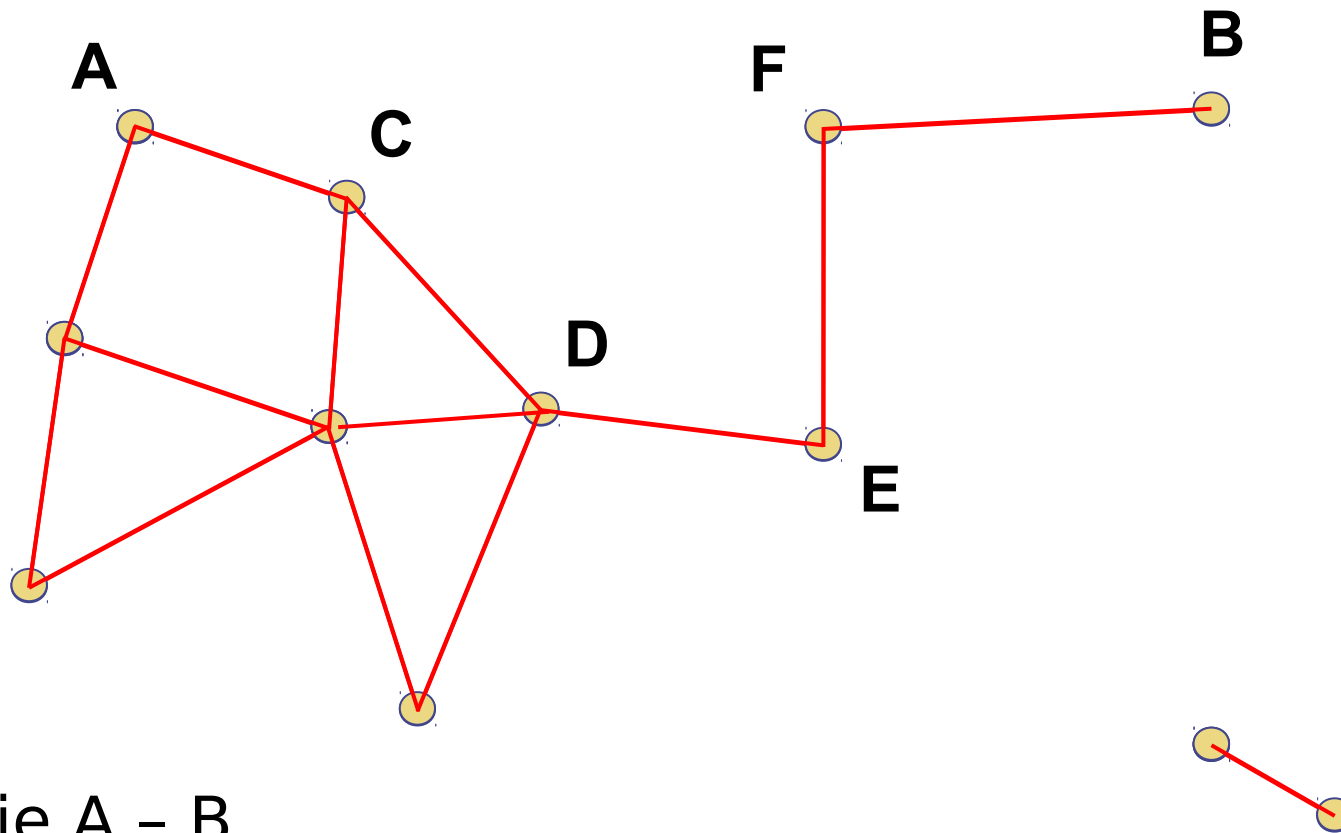


Počítačové siete 2

Smerovacie protokoly 1

Martin Drozda

Ad hoc sieť



Spojenie A - B

Smerovanie paketov cez uzly: A-C-D-E-F-B

OSI referenčný model



L7: Aplikačná vrstva (Web, email client, ...)

L6: Prezentačná (reprezentácia dát)

L5: Relačná (spojenie štart/ukončenie)

L4: Transportná (TCP, UDP)

L3: Sieťová (smerovanie) (IP; AODV, DSR, TORA, LAR)

L2: Linková (MAC) (802.11, CSMA, MACA, Aloha)

L1: Fyzická (Hardvér, modulácia)

Packet vs frame:

- *MAC layer frame*
- *TCP frame*
- *data packet*
- *IP packet*

Path vs route: interchangeable...

Link vs connection:

- link (MAC);
- connection implies a chain of nodes.

QoS pre smerovanie

- *Oneskorenie*
- *Spravodlivosť*
- *Priepustnosť*
- *Užitočná priepustnosť*
- *Overhead*
- *Kvalita nájdených ciest*

Model smerovania

$G(V(t), E(t))$ alebo $G(V(t), E(t), w1(t), w2(t))$

$w1, 2$ je ohodnotenie hrán a uzlov

$w1: V \rightarrow R$ modeluje stav uzla (stav batérie, schopnosť spracovávať pakety atď.)

