



vitmma09

Szenzorhálózatok és alkalmazásaik

Szenzorhálózati MAC megoldások. S-MAC

Ritkán zöld a lámpa? Itt a megoldás

- Rotterdam, Hollandia
- Indukciós hurok a biciklisták észlelésére
- Ha esik az eső, rövidebb ideig lesz piros (40 másodperccel)

http://index.hu/kerekagy/2017/02/18/tul_sokara_valt_a_lampa_hollandiaban_van_megoldas/



Közeghozzáférési (MAC) technikák

- Vezetéknélküli MAC technikák
 - ALOHA
 - CSMA – Vívőérzékeléses többszörös hozzáférés
 - Lekérdezés (Polling)
 - MD (Mediation Device) protokoll

- Szenzorhálózati megoldások
 - WINS
 - PicoRadio
 - S-MAC

WINS megoldás

- **Lekérdezéses** megoldás **relatív TDMA** rendszerben.
 - Multi-hop rendszer.
 - Nincs globális „beacon”.
 - A TDMA keret aszinkron a node-ok között.
 - A node-ok páronként megegyeznek egy mindkettőjük által elfogadható időrésben.
- **Hátrányok:**
 - Egy sűrű hálózatban sok aktív, véletlenszerűen allokált időrés lesz a TDMA keretben.
- **Előnyök:**
 - Könnyen implementálható.
 - Alkalmas valós idejű forgalom átvitelére a kontrollált késleltetés-ingadozás miatt.



PicoRadio

- Javaslat egy többcsatornás (~30), **kódosztásos többszörös hozzáférésre (CDMA)**.
 - Minden node és a szomszédai különböző kódokat kapnak.
 - Ortogonalis CDMA kódok esetében nincs csomagütközés.
 - A node-ok aszinkron működésűek, így nincs lehetőség „alvásra”, mindig figyelni kell a csatornát.
- Ultra-low-power „wake-up radio”
 - 1 μW aktív energiafelhasználású
 - Egy egyszerű RF erősítő + szűrő + detektor
 - Figyeli a csatornát, és felébreszti a node-ot ha vesz egy „wake-up” beacon-t.

S-MAC

- Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin, „**An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks**”, *Proc. of Infocom 2002*, pp. 1567-1576, New York, USA, June 2002
- Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin, „**Medium Access Control With Coordinated Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks**”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 12(3):493-506, June 2004

S-MAC

S-MAC

- S-MAC = Sensor Medium Access Control
- Cél: Szenzorhálózatokban alkalmazható MAC protokoll kifejlesztése, amely
 - energiatakarékos,
 - önszerveződő,
 - skálázható és adaptív
 - pl: A hálózat mérete, topológiája, node-sűrűsége változik.
- Megjegyzés: A node „fairness” és az alacsony késleltetés nem elsődleges követelmény.

S-MAC - feltevések

- A modellezés feltevései a szenzorhálózatról és alkalmazásokról:
 - Sok, apró, ad-hoc módon telepített csomópont.
 - Többugrásos (multi-hop) kommunikáció.
 - A kommunikáció főleg egyenrangú csomópont-párok (p2p) között zajlik. (Nem csak egyetlen bázisállomás felé.)
 - A hálózat ön-konfiguráló kell legyen.
 - Az egész hálózat egyetlen alkalmazás céljából jött létre.
 - Pl. Az internet nem ilyen!
 - Az alkalmazás során előfordulnak hosszú tétlen időszakok.
 - Az alkalmazás bizonyos késleltetést elvisel.
 - Pl. nem valós idejű felügyeleti vagy megfigyelő rendszerek.

S-MAC: Az energiapazarlás okai

Az energiafogyasztás szempontjából kritikus kérdések:

- **Ütközések.**
 - Ha egy elküldött csomag megsérül, azt újra kell adni.
 - (A késleltetést is növeli.)
- **Áthallás.**
 - Másnak címzett csomagok vétele.
- **Járulékos kontroll csomagok.**
 - Jelzésinformációk adása és vétele nem „hasznos” adatátvitel.
- **Tétlen figyelés.**
 - Várakozás esetleges adatok fogadására, csatornafigyelés.



