

# Bezvadu Sensoru Tīkli

## MAC protokoli bezvadu sensoru tīklos

Reinholds Zviedris  
Datorikas fakultāte  
Latvijas Universitāte  
01.10.2014.

# Asociācijas

- Kas ir MAC?

# Asociācijas

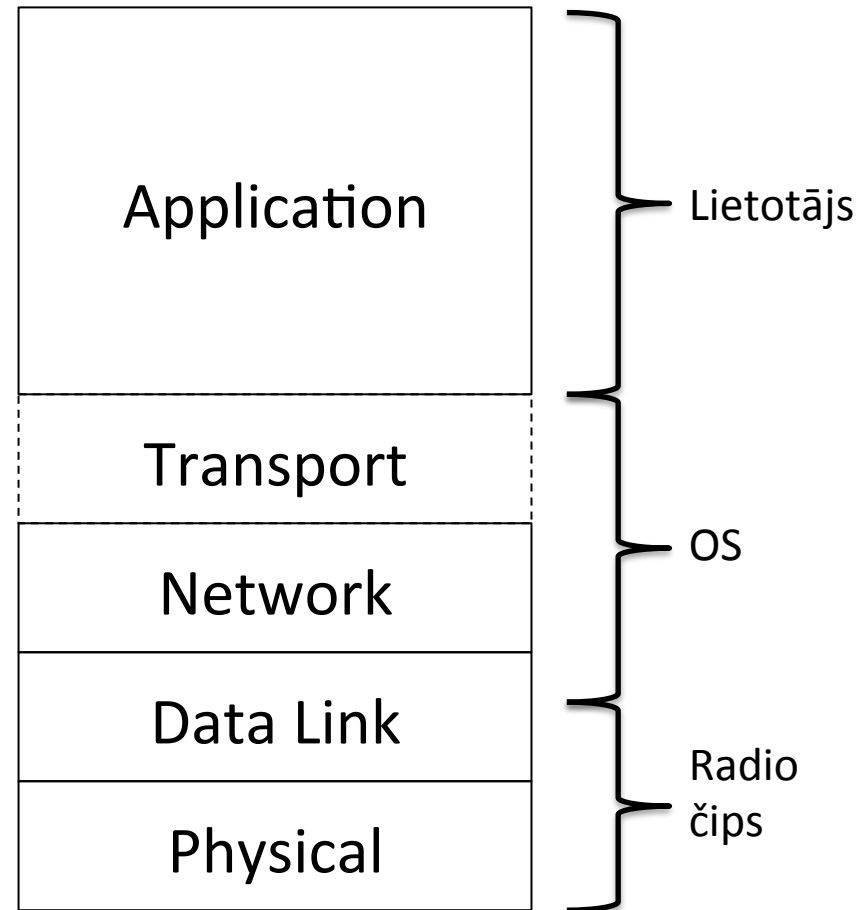


- Kas ir MAC?



