

Počítačové siete 2

Riadenie topológie, LEACH, SPAN

Martin Drozda

But, what ever happened to IPv5?

In the late 1970's, a protocol named ST — The Internet Stream Protocol — was created for the experimental transmission of voice, video, and distributed simulation. Two decades later, this protocol was revised to become ST2 and started to get implemented into commercial projects by groups like IBM, NeXT, Apple, and Sun. Wow did it differ a lot. ST and ST+ offered connections, instead of its connection-less IPv4 counterpart. It also guaranteed QoS. ST and ST+, were already given that magical “5”.

And now as the Internet clock ticks, our PCs don't use IPv5. So we're moving onto 6.

Zdroj: http://www.oreillynet.com/onlamp/blog/2003/06/what_ever_happened_to_ipv5.html

Zhao, F. and Liu, J. and Liu, J. and Guibas, L. and Reich, J. Collaborative signal and information processing: an information-directed approach. Proceedings of the IEEE, vol. 91, no. 8, pp. 1199—1209, 2003.

„It is well known that communicating 1 b over the wireless medium consumes far more energy than processing the bit. For the Sensoria sensors and Berkeley motes, the ratio of energy consumption for communication and computation is in the range of **1000–10 000**. Despite the advances in silicon fabrication technologies, wireless communication will continue to dominate the energy consumption of embedded networked systems for the foreseeable future [8]. Thus, minimizing the amount and range of communication as much as possible, for example, through local collaboration, data compression, or invoking only the nodes that are relevant to a given task, can significantly prolong the lifetime of a sensor network and leave nodes free to support multiuser operations.“

Cieľ:

Výpočet výkonu vysielача tak, aby graf reprezentujúci ad hoc sieť spĺňal predpísané vlastnosti.

Vlastnosti: súvislosť, max. priemer atď.

Optimalizácia vzhľadom na:

- max. spotrebu energie jedného uzla
- spotrebu energie všetkých uzlov

Max. spotreba a celková spotreba energie

Max. spotreba: $\text{Min Max } \{p_i\}$

Celková spotreba: $\text{Min Sum } \{p_i\}$

p_i je spotreba energie uzla i

Max. spotreba alebo celková spotreba?

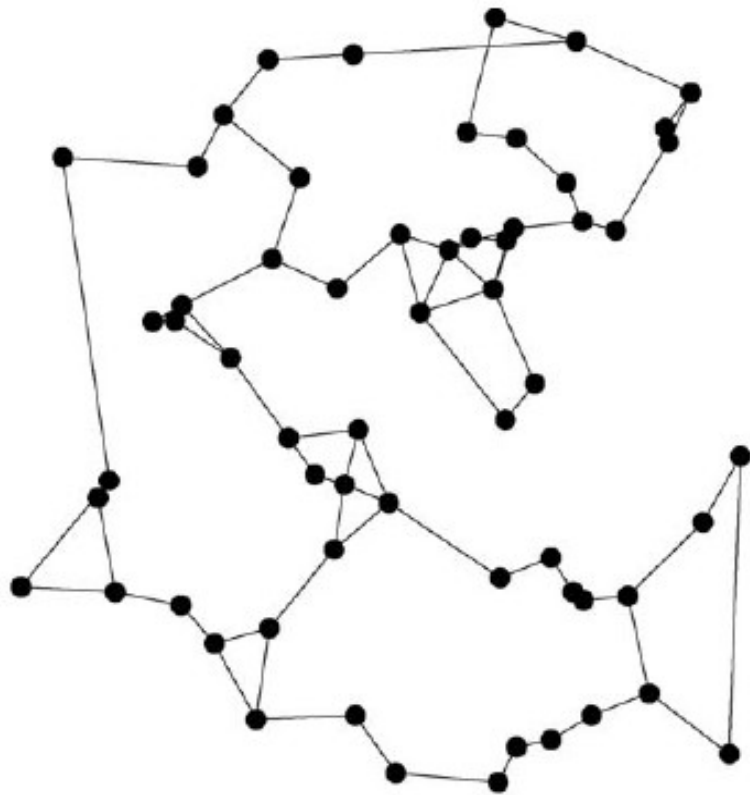
Čo je vhodnejšie?

Uzlová (hranová) súvislosť je najmenší počet uzlov (hrán), ktoré musia byť odstránené z grafu tak, aby sa graf stal nesúvislý.

Príklad: strom má uzlovú aj hranovú súvislosť rovnú 1.

Ak je uzlová (hranová) súvislosť grafu rovná alebo väčšia ako k , potom sa takýto graf nazýva k -uzlovo (hranovo) súvislý.

1-uzlová, 2-uzlová súvislosť...



$M = (N, L)$
 $N =$ uzly
 $L =$ koordináty
 uzlov
 $\lambda(d) =$ funkcia

Algorithm CONNECT

Input: (1) Multihop wireless network $M = (N, L)$ (2) Least-power function λ

Output: Power levels p for each node that induces a connected graph

begin

1. sort node pairs in non-decreasing order of mutual distance
 2. initialize $|N|$ clusters, one per node
 3. **for** each (u,v) in sorted order **do**
 4. **if** cluster(u) \neq cluster(v)
 5. $p(u) = p(v) = \text{distance}(u, v)$
 6. merge cluster(u) with cluster(v)
 7. **if** number of clusters is 1
 - then end**
 8. perNodeMinimalize($M, \lambda, p, 1$)
- end**

Definition II.4: The *least-power function* $\lambda(d)$ gives the minimum power needed to communicate a distance of d .

