

Szenzorhálózatok

Útvonalválasztás II. (2011.11.02)

Vidács Attila
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
I.B.228, T:19-25, vidacs@tmit.bme.hu

Útvonalválasztás (folyt.)

- Hálózati struktúra alapú protokollok

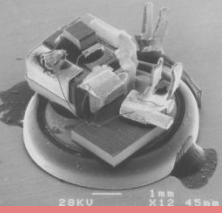
- **Elosztott (flat) – folyt.**

- Hierarchikus

- LEACH

- Elhelyezkedés alapú (location based)

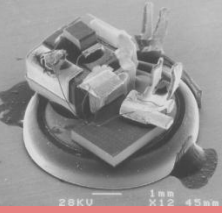
- egyéb...



MCFA - Minimális költségű továbbítás

- MCFA – Minimal Cost Forwarding Algorithm
- Feltételezi, hogy az üzenetek továbbításának iránya mindig ismert. (pl. fix BS).
 - Nincs szükség routing táblák karbantartására.
 - Nincs szükség egyedi azonosítókra (ID) a node-oknál.
- Minden állomás ismeri (ill. becsli) a saját költség-távolságát a BS-től.

- A kommunikáció menete:
 - Ha egy node üzenetet akar küldeni, elküldi azt az összes szomszédjának.
 - Ha egy állomás vesz egy üzenetet, megnézi, hogy rajta van-e a legkisebb költségű úton. Ha igen, továbbítja a csomagot az összes szomszédjának.



MCFA – Minimális költségű továbbítás

- Kérdés: De honnan tudják a minimális költségű utakat?

Megoldás:

- Először mindenki végtelenre állítja távolságát a BS-től.
- A BS küld egy csomagot üzenetszórással, a költséget nullára állítva.
- Ha egy node megkapja a csomagot, összehasonlítja az eddigi tárolt távolságát a BS-től a csomagban kapott érték plussz a használt link költségével.
- Ha az kisebb, módosítja a saját távolságát és elküldi a csomagot szomszédainak.

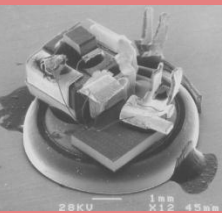
- Probléma: Minél távolabb van egy állomás a BS-től, annál több frissítést fog kapni.

Megoldás: Ha egy állomás egy frissítést küldött, akkor $a * l_c$ ideig nem küld újat, ahol a egy konstans, l_c pedig az útvonal költsége ahonnan a frissítés származik.


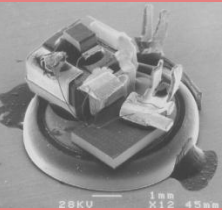



GBR – Gradiens alapú routing

- GBR – Gradient Based Routing
- Az irányított diffúzió egy másik variánsa.
- Alapötlet:
 - Az állomások megjegyzik a hop-számot amikor a kérést a hálózat terjeszti.
 - Ebből minden állomás meghatározhatja a „magasságát” (height), azaz hány ugrásnyira van a BS-től.
 - A gradiensek kiszámításához az állomás kivonja a saját magasságát a szomszédja magasságából.
 - A csomagot az állomás a legnagyobb gradiens irányába továbbítja.



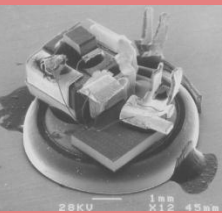
GBR – Gradiens alapú routing

- 
- 
- 
- **Adat aggregáció:** Ha egy állomáson több útvonal halad át, dönthet a folyamatok aggregálásáról.
 - **Forgalom szétoztás:** A megoldások célja, hogy a forgalmat egyenletesebben osszák szét a hálózatban.
 - **Sztochasztikus módszer:**
 - Több azonos gradiens közül véletlenszerűen választ.
 - **Energia-alapú módszer**
 - Ha egy állomás energiája csökken, megnövelheti magasságát, így a szomszédok egyre kevésbé fogják őt választani.
 - **Folyam-alapú módszer**
 - Új folyamatok nem arra irányítódnak, amerre már van aktív adatfolyam.

Előny: A GBR megoldás az irányított diffúziónál energiahatékonyabb.