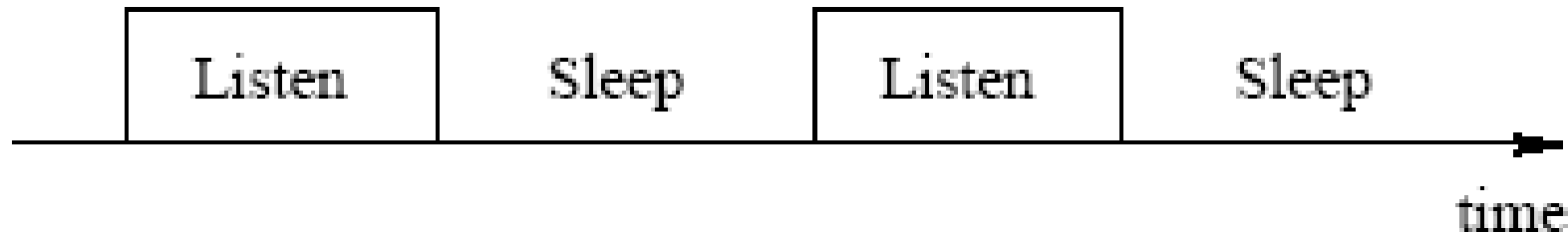
S-MAC építőkövek

A 4 fő építőelem:

- **Periodikus figyelés és alvás.**
- **Ütközés elkerülése.**
- **Áthallás elkerülése.**
- **Üzenet továbbadás.**
 - Hosszú üzenetek hatékony továbbítására.

I. Periódikus figyelés és alvás

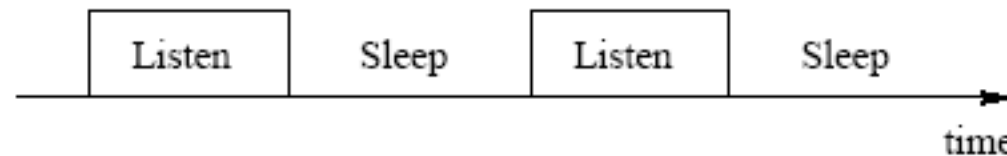
- Ha nem érzékelnek eseményt, a node-ok tétlenek. (?)
- Mivel a nyugalmas időszakokban a forgalom kicsi, nem szükséges az összes szenzornak aktívnak maradnia.
- Az S-MAC megengedi, hogy a node-ok periódikusan alvó módba kapcsoljanak.



- Alvó (sleep) módban az eszköz kikapcsolja a rádióját, és egy időzítőt (wake-up timer) állít be a felébredéséhez.

I. Periódikus figyelés és alvás (2)

- Egy teljes aktív-inaktív ciklus a keret.
- Az aktív (figyelő) időtartam fix
 - A fizikai réteg és MAC réteg paramétereit határozzák meg (pl. rádiós sávszélesség, ablakméret)
- Az alvó periódus hosszával állítható be a keret hossza, valamint az ún. „duty-cycle” érték (=aktív/inaktív arány).
 - Az aktív és alvó időtartamok a továbbiakban azonosak minden csomópont esetében (az egyszerűség kedvéért).
- Minden node megválaszthatja az aktív/inaktív ütemezését.
- → *Kérdés: De akkor hogyan szinkronizálódnak egymáshoz?*



Szinkronizáció

- Célszerű, ha szomszédos node-ok szinkronizáltak, azaz ugyanakkor alszanak ill. figyelnek. (= virtuális klaszter)
 - *Ez persze nem mindig lehetséges multi-hop esetben!*



Fig. 2. Neighboring nodes A and B have different schedules. They synchronize with nodes C and D respectively.

- Szomszédos node-ok között időnként szinkronizációra van szükség az órajelek elcsúszása miatt.
- A node-ok saját ütemezésüket üzenetszórással (SYNC) juttatják el közvetlen szomszédaiknak.

Szinkronizáció (folyt.)

- Bármely két node kommunikálhat egymással akkor is, ha ütemezésük különböző:
 - Pl. ha „A” kommunikálni akar „B”-vel, megvárja, míg „B” aktív állapotba kerül.
 - Ha egyszerre többen is kommunikálni akarnak „B”-vel, versenyezniük kell a csatornáért.
- Versengés a csatornáért:
 - Az eljárás azonos az IEEE 802.11-ben használt RTS-CTS megoldással.
 - Az a node kapja a CTS csomagot „B”-től, aki elsőként küldte az RTS csomagját.
- Az adatkapcsolat létrejötte után, annak végéig a node-ok nem követik az addigi ütemezésüket. (Azaz nem mennek aludni.)

Szinkronizáció (folyt.)

Előny:

- Peer-to-peer topológia.
- Nincs szükség klaszterképzésre és koordinációra a klasztervezérlők között.