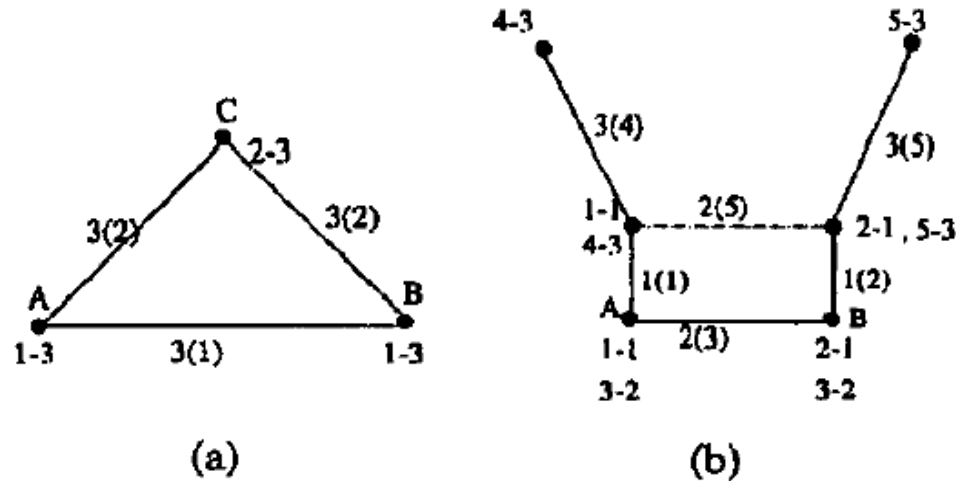
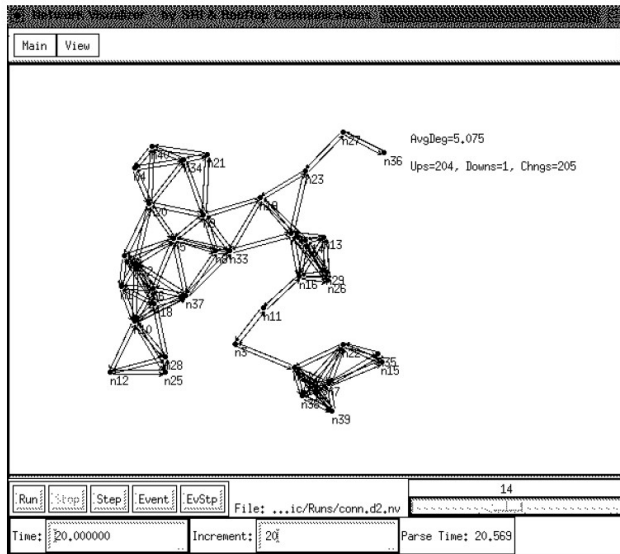


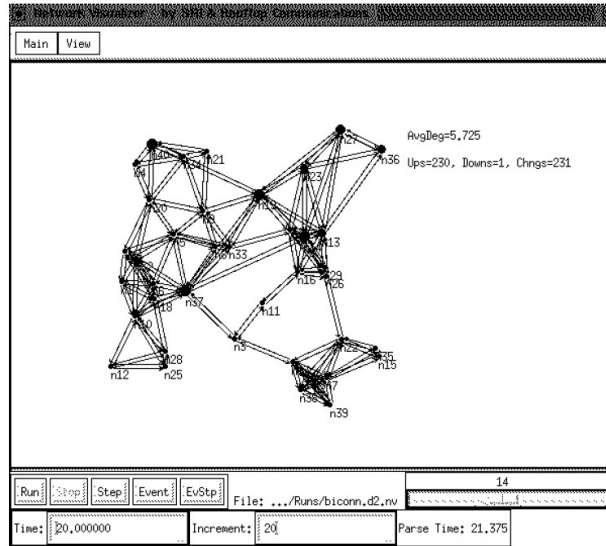
Fig. 1. Illustrating side effect edges. Side effect edges are shown with dashed lines. Legend for nodes is $s-p$, where s is the step number, and p is the power assigned during that step. Legend for edges is $d(s)$, where d is the distance between corresponding nodes, and s is the step during which this edge was formed. Figure (a) is per-node minimal, but in figure (b), the powers of A and B can be reduced back to 1 and still keep the graph connected.

```
Procedure perNodeMinimalize( $M, \lambda, p, k$ )  
begin  
1. let  $S$  = sorted node pair list  
2. for each node  $u$  do  
3.    $T = \{ (n_1, n_2) \in S : u = n_1 \text{ or } u = n_2 \}$   
4.   sort  $T$  in non-increasing order of distance  
5.   discard from  $T$  all  $(x, y)$  such that  
       $\lambda(d(x, y)) > p(u)$   
6.   for  $(x, y) \in T$  using binary search do  
7.     if graph with  $p(u) = \lambda(d(x, y))$   
      is not  $k$ -connected, stop  
8.     else  $p(u) = \lambda(d(x, y))$   
end
```