COUGAR

- ❑ **Adatközpontú** protokoll, az egész hálózatot **elosztott adatbázisként** kezeli.
- ❑ Alapötlet:
 - Deklaratív lekérdezések használata, amely segítségével a kérés feldolgozása kivonható a hálózati réteg feladatköréből.
 - Egy, a hálózati- és adatkapcsolati-réteg közé ékelt „**lekérdezési-réteg**” (**query layer**) végzi a lekérdezések feldolgozását.
- ❑ A COUGAR specifikálja a **szenzor-adatbázis architektúrát** is, ahol a node-ok egy vezetőt választanak az adatok aggregálásához és továbbításához.
- ❑ Lehetőség van hálózaton belüli számítások elvégzésével az adatmennyiség csökkentésére.



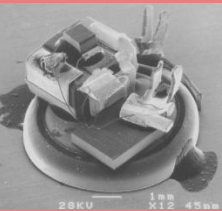
COUGAR

□ A BS felelős a **lekérdezés-terv** előállításáért:

- Specifikálja a szükséges információt az adatfolyamokhoz és a kérés-feldolgozáshoz szükséges hálózaton belüli számítások elvégzéséhez.
- Leírja, hogyan kell vezetőt választani az adott kéréshez.

□ Hátrányok:

- A hozzáadott lekérdezés-réteg növeli a node-ok komplexitását, energiaszükségletét.
- A sikeres hálózaton belüli adatfeldolgozáshoz szükséges a node-ok szinkronizálása.
- A vezető szerep dinamikus újrakiosztása szükséges a sérülékenység kiküszöbölésére.



ACQUIRE

- ACQUIRE – Active Query Forwarding in Sensor Netw.
- A COUGAR-hoz hasonlóan a hálózatot elosztott adatbázisként kezeli, ahol **komplex lekérdezések** tovább bonthatók al-kérdésekre.
- A protokoll működése:
 - A BS elindít egy lekérdezést.
 - A kérést vevő szenzorok megpróbálják megválaszolni a kérést a rendelkezésükre álló (átmenetileg tárolt) adatokból.
 - Ha a rendelkezésre álló adatok elavultak, vagy nem elégségesek, akkor továbbítják a kérést maximum d hop-ra lévő állomásoknak.
 - Ha összeállt a teljes válasz, visszaküldik az a BS-nek.



ACQUIRE




□ Előny:

- Komplex lekérdezések is lehetségesek nagyon sok node megszólításával.
- Kiküszöböli a DD elárasztásos lépését.
- A hatékonyság az „előrettekintés” (d) paraméterrel állítható.
 - Pl. Kísérletek szerint $d = \text{kb. } 4$



□ Hátrány:

- Bonyolultság.

- 
- Megjegyzés: ha d egyenlő a hálózat átmérőjével, a protokoll az elárasztásos protokollá válik.
-

Útvonalválasztási paradigmák

Hálózati struktúra alapú protokollok

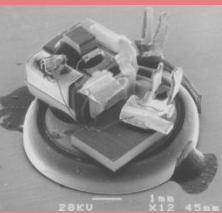
- Elosztott (flat)

- **Hierarchikus**

 - LEACH

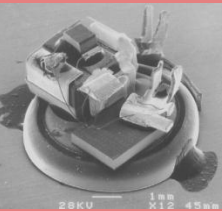
- Elhelyezkedés alapú (location based)

- egyéb...



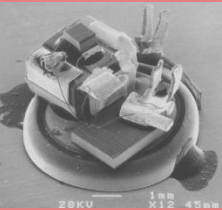
Hierarchikus útvonalválasztás

- Hierarchikus = **klaszter alapú**
- Egy hierarchikus architektúrában...
 - a node-ok **nem** azonos szerepet töltenek be,
 - (Tipikusan) több erőforrással rendelkező node-ok foglalkoznak az információ feldolgozásával és továbbításával.
- Előnye: skálázhatóság(?), hatékony kommunikáció
- A hierarchikus routing kétrétegű:
 - Az első réteg feladata a **klaszterek formálása** és a **klaszter-vezérlő választása**.
 - A második rétegben van a tényleges útvonalválasztás.
- *A legtöbb esetben nem a routing az érdekes, hanem a klaszterek és vezérlők menedzsmentje!*



