

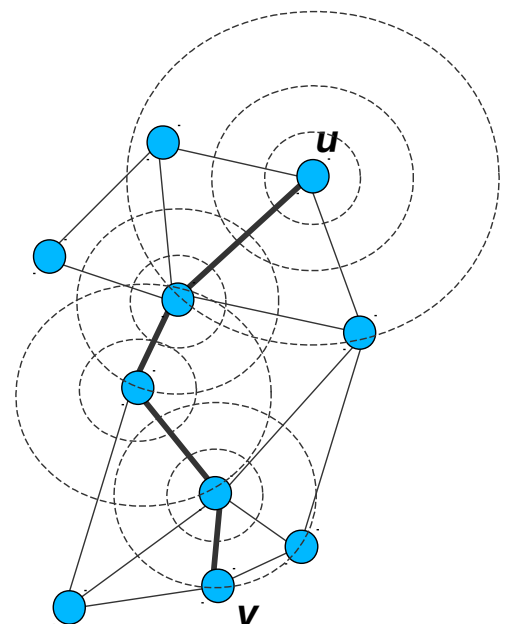
Hálózati Algoritmusok

2015

Topológia felügyelet és routing ad hoc hálózatokban

Topológia felügyelet (Topology Control)

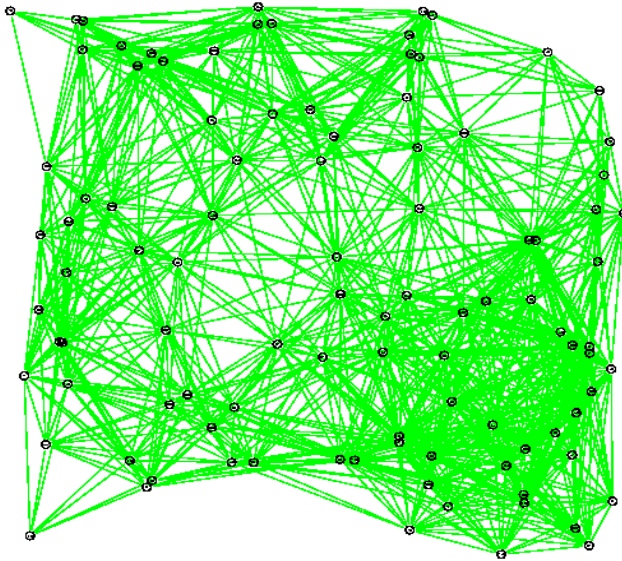
- Ritka topológiák, alacsony fokszám
 - tár hatékonyság
- Rövid és alacsony energiájú utak
 - Energia: akumulátor élete egészségi okok
- Alacsony maximális terhelés
- Hatékony elosztott konstrukció és fenntartás
 - skálázhatóság
 - hibatolerancia