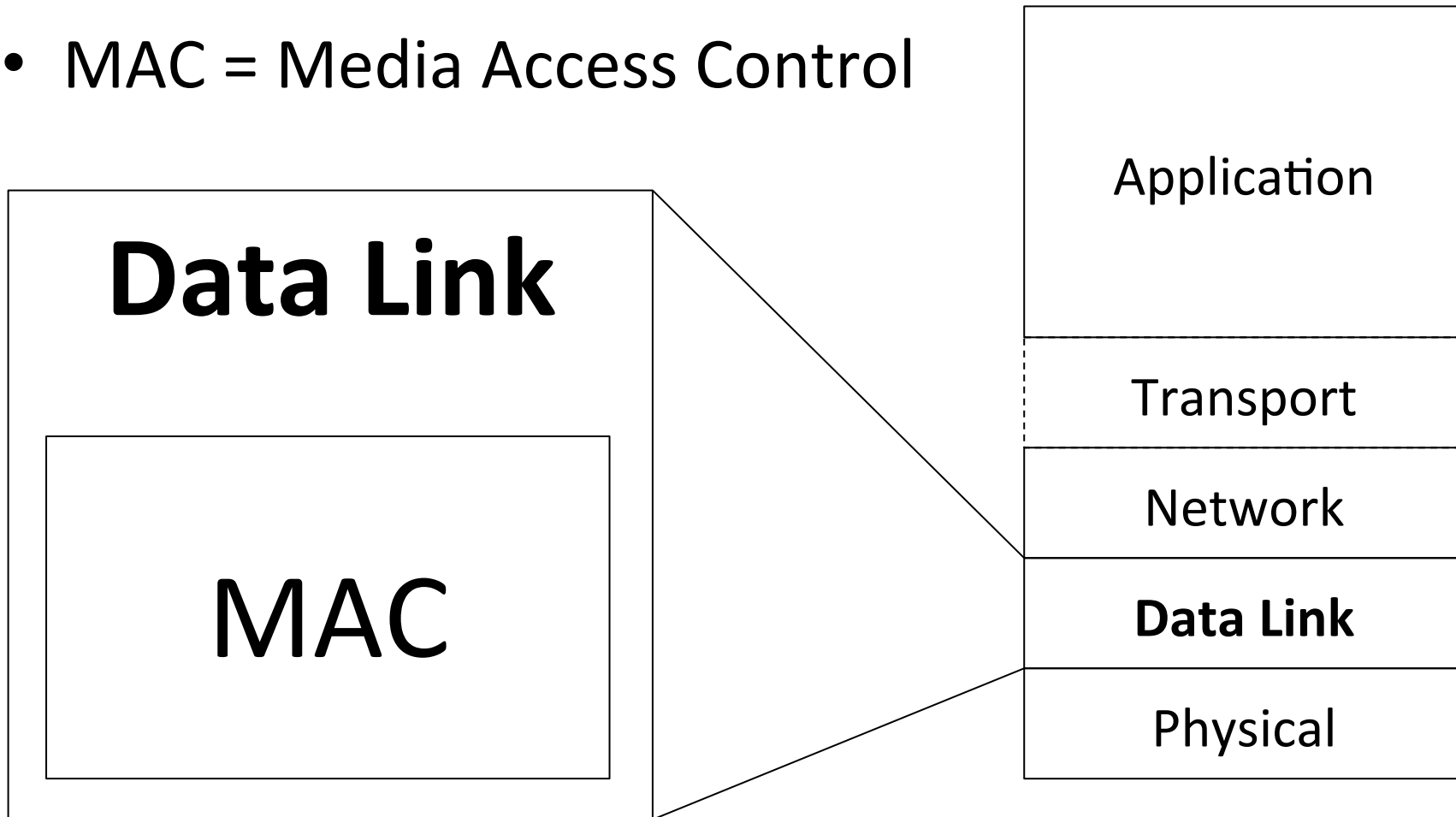
# Šīs lekcijas kontekstā

- 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
- 
- The diagram uses two large right-facing curly braces to group the functions. The top brace groups 'Bitu apvienošana rāmjos (frames)' and 'Datu šifrēšana', with the text 'Veic radio\*' to its right. The bottom brace groups 'Rāmju nosūtīšana pa radio, ētera efektīva sadale' and 'Kļūdu kontrole', with the text 'MAC uzdevums' to its right.