$w2: E \rightarrow R$ modeluje kvalitu liniek

Cieľ: minimalizácia celkovej použitej energie alebo minimalizácia energie použitej jedným uzlom

Smerovanie: nájsť najkratšiu cestu v G (vzhľadom na $w1, w2$) distribuovaným spôsobom

Kvalita smerovania

Komunikačná zložitosť: koľko správ je potrebných na poslanie dátových paketov

Dilačný faktor: skutočná komunikačná zložitosť v pomere k najnižšej možnej komunikačnej zložitosti

Cena smerovania: cieľ je najkratšia cesta

Pamäť: aký priestor potrebujeme na smerovanie

Smerovanie: bez slučiek

Priemer grafu

Priemer grafu: najdlhšia najkratšia cesta – horný odhad dĺžky spojení v danom grafe

$\text{dist}(u, v)$ = dĺžka najkratšej cesty z u to v .

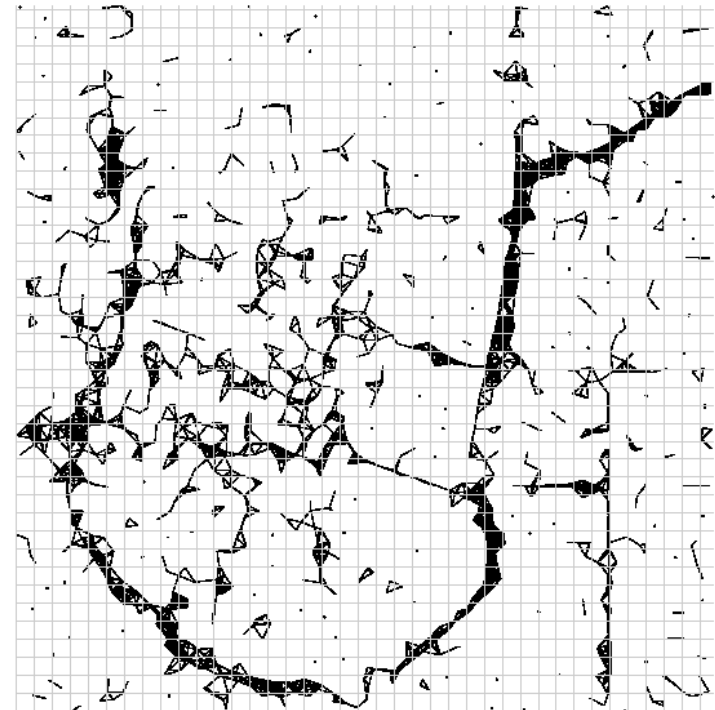
$\text{Diam}(G) = \max \{\text{dist}(u, v)\}$

Priemer grafu vs d2-párovanie

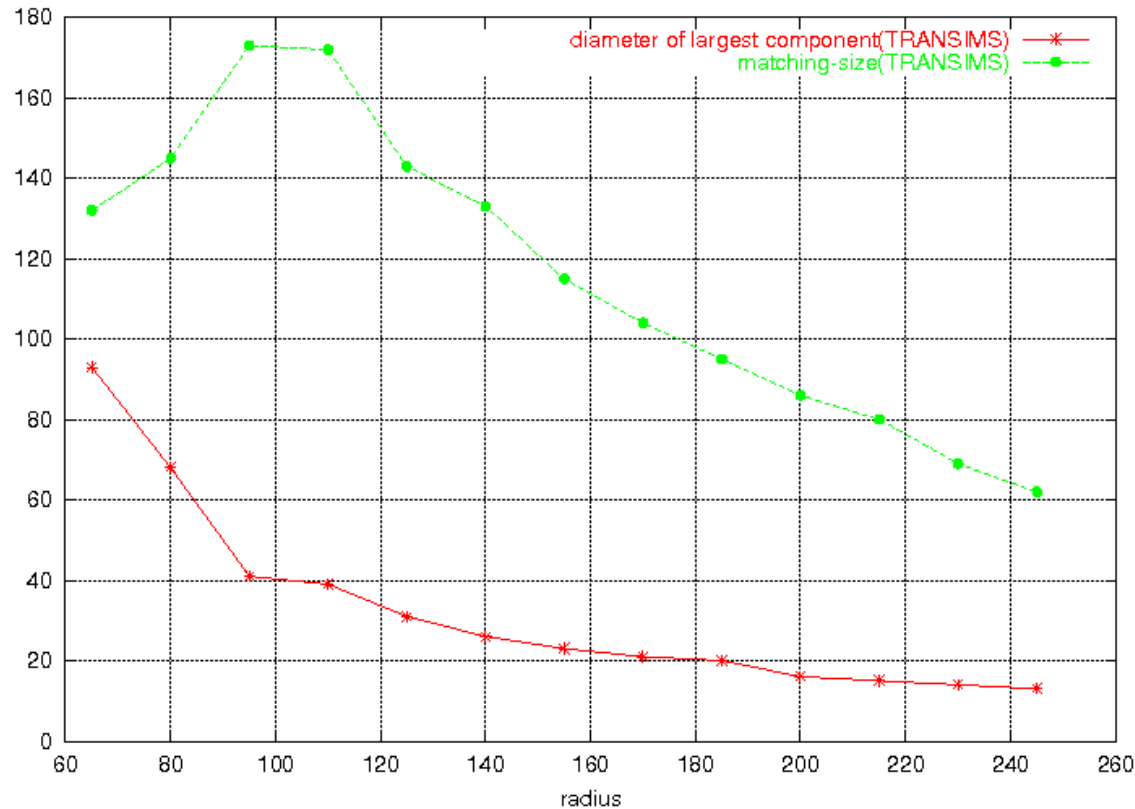
Diam = ?

