

**WLAN ja Quality of Service –
Tapio Väärämäki
Jyväskylän yliopiston Tietotekniikan laitos**

Luennon sisältö

1. WLAN

**2. WLAN + QoS =
802.11e**

3. WiMAX ja QoS (en)

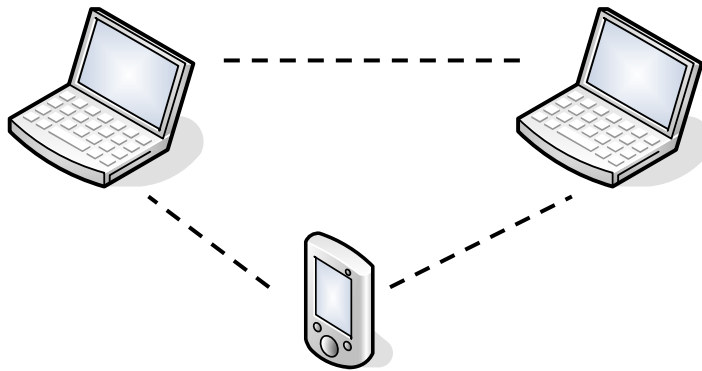
1. WLAN

WLAN-perusteita (1/2)

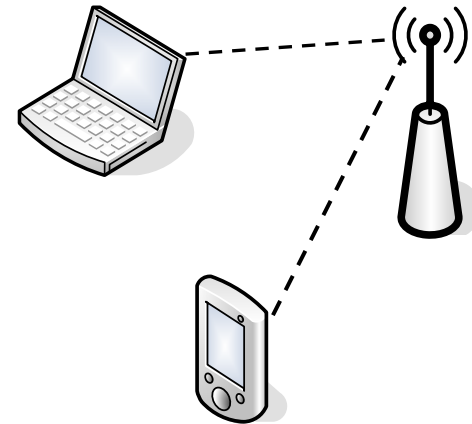
- Wireless Local Area Network, eli langaton lähiverkko
- Toimii monin tavoin kuten Ethernet, mutta langattomasti
- Langattomat lähiverkot jakautuvat eri standardeihin 802.11a, 802.11b ja 802.11g
- Verkot toimivat ISM-taajuuksilla (Industry Science Medicine)
- Lisensoimattomista taajuuksista saattaa aiheutua ongelmia mm. samalla taajuudella toimivien mikroaaltouunien, bluetooth-radioiden ja langattomien puhelimien radioaalloista johtuen