\* Vismaz daļēji

# BST aplikācijas piemērs

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





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

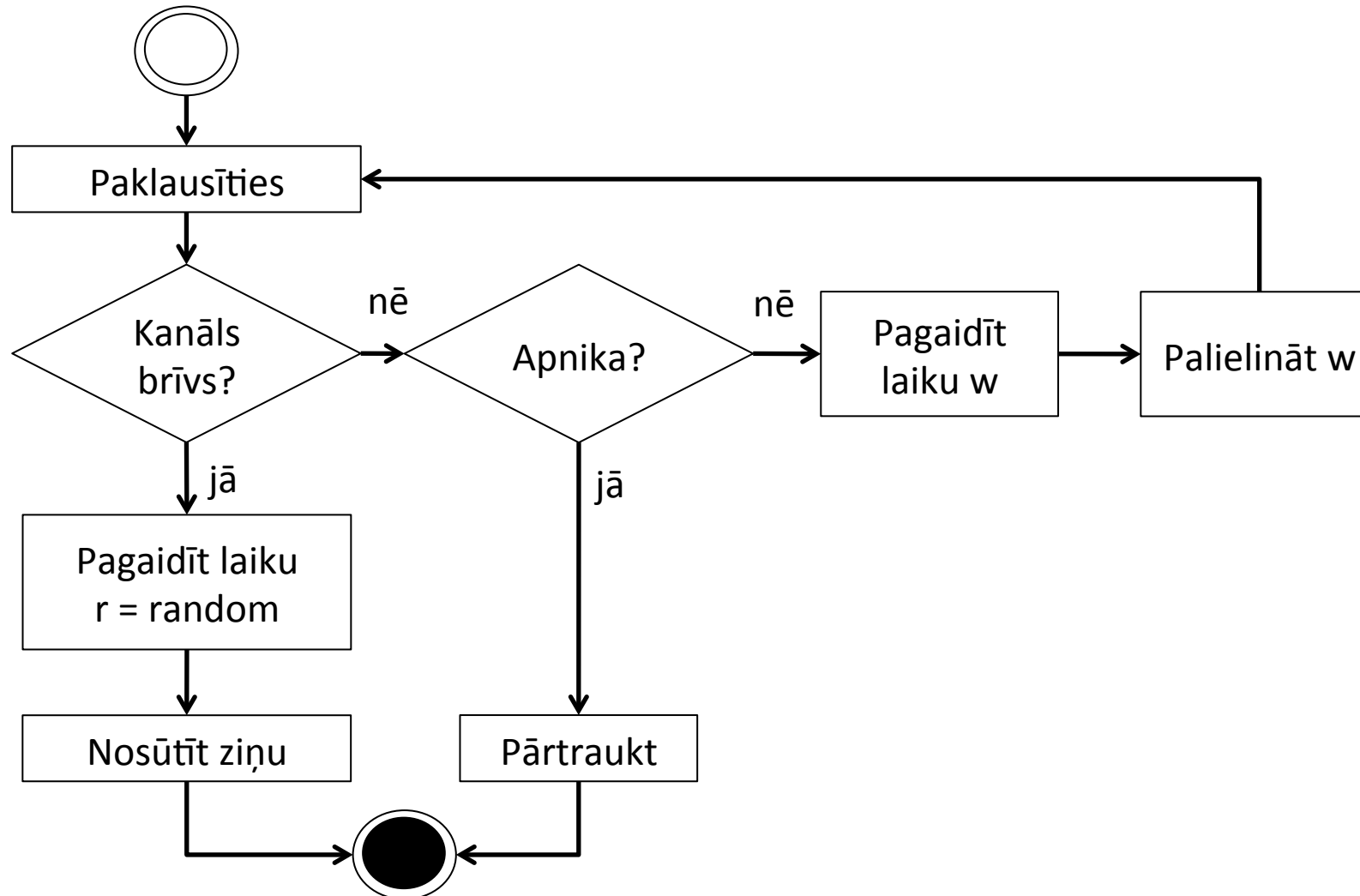
- CSMA
- TDMA
- Eksotiskākas:
  - CDMA
  - Multi-Channel

# Kāpēc nesūtīt, kad iegribas?

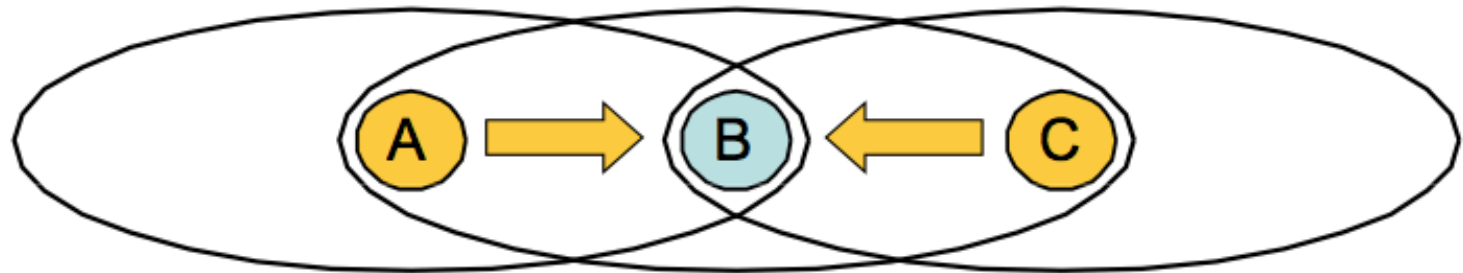
- Var, ALOHA tā dara <http://en.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet>
- Pure ALOHA panāk kanāla noslogojumu 18,4%
- Slotted ALOHA panākt noslogojumu 36,8%
- Ar Reservation ALOHA var panākt pat 80% noslogojumu
  