1718 uzlov

Topológia: Portland, OR



Priemer grafu vs d2-párovanie



Vieme zvoliť rádius tak, aby priemer bol malý a d2-párovanie veľké? Ak nie, ktorý parameter je dôležitejší?

Ak je rádius rovnaký pre všetky uzly, potom možnosti riadenia topológie sú obmedzené.

Druhy smerovacích schém

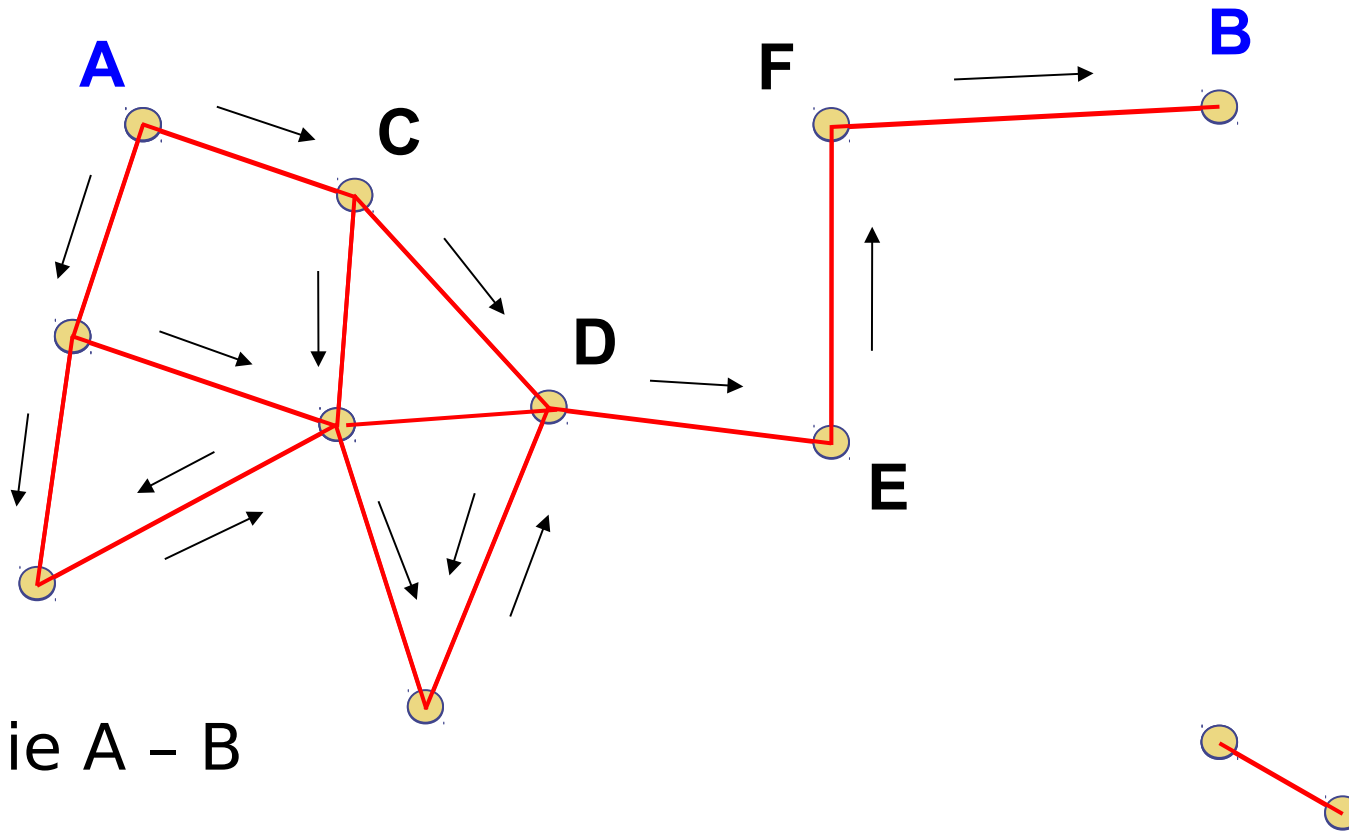
unicast: z jedného uzla k jednému uzlu

broadcast: z jedného uzla ku všetkým uzlom

convergecast: z veľa uzlov k jednému uzlu, často je posielaný identický paket napr. "echo"

multicast: z jedného uzla k veľa uzlom

Unicast



Spojenie A - B

Je možné, že broadcast je použitý ako pomocný mechanismus

Link state: každý uzol udržuje kompletnú vedomosť o sieti tak, že cez broadcast periodicky posiela informáciu o svojich susedoch, kvalite pripojenia k nim. Uzol, ktorý takúto informáciu dostane aktualizuje svoje smerovaci tabuľku a prepočíta vzdialenosti k všetkým ostatným uzlom.

Distance-vector routing: každý uzol udržuje vedomosť o vzdialenostiach k všetkým ostatným uzlom a o susednom uzle, ktorý leží na najkratšej ceste k cieľovému uzlu. Úplná cesta k cieľovému uzlu nie je známa (okrem prípadu keď je cieľový uzol zároveň aj susedný uzol).

