

Bezvadu **S**ensoru **T**īkli

MAC protokoli BST

Reinholds Zviedris
Datorikas fakultāte
Latvijas Universitāte
05.10.2016.

Asociācijas

- Kas ir MAC?

Asociācijas

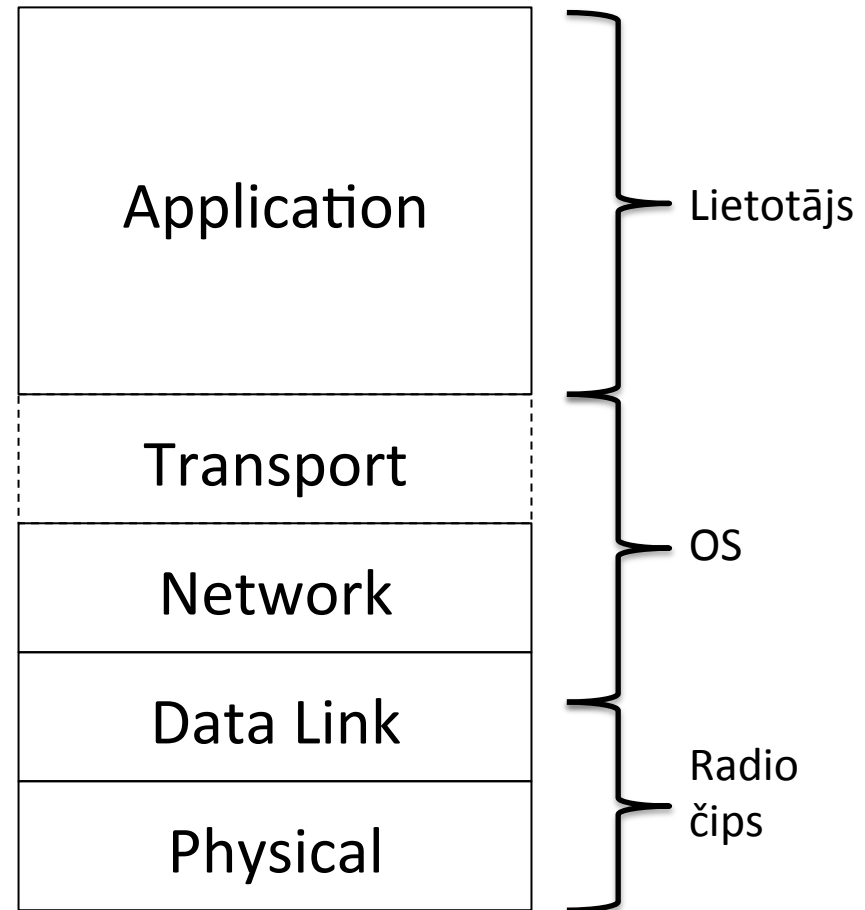


- Kas ir MAC?



