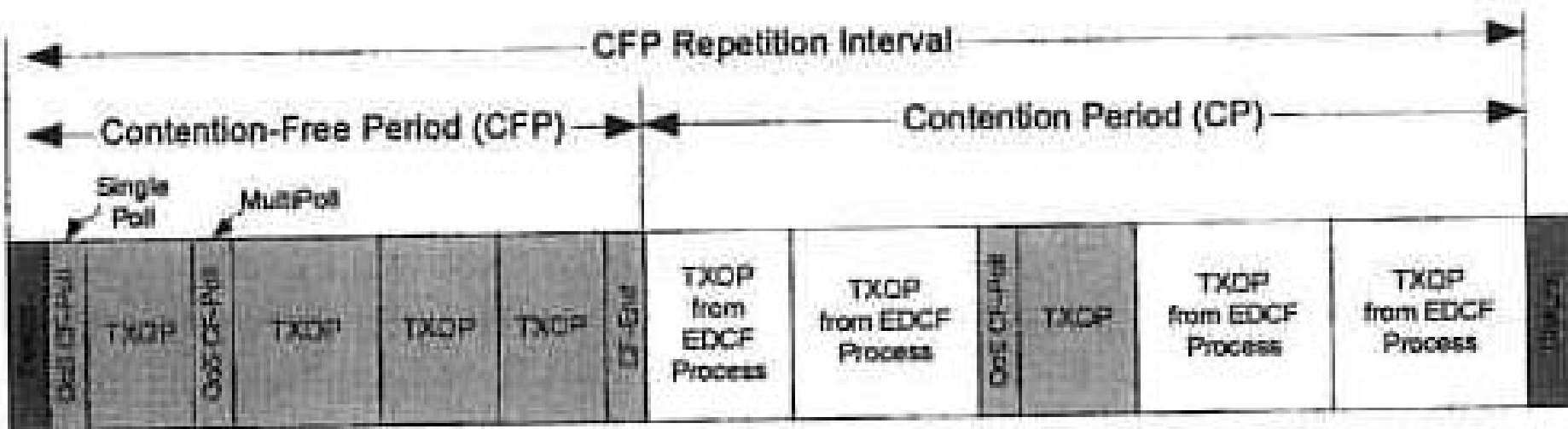
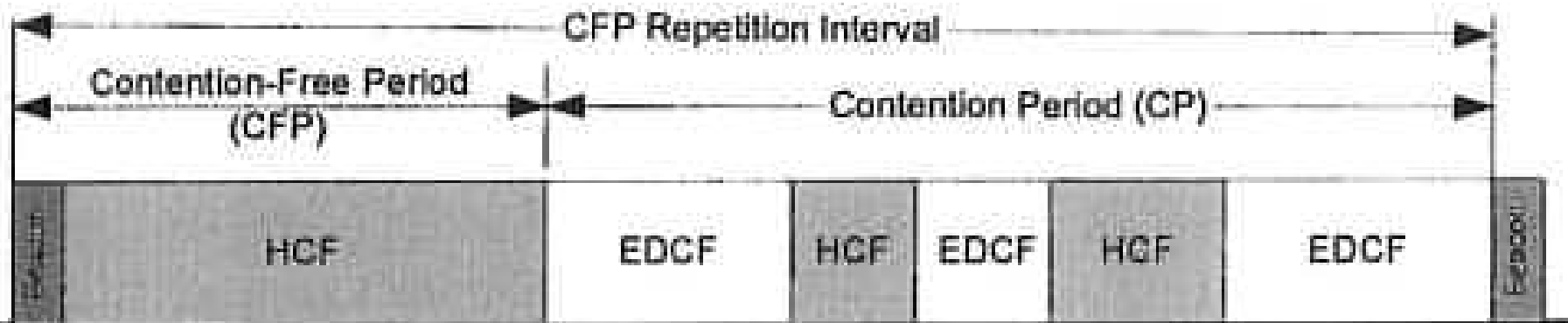
- Prioriterer mellom ulike typer trafikk
- Implementeres vha **EDCA**
- QoS for ulike "Traffic Categories" / "Access Categories" (per-traffic-type)
- Kan sammenlignes med DiffServ

# HCF: EDCA og HCCA kjøres sammen - 1



- Med legacy 802.11 "slåss" man om å få begynne å sende en data ramme
  - Men det er få begrensninger på hvor lenge man da kan holde kanalen
- Med 802.11e "slåss" man om **Transmission Opportunities** (TXOPs) med gitt varighet
  - Man kan fylle en TXOP med det man får plass til; et ramme-fragment, en ramme eller flere rammer. Avhengig av pakkelengder og transmisjonsraten.