Topology Control

Példa, ha nincs topológia felügyelet

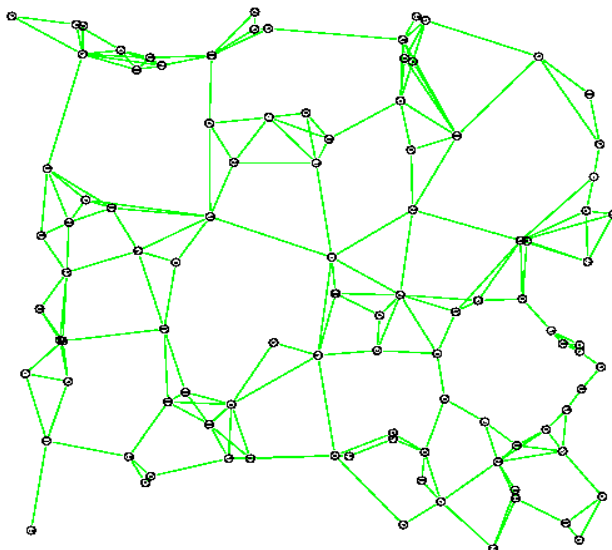
Maximális átviteli távolság R



- Magas energiaigény
- Magas interferencia
- Alacsony átvitel

Topology Control

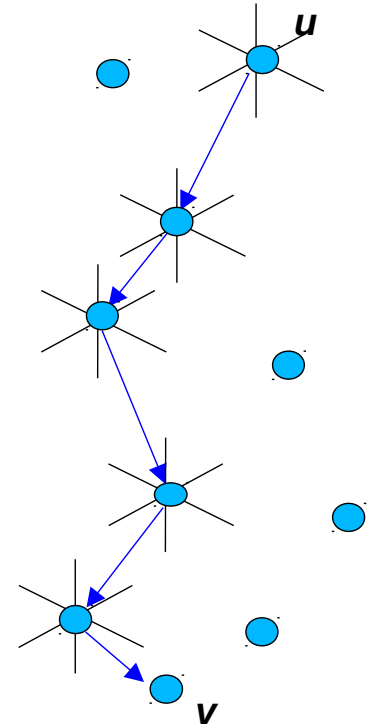
Példa, ha van topológia felügyelet



- Globális összefüggőség
- Alacsony energiaigény
- Alacsony interferencia
- Magas átvitel

Pozíció Alapú Routing

- A csomagokat „röptében” továbbítjuk a köv. csomópontok földrajzi pozíciója alapján
 - aktuális csomópont,
 - az aktuális csomópont szomszédai,
 - cél csomópont
- Routing tábla nem kell
 - Tár-hatékonyság, alacsony aktualizálási költség
- Különösen alkalmas olyan hálózatokhoz, ahol
 - a csomópontok gyorsan mozognak
 - gyakori a topológia változás
- Közvetlenül támogatja a routingot egy
 - földrajzi régióba
 - pozícióhoz (pozícióhoz közeli csomópontba)
- Hogy lehet kideríteni a cél csomópont pozícióját?



Elosztott Helymeghatározó Szervíz

Centralizált megoldás problémái

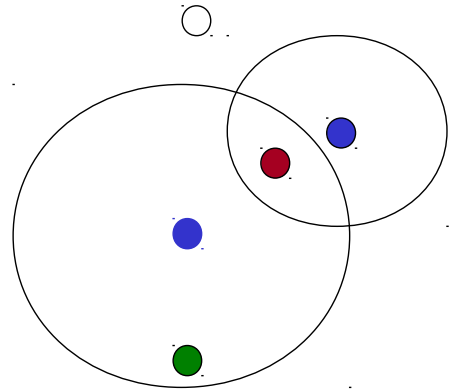
- Minden csomópontnak ismerni kell azoknak a csomópontoknak a pozícióját, amelyek a helymeghatározó szervízt rendelkezésre bocsájtják (tyúk-vagy-a-tojás-probléma)
- Nagyon nagy forgalom a helymeghatározó szervereken és azok környezetében

Elosztott helymeghatározó szervíz megkívánt tulajdonságai

- A terhelés egyenletesen oszlik el a csomópontokon
- Alacsony tár és kommunikációs költség
- Rövid utak a helymeghatározáshoz
- hibatolerancia

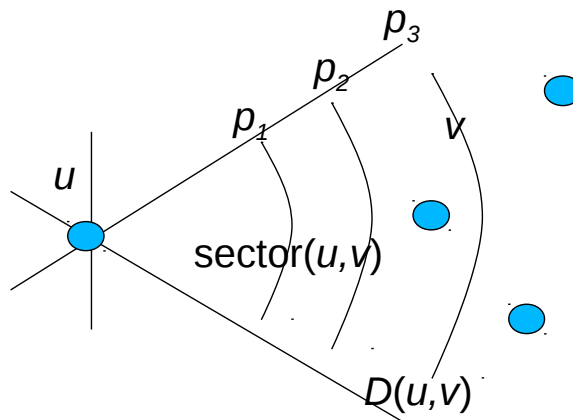
Egy egyszerű fizikai hálózat modell

- Homogén hálózat, amely
 - n vezeték nélküli állomásból s_1, \dots, s_n áll a síkon elhelyezve
- Vezeték nélküli átvitel
 - Egy frekvencia (csatorna)
 - Állítható átviteli hatótávolság
 - Max. hatótávolság $>$ max. távolság az állomások között
 - A küldő hatótávolsági területén belül: tiszta jel vagy interferencia
 - Kívül: nincs jel
 - A csomagok egységnyi méretűek



Hardware Modell

- Állítható átviteli energia
- k küldésre és fogadásra alkalmas antenna csomópontként
 - Egymástól függetlenül tudnak működni
 - Szektorokat definiálnak