LEACH protokoll

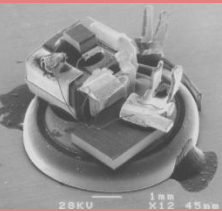
- LEACH = Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy
- Klaszter alapú protokoll, **elosztott klaszterképzéssel**
- A klaszter vezérlőket (clusterhead – CH) véletlenszerűen választja, és ezt a szerepet időről időre cseréli az energiamegosztás miatt.
- A CH a node-októl érkező adatokat aggregálja és tömöríti, majd továbbítja a BS-nek.
- TDMA/CDMA MAC a klaszteren belüli és klaszterek közötti ütközések csökkentésére.
- Az adatok gyűjtése centralizált és periódikus.



LEACH

□ Feltételezések:

- Minden node a BS rádiósugarában van.
- Minden node elegendő energiával és számítási kapacitással rendelkezik a CH funkciók ellátásához.
- Minden node képes CDMA és TDMA kommunikációra.
- Minden node periódikusan küld adatot.
- A szomszédos node-ok által küldött adatok erősen korreláltak.



LEACH

- A protokoll két fázisa:

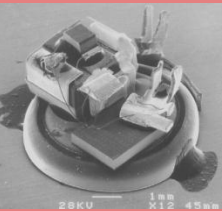
- **Inicializálás** (setup phase)

- Klaszterek szervezése
- Klasztervezérlők kijelölése

- **Állandósult állapot** (steady phase)

- Az adatforgalom vezérlése

- Bizonyos időnként periódikusan a hálózat visszatér az inicializáló állapotba.



LEACH

Inicializálás

1. Minden node egy r véletlen számot sorsol magának. Ha r egy küszöbérték alatt van, a node klasztervezérlő (CH) lesz.
2. Minden CH hirdeti magát.
3. Minden nem-CH node a hirdetések alapján kiválasztja, hogy melyik CH-hoz akar tartozni (pl. vett jel erőssége alapján), majd értesíti erről a CH-t.
4. Minden CH egy TDMA ütemezést rendel a hozzá tartozó node-okhoz.

Állandósult állapot

1. A node-ok érzékelnek és továbbítják adataikat a CH-nak.
2. A CH az adatok begyűjtése után aggregálja azokat, majd CDMA kóddal továbbítja azt közvetlenül a BS-nek.

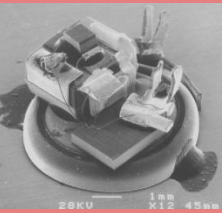


LEACH

Problémák:

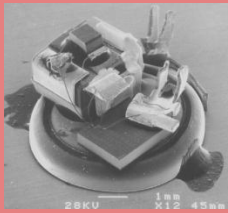
- Nem nyilvánvaló, hogy a node-ok milyen valószínűséggel váljanak klasztervezérlővé.
 - Probléma lehet, hogy a CH-k eloszlása nem egyenletes, így egyes node-ok környezetében esetleg nem lesz CH.
- A dinamikus és periódikus klaszterképzés jelentős többlet-költséggel jár.
- A protokoll azzal számol, hogy minden körben a node-ok energiaszintje azonos.

Lehetséges kiterjesztés: Egy node az energiaszintjétől teszi függővé, hogy milyen valószínűséggel deklarálja magát CH-nak.



PEGASIS

- PEGASIS = Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems
- A LEACH egy továbbfejlesztése, közel optimális **lánc-alapú** protokoll.
- Alapötlet: A node-ok csak a közvetlen szomszédaikkal kommunikálnak, míg a bázisállomással csak egyikük áll kapcsolatban. (multi-hop kommunikáció)
- Megoldás:
 - A node-okat egy láncra fűzzük fel, ahol két szomszédos láncszem a lehető legközelebb van egymáshoz.
 - Minden körben egy véletlenül kiválasztott „láncszem” összegyűjti az információt a lánc mindkét feléből, majd továbbítja azt a BS-nek.

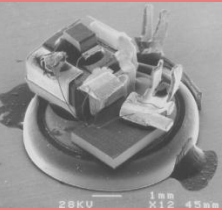


PEGASIS




□ Lánc konstrukciója:

- Az optimális lánc megtalálása az „utazó ügynök” problémájával egyenértékű, így nem számolható.
- Az egyszerű „mohó” algoritmus is kielégítő eredményt ad: Egy pontból kiindulva a lánchoz hozzáfűzzük a legközelebbi, még láncon kívüli node-ot.