WLAN-toimintamoodit

- Tukiasemat voi toimia joko Ad-Hoc- tai infrastruktuuri –muodossa



Ad-Hoc

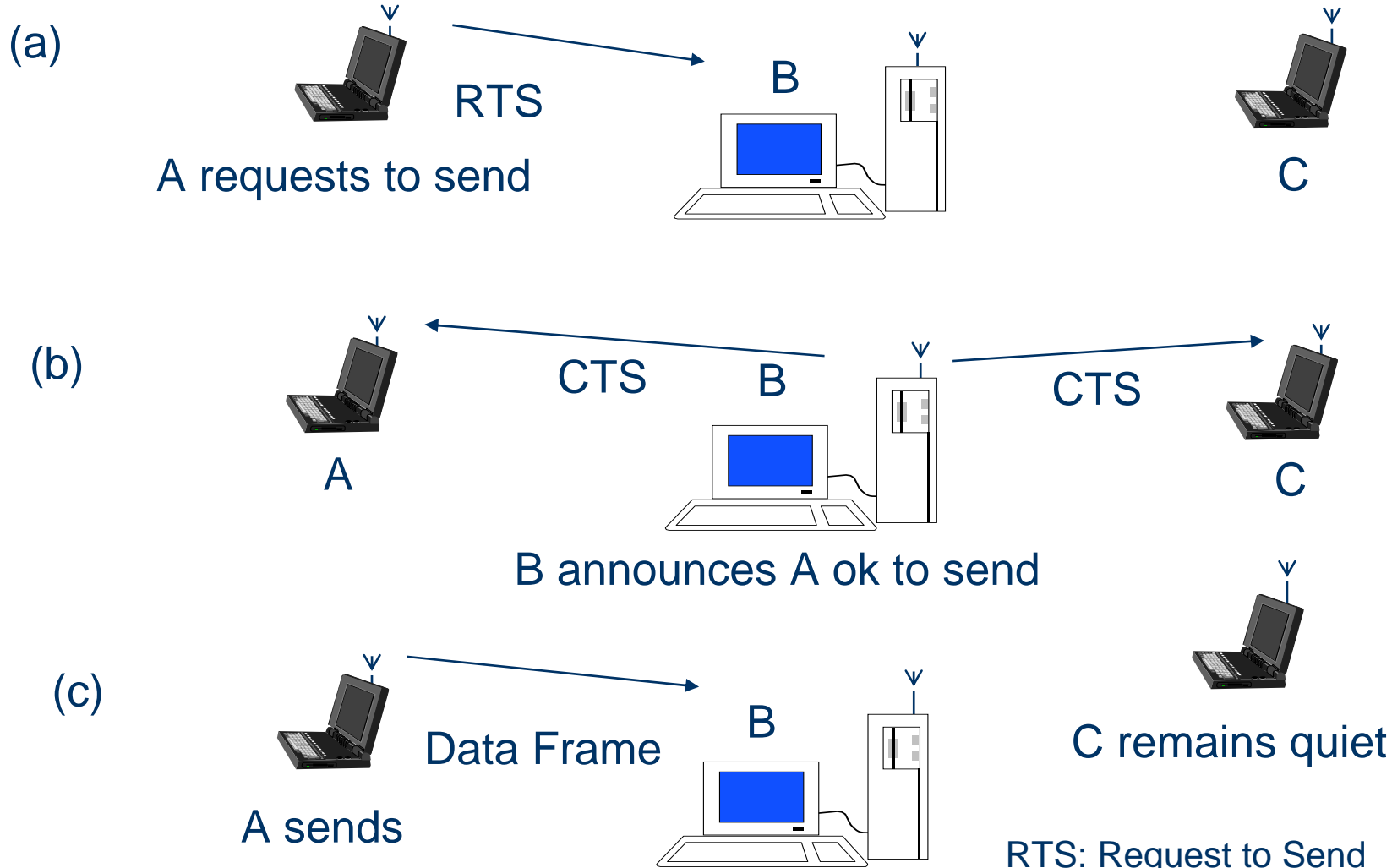


Infrastruktuuri

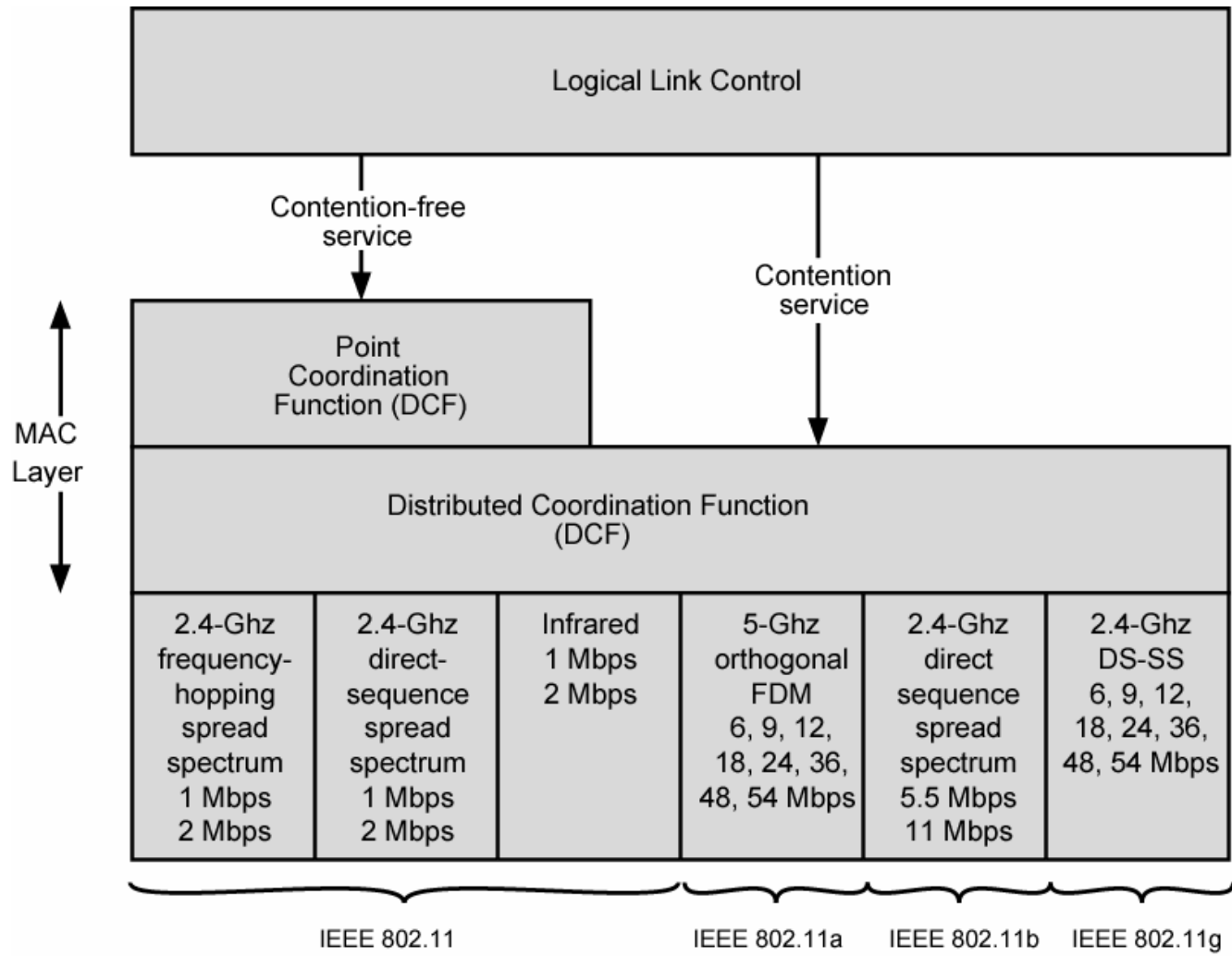
WLAN-tiedonsiirtonopeudet

- Tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat välillä 1-54 Mbps modulointitekniikasta, signaalinlaadusta ja langattomasta lähiverkkostandardista riippuen
- CSMA/CA-protokollasta johtuen tiedonsiirtonopeudet ovat kuitenkin esimerkiksi 802.11b-standardissa vain 5.9 Mbps (TCP) ja 7.1 Mbps (UDP)
- Tiedonsiirtonopeudet saavutetaan jaetussa mediassa, eli esimerkiksi 11 Mbps jaetaan kaikkien samaa kanavaa käyttävien käyttäjien kesken