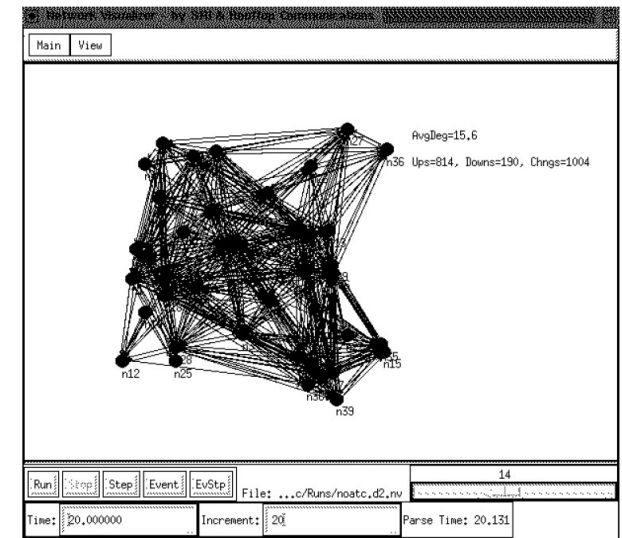
Súvislosť siete



Súvislá sieť
Priem. stupeň uzla=5.075

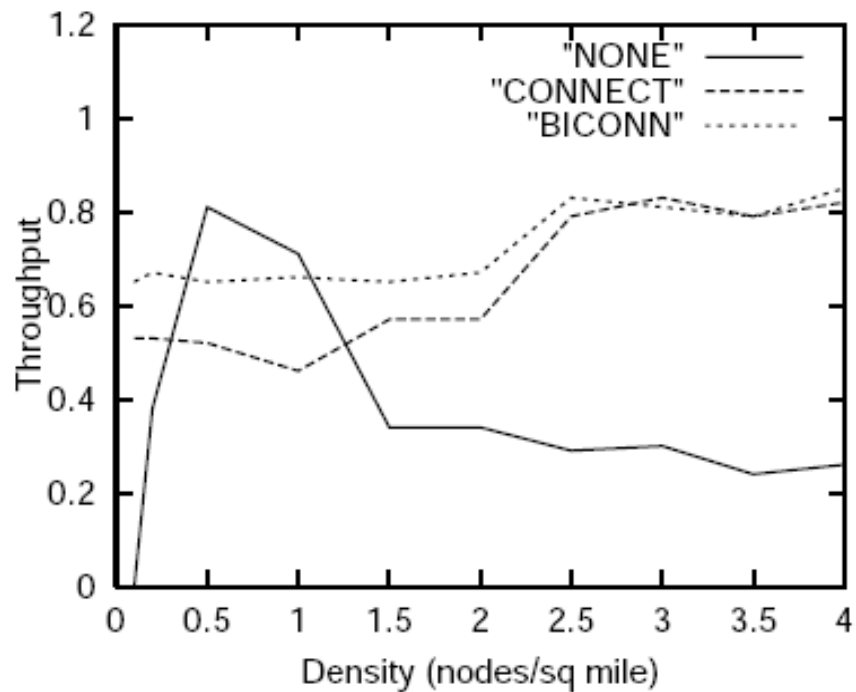


2-uzlovo súvislá
5.725



Bez riadenia topológie
15.6

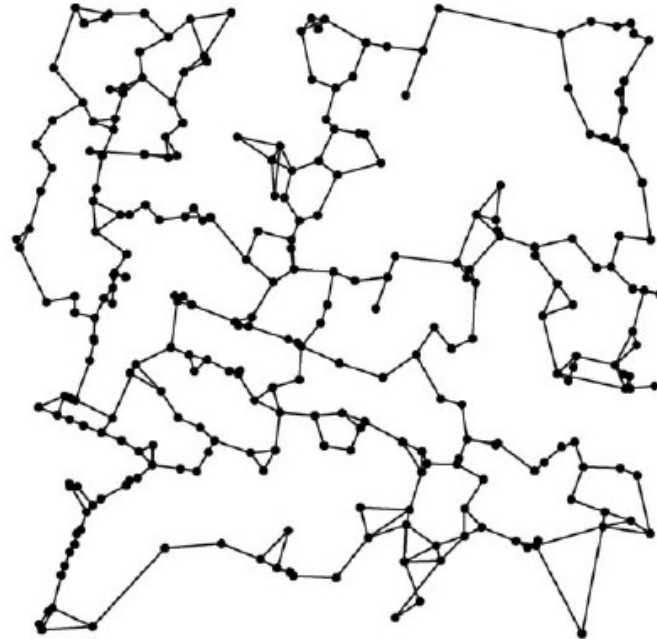
Súvislosť siete: experimentálne výsledky