# HCF: EDCA og HCCA kjøres sammen - 2



# HCF: CFB i en TXOP

- Contention-Free Bursts (CFB)
  - Hvis en STA har gjenstående tid av TXOPen kan den fortsette å sende pakker, med kun SIFS intervall imellom
  - CBF representerer en egen frame exchange sequence (ulikt 802.11!)
  - Kan brukes for TXOPs både under HCCA og EDCA
  - CFB kan øke kanal-effektiviteten til 802.11e
  - (Brukes også til å øke effektiviteten til 802.11g)

# Agenda for QoS med 802.11e

- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - EDCA
  - HCCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# EDCA: 4 ulike Access Categories

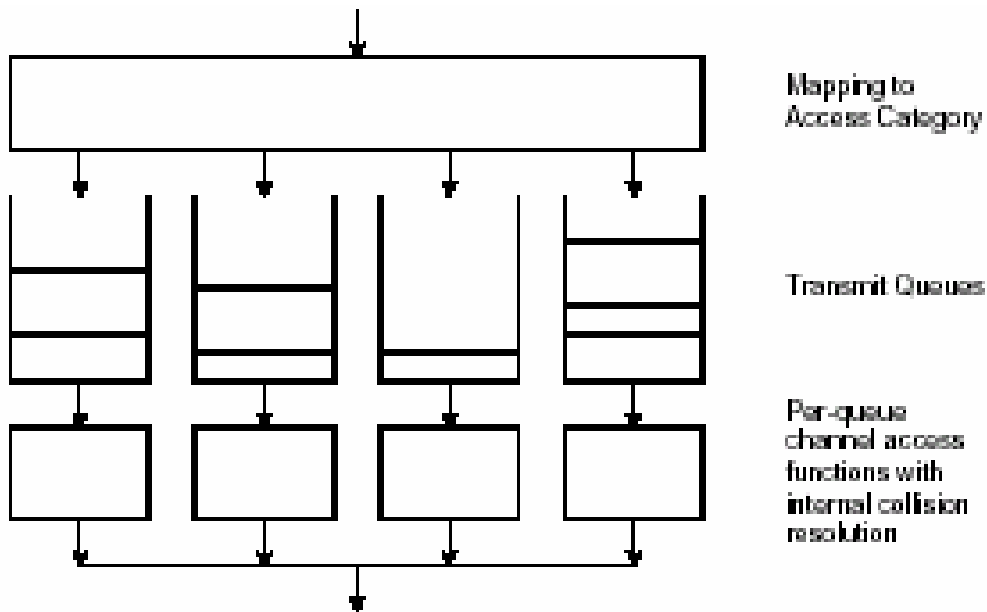
User priority (UP -Same as 802.1D User Priority)	802.1D Designation	Access Category (AC)	802.11e Designation (Informative)
1	BK	1	Background
2	-	1	Background
0	BE	0	Best Effort
3	EE	2	Video
4	CL	2	Video
5	VI	2	Video
6	VO	3	Voice
7	NC	3	Voice

- 8 trafikk kategorier fra høyere lag: 802.1D (og 802.1p/Q)
- MAC SAP bruker 802.1D priority tags (0..7, der 0 faktisk ikke har lavest prioritert. Se tabellen.)

*4 typer!*

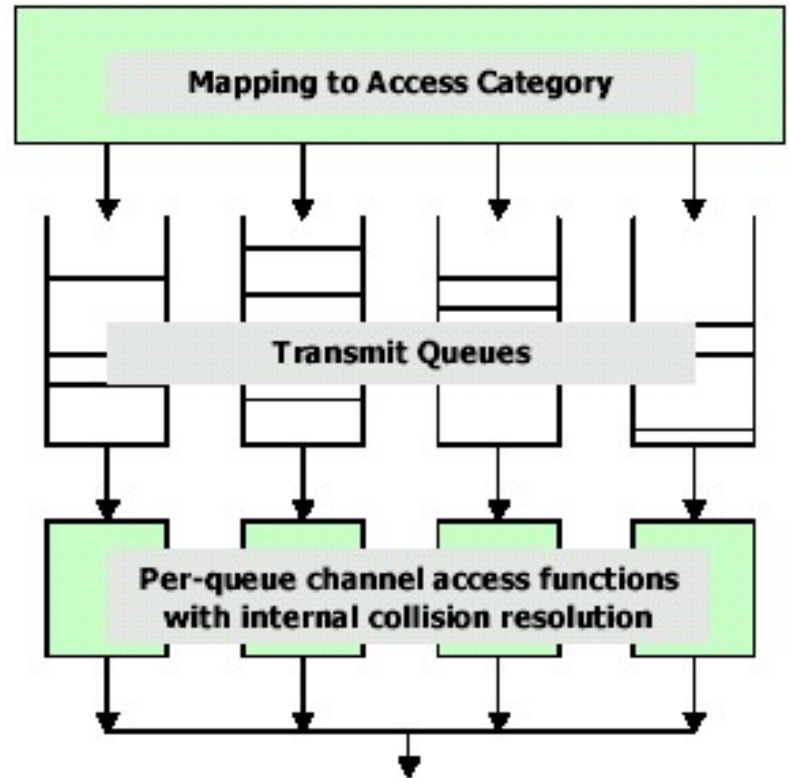
# EDCF (Enhanced Distributed Coordinated Access)