□ A kapcsolattartó node kiválasztása:

- A véletlenszerűen kiválasztott kapcsolattartó node egy ciklus után átadja a vezérlő tokent egy másik állomásnak.



□ Az információ begyűjtése során a lánc mindkét végéről elindul egy adatcsomag, amihez minden állomás hozzáfűzi a saját adatát.

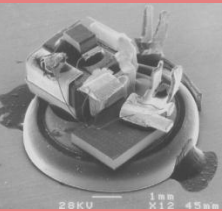
PEGASIS

□ Előnyök:

- Nincs klaszterképzés.
- A legtöbb node csak a szomszédjával kommunikál, ami energiatakarékos.

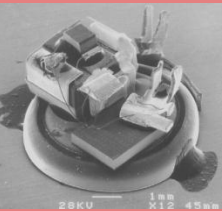
□ Problémák:

- A lánc egyes láncszemei nagyobbak lehetnek, így nem egyenletesen merülnek le a node-ok.
Megoldás: Egy jobban terhelt node nem lehet kapcsolattartó.
- A láncot karban kell tartani.
- Minden node képes kell legyen a direkt kommunikációra a BS-sel.
- A kapcsolattartó node szűk keresztmetszet lehet, ha nagy a forgalom.
- A lánc végén lévő állomások esetén a késleltetés nagy lehet.



TEEN

- TEEN = Threshold-sensitive Energy Efficient sensor Network protocol
- Klaszter alapú megoldás.
- Reaktív.
- Időkritikus alkalmazásokhoz javasolták.
- Alapötlet: A szenzorok folyamatosan figyelik környezetüket, de csak akkor küldenek adatot, ha a mért érték egy bizonyos küszöbérték felett van.

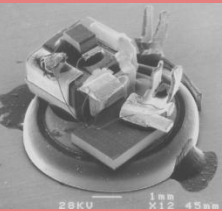


TEEN

□ A protokoll működése:

- A klasztervezérlő egy „kemény” és egy „puha” küszöbértéket küld a hozzá tartozó szenzoroknak.
- Ha egy szenzor által mért mennyiség a kemény küszöb felett van, bekapcsolja rádióadóját és elküldi az adatot a vezérlőnek, majd tárolja azt magának is.
- A továbbiakban csak akkor küld adatot, ha
 1. az adatküldés után a mért érték továbbra is a kemény küszöb felett van, és
 2. az új mérés eredménye a puha küszöbértéknél jobban eltér a tárolt értéktől.

□ Ha változik a klasztervezérlő, új küszöbértékeket küld szét a klaszteren belül.

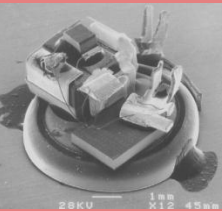


TEEN

□ Előnyök:

- Energiatakarékos megoldás.
- A kemény küszöb miatt csak a minket érdeklő adatokat mérjük.
- A puha küszöb állításával egy kompromisszum állítható be a pontosság és az adatforgalom mennyisége között.

□ Módosítás: APTEEN – Adaptive Periodic TEEN



APTEEN



□ Hibrid protokoll: küszöbértékek + periodicitás


□ A klasztervezérlő által küldött paraméterek:

- Attribútum (fizikai mennyiség)
- Küszöbértékek: kemény és lágy küszöb
- TDMA ütemezési információ
- Max periódusidő



□ A küszöbértékek használata u.a. mint a TEEN esetén.

□ Minden node a számára kijelölt TDMA időrésben küldhet adatot.