CSMA (Carrier Sense Multiple Access) with Collision Avoidance



WLAN koordinointi-funktiot

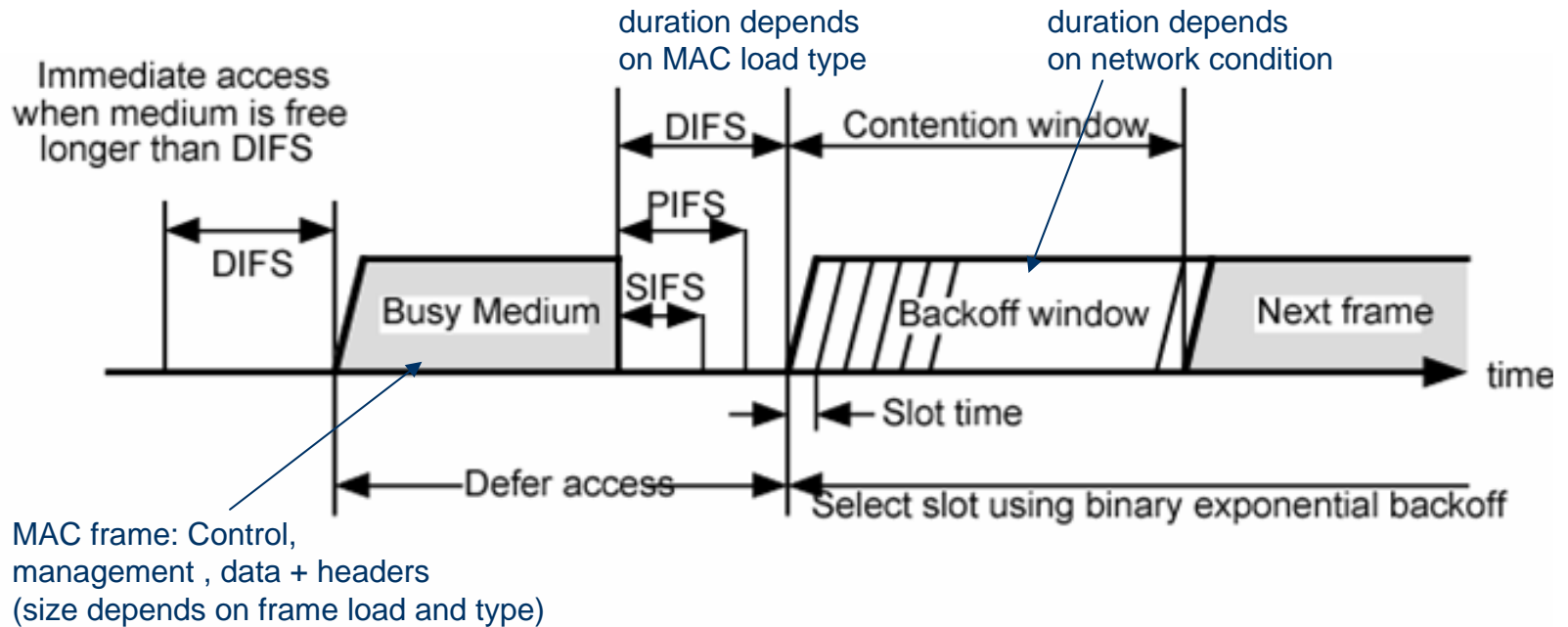


Reference: W. Stallings: Data and Computer Communications, 7th ed

WLAN koordinointi-funktiot

- Kaksi eri funktiota, DCF (Distributed Coordination Function) ja PCF (Point Coordination Function)
- **DCF**
 - Kilpavaraukseen perustuva → Jos moni tilaaja käyttää kanavaa samanaikaisesti, niin tiedonsiirtonopeus laskee
 - Ei liikenteen priorisointia
 - Tilaaja voi varata siirtomedian pitkäksi aikaa, kunhan on saanut sen ensin käyttöönsä. Mikäli jollain käyttäjällä on 1 Mbps tiedonsiirtonopeus ja muilla 11 Mbps, niin kaikki kärsivät hitaammasta käyttäjästä.

Ajoitus DFC-funktiossa



(a) Basic Access Method

PCF: Point Coordination Function (connection oriented access)

DCF: Distributed Coordination Function (asynchronous, connectionless access)

DIFS: DCF Inter Frame Space (minimum delay for asynchronous frame access)

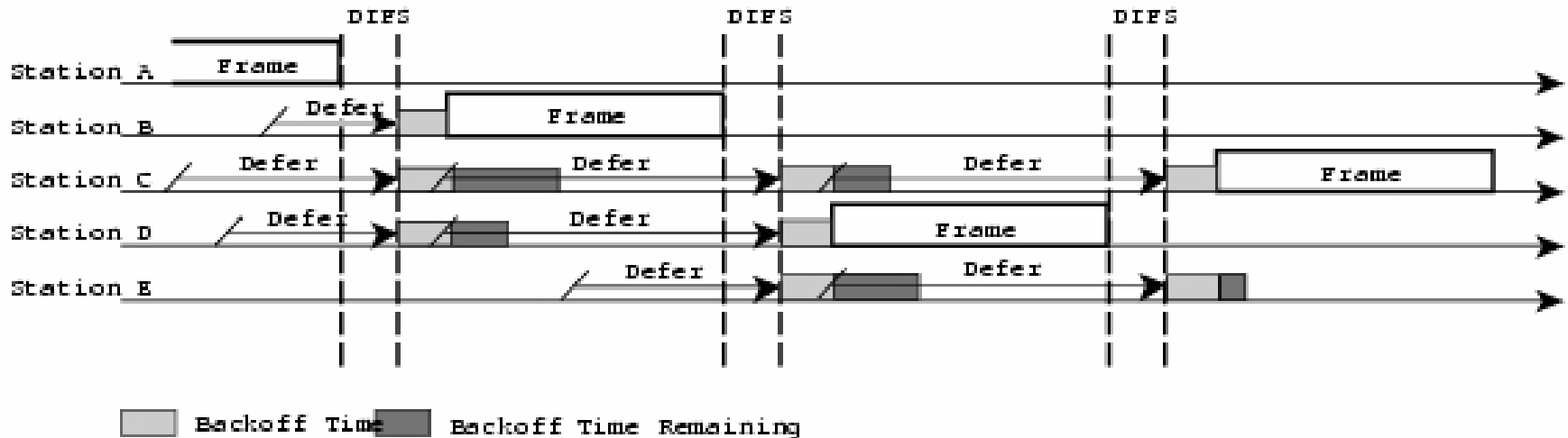
PIFS: PCF Inter Frame Space (minimum poll timing interval)

SIFS: Short IFS (minimum timing for high priority frame access as ACK, CTS, MSDU...)

MSDU: MAC Service Data Unit

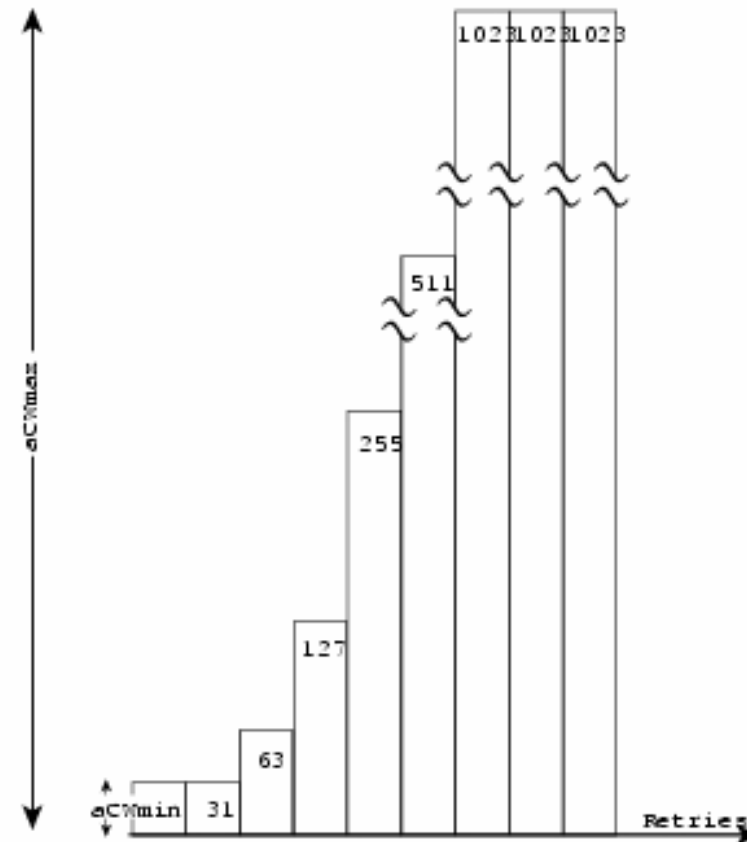
Reference: W. Stallings: Data and Computer Communications, 7th ed

DCF-funktion toiminta usean tilaajan kanssa



CW-arvon (Contention Window) määrittäminen

- Random backoff –arvo generoidaan aluksi 0 ja CWmin arvojen väliltä
- Mikäli arvo vanhenee ilman onnistunutta lähetystä, tuplataan arvo
- Tätä jatketaan kunnes TTL tai CWMax-arvo saavutetaan