Smerovanie: link state a distance-vector

Link state: v hlavičke paketa je kompletná cesta do cieľového uzla.

Distance-vector routing: v hlavičke paketa je id nasledujúceho uzla, tento nasledujúci uzol rozhodne kam bude paket v ďalšom kroku preposlaný.

Smerovanie: proaktívne a reaktívne

Proaktívne protokoly udržujú cesty k všetkým ostatným uzlom bez ohľadu na to, či nejaká cesta bude v budúcnosti potrebná.

– DSDV

Reaktívne protokoly vypočítajú cestu k cieľovému uzla až keď je potrebná.

– AODV, DSR

Hybridné protokoly

Smerovanie: reaktívne

Zdrojové smerovanie: kompletná cesta do cieľového uzla je v hlavičke paketa. Nevýhoda je narastanie veľkosti paketa s dĺžkou cesty.

Skok po skoku (hop-by-hop): v hlavičke paketa je len id nasledujúceho uzla a id cieľového uzla. Nevýhoda je, že každý uzol musí uložiť smerovaciu informáciu.

DSDV (Destination-sequenced distance vector)

Proaktívne hľadanie ciest

Distance-vector smerovanie

Aktualizácia smerovacej informácie:

- *full dump: kompletná smerovacia informácia*
- *Inkrementálna: len zmeny od poslednejho “full dump”, častejšie ako “full dump”.*

Overhead (aktualizácia): $O(n^2)$

Memory overhead: $O(n)$

Založené na Bellman-Fordovom algoritme.

DSDV (Destination-sequenced distance vector)

Aktualizácie:

- **Obsahujú sekvenčné číslo (logický čas)**, ktorý umožňuje rozlišovať medzi aktualizáciami
- id cieľového uzla
- Vzdialenosť cieľového uzla

*Reaktívny protokol.
Distance-vector smerovanie.
Hop-by-hop smerovanie.*

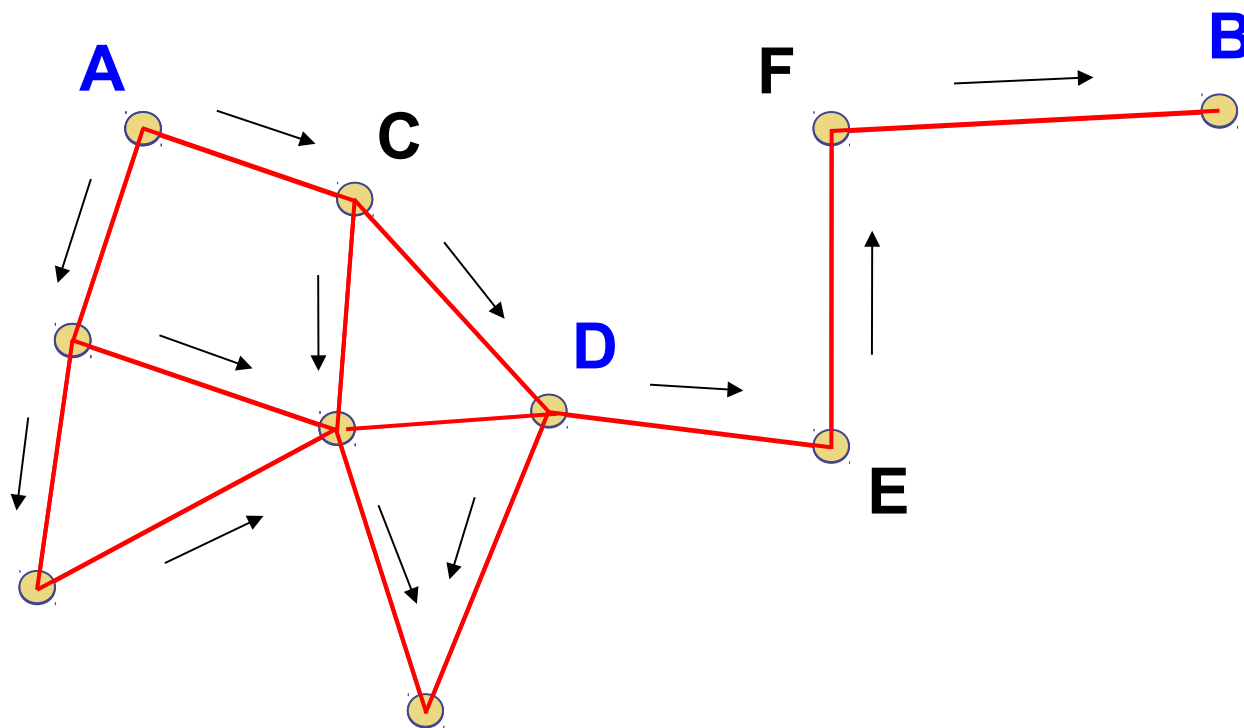
Využíva:

- *RREQ: route request*
- *RREP: route reply*
- *RERR: route reply*

Hľadanie cesty:

- *Uzol potrebuje poslať paket a cesta k cieľovému uzlu nie je známa, Potom cez broadcast pošle RREQ, každý RREQ má sekvenčné číslo.*
- *Len prvý prijatý RREQ s daným sekvenčným číslom je preposlaný cez broadcast.*
- *(odpoveď) Uzol, ktorý pozná cestu k cieľovému uzlu alebo samotný cieľový uzol odpovedajú s RREP na prijatý RREQ. RREP je poslaný cez unicast.*

RREQ-RREP: príklad



A potrebuje cestu k B.