- differensiert DCF access til wireless medium for prioriterte traffic categories (4 ulike access categories)
- Ut-køen konkurrerer om TxOPs vha EDCA der
  - minimum idle duration time er spesifisert
  - variabelt contention window
  - lavere prioritets køer viker for høyere prioritets køer

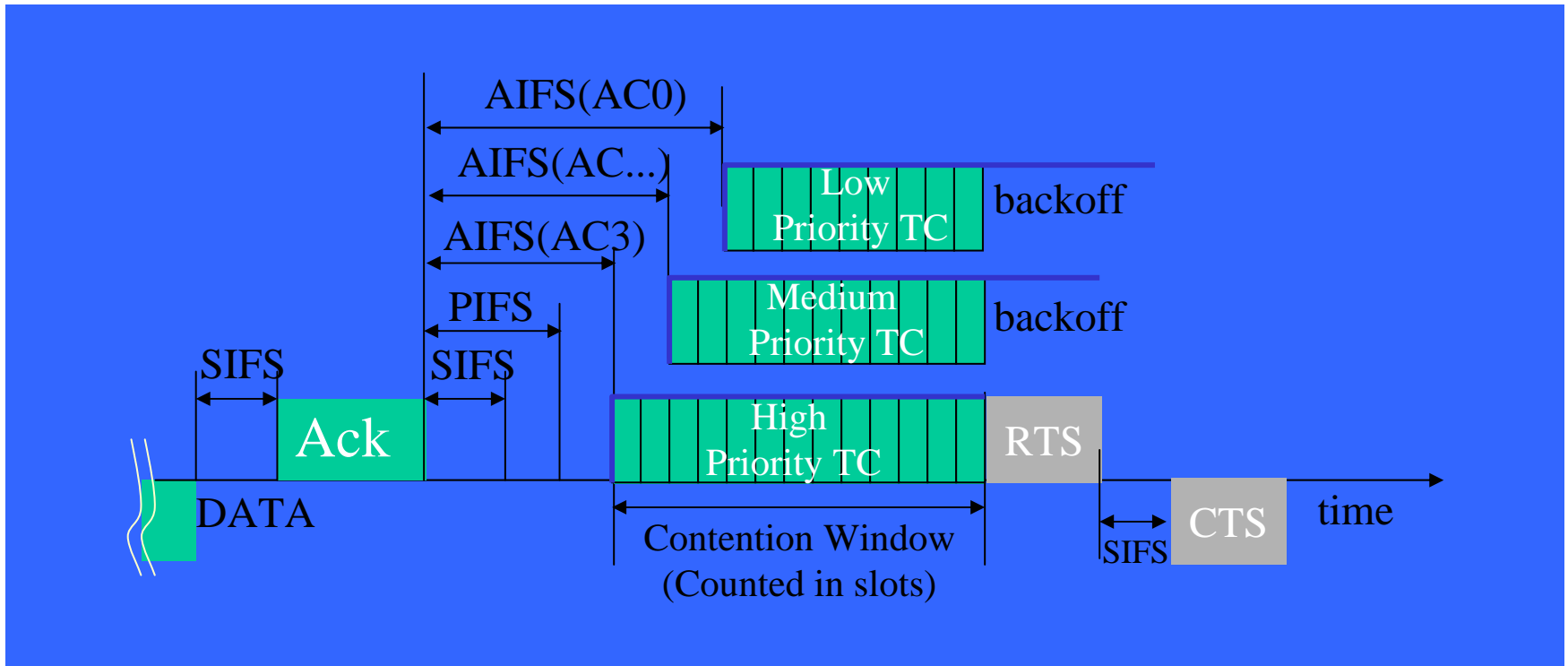


# EDCA

- Hver kø har egen kanal access funksjon...
  - parametere settes av AP (se neste side)
- ...med intern kollisjonsløsning
  - dvs virtuell backoff mekanisme mellom køene!