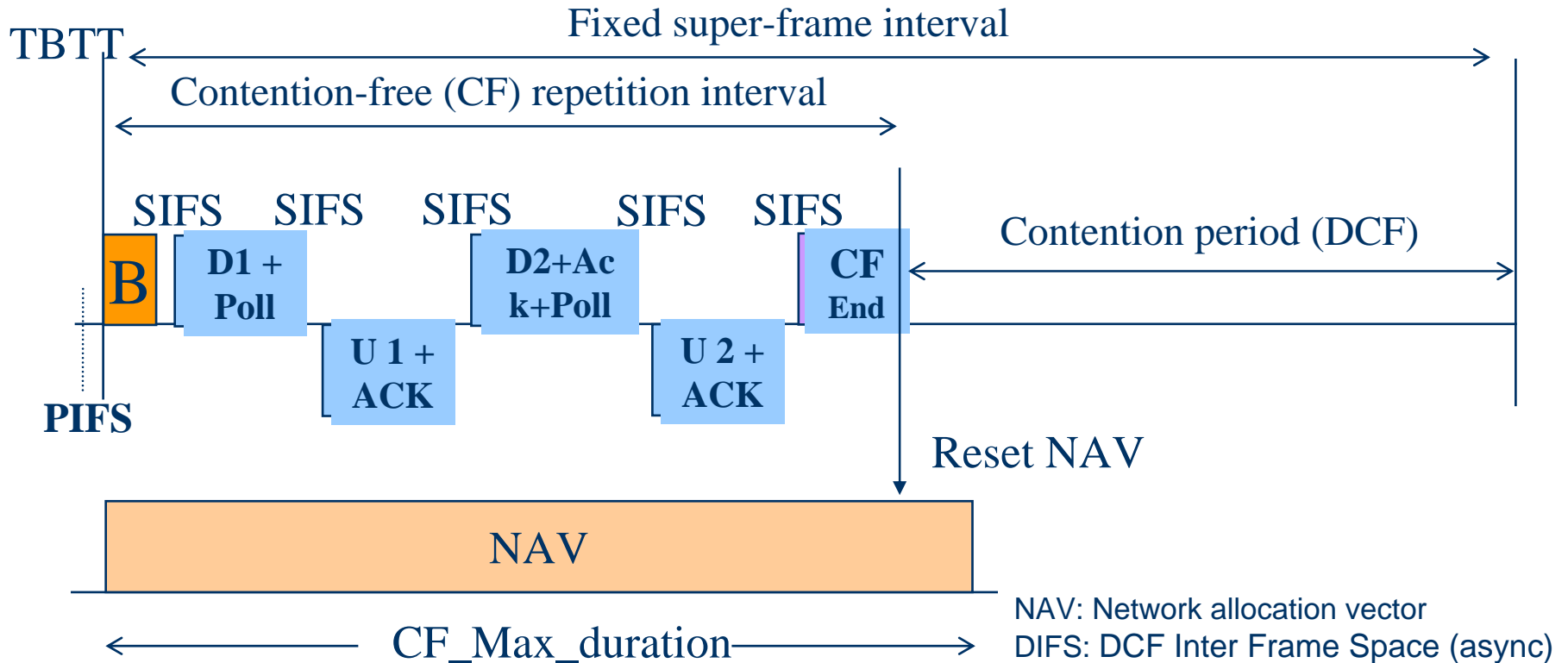


WLAN koordinointi-funktiot

- **PCF**

- Keskitetty medianhallinta-funktio
- Toimii ainoastaan infrastruktuuri-tilassa
- Tukiasema lähettää merkkikehyksiä, jotka jaetaan kahteen osaan: kilpavaraukseen ja ei-kilpavaraukseen.
- Kilpavaraus-osa toimii DCF-periaatteella, mutta ei-kilpavaraus toimii vuoroihin perustuvan → kukin tilaaja saa vuorollaan oman lähetysvuoron
- Ei tukea laitteistovalmistajilta, koska esimerkiksi liikenteen luokittelu ei ole mahdollista

PCF Frame Transfer



D1, D2 = frame sent by point coordinator
 U1, U2 = frame sent by polled station
 TBTT = target beacon transmission time
 B = beacon frame

NAV: Network allocation vector
 DIFS: DCF Inter Frame Space (async)
 SIFS: SIFS: Short IFS (ack, CTS...)
 RTS: Request to send
 CTS: Clear to send
 MPDU: MAC Protocol Data Unit
 DCF: Distributed Coordination Function
 PCF: Point Coordination Function

2. QoS in WLAN - 802.11e

Miksi WLAN:ssa tarvitaan QoS:ia?

- WLAN-verkkoja on ryhdytty hyödyntämään laajamittaisesti viime vuosien aikana
- Videovalvonta-sovellukset, VoIP-puhelut ja videoiden katselu ovat yleisiä sovelluksia langattomassa lähiverkossa.
- Verkoissa on nykyään paljon käyttäjiä, jolloin verkkojen kuorma nousee → Tarvitaan liikenteen hallintaa
- Langattomat lähiverkot ovat epävarmempia kuin langalliset lähiverkot, virheitä ja uudelleenlähetystyksiä tapahtuu enemmän

802.11e, QoS enhancements for WLAN

- 802.11e perustuu DCF- ja PCF-funktioihin tarjoten uuden koordinoitufunktion HCF (Hybrid Coordination Function)
- HDC jakautuu kahteen eri menetelmään: EDCA (Enhanced DCF Channel Access) ja HCCA (HCF Controlled Channel Access)
- EDCA perustuu DFC-funktioon ja HCCA PCF-funktioon

802.11e: EDCA

- Menetelmä perustuu CWmin- ja CWmax-arvojen säätämiseen
- Odotusaika määräytyy CWMin ja CWMax – arvojen perusteella
- Arvoja säätämällä eri liikennetyypeille määrättäviä odotusaikoja on mahdollista säätää
- EDCA neljä virallista liikenneluokitusta Voice, Video, BE, Background

AP350-549ad8 AP Radio Quality of Service

CISCO SYSTEMS

Cisco 350 Series AP 11B23.58 BETA

Uptime: 00:04:05

Map Help

Generate QBSS Element: yes no
Use Symbol Extensions: yes no
Send IGMP General Query: yes no