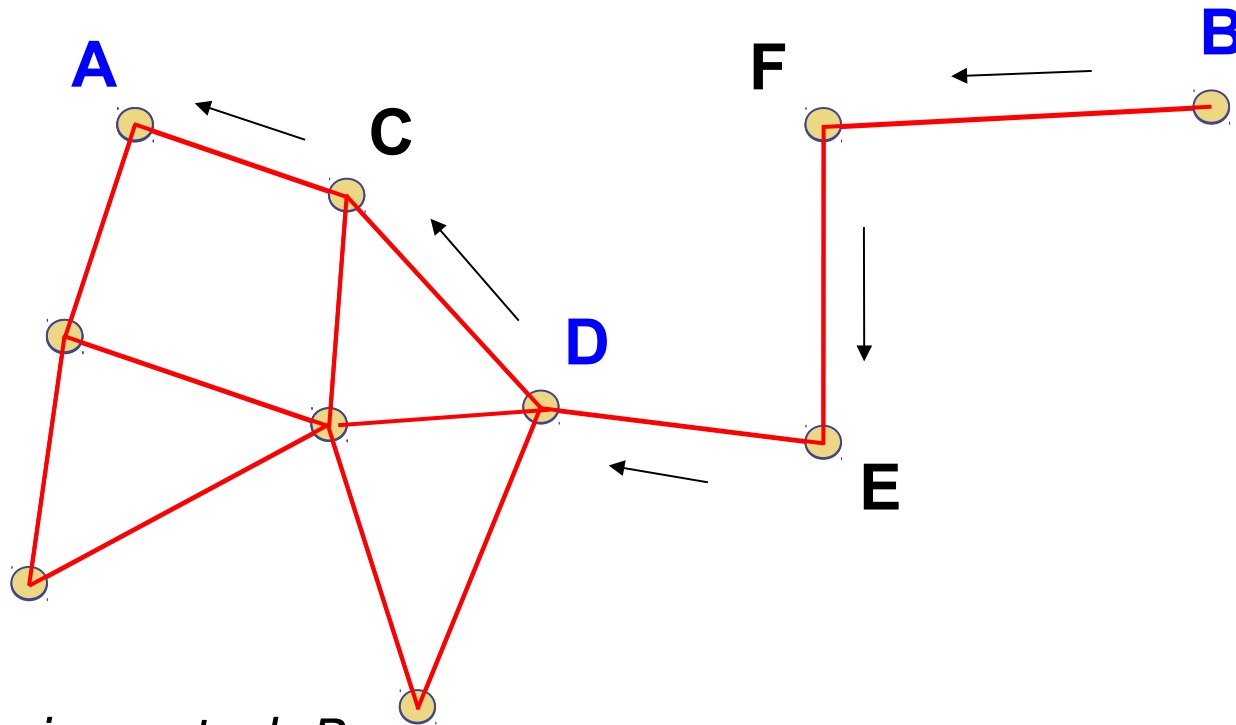
RREQ je poslaný cez broadcast.

RREQ-RREP: príklad

Odpoved':

- Uzol, ktorý pozná cestu k cieľovému uzlu alebo samotný cieľový uzol odpovedajú s RREP na prijatý RREQ. RREP je poslaný cez unicast.
- Zdrojový uzol môže dostať niekoľko RREP a môže sa rozhodnúť, ktorou cestou budú posielané pakety (najkratšia cesta je default).

RREQ-RREP: príklad



A potrebuje cestu k B.

1: D pozná cestu k B a odpovie s RREP.

2: RREQ je preposlané až k cieľovému uzlu B, ktorý odpovie s RREP.

AODV: expanding ring

Expanding ring je optimalizácia, ktorá umožňuje preposlanie RREQ len do určitej vzdialenosti od zdrojového uzla.

- zdrojový uzol nastaví $TTL = TTL_START$ a nastaví time-out pre prijatie RREP na $2 * TTL * NODE_TRAVERSAL_TIME$ (ms)
- ak zdrojový uzol do time-outu neprijme RREP, potom zvýši TTL o $TTL_INCREMENT$. Takéto zvyšovanie pokračuje až po dosiahnutie $TTL_THRESHOLD$.
- Nasleduje nastavenie $TTL=NET_DIAMETER$ v hlavičke RREQ a posielanie RREQ je opakované $RREQ_RETRIES$ krát.