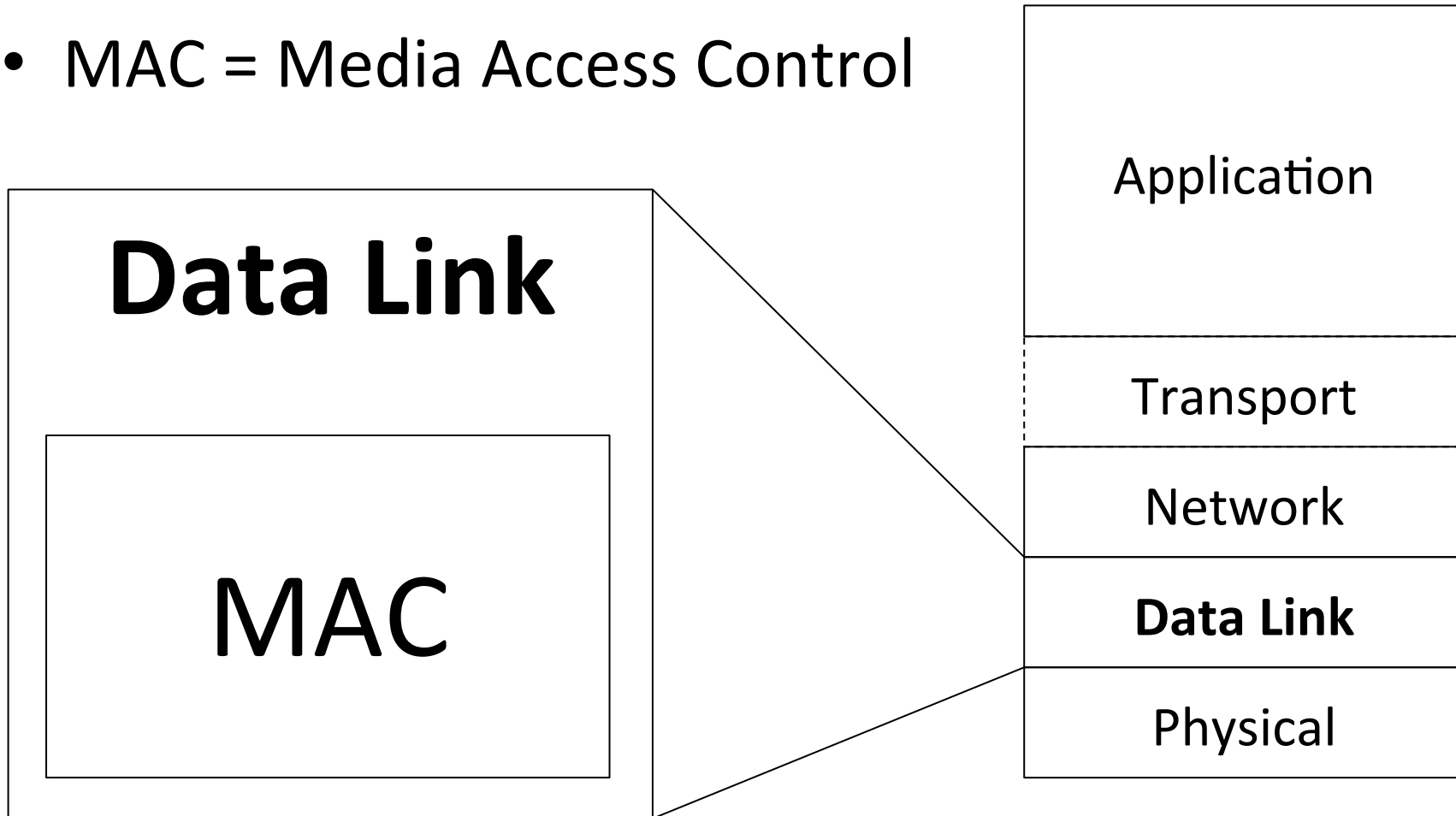
Šīs lekcijas kontekstā

- Runāsim par tīkla protokoliem, OSI modeli



Kur dzīvo MAC?

- MAC = Media Access Control



Data Link līmeņa funkcijas

- Bitu apvienošana *rāmjos (frames)*
 - Datu šifrēšana
 - Rāmju nosūtīšana pa radio, ētera efektīva sadale
 - Kļūdu kontrole
- } Veic radio*
- } MAC uzdevums

* Vismaz daļēji

Bezvadu sakaru standarti*

- IEEE802.11
 - DCF (Distributed Coordination Function) – variants bez centrālā mezgla, kas koordinētu komunikāciju
 - PCF (Point Coordination Function) – variants ar centrālo mezglu (AP)
- IEEE802.15.1, Bluetooth
- IEEE802.15.4, ZigBee, LoRaWAN
 - WirelessHART jeb IEC 62591
 - ISA100

* Fiziskajā līmenī un daļēji arī MAC

BST lietotnes piemērs

- Lietotnes līmenis: sūta sensoru mērījumus
- Tīkla līmenis: izvēlas, kam sūtīt
- MAC līmenis: izvēlas, kad sūtīt
- Fiziskais līmenis: radio signāla pārraide

Eksistē tūkstošiem MAC protokolu,
jāprot izvēlēties!



Kāds ir ideāls BST MAC?

Kāds ir ideāls BST MAC?

- Zems enerģijas patēriņš
- Brīvs no kolīzijām
- Vienkārša, efektīva (RAM, flash) realizācija
- Maksimāls kanāla izmantojums pie mazas un lielas datu plūsmas
- Konfigurācijas iespējas
- Izturība pret mainīgiem RF apstākļiem
- Mērogojamība

Kas patērē enerģiju?

- Tukšgaitas klausīšanās (visvairāk!)
- Kolīzijas
- Protokolu meta-dati
- Citam mezglam adresēti dati

Praktiskie uzdevumi

- Lai izjustu MAC protokolu garšu ;)



Praktiskie uzdevumi

- 1 Bāzes stacija
- 8 sensoru mezgli
- Sūtīšana tērē 20mA, klausīšanās: 25mA
- Pārraides ātrums: 10kbps
- Sensoru mezgla baterija: 2000mAh
- BS pie pastāvīga strāvas avota

1. Uzdevums: cik ilgi dzīvo tīkls, ja sensors sūta nepārtraukti?

Praktiskie uzdevumi

- 1 Bāzes stacija
 - 8 sensoru mezgli
 - Sūtīšana tērē 20mA, klausīšanās: 25mA
 - Pārraides ātrums: 10kbps
 - Sensoru mezgla baterija: 2000mAh
 - Tīklam jādzīvo 1 gadu
2. Uzdevums: cik liela baterija nepieciešama, lai BS varētu klausīties nepārtraukti?