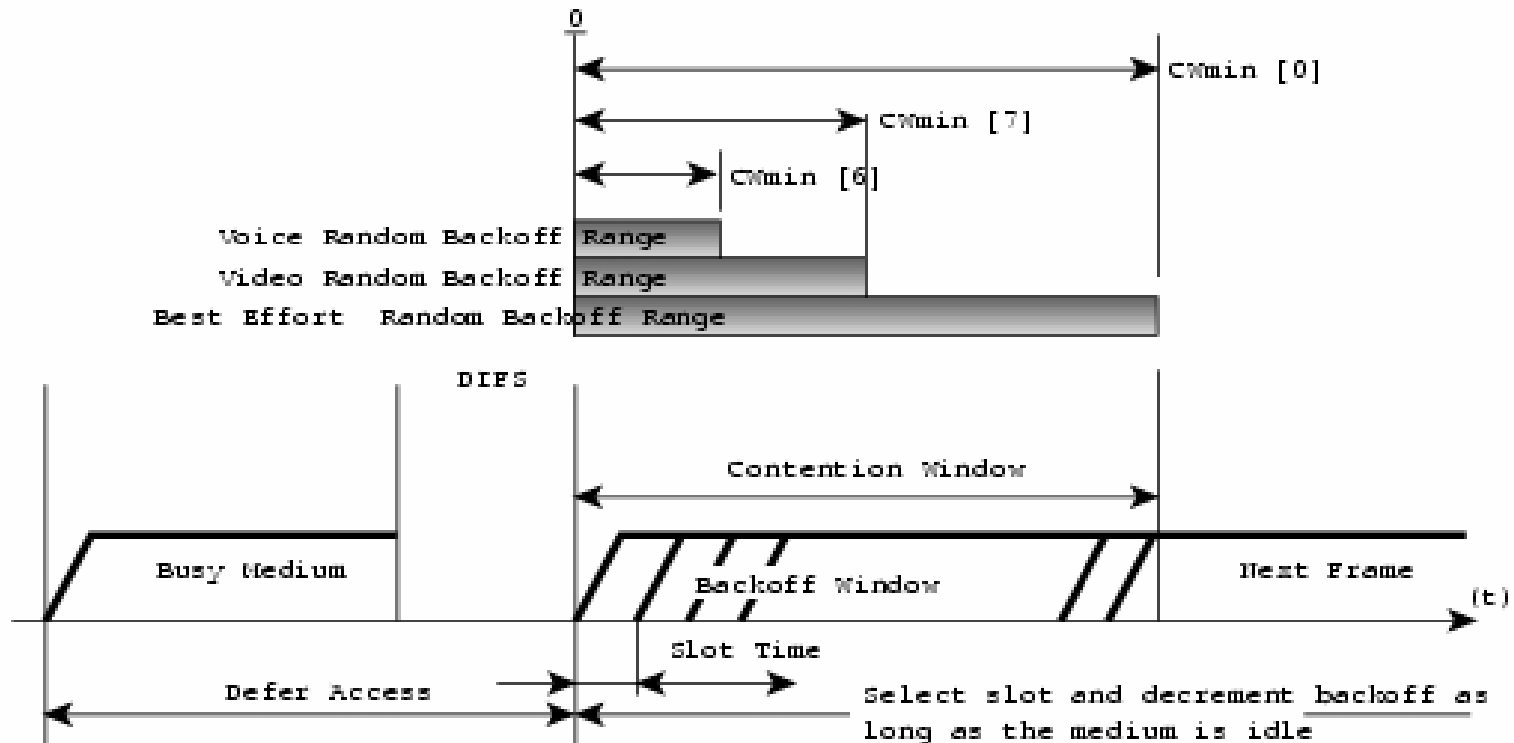
Traffic Category	CWmin	CWmax
1: Background	31	255
2: (spare)	31	255
0: Best Effort (default)	31	255
3: Excellent Effort	31	255
4: Controlled Load	15	255
5: Interactive Video	15	63
6: Interactive Voice	3	31
7: Network Control	7	127

Allowed values for CWmin and CWmax are 1, 3, 7, 15, 31, 63, 127, 255, 511, and 1023.
CWmin must be less than or equal to CWmax.

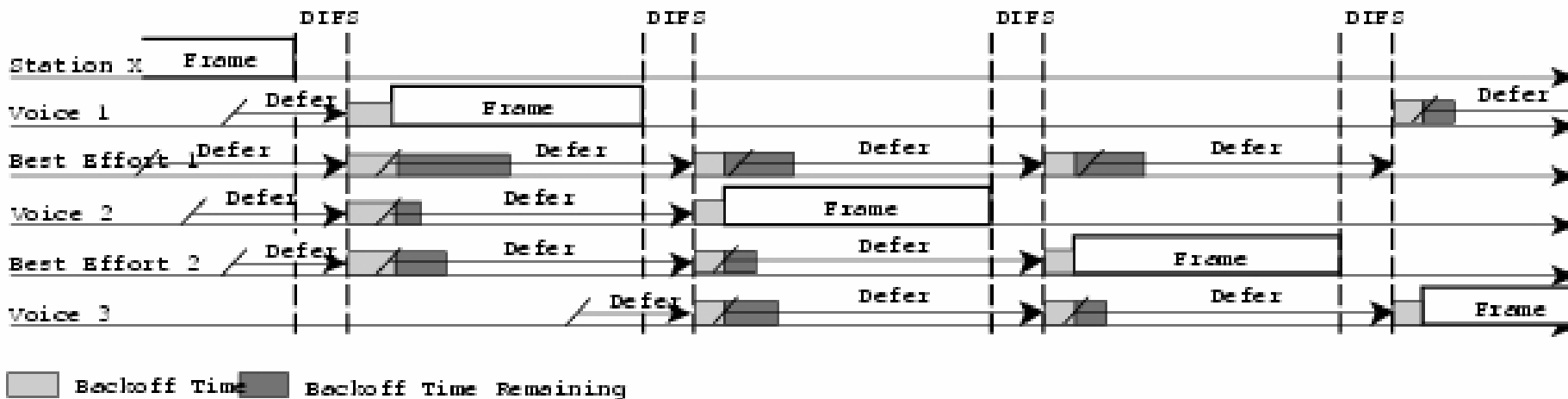
Apply OK Cancel Restore Defaults

802.11e: EDCA

- Esimerkki arvonta-asteikon vaikutuksesta odotusaikaan



Kehyksien lähetys EDCA-menetelmällä



Tilaaja X päättää lähetyksen

Kolme muuta tilaajaa ryhtyvät lähettämään

Määritettyä odotuspriorisointia noudattaen ääntä lähettävät tilaajat saavat lähettää ensin

	CWmin	CWmax	Average min.	Average max.
Interactive voice	3	31	1.5	15.5
Interactive video	15	63	7.5	31.5
Best effort	31	255	15.5	127.5

slot time
20µs

AP350-549ad8 DSCP to CoS Conversion



Cisco 350 Series AP 11B24.00 BETA

Uptime: 00:09:27

[Map](#) [Help](#)

DSCP	CoS	DSCP	CoS	DSCP	CoS	DSCP	CoS
0	Best Effort	16	Spare	32	Controlled Load	48	Interactive Voice
1	No Change	17	No Change	33	No Change	49	No Change
2	No Change	18	Spare	34	Controlled Load	50	No Change
3	No Change	19	No Change	35	No Change	51	No Change
4	No Change	20	No Change	36	No Change	52	No Change
5	No Change	21	No Change	37	No Change	53	No Change
6	No Change	22	No Change	38	No Change	54	No Change
7	No Change	23	No Change	39	No Change	55	No Change
8	Background	24	Excellent Effort	40	Interactive Video	56	Network Control
9	No Change	25	No Change	41	No Change	57	No Change
10	Background	26	Excellent Effort	42	No Change	58	No Change
11	No Change	27	No Change	43	No Change	59	No Change
12	No Change	28	No Change	44	No Change	60	No Change
13	No Change	29	No Change	45	No Change	61	No Change
14	No Change	30	No Change	46	Interactive Video	62	No Change
15	No Change	31	No Change	47	No Change	63	No Change