Prednastavené hodnoty:

TTL_START	1
TTL_INCREMENT	2
TTL_THRESHOLD	7
NODE_TRAVERSAL_TIME	40 [ms]
NET_DIAMETER	35
RREQ_RETRIES	2

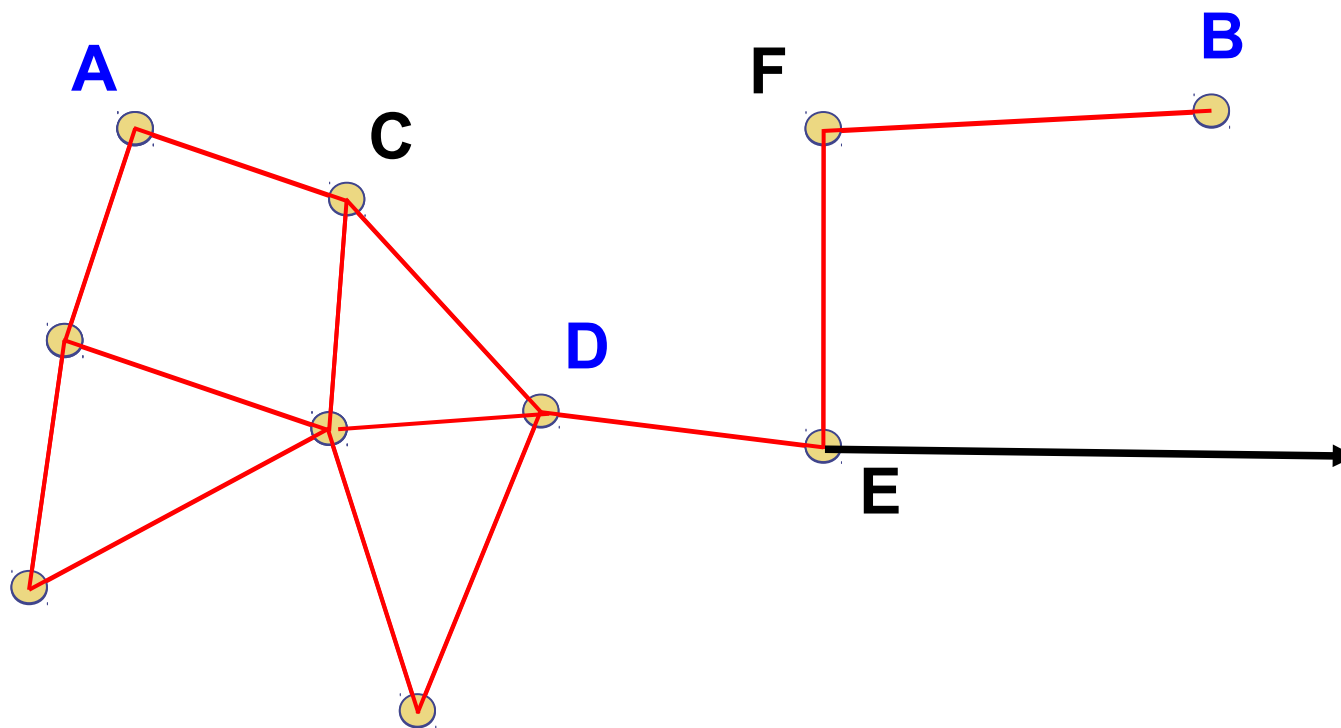
TTL = time-to-live

RERR je poslaný uzlom, ak jeho sused neodpovedá.

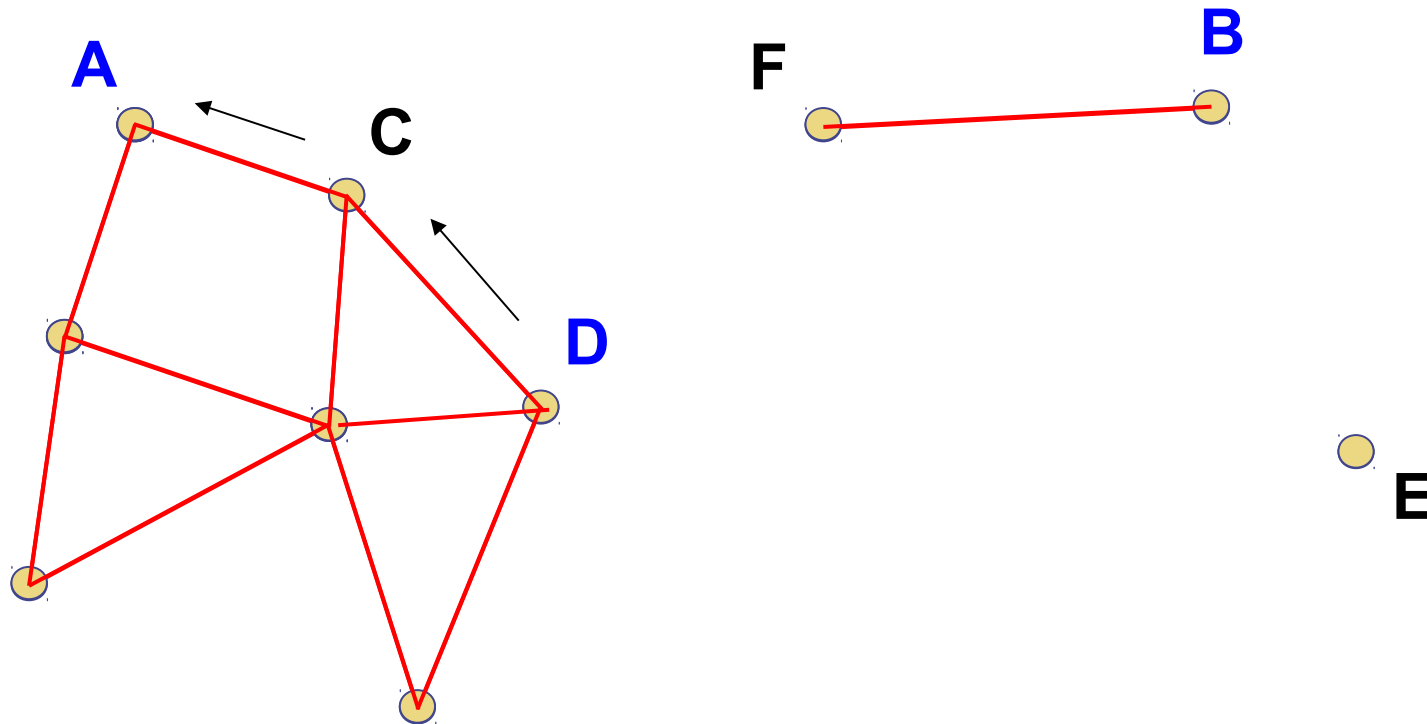
RERR je druh údržby cesty.