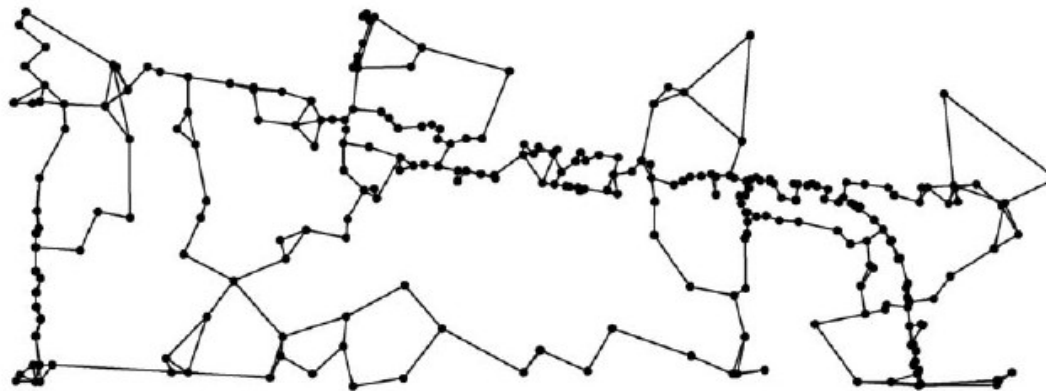
CSMA s exponenciálnym čakaním



(a) Without Topology Control



(b) Area 1 using 2NC MIN TOTAL algorithm



(c) Area 2 using 2NC MIN TOTAL algorithm

Model: (M, P, O)

M = {orientovaný, neorientovaný} graf

P = vlastnosť (1-uzlovo súvislý, ...)

O = podmienky optimality (max. spotreba, celková spotreba energie)

Monotónna vlastnosť: vlastnosť P je monotónna, ak ostane platná aj po zväčšení výkonu vysielača, pričom výkony ostatných vysielačov ostanú nezmenené.

Príklad monotónnej vlastnosti? Súvislosť.
Príklad nemonotónnej vlastnosti? Graf je strom.

(neorientovaný, P , max. spotreba)

(orientovaný, P , max. spotreba)

Algoritmus má polynomiálnu časovú zložitosť, ak monotónna vlastnosť P môže byť otestovaná v polynomiálnom čase.

(neorientovaný, P , celková spotreba)

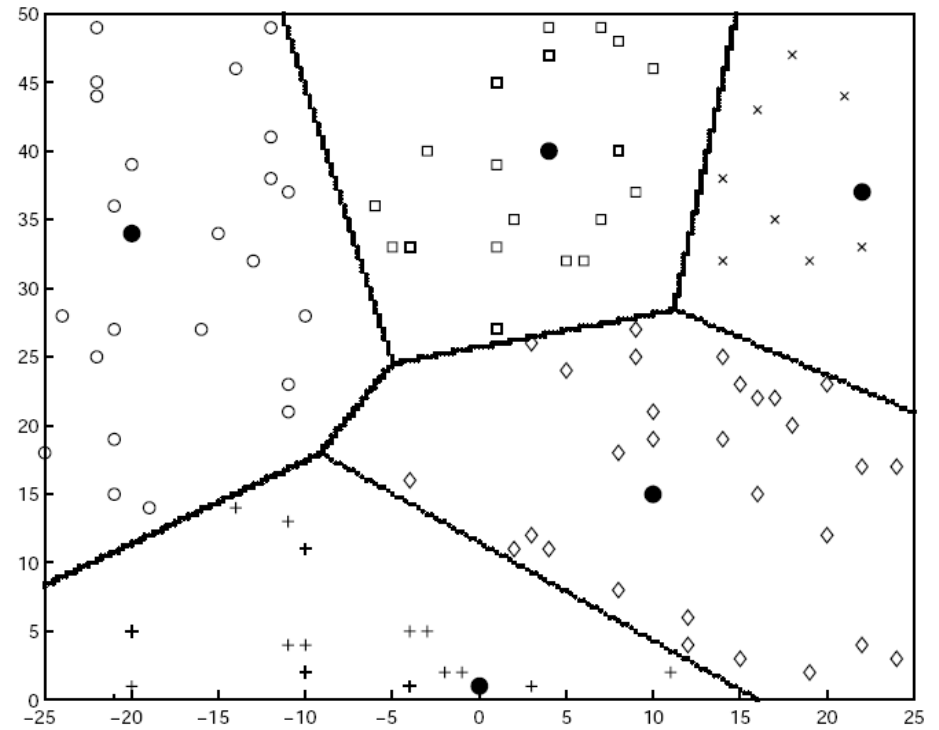
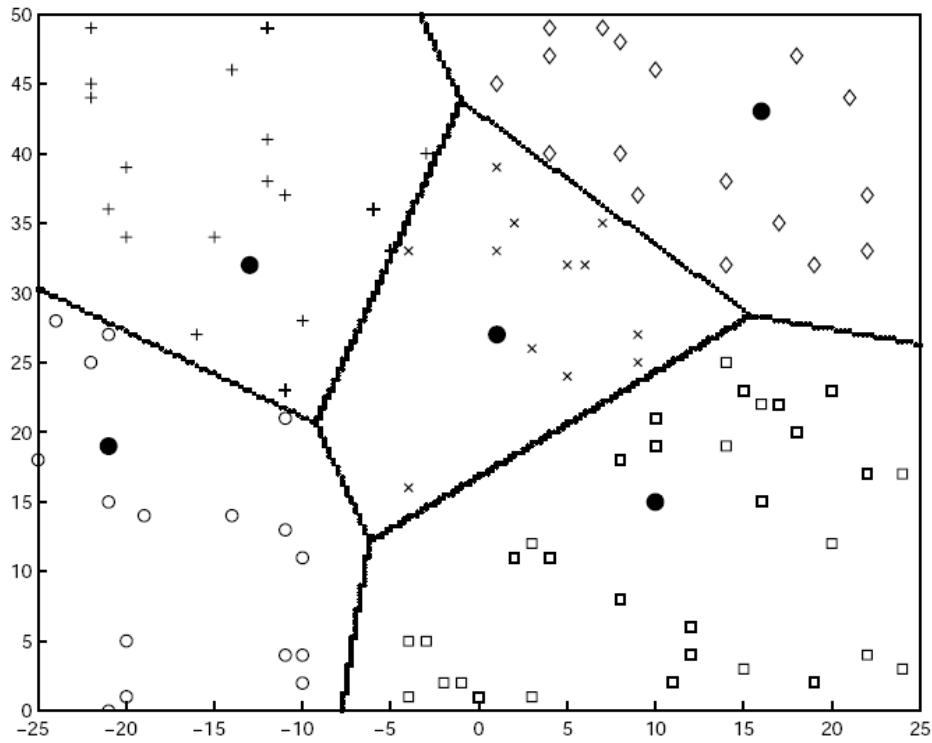
(orientovaný, P , celková spotreba)