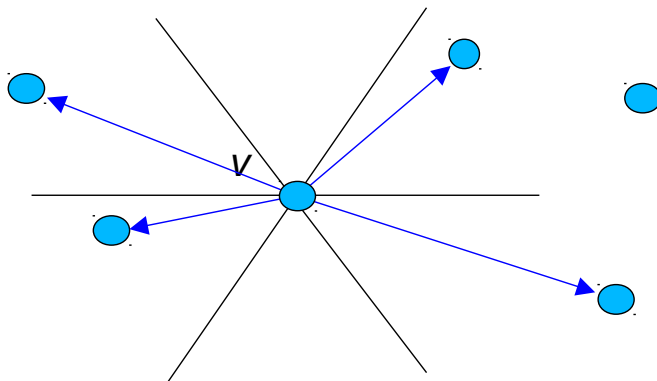
Gráf Modell

Definíciók: Legyen V csomópontok halmaza a síkon, $G=(V,E)$ egy gráf

- G egy **c-spanner**, ha $\forall u,v \in V \exists$ egy P út u -tól v -hez, úgy hogy
$$\|P\|_2 := \sum_{e \in P} \|e\|_2 \leq c \|u,v\|_2$$
- G egy **weak c-spanner**, ha $\forall u,v \in V \exists$ egy P út u -tól v -hez amely teljesen belül van a körlapon, melynek középpontja u és sugara $c \|u,v\|_2$
- G is a **(c,d)-energia spanner**, ha $\forall u,v \in V \exists$ egy P út u -tól v -hez $P = (u=u_1, \dots, u_m=v)$, úgy hogy
$$\sum_{i=1}^{m-1} (\|u_i, u_{i+1}\|_2)^d \leq c \cdot \min_{(u=v_1, \dots, v_m=v)} \sum_{i=1}^{m-1} (\|u_i, u_{i+1}\|_2)^d$$
- G egy **energia spanner**, ha minden $d > 1$ esetén van egy olyan konstans c , hogy G egy (c,d) -energia spanner.

Topológiák

Yao gráf [Yao 82]: Minden $v \in V$ csomópont körül felosztjuk a síkot egyforma $\theta \leq \pi/3$ fokú nyílásszögű szektorokra



Minden csomópont össze van kötve egy éllel a legközelebbi csomóponttal minden szektorban:

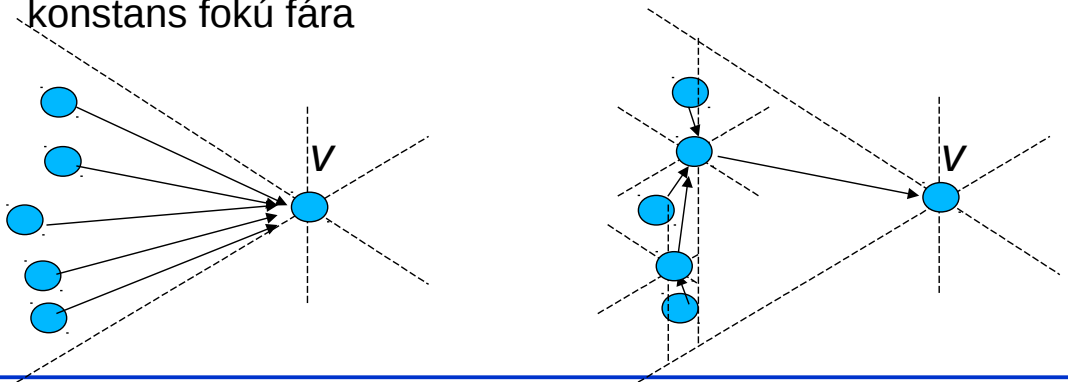
$$E := \{(u,v) \mid \forall w \neq v : \text{sector}(u,v) = \text{sector}(u,w) \Rightarrow D(u,v) < D(u,w)\}$$

Topológiák

Legyen G_Y a Yao gráf.