Implementácia:

- Prepojenie s MAC protokolom, keď na RTS nie je odpovedané s CTS/DATA/ACK.
- Pomocou periodických HELLO paketov (overhead).



E sa pohne preč.



D pošle RERR paket. A sa pokúsi nájsť novú cestu k B. Ak to nie je možné potom už nebude ďalej posielat' dátové pakety.

AODV: expirácia ciest

- Nájdená cesta ostane platná pokiaľ je využívaná.
- Ak cesta nie je využívaná potom je zmazaná (prednastavená hodnota 30 s)

DSR (Dynamic source routing)

Reaktívny protokol.

Zdrojové smerovanie t.j. kompletná cesta v hlavičke paketa.

Využíva RREQ, RREP, RERR.

DSR: optimalizácia

Packet salvaging: ak je preposlanie paketa nemožné, uzol hľadá alternatívnu cestu s RREQ-RREP. Zdrojový uzol bude o zmene informovaný pomocou RERR.

RERR piggybacking: RERR sú pripojené k RREQ. Týmto sa informácia o chybe rýchlejšie šíri.

Automatic route shortening: ak uzol zistí, že existuje skrátenie cesty (toto je možné pri zdrojovom smerovaní).

DSR vs AODV

AODV:

Výhoda: adaptívnosť pre dynamické topológie.

Nevýhoda: škálovateľnosť.

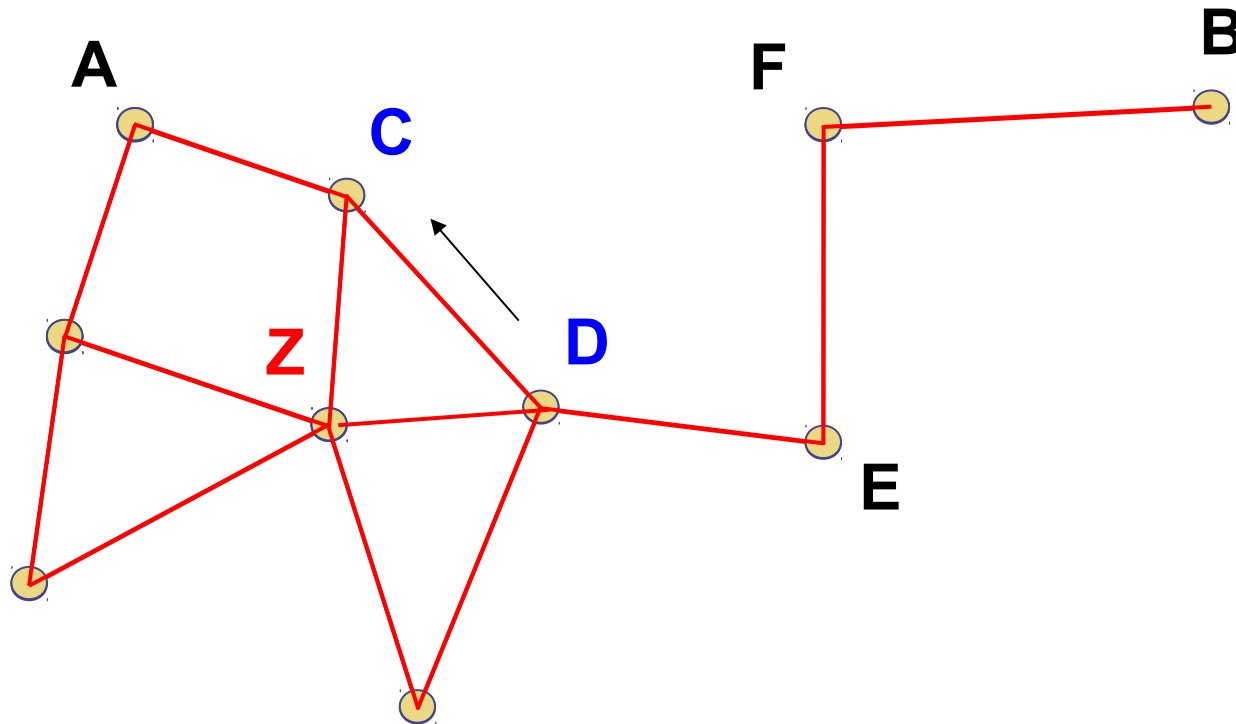
DSR:

Výhoda: prepočutie paketa v promiscuous mode a využitie kompletnej smerovacej informácie v hlavičke pre optimalizáciu.