□ Minden node-nak legalább periódusonként egyszer kell mérnie és adatot küldenie. (proaktív működés)

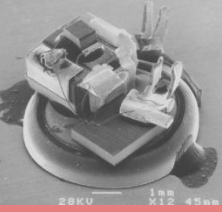
APTEEN

Előnyök:

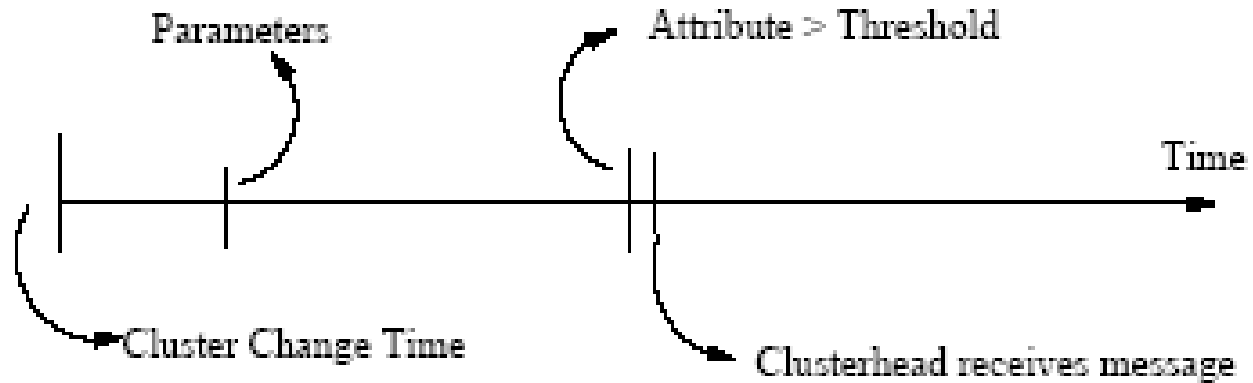
- Rugalmasan paraméterezhető.
- Reaktív és proaktív működés.

Hátrányok:

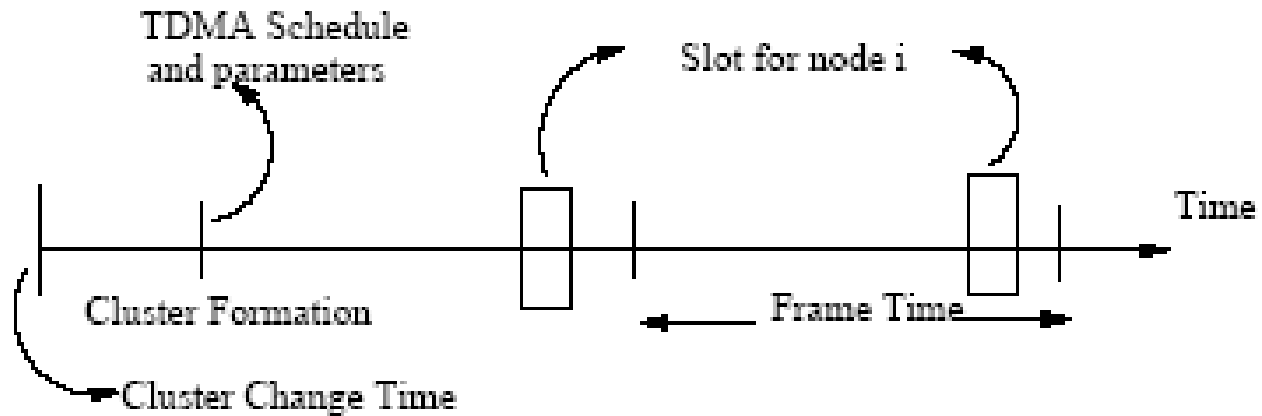
- Komplexitás (küszöbértékek és periódusidő)
- Klaszterképzés és vezérlő-választás.
- Attribútum alapú címzés.