A **Fok-korlátos Yao gráf (BoundY)** [Arya et al. 95] a következő procedúra által definiált:

- For each $v \in V$ és for each v körüli szektorra do
 - $N(v) := \{ w \mid (w,v) \in E(G_Y) \text{ and } w \in \text{sector}(v) \}$
 - cseréljük ki a $\{ (w,v) \mid w \in N(v) \}$ csillagot egy bizonyos konstans fokú fára

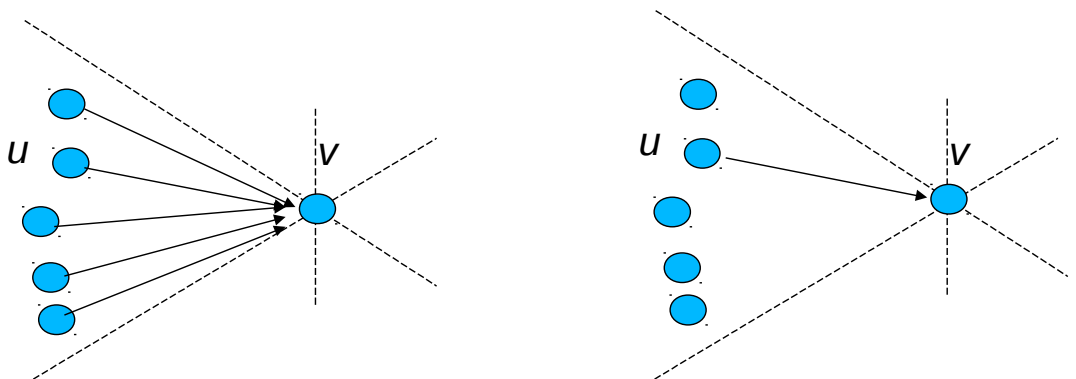


Topológiák

Legyen G_Y a Yao gráf.

A **Ritkített Yao gráf (SparsY)** [Li et al. 01] a következő irányított élhalmaz által definiált:

$$E := \{ (u,v) \in E(G_Y) \mid \forall w : (w,v) \in E(G_Y) \text{ and } \text{sector}(v,w) = \text{sector}(v,u) \Rightarrow D(v,u) < D(v,w) \}$$

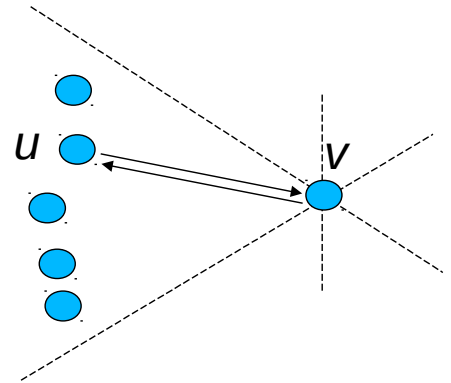
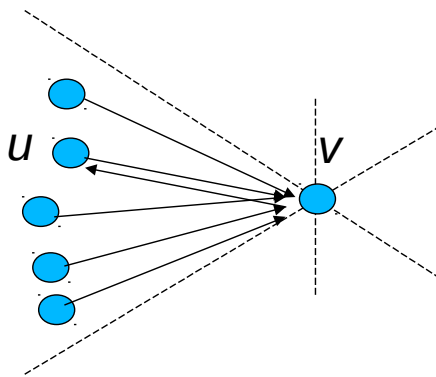


Topológiák

Legyen G_Y a Yao gráf.

A **Szimmetrikus Yao gráf (SymmY)** [Li et al. 01] a következő irányított élhalmaz által definiált:

$$E := \{ (u,v) \in E(G_Y) \mid (v,u) \in E(G_Y) \}$$

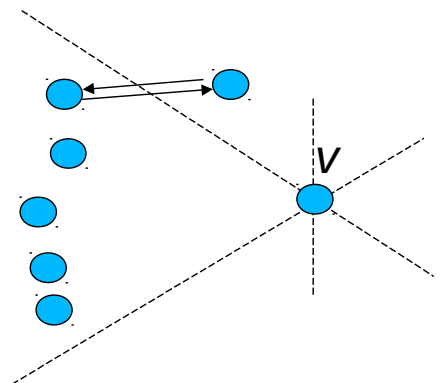
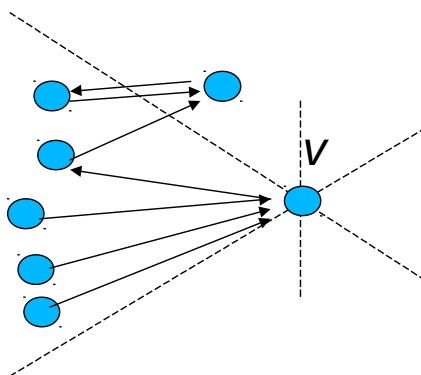


Topológiák

Legyen G_Y a Yao gráf.