# EDCA kanal aksess



- Differensiering vha ulike kanal aksess parametere for hver kø:
  - AIFS length
  - Contention Window Length (CWmin og CWmax)
  - TXOP limit

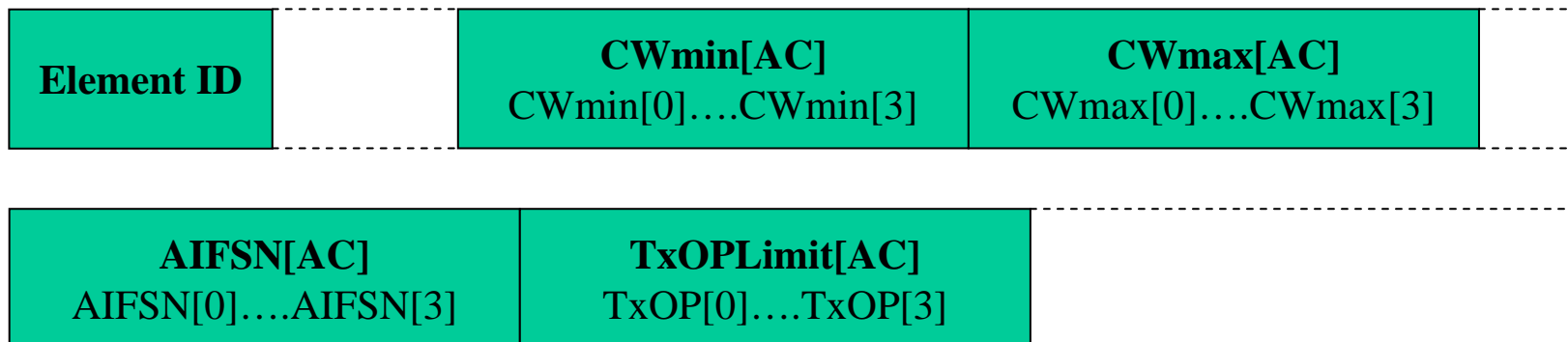
# Fastsettelse av parametrene

- Default / Anbefalte verdier (her for 11a/11g):

	AC_VO [3]	AC_VI [2]	AC_BE [1]	AC_BK [0]
<b>AIFSN</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<b>CWmin</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>CWmax</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>1023</b>	<b>1023</b>

$$\text{AIFS [AC]} = \text{AIFSN [AC]} * aSlotTime + \text{SIFS}$$

- Eller AP kan sette dem dynamisk i Beacon:



# Betydning av parametrene

- SIFS-PIFS-DIFS (legacy): Fundamental differensiering
- CWmin: Stor differensiering
  - Differensieringen skyldes hovedsaklig post-backoff
  - Differensiering mellom ulike ACer
  - Forøvrig per-kø- og per-TXOP rettferdighet
- AIFS gir liten differensiering, fordi den brukes alltid sammen med backoff
  - Høy AIFSN kan bremse ned gjennomsnittelig ”hastighet” på backoff countdown
  - AIFS kan gi merkbare virkinger ved meget store belastninger
- CWmax gir liten differensiering, fordi den får betydning først etter en eller flere kollisjoner
- TXOP har gir hovedsaklig rettferdighet mht korte vs. lange pakker

# Agenda for QoS med 802.11e

- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - EDCA
  - HCCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# HCCA - 1

- HC kontrollerer aksess til kanalen
- HC poller STA, og distribuerer dermed Transmission oportunities (TXOPs)

# HCCA - HC

- Krever en Hybrid Coordinator (HC)
  - A QoS-aware point coordinator i AP
    - HCCA er kun brukbart for i infrastructure BSS
- HC kontrollerer aksess til kanalen
  - HC har høyere prioritet og allokere TxOPs til STAs
    - Bruker polling for å distribuere TXOPs til STA
- HC bruker TSPECene til å bestemme når en STA skal gis en TXOP
  - gir angitt service rate, delay og/eller jitter krav for en gitt traffic flow.

# HCCA kan brukes i både CP og CPF

Extends the EDCA access rules.

CP : TxOP

- After AIFS + Back off
- QoS Poll from HC; After PIFS ! (“Controlled Contention”)

CPF : TxOP

- Starting and duration specified by HC using QoS Poll .