Hátrány:

- A node-ok periódikus elalvása miatt a késleltetés nagy is lehet.
- Multi-hop kommunikációnál a késleltetés arányos a node-ok számával.

Ütemezés választása és karbantartása

- Minden node karban tart egy ütemezési táblázatot a szomszédairól.
- Az ütemezés és az ütemezési tábla felállításához minden node a következő algoritmust használja:
 1. Egy bizonyos ideig figyeli a csatornát. Ha nem hall ütemezési információt egyetlen állomástól sem, véletlenszerűen választ egy időt az alváshoz, és közli ezt egy SYNC üzenetben a szomszédjaival: SYNC üzenet: „ t másodperc múlva alszom”
(Ebben az esetben az állomás lesz a „szinkronizáló”.)
 2. Ha a csatorna figyelése közben meghallja egy szomszédja ütemezését, akkor:
 - ugyanazt az értéket állítja be magának is. („követő” állomás)
 - **Véletlen t_d ideig vár**, majd elküldi az ütemezését a szomszédainak.
SYNC üzenet: „ $t-t_d$ másodperc múlva alszom”

Ütemezés választása és karbantartása

3. Ha egy állomás vesz egy sajátjától eltérő ütemezésű SYNC csomagot, akkor...
 1. ha az az egyetlen szomszédja, akkor átveszi azt és törli a sajátját.
 2. ha több szomszédja is van, akkor átveszi azt is, azaz felébreszti magát akkor is.



Fig. 2. Neighboring nodes A and B have different schedules. They synchronize with nodes C and D respectively.

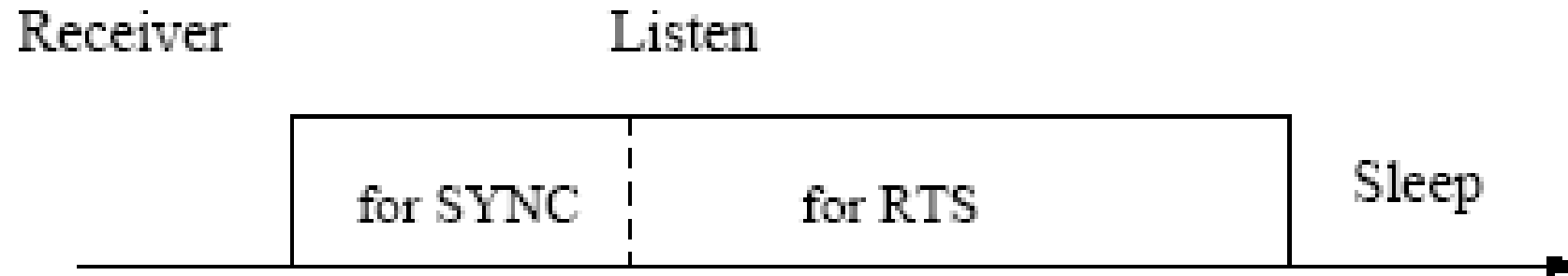
- Hátrány: A virtuális klaszter határ csomópontjai (A és B) kevesebbet alszanak.

Ütemezés választása és karbantartása

- Az órajelek elcsúszása miatt az állomásoknak időről időre frissíteniük kell az időzítési információikat. (pl. percenként)
 - SYNC: node ID + hátralévő idő a következő alvásig
- Egy állomás akkor is küld időnként SYNC csomagot, ha nincsenek követői. (?)
 - Ez lehetővé teszi az esetleg újonnan érkező állomások szinkronizálódását is.

Adatküldés és szinkronizáció

- Hogy egy állomás SYNC csomagok mellett adatcsomagokat is fogadni tudjon, az aktív intervalluma két részre van osztva:



- Minden csomag adása előtt az állomás egy véletlen ideig figyeli a csatornát, hogy az szabad-e. (**vivőérzékelés – carrier sense**)

Adatküldés és szinkronizáció

- Egy állomás a vevő aktív idejében küldhet egy SYNC és/vagy egy adatcsomagot:

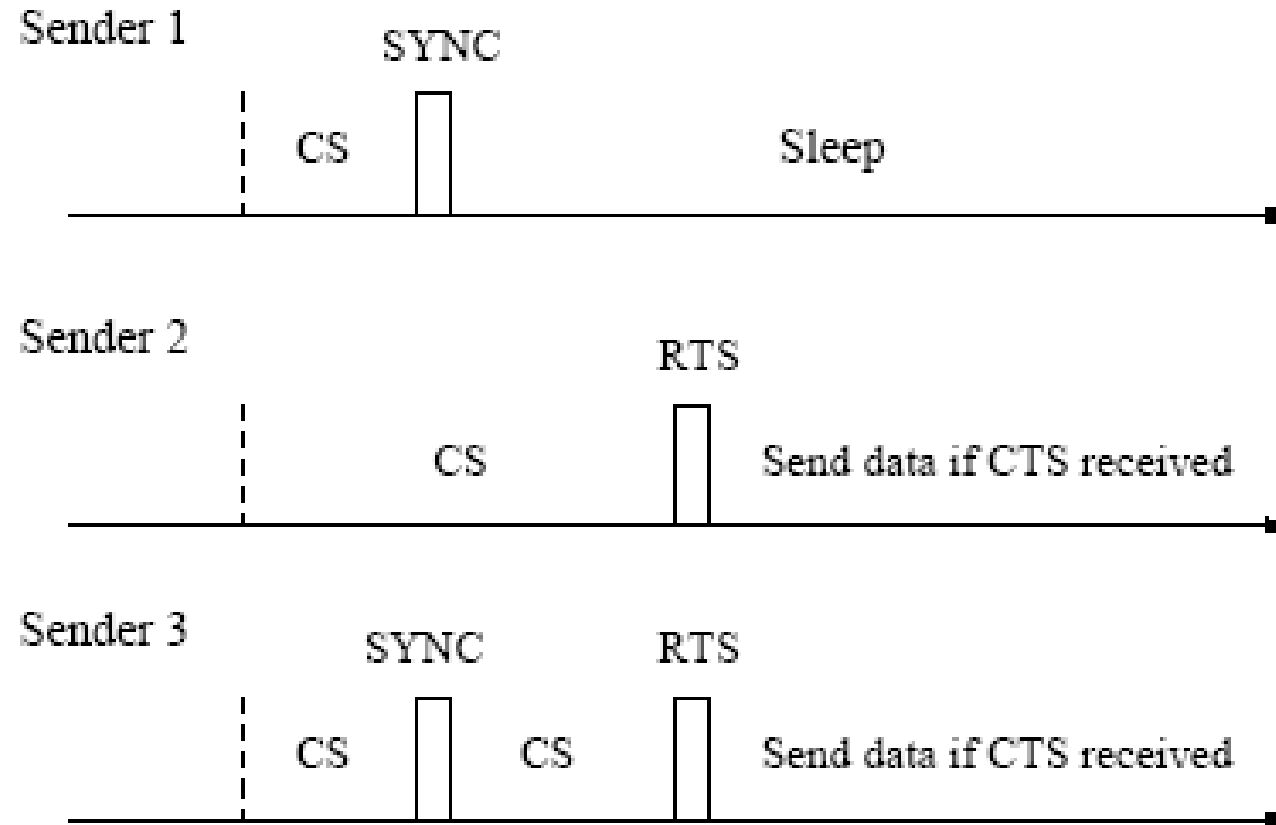


Fig. 3. Timing relationship between a receiver and different senders. CS stands for carrier sense.

S-MAC építőkövek

A 4 fő építőelem:

- I. Periodikus figyelés és alvás.
- II. Ütközés elkerülése.**
- III. Áthallás elkerülése.
- IV. Üzenet továbbadás.
 - Hosszú üzenetek hatékony továbbítására.

II. Ütközés elkerülés

- Az ütközések elkerülése a MAC protokoll egyik alapvető feladata.
- S-MAC eljárásai az ütközés elkerülésére:
 - Az IEEE 802.11 vivőérzékeléses eljárását alkalmazza a fizikai rétegben.
 - Az RTS-CTS mechanizmust alkalmazza a rejtett terminál problémájának elkerülésére.
 - Alkalmaz egy virtuális vivőérzékeléses eljárást is.
- **Virtuális vivőérzékelés:**
 - Ha egy állomás veszi egy nem neki címzett csomag fejrészét, akkor abból ki tudja olvasni a csomag hosszát.
 - Az adott időtartamig a csatornát foglaltnak tekinti anélkül, hogy közben megvizsgálná azt.
- Üzenetszórás (SYNC) esetén nincs RTS-CTS (?)
- Adatkommunikáció: RTS/CTS/DATA/ACK

S-MAC építőkövek

A 4 fő építőelem:

- I. Periodikus figyelés és alvás.
- II. Ütközés elkerülése.
- III. Áthallás elkerülése.**
- IV. Üzenet továbbadás.
 - Hosszú üzenetek hatékony továbbítására.