Ak podmienka optimality je celková spotreba, potom problém je NP-ťažký.

LEACH: Low energy adaptive clustering hierarchy

- Uzly sa organizujú do zhukov s lídrom
- Líder posiela komprimované dáta do zberného uzla

Množina uzlov si zvolí n lídrov a títo posielajú dáta do zberného uzla (s pripojením na Internet atď.)



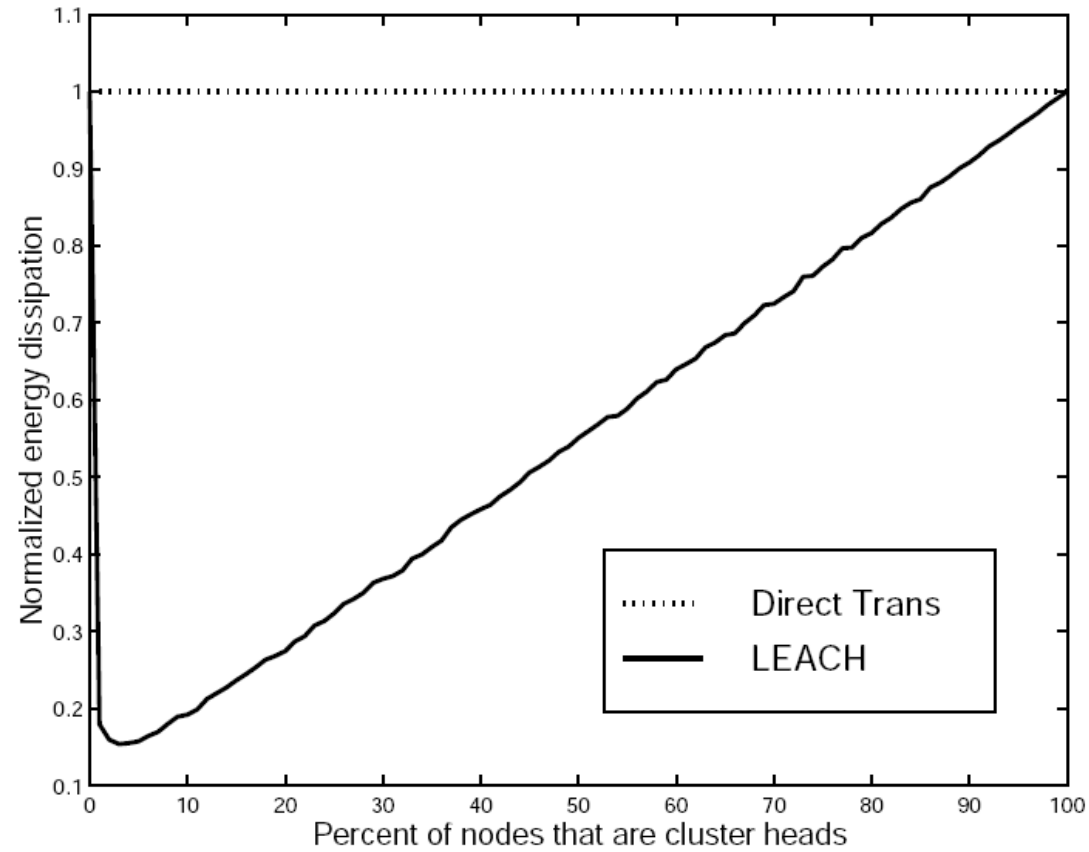
Situácia po 1. kole, po 2. kole.