# HCCA har max 8 ulike trafikk streams for hver stasjon

- Hver trafikk stream har en gitt TSPEC
  - Trafikk attributter:
    - Pakke størrelse, rate, osv
  - Trafikk karakteristikker:
    - CBR/VBR, max delay, max jitter, osv
  - Acknowledgement Policy
- Ulike trafikk streams behandles ulikt over kanalen, vha HCCA

# Traffic Specification (TSPEC)

Element ID (1)	Length (1)	TS info (2)	Nominal size MSDU (2)	Maximum MSDU size (2)
Minimum Service Interval (4)	Maximum Service Interval (4)	Inactivity Interval (4)	Minimum Data Rate (4)	Mean Data Rate (4)
Maximum Burst Size (4)	Minimum PHY Rate (4)	Peak Data Rate (2)	Delay Bound (2)	Surplus Bandwidth Allowed (2)

# HCCA underspesifisert?

- HCCA definerer
  - polling kanal aksess
  - QoS signallering
  - TS klassifisering
- Men ikke definert:
  - Hvordan HCCA skedulering skal utføres
  - Sammenheng mellom HCCA parametere og QoS krav (TSPEC)
  - Algoritmer for å beregne pollesekvens og tidsintervallene til HCCA CF-Poll

# Agenda for QoS med 802.11e

- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - EDCA
  - HCCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# Admission Control - Signalering

- STA sender ADDTS (i.e. "add TSPEC") management ramme til AP med TSPEC som beskriver sine QoS krav
  - 802.11e spesifiserer egen Action Frame for dette
- Hvis AP ikke godkjenner TSPEC, må STA redusere sine krav
- STA kan alltid bruke Best Effort eller Background
- AP kan "slette" en TSPEC hvis nødvendig
  - For eksempel ved endring a kanal forholdene eller etter time-out

# Admission Control for EDCA

- STA sender TSPEC
- STA kan alltid bruke Best Effort eller Background
- Admission Control algoritmen ikke spesifisert

# Admission Control for HCCA

- Det er en forutsetning for å motta HCCA pakker at STA har sendt TSPEC til QAP
- Admission Control algoritmen ikke spesifisert

# Agenda for QoS med 802.11e

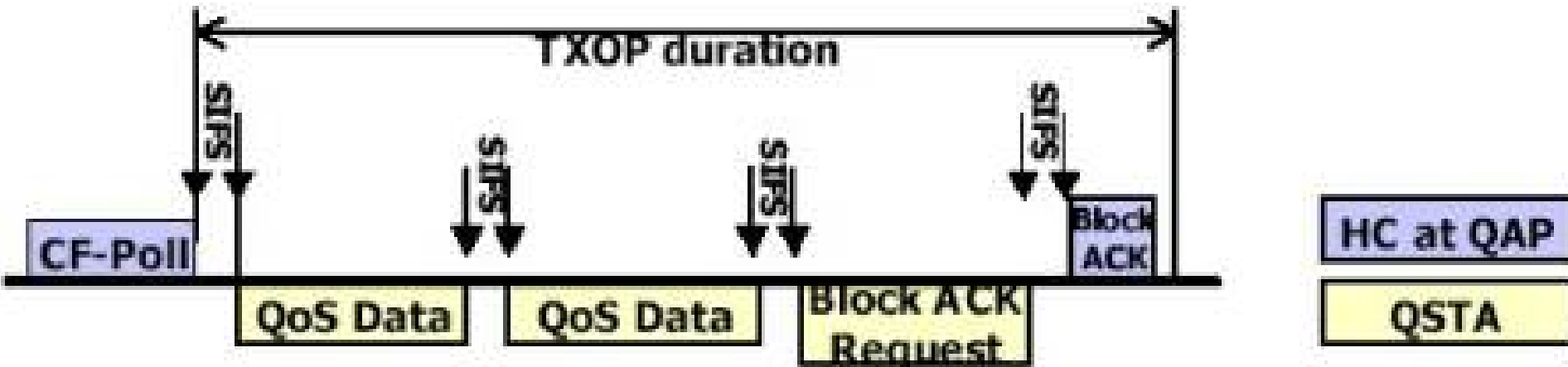
- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - EDCA
  - HCCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# Tilleggsfunksjon: Immediate BA

- Block Acknowledgement (BA)
  - En STA kan sende mange data-pakker fortløpende uten ACK i en CFB
  - BA må først forhandles og settes opp