Praktiskie uzdevumi

- 1 Bāzes stacija
 - 8 sensoru mezgli
 - Sūtīšana tērē 20mA, klausīšanās: 25mA
 - Pārraides ātrums: 10kbps
 - Sensoru mezgla baterija: 2000mAh
 - Tīklam jādzīvo 1 gadu
3. Uzdevums: kādu vidējo datu pārraides ātrumu var panākt no katra sensora?

Praktiskie uzdevumi

- 1 Bāzes stacija
- 8 sensoru mezgli
- Sūtīšana tērē 20mA, klausīšanās: 25mA
- Pārraides ātrums: 10kbps
- Sensoru mezgla baterija: 2000mAh
- Tīklam jādzīvo 1 gadu
- BS baterija: 6000mAh

4. Uzdevums: kādu vidējo datu pārraides ātrumu var panākt no katra sensora?

Galvenās MAC klases

- CSMA
- TDMA
- Eksotiskākas:
 - CDMA
 - Multi-Channel

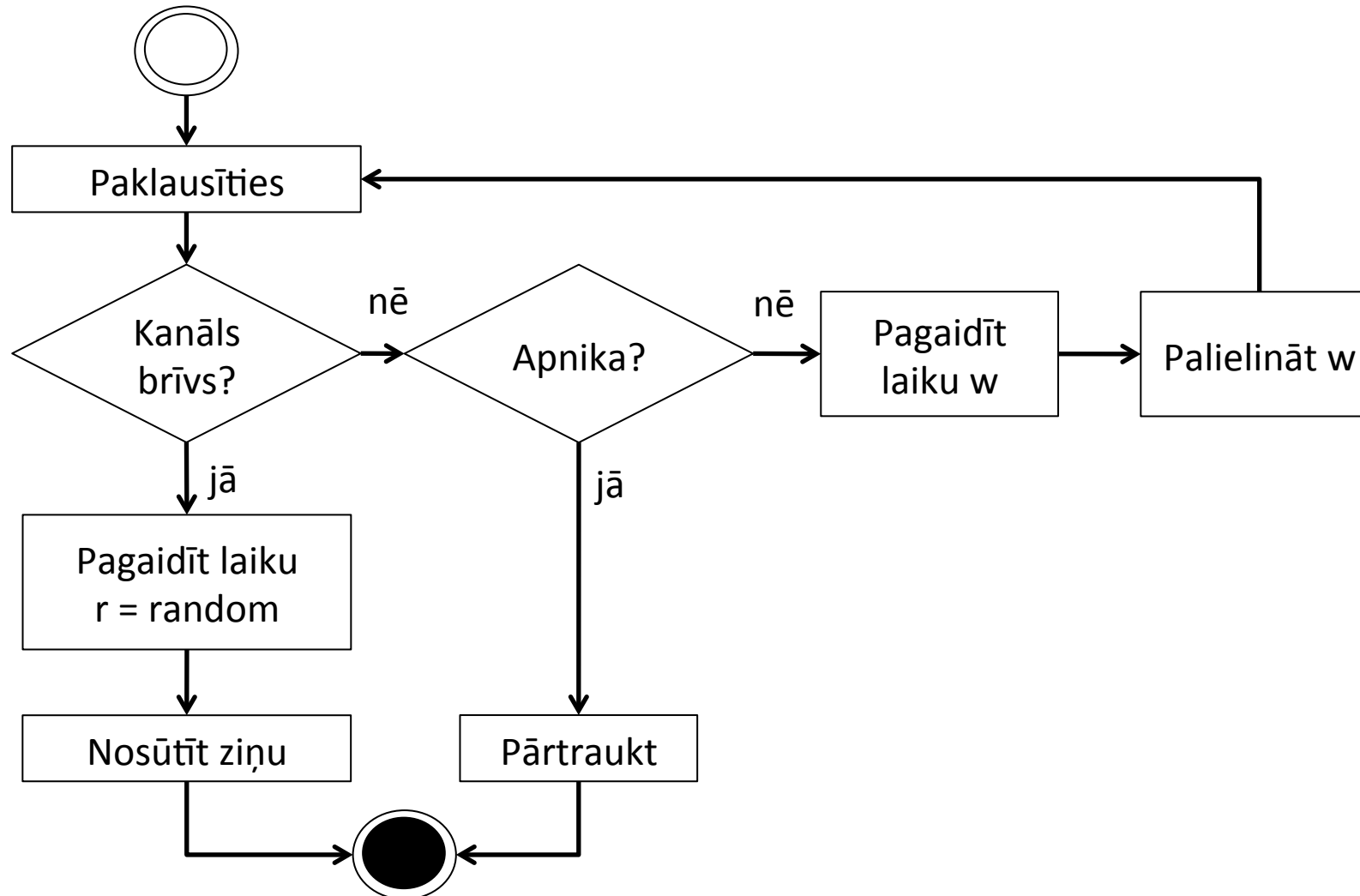
Kāpēc nesūtīt, kad iegribas?