- Uzol sa stane lídrom, ak $x < T(n)$, kde x je náhodné číslo $(0.0, 1.0]$.
- P je plánované % lídrov z populácie uzlov, r je terajšie kolo, G je množina uzlov, ktoré neboli lídrom posledných $1/P$ kôl.
- Každý uzol, ktorý sa v terajšom kole zvolil za lídra, oznámi túto skutočnosť cez broadcast (CSMA).
- Uzly, ktoré boli zvolené za lídrov, nemôžu byť lídrom najbližších $1/P$ kôl.
- Každý uzol sa rozhodne do ktorého zhluku bude patriť podľa sily signálu lídrov.

$$T(n) = \begin{cases} \frac{P}{1 - P * (r \bmod \frac{1}{P})} & \text{if } n \in G \quad r = 0, 1, \dots \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

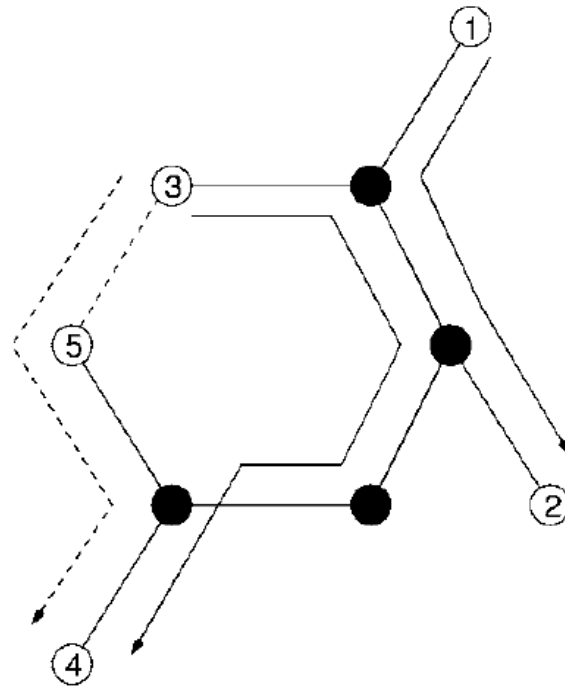
- Každý uzol musí informovať lídra, že patrí do jeho zhluku.
- Líder zhluku použije TDMA pre komunikáciu s uzlami zhluku.
- Uzol môže využiť mód spánku, keď podľa TDMA nemusí komunikovať.
- Hierarchické zhlukovanie je možné.

LEACH: fázy



Distribučovaný algoritmus, kde uzly robia lokálne rozhodnutie o pripojení k preposielacej chrbtici alebo o móde spánku.

Uzly sa rozhodujú podľa toho, koľko ich susedov bude pripojených, ak sa stanú koordinátorom, a tiež podľa ostávajúcej energie.



SPAN: kto sa stane koordinátor

Uzol, ktorý nie koordinátor, sa stane koordinátorom, keď zistí na základe lokálnej informácie, že dvaja z jeho susedov nie sú navzájom dosiahnuteľní.

Algoritmus negarantuje minimálny počet koordinátorov.

Úmysel stať sa koordinátorom je oznámený cez Hello správu.

SPAN: kto sa stane koordinátor

Uzol, ktorý má malý počet susedov a/alebo nízky stav batérie by sa nemal stať koordinátorom, resp. mal by sa stať neskoršie.

Nech N_i je počet susedov uzla i a C_i je počet párov susedov, ktorí by boli pripojení, ak sa i stane koordinátorom. Potom:

$$0 \leq C_i \leq \binom{N_i}{2}$$

Užitočnosť uzla i je definovaná ako:

$$C_i / \binom{N_i}{2}$$

SPAN: kto sa stane koordinátor

Nech E_r je zostatková energia (J) na uzle i a E_m je max. energia tohoto uzla. Intuitívne rozhodnutie je, že uzol, ktorý má pomer E_r / E_m vysoký, bude mať väčšiu šancu stať sa koordinátorom. Toto môže byť modelované nekonečným počtom funkcií, jedna z možností je lineárna funkcia $1 - E_r/E_m$.

SPAN: kto sa stane koordinátorom

Oneskorenie s ktorým sa uzol i stane koordinátorom:

$$delay = \left(\left(1 - \frac{E_r}{E_m} \right) + \left(1 - \frac{C_i}{\binom{N_i}{2}} \right) + R \right) \times N_i \times T.$$

N_i : počet susedov uzla i

C_i : počet susedov uzla i , ktorí budú dosiahnuteľní ak sa uzol i stane koordinátorom.