## 1. Immediate BA:

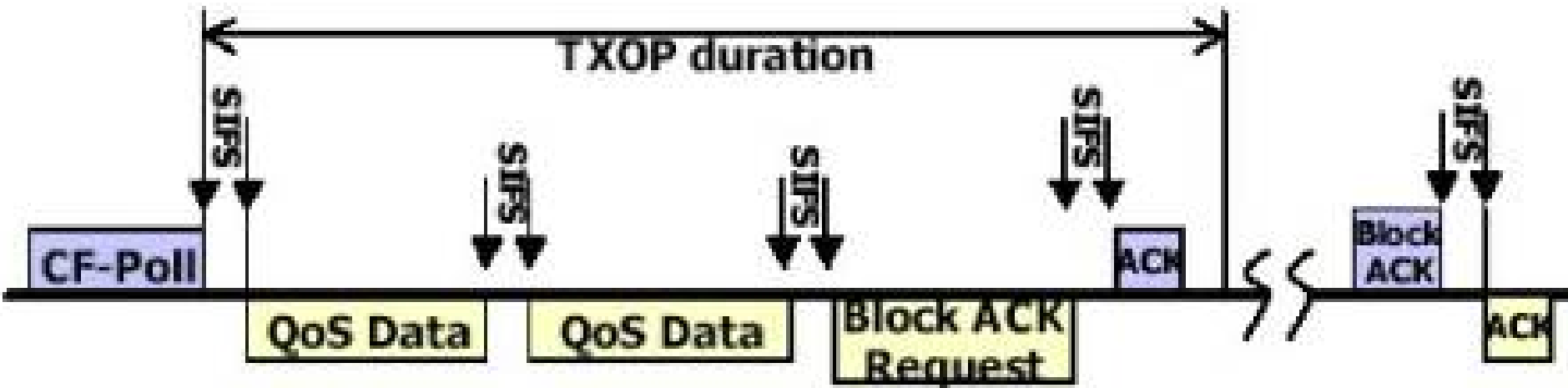
- STA sender BAR ved slutten av CFB:



# Tilleggsfunksjon: Delayed BA

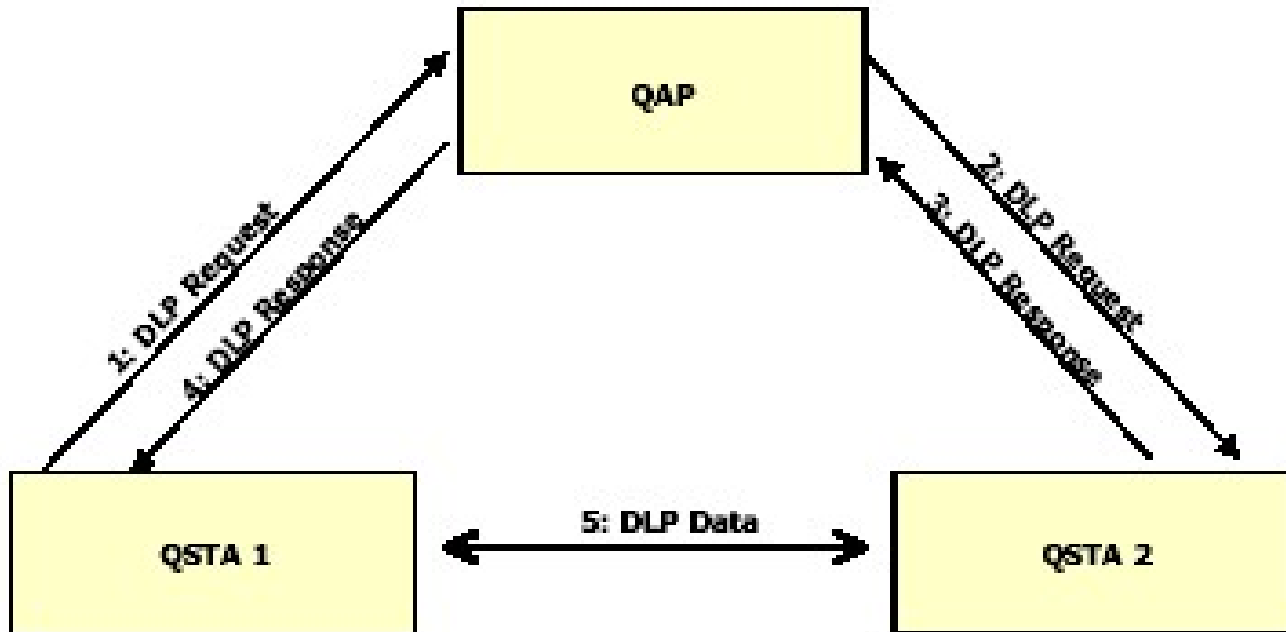
## 2. Delayed BA

- ACK sendes i neste TXOP
- for low capability implementations
  - gir lengre tid å "beregne" (?) ACKen