- Salīdzinājumam, CSMA panāk 50-80% noslogojumu

# Carrier Sense Multiple Access

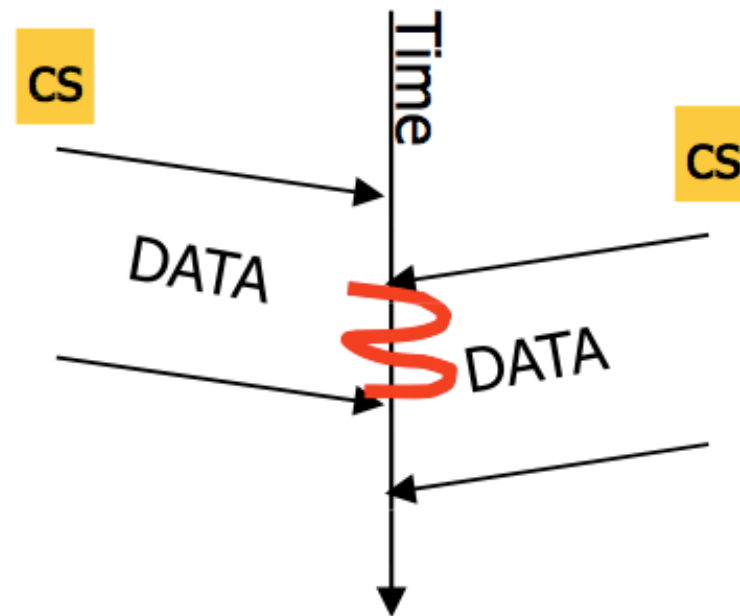
- Princips: klausies pirms runā!



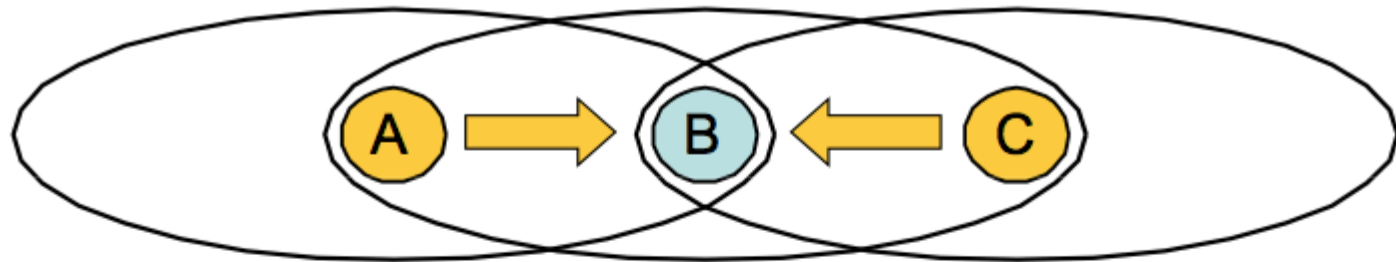
# Hidden Terminal problēma



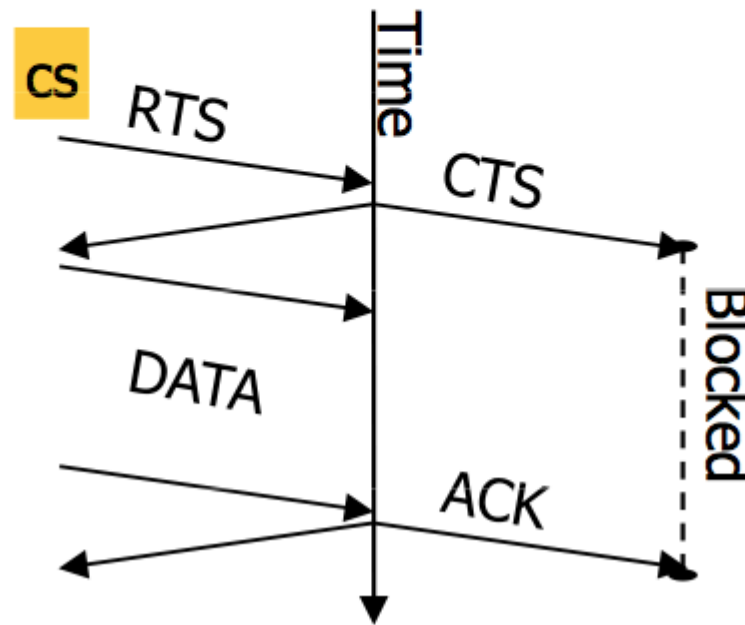
Sūtītāja *carrier sense*  
neizslēdz kolīzijas  
saņēmējam