A **Szimmetrikus Yao gráf (SymmY)** [Li et al. 01] a következő irányított élhalmaz által definiált:

$$E := \{ (u,v) \in E(G_Y) \mid (v,u) \in E(G_Y) \}$$



Gráf tulajdonságok

$$\text{SymmY}(V) \subseteq \text{SparsY}(V) \subseteq \text{Yao}(V) \\ \text{SparsY}(V) \subseteq \text{BoundY}(V).$$

Legyen V egy „normal” csomóponthalmaz. Ekkor

Topology	Yao	BoundY	SparsY	SymmY
in-degree	$n-1$	$(k+1)^2$	k	k
out-degree	k	k	k	k
degree	$n-1+k$	$(k+1)^2+k$	$2k$	k

Gráf tulajdonságok

Legyen $V \in \mathbb{R}^2$ csomópontok n elemű halmaza. Ekkor $\text{Yao}(V)$

- egy c -spanner $k > 6$ esetén [Ruppert & Seidel 1991], ahol

$$c = \frac{1}{1 - 2 \sin(\Theta/2)}$$

- egy c -spanner $k = 4$ esetén [Bose et al. 2010] ahol,

$$c = 8\sqrt{2}(29 + 23\sqrt{2})$$

- egy weak c -spanner $k \geq 6$ esetén [Fischer et al. 1997], ahol

$$c = \max \left\{ \sqrt{1 + 48 \sin^4(\Theta/2)}, \sqrt{5 - \cos \Theta} \right\}$$

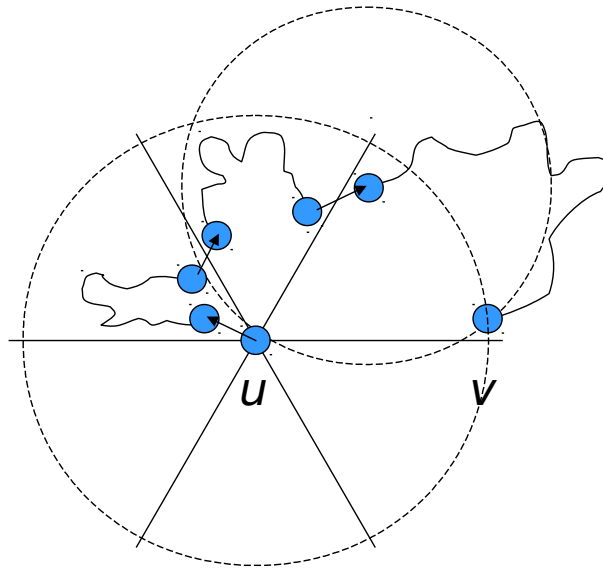
- egy weak c -spanner $k = 4$ esetén [Fischer et al. 1998] *, ahol

$$c = \sqrt{3 + \sqrt{5}}$$

Gráf tulajdonságok

Tétel*: Legyen $V \in \mathbb{R}^2$ egy n elemű csomópont halmaz. Ekkor $\text{SparsY}(V)$ egy weak c -spanner $k > 6$ esetén, ahol

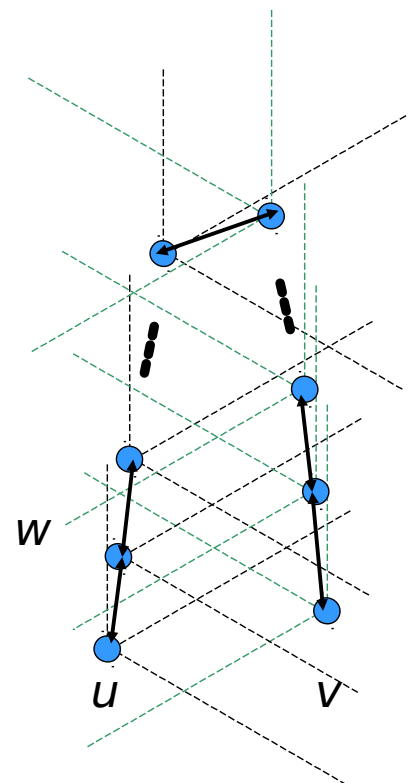
$$c = \frac{1}{1 - 2 \sin(\theta/2)}$$



Gráf tulajdonságok

Tétel*: Legyen $V \in \mathbb{R}^2$ csomópontok n elemű halmaza. Ekkor $\text{SymmY}(V)$