- Var, ALOHA tā dara <http://en.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet>
- Pure ALOHA panāk kanāla noslogojumu 18,4%
- Slotted ALOHA panākt noslogojumu 36,8%
- Ar Reservation ALOHA var panākt pat 80% noslogojumu

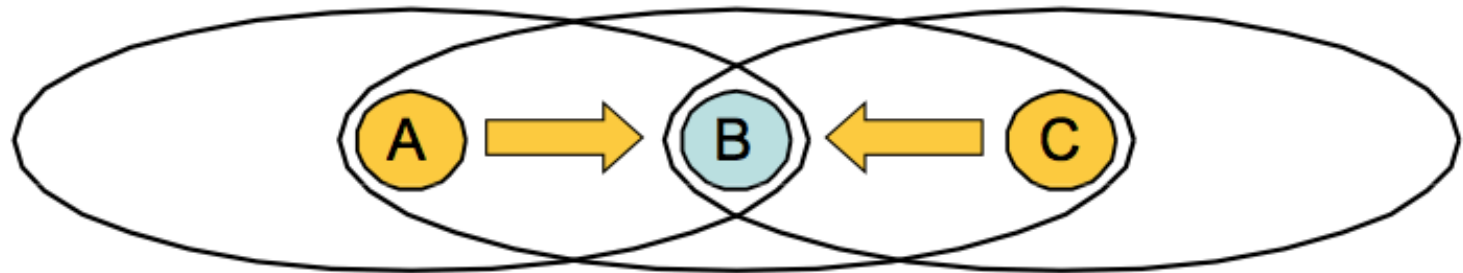
- Salīdzinājumam, CSMA panāk 50-80% noslogojumu

Carrier Sense Multiple Access

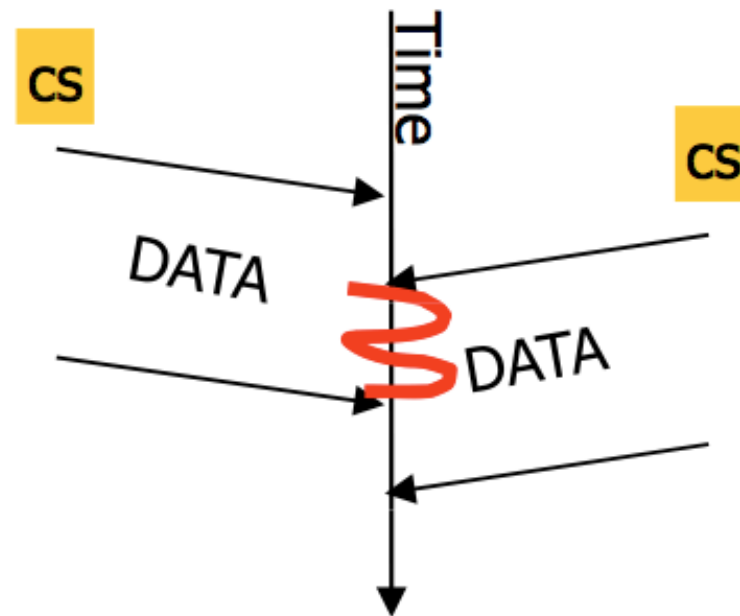
- Princips: klausies pirms runā!