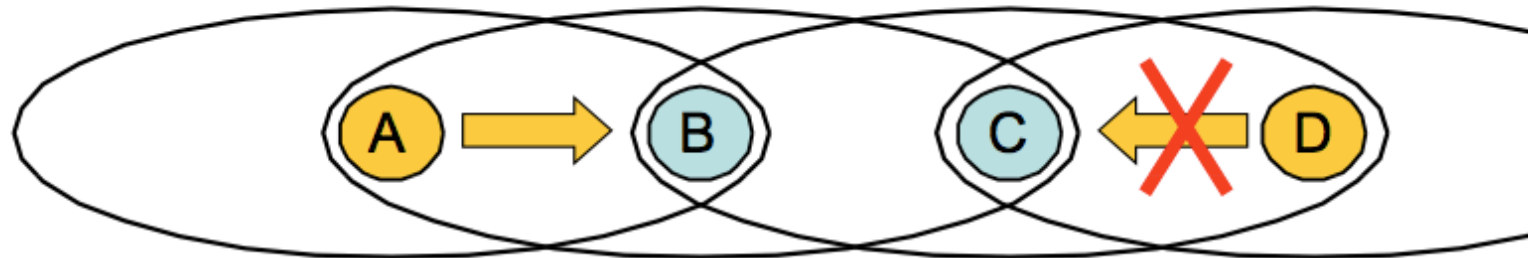
# CSMA/CA: Collision Avoidance



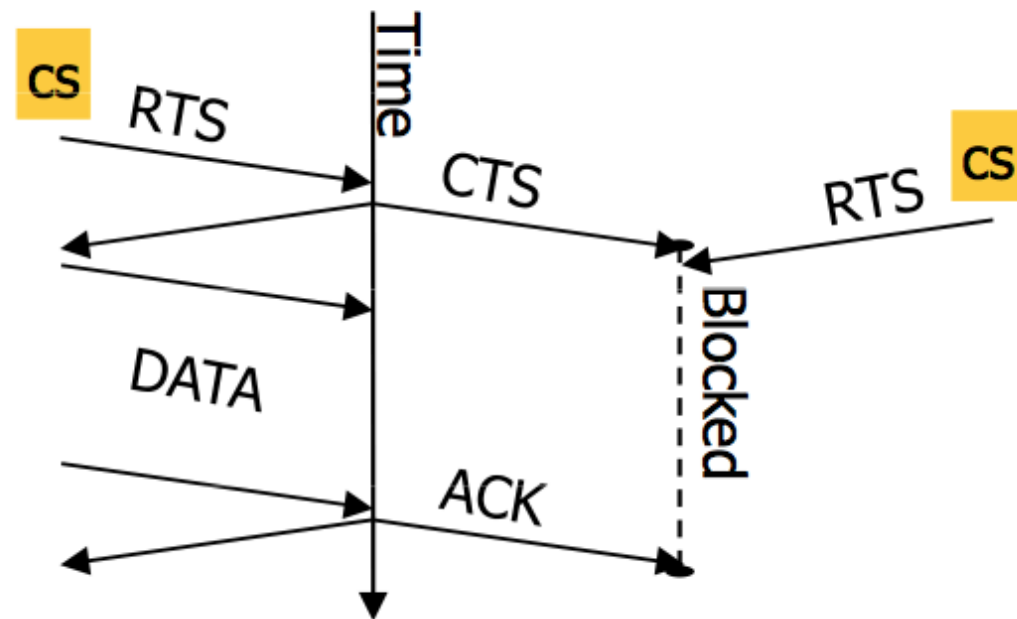
RTS = Request To Send  
CTS = Clear To Send  
ACK = Data Received