IP-paketteihin merkittyjen QoS-parametrien siirtäminen MAC-tasolle

802.11e: HCCA

- Toimii kuten PCF, eli merkkikehykset jaetaan kahteen osaan: kilpavarattuun (CP) ja kilpavarauksettomaan (CFP)
- Kilpavaratussa tilassa (CP) käytetään EDCA:ta
- Kilpavarauksettomassa tilassa (CFP) määritellään myös liikenneluokat eli jonot (TC, Traffic Classes)
- CFP-tilassa koordinaattori voi ohjata liikennettä haluamallaan tavalla, eikä sen tarvitse jakaa käyttöaikaa enää tasaisesti
- Lähetysajan jakaminen perustuu tilaajien jonoihin ja niiden pituuksiin
- Pitkän ja korkean prioriteetin omaavan jonon omistaja saa lähettää aiemmin kuin vastaavan mittaisen, mutta prioriteetiltaan alhaisemman jonon omistaja

802.11e: HCCA

- Koordinaattori voi antaa lähettäjälle oikeuden lähettää useita peräkkäisiä paketteja
- HCCA on siis varsin tehokas, mutta myös äärimmäisen monimutkainen koordinointi-funktio → tarvitsee schedulerin ja jonotusmekanismit
- HCCA:n avulla QoS on mahdollista toteuttaa erittäin tarkasti, ja tilaajat saattavat vaatia lähetykseltä mm. tiettyjä parametrejä viiveen, jitterin ja tiedonsiirtonopeuden osalta → VoIP-puhelut ja streamit toimivat hyvin

802.11e tulevaisuus

- 802.11e mukaisten tukiasemien ei ole pakko sisältää HCCA:ta. Vain tuki yksinkertaisemmalle EDCA:lle vaaditaan
- WMM–sertifiointi sisällyttää EDCA:n tämän hetkisiin Wi-Fi –laitteisiin
- WMM–SA -sertifiointi tuo HCCA-tuen Wi-Fi –laitteisiin – jos tuo?

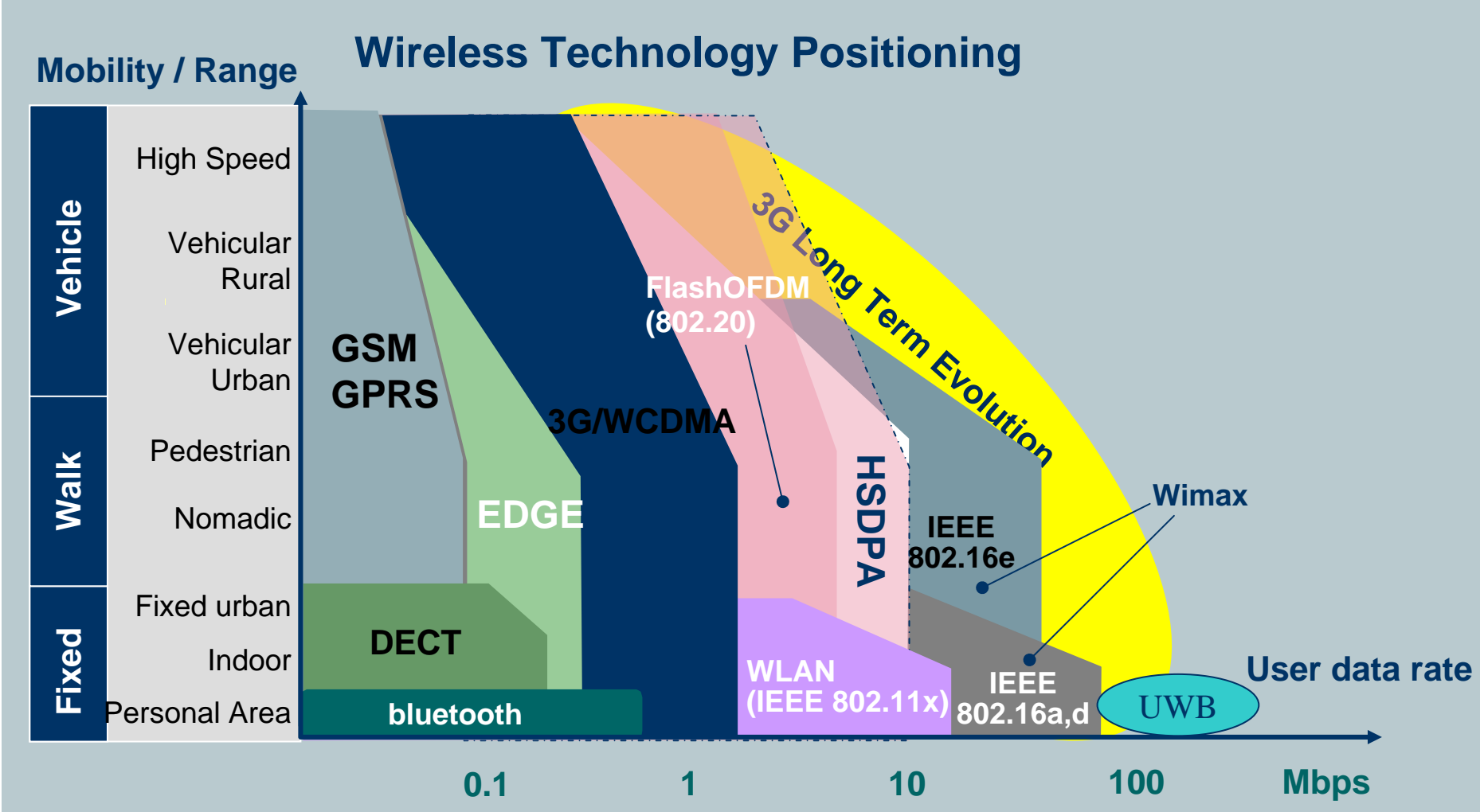
3. WiMAX ja QoS

Main Source: Alexander Sayneko Teaching Slides

What is WiMAX

- An industry group, promoting and certifying products based on standards developed by IEEE 802.16.
- •WiMAX cleans up and streamlines the implementation of IEEE 802.16 standards, although it is not a standard body.
- •WiMAX stands for “Worldwide Interoperability for Microwave Access”.
- IEEE 802.16d (-2004) is standard for fixed communication and IEEE 802.16e (-2005) for mobile usage