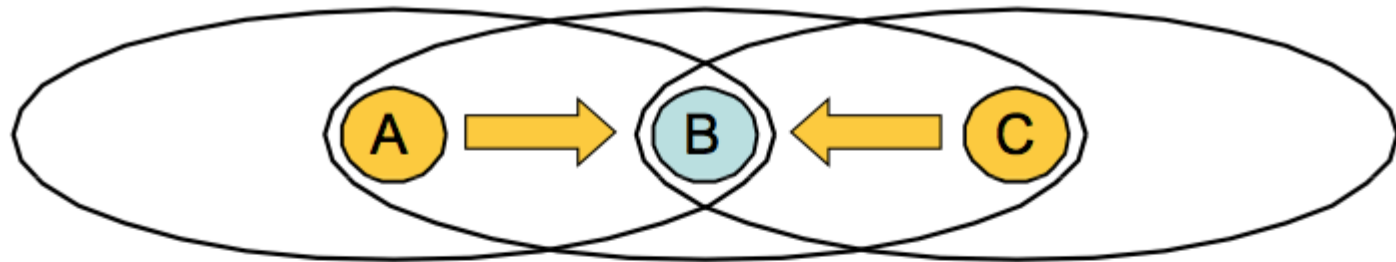
Hidden Terminal problēma



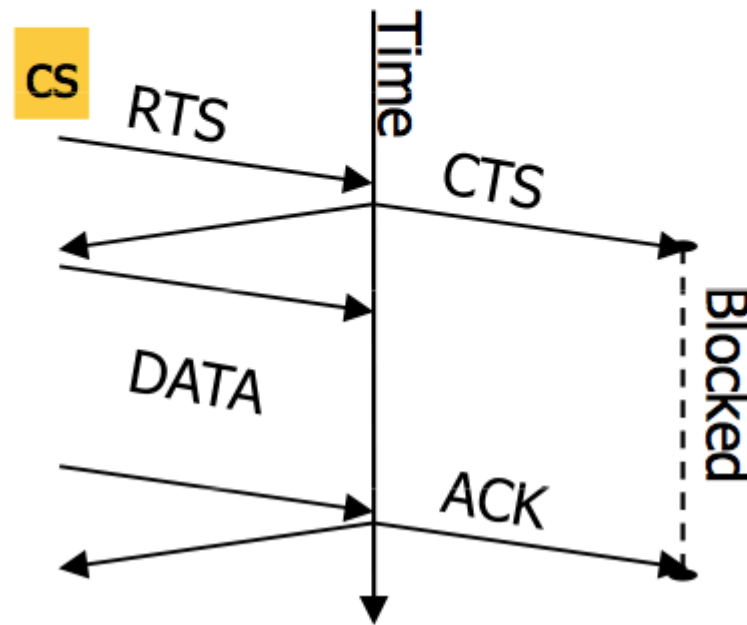
Sūtītāja *carrier sense*
neizslēdz kolīzijas
saņēmējam



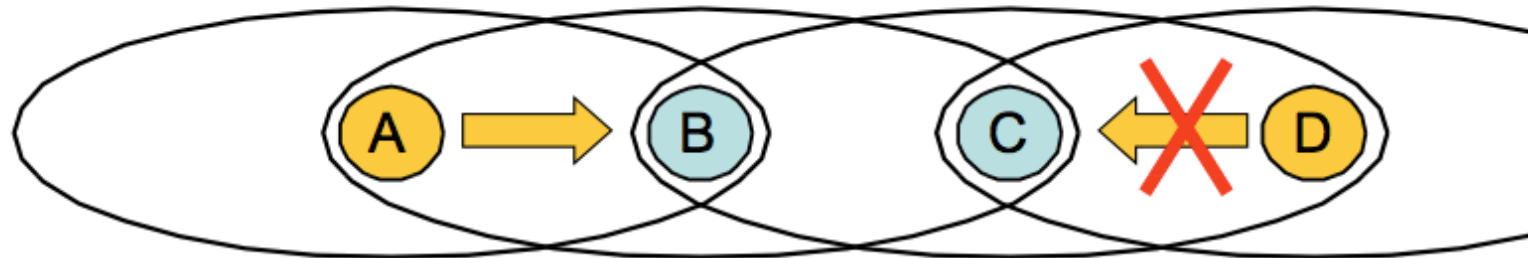
CSMA/CA: Collision Avoidance



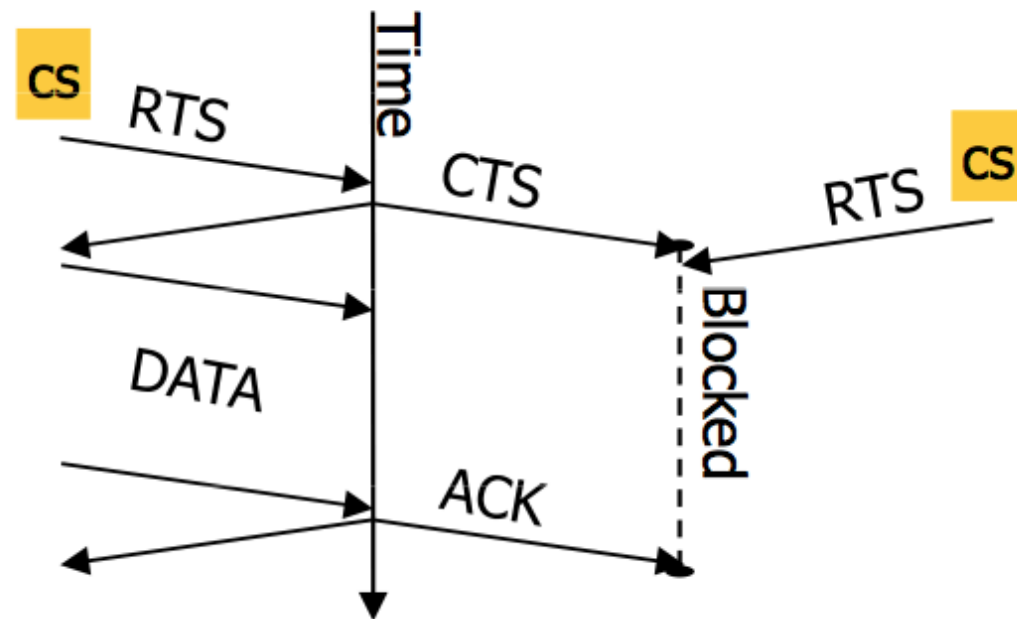
RTS = Request To Send
CTS = Clear To Send
ACK = Data Received