# 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

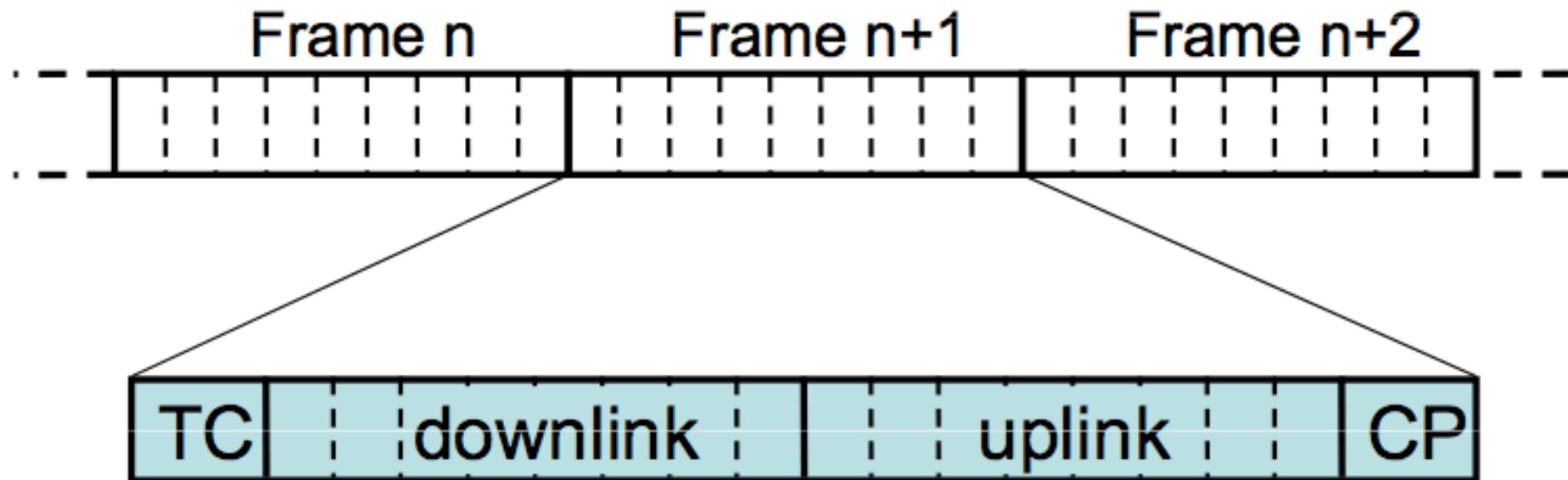
# CSMA trūkumi

- 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

- Princips: 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 implementācija, it sevišķi vairāklēcieniņu 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 -	<b>C</b>	$S_1 = (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$
- 1 1 -	<b>B + <math>\bar{C}</math></b>	$S_2 = (-2 \ 0 \ 0 \ 0 +2 +2 \ 0 -2)$
1 0 --	<b>A + <math>\bar{B}</math></b>	$S_3 = ( \ 0 \ 0 -2 +2 \ 0 -2 \ 0 +2)$
1 0 1 -	<b>A + B + C</b>	$S_4 = (-1 +1 -3 +3 +1 -1 -1 +1)$
1 1 1 1	<b>A + B + C + D</b>	$S_5 = (-4 \ 0 -2 \ 0 +2 \ 0 +2 -2)$
1 1 0 1	<b>A + B + <math>\bar{C}</math> + D</b>	$S_6 = (-2 -2 \ 0 -2 \ 0 -2 +4 \ 0)$