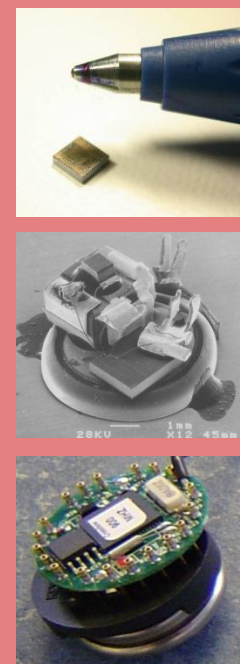
TEEN és APTEEN



(a) operation of TEEN



(b) operation of APTEEN



SOP – Önszerveződő protokoll

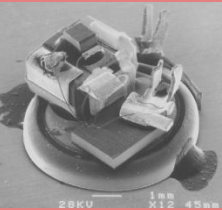
- SOP = Self Organizing Protocol
- Heterogén node-okra épülő architektúra.
- A szenzorok lehetnek fixek vagy mobilak.
- Minden szenzornak kapcsolódnia kell egy **routerhez**.
- **Routerek:**
 - Bizonyos node-ok útválasztóként is üzemelnek.
 - Nem mozognak.
 - Egy gerinchálózatot alkotnak.
 - Az adatokat egymásnak adogatva a BS-hez továbbítják.
 - Saját azonosítóval rendelkeznek.
- A címzés a node-hoz tartozó router címzésével történik.
- Az útválasztáshoz routing táblákat állítanak fel.
- Hátrány:
 - Az algoritmus nem igény szerinti, a hálózat megszervezésére és esetenként újraszervezésére szükség van.



Útvonalválasztási paradigmák

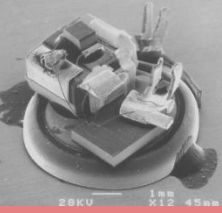
□ Hálózati struktúra alapú protokollok

- Elosztott (flat)
- Hierarchikus
- **Elhelyezkedés alapú (location based)**
- egyéb...



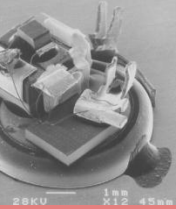
Elhelyezkedés alapú útválasztás

- A node-okat helyzetük alapján címezhetjük meg.
- Szükség van a node-ok helyzetének ismeretére.
 - GPS (drága!)
 - Távolság mérhető a vett rádiójel erősségéből vagy egyéb (pl. akusztikus) úton.
 - Háromszögelés.



GAF

- GAF = Geographic Adaptive Fidelity
- Energiatudatos, eredetileg mobil ad-hoc hálózatokra kifejlesztett routing protokoll.
- GAF tekinthető egy olyan hierarchikus klaszter-alapú protokollnak, ahol a klaszterképzés geometriai koordináták alapján valósul meg.
- A hálózatot zónákra osztva egy virtuális grid-et alakítunk ki.
 - A zónához tartozást az elhelyezkedés határozza meg.
 - A node-ok GPS-t használnak.
- Egy zónán belül az állomások együttműködnek.
 - Pl. vezetőt választanak, majd a többi elmegy aludni.



GAF

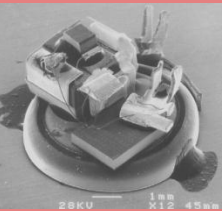
□ 3 állapot definiált:

- Discovery: Szomszédok felderítésére a zónán belül.
- Active: Aktív részvétel az útvonalválasztásban és adattovábbításban.
- Sleep: Kikapcsolt rádióval a node „alszik”.

□ A hálózat összefüggőségét biztosítja, ha minden zónában belül legalább egy node ébren marad.

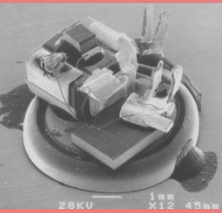
□ A mobilitás kezelésére minden node megbecsüli, hogy mikor fogja elhagyni a zónát, és ezt közli szomszédaival.

□ Ha egy node energiát akar spórolni, elmegy oda, ahol aludhat, mert helyette valaki dolgozik.



GEAR

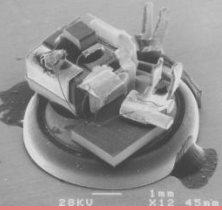
- GEAR = Geographic and Energy Aware Routing
- Alapötlet: Az adatok lekérdezését csak egy bizonyos területre juttatja el, ismerve a node-ok elhelyezkedését.
- Minden node nyilvántartja a szomszédaihoz rendelt költségeket:
 - becsült költség: maradék energia + távolság a BS-től
 - tanult költség: valós megtapasztalt költség (pl. „lyukak”)
- Csomag célbaérkezéskor a megtanult költség-információ visszafelé terjed.
- Az algoritmus két fázisa:
 1. Csomagok továbbítása a céltartomány felé
 2. Csomagok terjesztése a céltartományon belül.
 - Pl. akár korlátozott elárasztással



egyéb...