Group of technologies, each for dedicated purpose

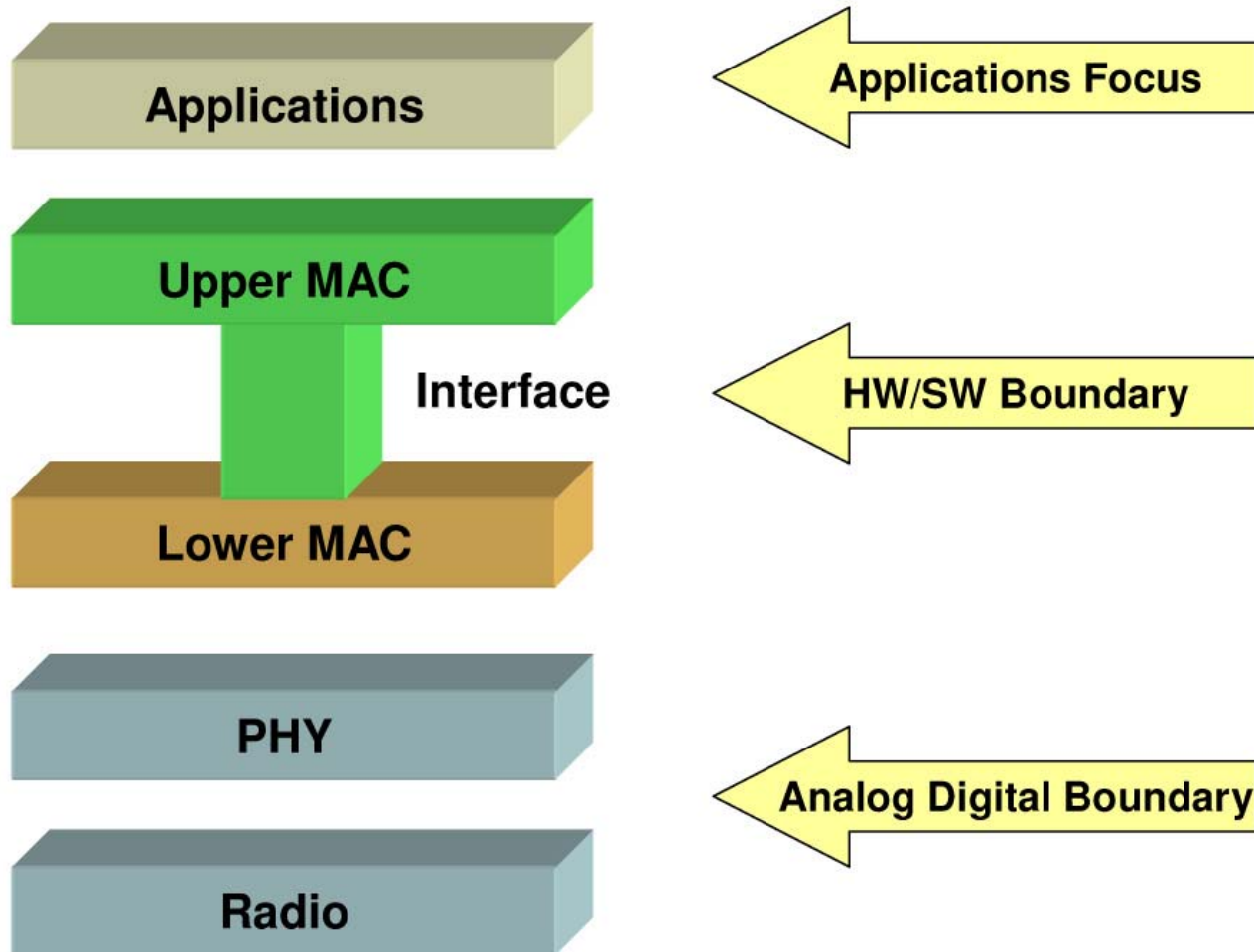


Source: Adapted from a UMTS Forum slide by Perttu Nihti

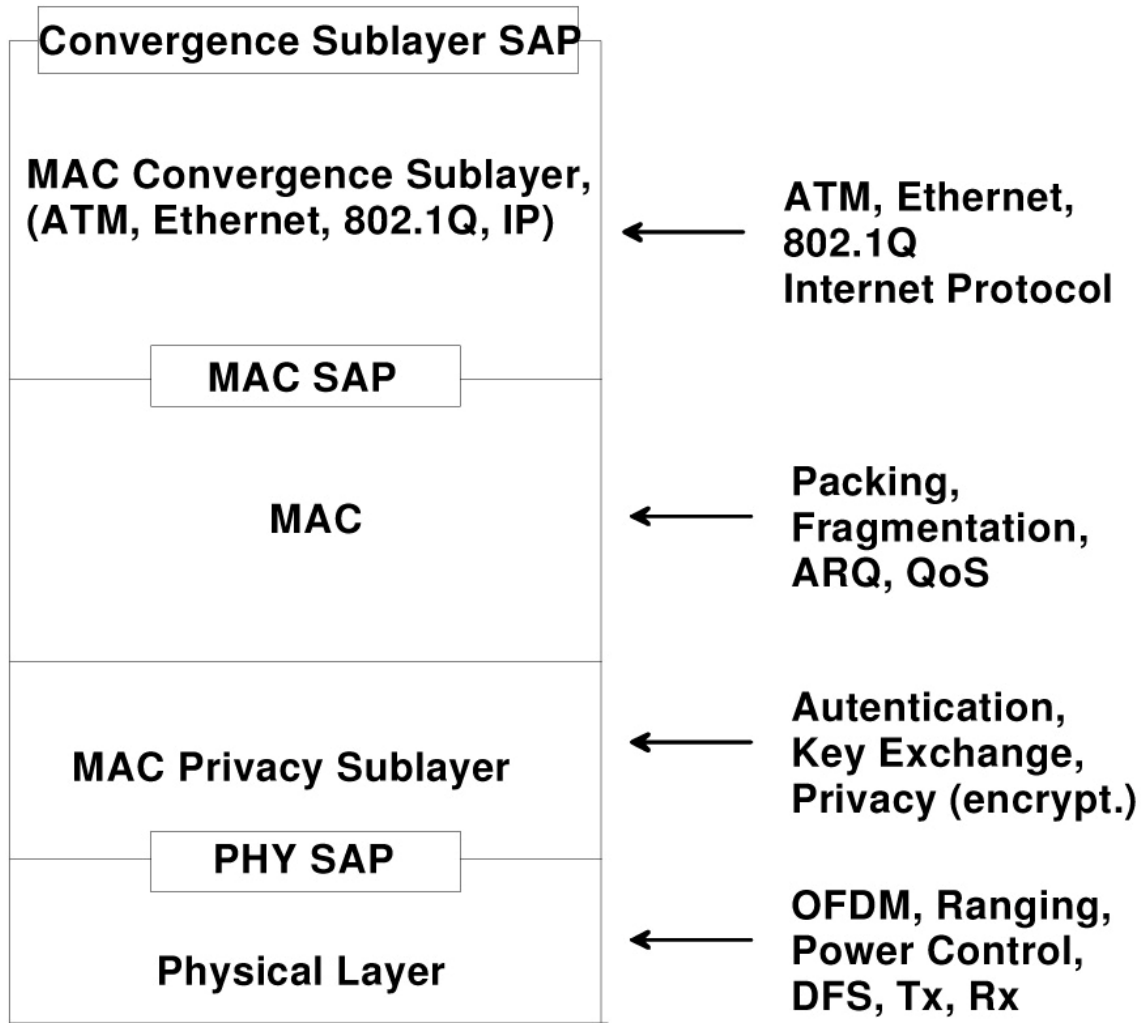
WiMAX key features

- WiMAX premise ideas
 - Broadband Wireless Access (BWA)
 - Fixed and mobile subscriber stations
- Large communications range
 - up to 2.3 km with indoor omnidirectional antennas
 - up to 10 km with outdoor directional antennas
- Large throughput that, however, depends on
 - PHY level
 - bandwidth
 - channel state (modulation, errors, retransmissions, etc)
 - number of stations
 - QoS requirements
- Different operational modes
 - Point-to-Multipoint (PTM)
 - Mesh
- Powerful support for QoS