(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



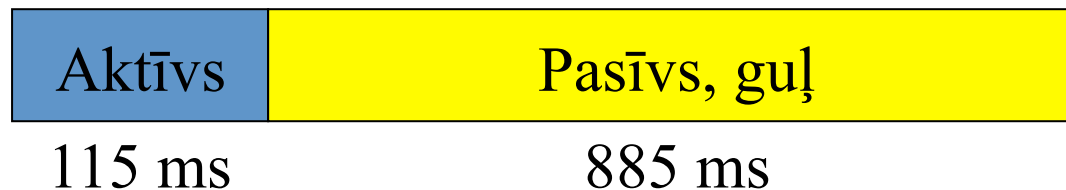
# Duty Cycling

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

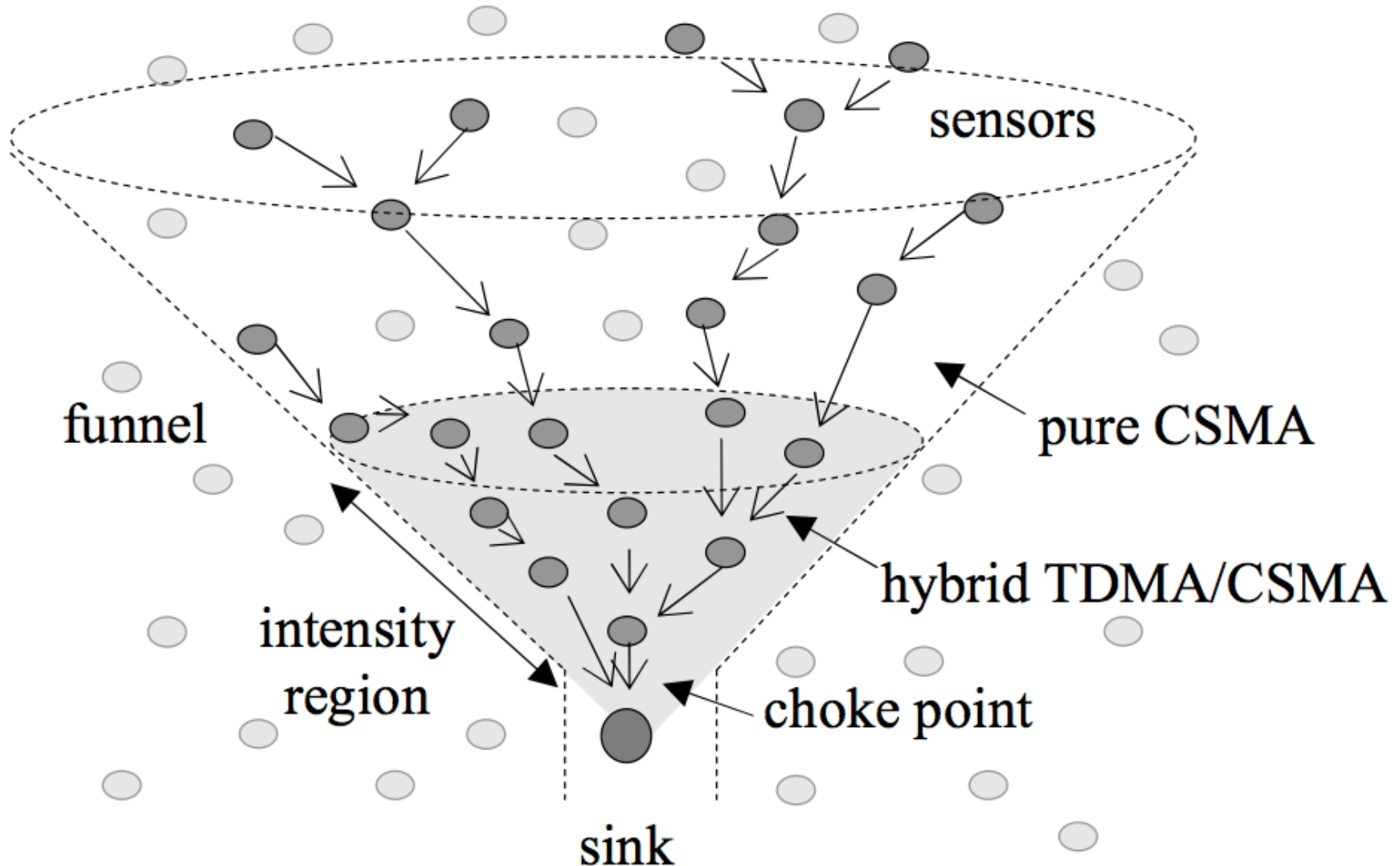


# Piemērs: S-MAC

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



# Hibrīds: Funneling MAC



# Kopsavilkums

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

# 5. eseja: MAC

1. Kas ir MAC līmeņa galvenais uzdevums?
2. Ja Jums būtu jātaisa savs MAC kursa projektam, kādai klasei tas piederētu un kāpēc?

Termiņš: 08.10.2014. 10:00