R : náhodné číslo $(0.0, 1.0>$

E_r : zostatková energia uzla i

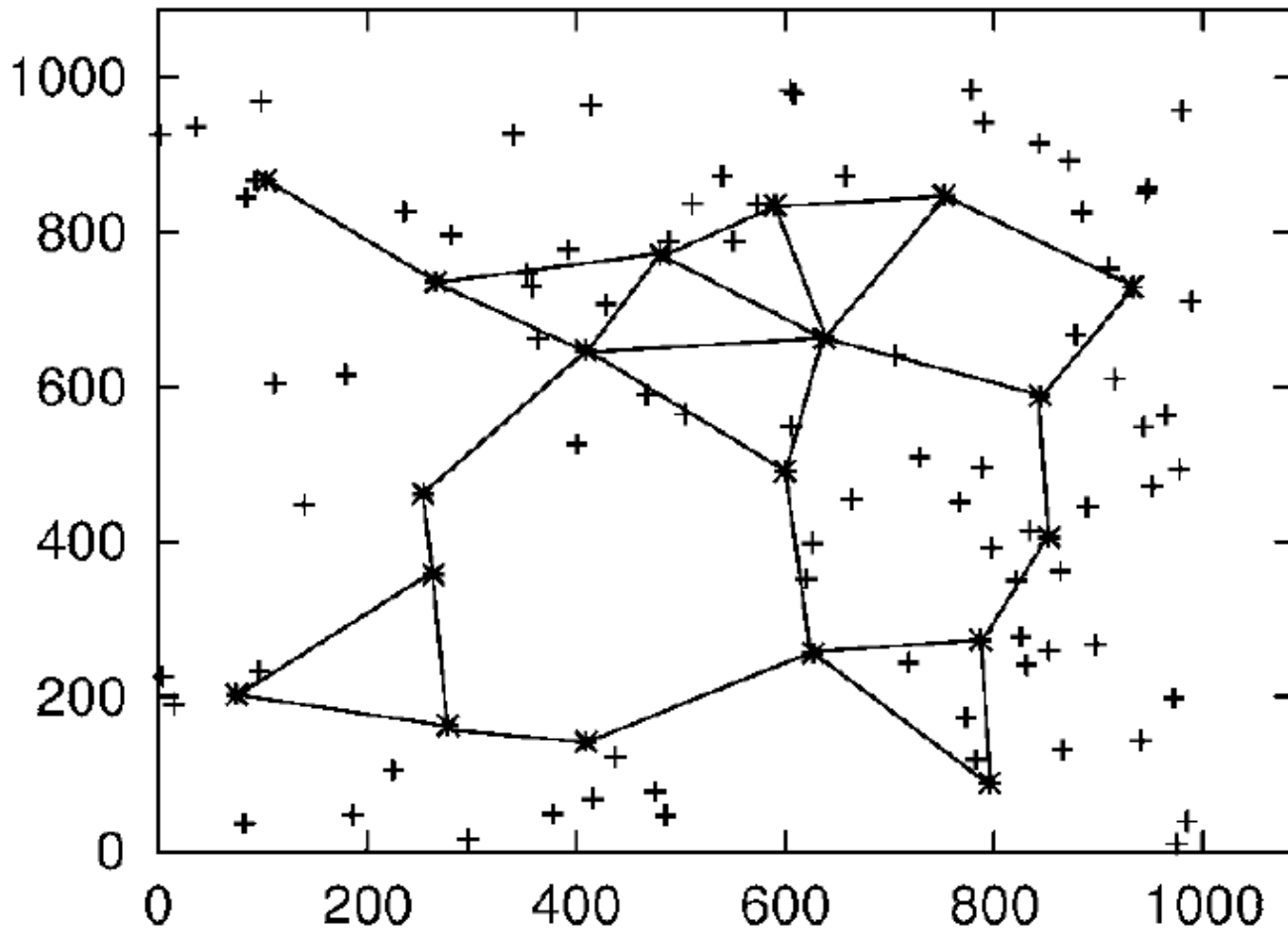
E_m : max. energia uzla i

T : oneskorenie dátového paketu na linke (medzi dvoma uzlami)

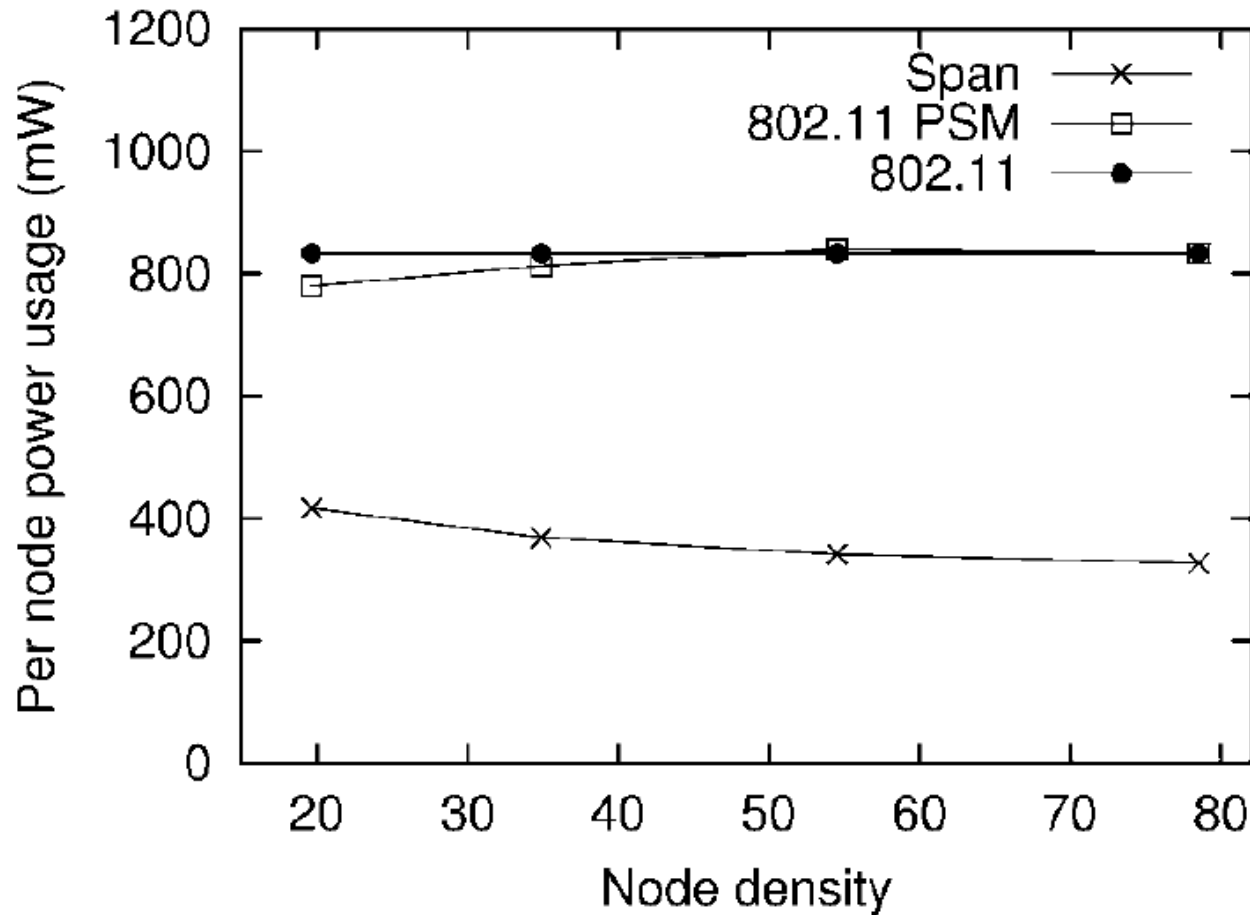
Každý uzol si zvolí hodnotu čakania (delay) po ktorej oznámi pomocou Hello, že je koordinátor.