WiMAX layer structure



The role of each layer



WiMAX Resource allocation

- DAMA (demand assigned multiple access)
 - stations sense the carrier and receive data
 - a station can send data only when the BS allocates resources
- Downlink
 - direction from the BS to SSs
 - only the BS transmits
 - all SSs listen for downlink transmission
 - no collision can occur
- Uplink
 - direction from an SS to BS
 - the BS allocates time intervals for each SS
 - SSs transmit within the specified time intervals
 - the BS receives data from SSs
 - no collision can occur, however
 - there are special contention periods during which SSs
 - transmissions are not regulated

WiMAX Connection

- Species a logical connection at the link-level
- Always explicitly established
- Has a unique identifier (CID)
- Encodes source, destination, and the service access point
- Multiple connections can exist per one SS/BS pair
- Always unidirectional
- Can be of different types
- Data transmission occurs always within a scope of some connection

Connection types

- Initial
 - Used by an SS while entering the network
 - Always has the value of zero
- Basic
 - Created by the BS after the network is entered
 - Used by an SS to send the most important MAC signaling messages
- Management (primary and secondary)
 - Created by the BS after the network is entered
 - Used by an SS to send signaling messages related to MAC and higher level protocols
 - Depending on the message type, either primary or secondary connection is used
- Transport
 - Initiated by an SS or BS, but always assigned by the BS
 - Used to send user data
 - Can have the QoS parameters

Resource allocation components

- The bandwidth request
 - a special messages an SS uses to inform the BS about the amount of data it has
- Polling
 - a process when the BS asks an SS whether it has data to send
- Data grant
 - uplink resources allocated by the BS
- Request contention period
 - a special period when an SS can send the bandwidth request without being allocated a data grant
- QoS parameters
 - SS requirements
- Scheduling class
 - a parameter when governs how the QoS requirements should be analysed; it also species an anticipated trafrc prole

Bandwidth requests

- The bandwidth request size is a way an SS informs the BS about required resources in the uplink direction
 - Allows to achieve fair resource allocation of resources
 - Allows to avoid overproviding resources
- Bandwidth request types:
 - Aggregated
 - the size of the whole output buffer is sent to the BS
 - Incremental
 - a difference between the previous bandwidth request size and current buffer size is sent to the BS
- An SS can send the bandwidth request:
 - as the piggy-back message
 - sent within the MAC PDU subheader
 - only incremental requests
- As the standalone message
 - sent as a separate MAC PDU
 - either incremental or aggregated requests

Polling

- Polling is used by the BS to ask an SS whether it has data to send.
- The BS allocates a minimum allocation unit, usually one slot
- This allocation unit is designated only for an SS being polled
 - other SSs do not use it
 - no collision can occur
- If an SS has data, it sends the bandwidth request
- Once the BS receives the bandwidth request, it allocates sufficient amount of resources
- Polling interval depends on the service type:
 - tenths of milliseconds for time-critical services
 - seconds for non-critical services
- If there is a huge number of time-critical connections, the polling can consume significant amount of resources

QoS Parameters

- Service flow scheduling type
- Maximum sustained traffic rate
- Minimum reserved traffic rate
- Maximum traffic burst
- Tolerated jitter
- Maximum latency
- Traffic priority
- Unsolicited grant interval 802.16e
- Unsolicited polling interval 802.16e

Scheduling classes

- Unsolicited Grant Service (UGS)
 - Supports constant rate applications, e.g. VoIP without VAD
 - QoS: maximum traffic rate, tolerated jitter, maximum latency
- real-time Polling Service (rtPS)
 - Supports variable rate applications, e.g. IPTV data
 - QoS: maximum/minimum traffic rate, maximum latency
- extended real-time Polling Service (ertPS) 802.16e
 - Supports VoIP with VAD
 - QoS: maximum traffic rate, tolerated jitter, maximum latency
- non-real-time Polling Service (nrtPS)
 - Supports critical applications without timing requirements
 - QoS: maximum/minimum traffic rate, traffic priority
- Best Effor (BE)
 - supports non-critical applications
 - QoS: maximum traffic rate, traffic priority

QoS Measures specific to WiMAX spec.

- WIMAX employs legacy and next generation QoS measures:
- WIMAX QoS mechanisms function in both UL and DL frames through the SS and BS.

The WIMAX specification for QoS include the following items:

- A configuration and registration function for preconfiguring SS based QoS service flows and traffic parameters
- A signaling function for dynamically establishing QoS enabled service flows and traffic parameters
- Utilization of MAC scheduling and QoS frame parameters for UL service flows
- Utilization of QoS traffic parameters for DL service flows
- Grouping of service flow properties into named service classes so upper layer entities and external applications (at both the BS and SS) with desired QoS parameters in a globally consistent way

WiMAX QoS, Theory of operation

- For providing QoS it is to associate packets traversing the MAC interface into a service flow as identified by the CID (Connection identifier).
- A service flow is a unidirectional flow of packets that is provided a particular QoS.
- BS and SS provide this QoS according to the QoS parameter set defined for the service flow.
- The primary purpose of the QoS features defined is to define transmission ordering and scheduling on the air interface.
- These features often need to work together with mechanisms beyond the air interface in order to provide end-to-end QoS or to police the behavior of SSs.
- Service flows in both the UL and DL direction may exist without actually being activated to carry traffic.
- All service flows have a 32 bit service flow ID (SFID).
- Admitted and active flows also have a 16 bit CID.

WiMAX Service Flow

- For the minimizing customer intervention there is Service Table system in WiMAX:
 - The Provisioned Service Flow Table
 - Service Class Table
 - Classifier Rule Table
- They are configured to support self installation and auto configuration
- When customer subscribe to the services they tell the service provider the service flow information including the number of UL/DL connections with data rates and QoS parameters and also the types of applications (for example Internet, Voice or Video) customer intends to run
- The service provides preprovisions the services by entering the service flow information into the service flow database.
- When the SS enters the BS by completing the network entry and authentication procedures the BS downloads the service flow information from the service flow database.

WiMAX Service Flow

- **A service flow is a MAC transport service that provides unidirectional transport of packets either to UL packets transmitted by the SS or to DL packets transmitted by the BS**
- **A service flow is characterized by a set of QoS parameters such as latency, jitter and throughput assurances**
- **In order to standardize operation between the SS and BS these attributes include details of how the SS requests UL bandwidth allocations and how BS UL Scheduler is expected to behave**

WiMAX Service Flow Tables