Nevýhoda: zdrojové smerovanie.

AODV je štandardný smerovací protokol.

Promiscuous mode



Uzol Z prepočuje výmenu informácií medzi D a C.
Promiscuous mode je energeticky náročný.

Komunikačná zložitosť:

Získanie cesty: $O(n)$

Údržba cesty: $O(n)$

Časová zložitosť:

Získanie cesty: $O(\text{diam}(G))$

Údržba cesty: $O(\text{diam}(G))$

n je počet uzlov.

AODV a DSR implementujú max. počet preposlaní pre každý RREQ: MAX_TTL . RREQ je max. MAX_TTL preposlaný.

DSR + GPS information.

(x,y,z)-koordináty získané cez GPS

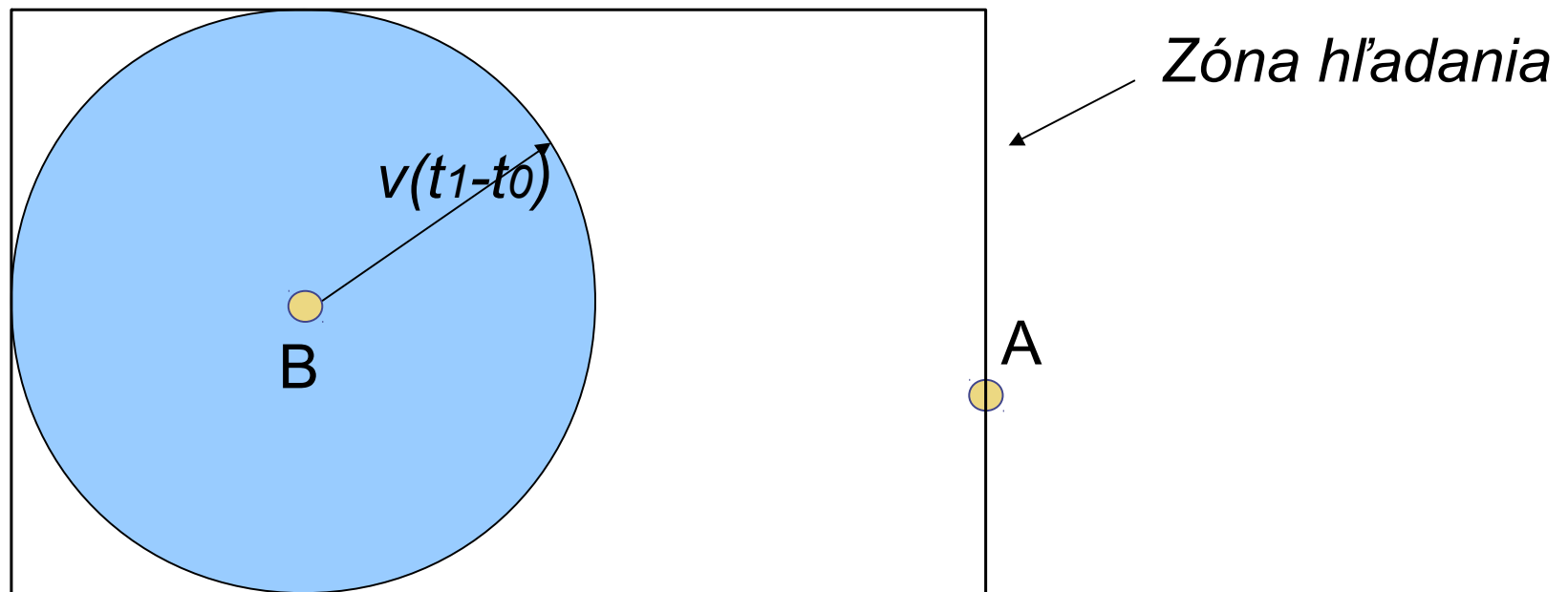
Očakávaná zóna: odhad kde by sa uzol mal nachádzať.

Zóna hľadania: najmenší obdĺžnik, ktorý obsahuje očakávanú zónu. Len v zóne hľadania je možné preposlať RREQ.

LAR scheme 1 (Location aided routing)

Uzol B bol v čase t_0 na pozícii (x,y,z) a pohyboval sa rýchlosťou v . Teraz je čas t_1 .

Očakávaná zóna: kruh s centrom (x,y,z) a polomerom $v(t_1-t_0)$.



LAR scheme 1 (Location aided routing)

RREQ sú preposielané len v zóne hľadania.

RREP obsahuje GPS informáciu cieľového uzla.

Výhoda: škálovateľnosť s počtom uzlov.

RREQ, RREP, RERR z pohľadu MAC vrstvy sú dátové pakety.

Dôsledok: detekcia nosnej, RTS-CTS-DATA-ACK sú použité.

Broadcast používa len detekciu nosnej. Prijatie CTS od všetkých susedov nie je možné.

Amit Dua, Neeraj Kumar, Seema Bawa, A systematic review on routing protocols for Vehicular Ad Hoc Networks, Vehicular Communications, Volume 1, Issue 1, January 2014, Pages 33-52, ISSN 2214-2096, <http://dx.doi.org/10.1016/j.vehcom.2014.01.001>.