III. Áthallás elkerülése

- Az IEEE 802.11 szerint minden állomás figyeli a szomszédai adásait, hogy hatékony virtuális vivőérzékelést végezhesen.
 - A sok „felesleges” csomag vétele energiapazarló, különösen nagy node-sűrűség és nagy forgalom esetében.
- S-MAC az áthallások csökkentésére egy állomás aludni megy, ha hall egy RTS vagy CTS csomagot.
 - Így nem kell feleslegesen vennie egy (esetlegesen) hosszú adatcsomagot és az ACK csomagot.
- Pl. „A” ad „B”-nek. Kérdés: *Kinek kell aludni?*

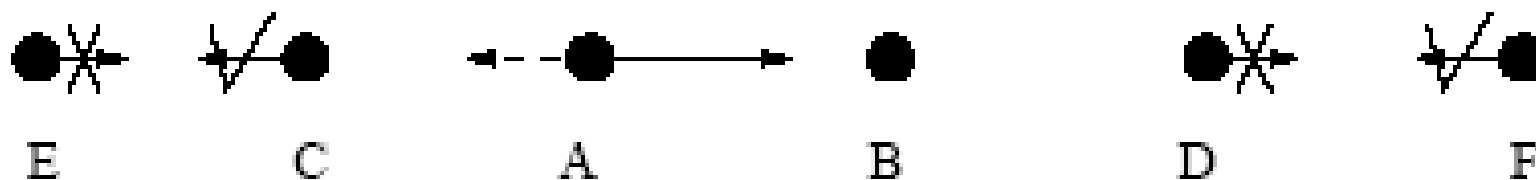


Fig. 4. Who should sleep when node A is transmitting to B?

- Válasz: Mind az adó, mind a vevő közvetlen szomszédjának. (Interferencia a vevőnél lép fel!)

S-MAC építőkövek

A 4 fő építőelem:

- I. Periodikus figyelés és alvás.
- II. Ütközés elkerülése.
- III. Áthallás elkerülése.
- IV. Üzenet továbbadás.**
 - Hosszú üzenetek hatékony továbbítására.

IV. Üzenet továbbadás

- Kérdés: Hogyan lehet egy hosszú adatcsomagot továbbítani energiatakarékosan és lehetőleg kis késleltetéssel? (?)
- Két lehetséges megoldás:
 1. Egyben továbbítjuk.
Hátrány: Ha néhány bit meghibásodik, az egész csomagot újra kell küldeni.
 2. Szegmensekre bontva továbbítjuk.
Hátrány: Nagy „overhead” a kontrollcsomagok miatt. (Minden szegmenshez szükség van egy RTS/CTS/ACK csomagra.)
- Ötlet: S-MAC esetén az üzenetet kis szegmensekre bontjuk, majd a szegmenseket börsztben küldjük el.
 - Az összes szegmenshez egyetlen RTS-CTS pár tartozik.
 - Az RTS csomag az egész börszt küldéséhez szükséges időt jelzi.

S-MAC: üzenet továbbítás

- Minden szegmens továbbítása után az adó vár egy ACK csomagot a vevőtől. Ha nem kapja meg, újraküldi a szegmenst.
- Minden szegmens és ACK tartalmazza a teljes borszt továbbításához szükséges időt.
- A gyakori nyugták kiküszöbölik a rejtett terminál problémáját.
 - Ha egy állomás egy borszt továbbítása közben ébred fel, és nincs az adó rádiósugarán belül, akkor üresnek találja a csatornát és adásával interferenciát okoz.

S-MAC és 802.11 szegmentálása

- Megjegyzés: A 802.11 szintén támogatja a szegmentálást.
 - Az RTS és CTS csomagok csak az első szegmens idejére foglalja le a csatornát. A további foglalást a következő csomagok és nyugták tartalmazzák.
 - Ez nem teszi lehetővé az „alvást”.
- A 802.11 szegmentálása a fairness biztosítására hivatott.
 - Ha egy állomás nem kap nyugtát, abba kell hagynia az adást és újra versenyeznie kell a csatornáért.
- S-MAC esetében a fairness másodlagos kérdés.
- Határt kell azonban szabni az újraküldéseknek és a foglalási ablak állandó kitolásának.
 - Pl. A fogadó állomás működésképtelenné vált.