Exposed Terminal problēma



Kolīziju
risināšanas
mehānisms
var būt pārāk
konservatīvs!



CSMA priekšrocības

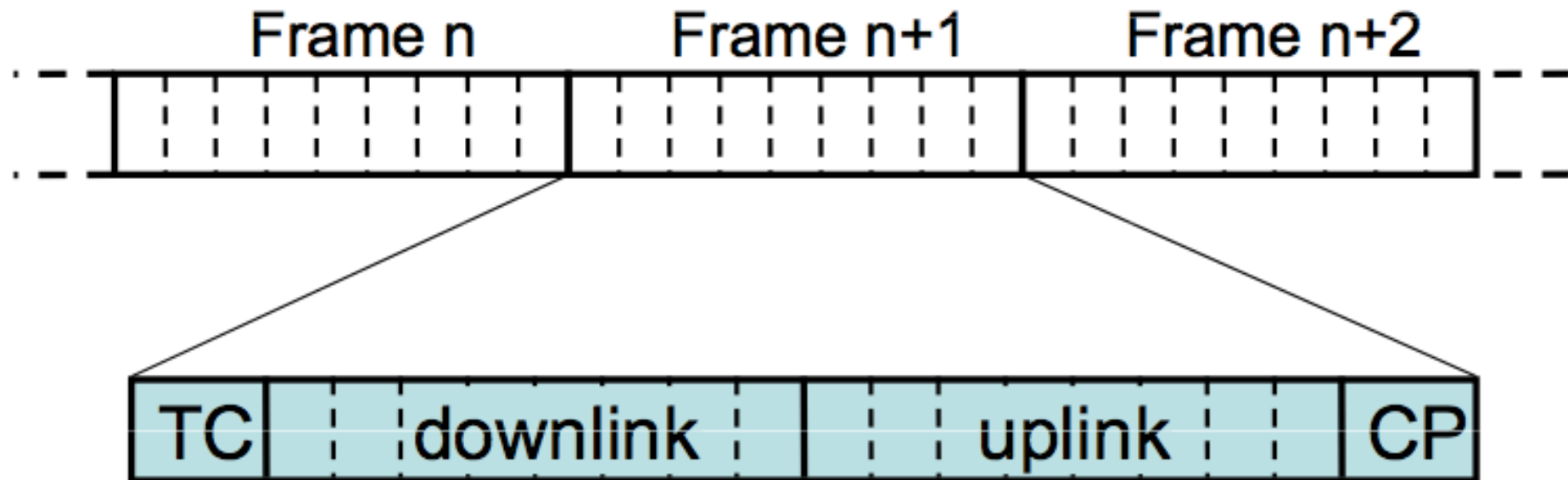
- Vienkārša implementācija
- Darbojas efektīvi mazām, nedaudzām vienlaicīgām datu plūsmām
- Darbojas pilnīgi decentralizēti
- Nav nepieciešama laika sinhronizācija

CSMA trūkumi

- Iespējamās kolīzijas
- Slikti darbojas daudzām, lielām vienlaicīgām datu plūsmām
- Grūti nodrošināt *duty-cycling* (ja nav sinhronizēts laiks)
- Sūtītāji daudz enerģijas tērē klausoties
- Nav garantētā minimālā ātruma
- Nav garantēts, ka visi tiks pie sūtīšanas

Time Division Multiple Access

- Principis: viens koordinators (*master*), kas iedala katram laika intervālu



TC – master sūta kontroles informāciju

CP – (jauni) mezgli pieprasa laiku

TDMA priekšrocības

- Maksimāli efektīvs *duty cycle* sūtītājiem
- Garantēts minimālais pārraides ātrums
- Garantēta piekļuve katram sūtītājam
- Nav kolīziju
- Optimāla pieeja pie daudzām, stabilām plūsmām