# Tilleggsfunksjon: DLP

- Direct Link Protocol (DLP):
  - To STA kan sende pakker direkte uten å gå via AP (ulikt 802.11!), dvs setter opp en direkte link (soft state)
  - All signalering går gjennom AP (i.e. AP må tillate DLP)



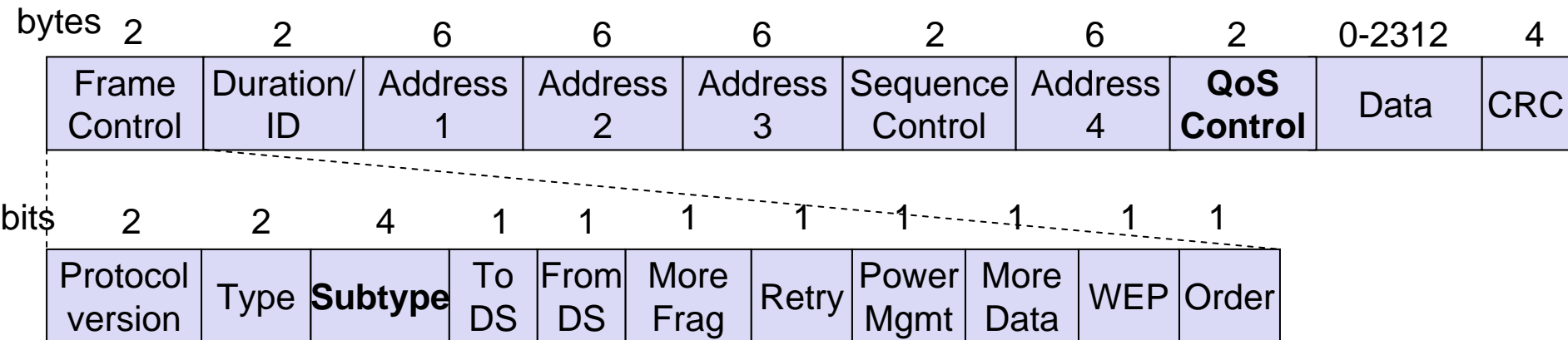
# Tilleggsfunksjon: APSD

- Automatic Power Save Delivery (APSD):
  - Videreføring av 802.11 power save mode
  - En STA kan våkne opp til et bestemt skedulert (forutbestemt) tidspunkt sett i forhold til gitte Beacon
  - I.e. ulike STA kan våkne til ulike tider for å motta akkurat sin egen pakke, altså bedre enn 802.11 power save mode
  - APSD signaleres vha en TSPEC med APSD-flagget satt

# Agenda for QoS med 802.11e

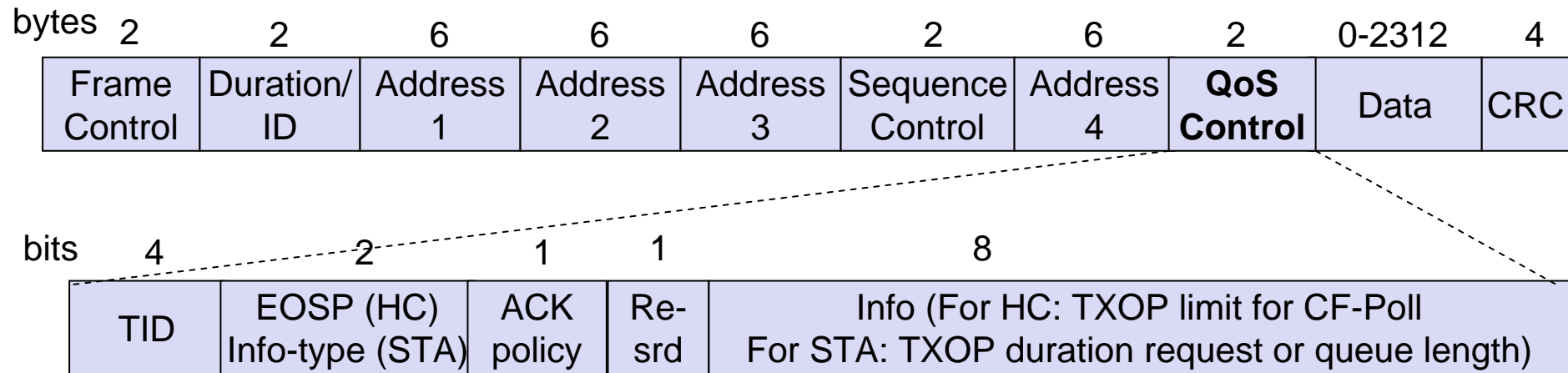
- Bakgrunn og behov for 802.11e
- QoS vha Hybrid Coordination Function (HCF)
  - EDCA
  - HCCA
- Admission Control
- Valgfrie tilleggsfunksjoner
  - Block ACK
  - Direct Link Protocol (DLP)
  - Automatic Power Save Delivery (APSD)
- Nye rammeformater for QoS