SPAN: ukončenie

Každý koordinátor pravidelne testuje, či by nemal ukončiť svoju činnosť. Uzol prestane byť koordinátorom, ak každý jeho sused je navzájom dosiahnuteľný iným koordinátorom.

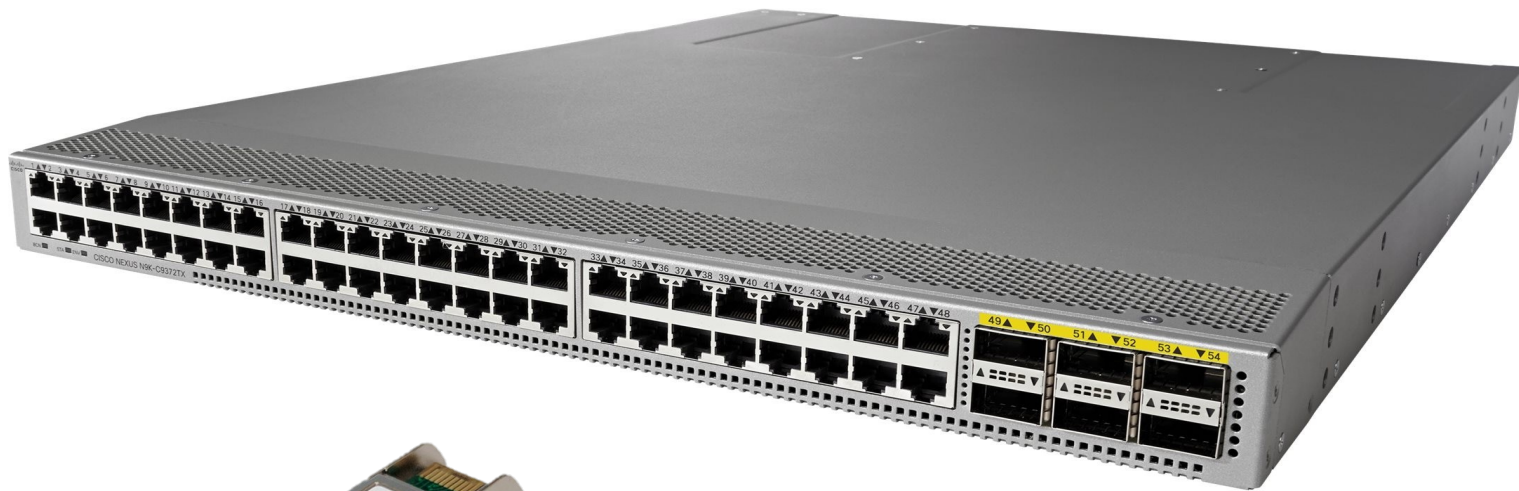


Uzly, ktoré nie sú koordinátormi môžu vstúpiť do módu spánku.



802.11 PSM; PSM = power saving mode (mód spánku s periodickým overením potreby poslať dáta)

Cisco 9300 Switch



6x QSFP+ (40Gbit)

Cisco 2130 Firewall



4.75 Gbit

Optická kabeláž



Optický kábel
2, 4, 8, 12...stovky vláken



Pig tail



Patch panel

Cisco Wifi Controller



Live Q&A

Live otázky a odpovede sú plánované cez Discord.