TDMA trūkumi

- Vajag centrālo koordinatoru, *masteru*
- *Masters* nomodā arī tad, ja neviens nesūta
- *Masteram* stipri lielāks enerģijas patēriņš
- Neefektīvs ētera sadalījums, ja sūta daži
- Vajadzīga precīza laika sinhronizācija
- Sarežģītāka izveide, it sevišķi vairāk-lēcienu tīklos (*multi-hop*)

Multi-channel princips

- Izmantot vairākus, paralēlus radio kanālus
- $E_{\text{kopējais}} = E_{\text{kanāla}} * \text{kanāluSkaitis}$
- Var izmantot, bet parasti BST to nedara

CDMA

- Spread spectrum metode – raida plašā frekvenču joslā
- Katram sūtītājam savs *čips* (n bitu virkne), matemātiski izvēlēts
- Katra bita vietā nosūta n bitus
- Var sūtīt vienlaikus, *čipi* summējas, no summas var izdalīt visus nosūtītos signālus

Figure 2-45. (a) Binary chip sequences for four stations. (b) Bipolar chip sequences. (c) Six examples of transmissions. (d) Recovery of station C's signal.

A: 0 0 0 1 1 0 1 1
 B: 0 0 1 0 1 1 1 0
 C: 0 1 0 1 1 1 0 0
 D: 0 1 0 0 0 0 1 0

(a)

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)
 B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)
 C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)
 D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

(b)

Six examples:

-- 1 -	C	$S_1 = (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$
- 1 1 -	B + \bar{C}	$S_2 = (-2 0 0 0 +2 +2 0 -2)$
1 0 --	A + \bar{B}	$S_3 = (0 0 -2 +2 0 -2 0 +2)$
1 0 1 -	A + B + C	$S_4 = (-1 +1 -3 +3 +1 -1 -1 +1)$
1 1 1 1	A + B + C + D	$S_5 = (-4 0 -2 0 +2 0 +2 -2)$
1 1 0 1	A + B + \bar{C} + D	$S_6 = (-2 -2 0 -2 0 -2 +4 0)$

(c)

$S_1 \bullet C = (1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1)/8 = 1$
 $S_2 \bullet C = (2 +0 +0 +0 +2 +2 +0 +2)/8 = 1$
 $S_3 \bullet C = (0 +0 +2 +2 +0 -2 +0 -2)/8 = 0$
 $S_4 \bullet C = (1 +1 +3 +3 +1 -1 +1 -1)/8 = 1$
 $S_5 \bullet C = (4 +0 +2 +0 +2 +0 -2 +2)/8 = 1$
 $S_6 \bullet C = (2 -2 +0 -2 +0 -2 -4 +0)/8 = -1$

(d)

CDMA priekšrocības

- Efektīvs visa spektra izmantojums
- Čipa garumu var adaptīvi mainīt, atkarībā no lietotāju skaita
- Var raidīt ar mazāku jaudu
- Izskatās kā troksnis šaurjoslas signāliem
- Šaurjoslas signāli CDMA pārraidei maz traucē

CDMA trūkumi

- Vajadzīgs centrālais koordinators
- Vajadzīga precīza laika sinhronizācija
- Sarežģītāka implementācija

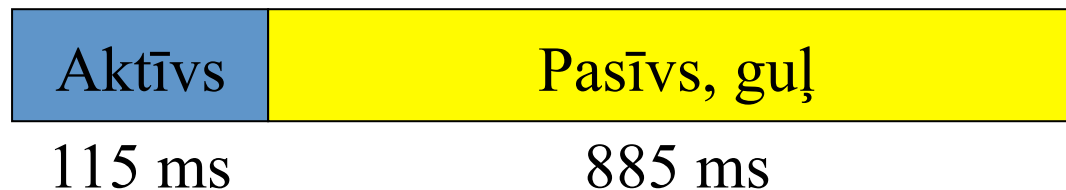
Duty Cycling

- Var pielietot gan CSMA, gan TDMA
- Sadalām laiku rāmjos
- Komunikācija tikai daļā rāmja
- Pārējā laikā pakešu krāšana un gulēšana