□ Egyéb - nem részletezett - elhelyezkedés alapú routing megoldások:

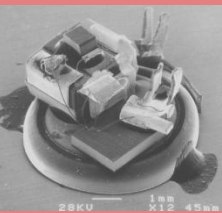
- MFR – Most Forward within Radius
- GEDIR – Geographic Distance Routing
- GOAFR – Greedy Other Adaptive Face Routing
- SPAN
- ...




Útvonalválasztási paradigmák

Hálózati struktúra alapú protokollok

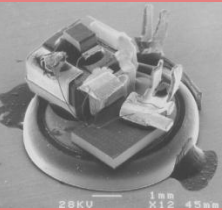

- Elosztott (flat)
- Hierarchikus
- Elhelyezkedés alapú (location based)
- **egyéb...**
 - Többutas (multipath) routing
 - Szolgáltatásminőségen alapuló (QoS based) routing



QoS routing

- 
- Az adatok „minősége” is fontos.
 - Pl. pontosság, késleltetés, ...
 - A dilemma általában az energiafogyasztás kontra QoS.

SAR – Sequential Assignment Routing

- 
- 
- Az útvonalválasztást befolyásoló paraméterek:
 - energia erőforrások
 - biztosítható QoS az útvonalakon
 - csomagok prioritása
 - Többutas, routing táblán alapuló megoldás
 - Az útvonalak költsége súlyozott QoS mértékeken alapul.

SPEED – valós idejű, vég-vég garanciát nyújtó megoldás

Routing összefoglalás...

	Classification	Mobility	Position Awareness	Power Usage	Negotiation based	Data Aggregation	Localization	QoS	State Complexity	Scalability	Multipath	Query based
SPIN	Flat	Possible	No	Limited	Yes	Yes	No	No	Low	Limited	Yes	Yes
Directed Diffusion	Flat	Limited	No	Limited	Yes	Yes	Yes	No	Low	Limited	Yes	Yes
Rumor Routing	Flat	Very Limited	No	N/A	No	Yes	No	No	Low	Good	No	Yes
GBR	Flat	Limited	No	N/A	No	Yes	No	No	Low	Limited	No	Yes
MCFA	Flat	No	No	N/A	No	No	No	No	Low	Good	No	No
CADR	Flat	No	No	Limited	No	Yes	No	No	Low	Limited	No	No
COUGAR	Flat	No	No	Limited	No	Yes	No	No	Low	Limited	No	Yes
ACQUIRE	Flat	Limited	No	N/A	No	Yes	No	No	Low	Limited	No	Yes
EAR	Flat	Limited	No	N/A	No	No		No	Low	Limited	No	Yes
LEACH	Hierarchical	Fixed BS	No	Maximum	No	Yes	Yes	No	CHs	Good	No	No
TEEN & APTEEN	Hierarchical	Fixed BS	No	Maximum	No	Yes	Yes	No	CHs	Good	No	No
PEGASIS	Hierarchical	Fixed BS	No	Maximum	No	No	Yes	No	Low	Good	No	No
MECN & SMECN	Hierarchical	No	No	Maximum	No	No	No	No	Low	Low	No	No
SOP	Hierarchical	No	No	N/A	No	No	No	No	Low	Low	No	No
HPAR	Hierarchical	No	No	N/A	No	No	No	No	Low	Good	No	No
VGA	Hierarchical	No	No	N/A	Yes	Yes	Yes	No	CHs	Good	Yes	No
Sensor aggregate	Hierarchical	Limited	No	N/A	No	Yes	No	No	Low	Good	No	Possible
TTDD	Hierarchical	Yes	Yes	Limited	No	No	No	No	Moderate	Low	Possible	Possible
GAF	Location	Limited	No	Limited	No	No	No	No	Low	Good	No	No
GEAR	Location	Limited	No	Limited	No	No	No	No	Low	Limited	No	No
SPAN	Location	Limited	No	N/A	Yes	No	No	No	Low	Limited	No	No
MFR, GEDIR	Location	No	No	N/A	No	No	No	No	Low	Limited	No	No
GOAFR	Location	No	No	N/A	No	No	No		Low	Good	No	No
SAR	QoS	No	No	N/A	Yes	Yes	No	Yes	Moderate	Limited	No	Yes
SPEED	QoS	No	No	N/A	No	No	No	Yes	moderate	Limited	No	Yes