- összefüggő, ha $k \geq 6$
- se nem weak c -spanner semmilyen c konstansra, se nem (c,d) -energia spanner

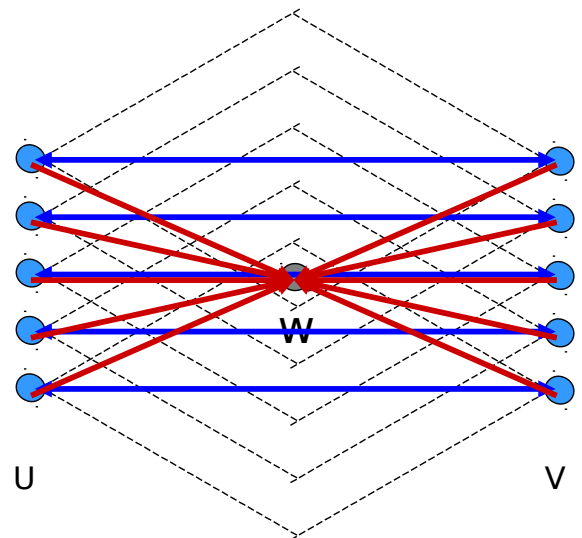


A hálózat fenntartása

Egy V , $|V|=n$ csomóponthalmaz **normál**, ha egy fix $p(n)$ polinómra:

$$\frac{\max_{u,v \in V} \|u,v\|_2}{\min_{u,v \in V} \|u,v\|_2} \leq p(n)$$

Tétel*: Legyen V egy normál csomóponthalmaz. Ha a belép egy új csomópont a hálózatba vagy egy csomópont elhagyja a hálózatot, akkor $\Theta(|V|)$ éleket kell aktualizálni a következő gráfokban: Yao(V), BoundY(V), SparsY(V) or SymmY(V). A HL(V) gráfban $O(\log|V|)$ éleket.



A hálózat fenntartása

Tétel*: Legyen V egy normál csomóponthalmaz és legyen m a megváltozott élek száma, ha egy csomópont belépése vagy kilépése után. Ekkor Yao(V), BoundY(V), SparsY(V) és SymmY(V) aktualizálható $O(m \log s)$ időben. HL(V) aktualizálható $O(\log|V| + \log s)$ időben. Yao(V) esetén:

enter

- Informáljuk a csomópontokat, hogy u belépett
- Keressük meg u szomszédját minden szektorban
- Az informált csomópontok ellenőrzik a (korábban) üres szektorokat, hogy u ezekben van-e, ha igen, akkor u szomszéd lesz
- Az informált csomópontok ellenőrzik a nemüres szektorokat

leave

- Egy v csomópont észleli, hogy u elhagyta a hálózatot
- v informálja a csomópontokat, hogy u kilépett
- Minden csomópont, ami adjacens volt u -hoz meghatározza az új szomszédait (ez megtehető az enter-algoritmus redukált változatával)

Irodalom

- T. Lukovszki, Ch. Schindelhauer, K. Volbert: **Resource Efficient Maintenance of Wireless Network Topologies**. *Journal of Universal Computer Science*, Vol. 12(9), pages 1292-1311, 2006.
- Y. Wang: **Topology Control for Wireless Sensor Networks**. Book Chapter of *Wireless Sensor Networks and Applications*, Series: *Signals and Communication Technology*, edited by Li, Yingshu; Thai, My T.; Wu, Weili, Springer-Verlag, ISBN: 978-0-387-49591-0, 2008.
- X.-Y. Li: **Topology Control in Wireless Ad Hoc Networks**. Book Chapter of *Mobile Ad Hoc Networking*, edited by Stefano Basagni, Marco Conti, Silvia Giordano, and Ivan Stojmenovic, Wiley-IEEE Press, ISBN: 978-0-471-37313-1, 2004.