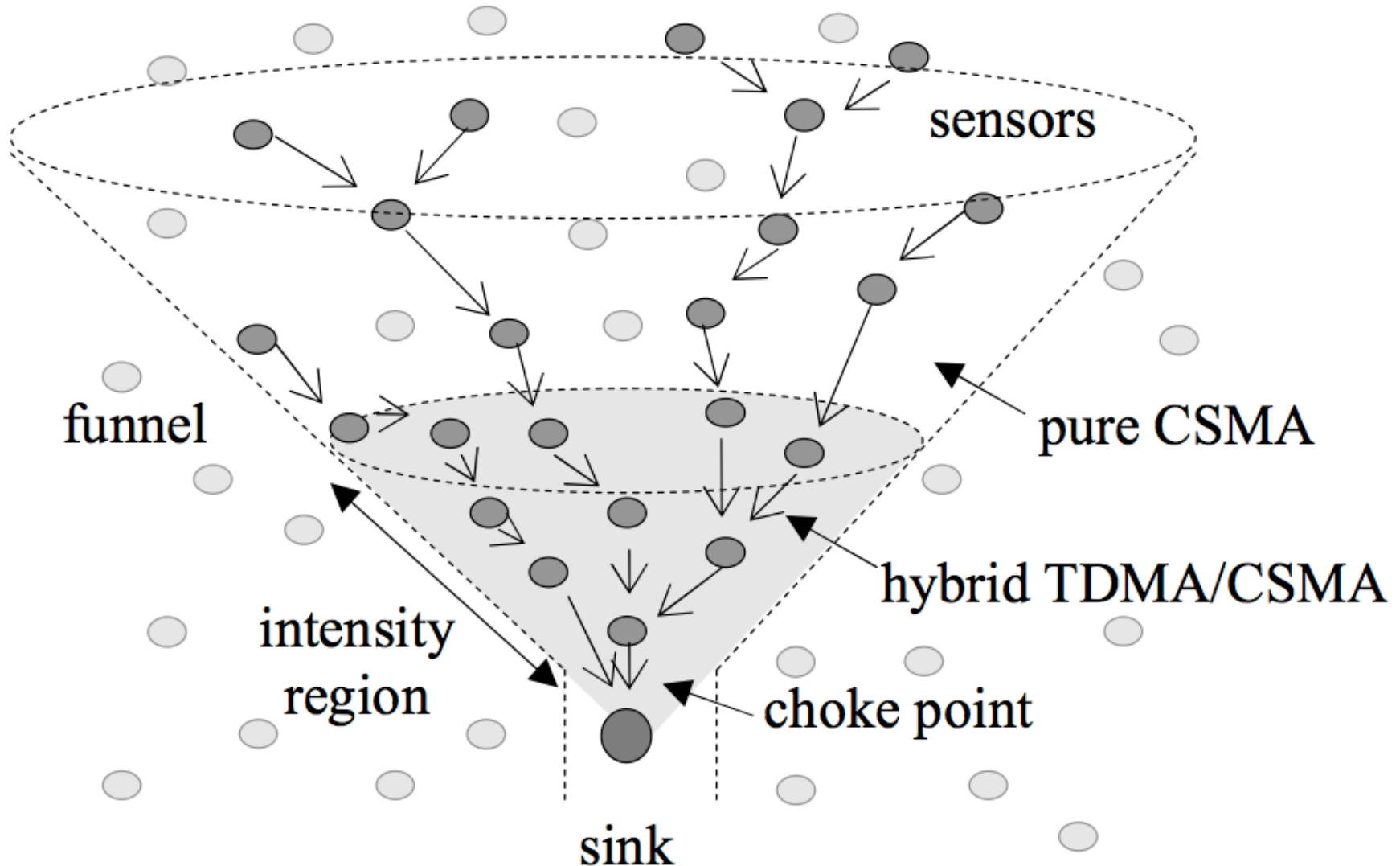


Duty Cycling piemērs – S-MAC

- Pasīvajā periodā radio izslēgts
- Aktīvajā periodā CSMA komunikācija
- Komunikācijas sākumā sinhronizācija
- Pieļauj pulksteņa dreifu 500 μ s apjomā



Hibrīds: Funneling MAC



BST protokolu piemēri

- Konekciju bāzēti
 - S-MAC – Sensor MAC
 - B-MAC – Berkeley Media Access Control for Low-Power Sensor Networks
 - PW-MAC – Predictive Wake-Up MAC
- Saraksta bāzēti
 - LEACH – Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy
 - PEDAMACS – Power-Efficient and Delay-Aware Medium Access Protocol
 - PRIMA – Priority-Based MAC Protocol for WSNs
- Notikumu bāzēti
 - SIFT – A MAC Protocol for Event-Driven WSNs

Kopsavilkums

- MAC līmenī svarīgi efektīvi tērēt enerģiju
- Eksistē ļoti daudz gatavu MAC
- Galvenās klases ir CSMA un TDMA
- Jāizvēlas topoloģijai un aplikācijai atbilstošs MAC

4. eseja: MAC

- Ja jums būtu jāizveido savs vai jāizvēlas esošs MAC protokols savam BST, kurai klasei tas piederētu un kāpēc? Kāds būtu tā darbības princips? Izvēloties esošu – norādīt atsauces!
- Termins: 12.10.2016. 10:00
- Iesūtīšana: Moodle; PDF formāts; tekstā norādot savu vārdu, uzvārdu, apliecības Nr.