# Nytt ramme format for QoS data



- Frame Control (Type = Data):
  - 1ste subtype bit for datapakker angir at dette er en QoS pakke
    - 8 nye typer: **QoS-Data** / **QoS-Null** med CF-Poll og/eller CF-ACK

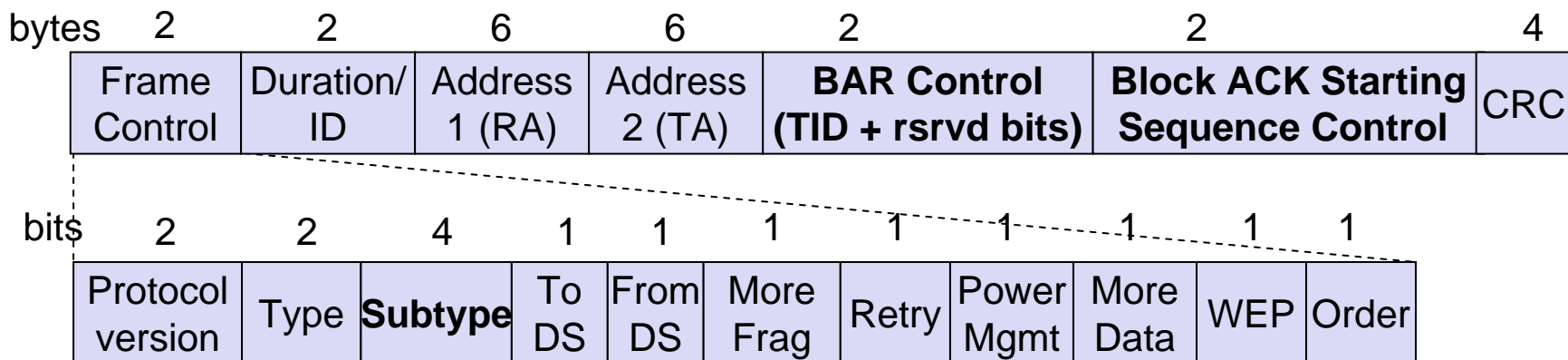
# QoS Control format for QoS Data



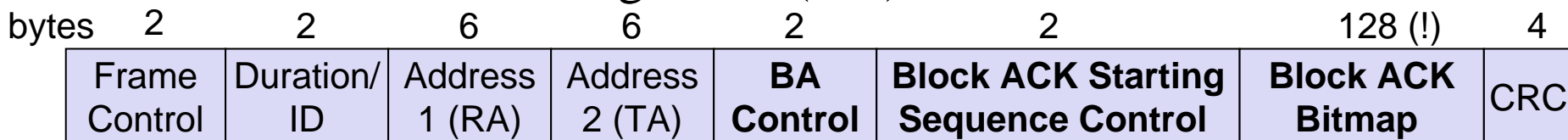
- 1ste bit av TID bestemmer om neste 3 bit gjelder
  - UP for prioritert TC, eller
  - TSID for parametrisert TS
- EOSP
  - Settes til 1 når HC skal markere slutten på en Service Periode (SP)
- ACK policy skiller mellom
  - Normal ACK
  - No ACK
  - No Explicite ACK
  - Block ACK

# To nye MAC control rammer

- Frame Control (Type = Control):
  - To nye ”Subtypes” for å spesifisere:
    - Block\_Acknowledgement\_Request (BAR)



- Block\_Acknowledgement (BA)



- Første 64 bit av bitmap brukes til å ACKe 64 pakker, f.o.m. pakken med sekvensnummer. som angitt i ”Block ACK Starting” – feltet.

# Nye "Fixed Fields" og "Information Elements" for QoS

- Disse brukes til å formidle QoS kapabiliteter og parametere.
- Brukes i ulike rammer:
  - Beacon Frames
  - Probe Responses
  - Osv...
- ... se 802.11e spec'en for detaljer...
- Signalering av TSPEC...
  - ... se 802.11e spec'en for detaljer...