

# Počítačové siete 2

Interakcie protokolov, synchronizácia času,  
riadená difúzia

Martin Drozda

# Interakcie protokolov



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

Prezentačná (reprezentácia dát)

Relačná (spojenie štart/ukončenie)

Transportná (TCP, UDP)

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

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

Fyzická (Hardvér, modulácia)

Ako sú navrhované protokoly:

- Protokoly na rôznych vrstvách sú často izolovane navrhované
- Výkonnosť protokola je ľahšie zrozumiteľná, keď je tento testovaný osamote
- V drôtových sieťach môžu byť interakcie protokolov eliminované zvýšením priepustnosti

# Návrh experimentu

- Vstupné premenné: rýchlosť, frekvencia generovania paketov
- Výstupné premenné (QoS): oneskorenie, počet prijatých paketov
- t-test: sú dve skupiny rovnaké?
- Počet simulačných behov? 20-30
- $3 \times 3 \times 30 = 270$  sim. behov (čo ak jeden sim. beh trvá 12hod?)

# Interakcie protokolov

Kedy nastanú interakcie protokolov?

Keď vplyv jednej vstupnej premennej na výstup môže byť ovplyvnený inou vstupnou premennou.

Napr. priepustnosť je ovplyvnená voľbou smerovacieho protokolu, ktorý má rôznu výkonnosť pre rôzne transportné protokoly.

ANOVA môže byť využitá na testovanie

Regresný ANOVA model:

$$Y_{ij} = m + a_i + b_j + a_i b_j + d_{ij}$$

# Interakcie protokolov: experiment

Vstupy:

3 rôzne MAC protokoly: 802.11, CSMA, MACA

3 smerovacie protokoly: AODV, DSR, LAR scheme1

3 úrovne počtu generovaných paketov za sekundu

3 modely pohybu

3 rýchlosti pohybu uzlov

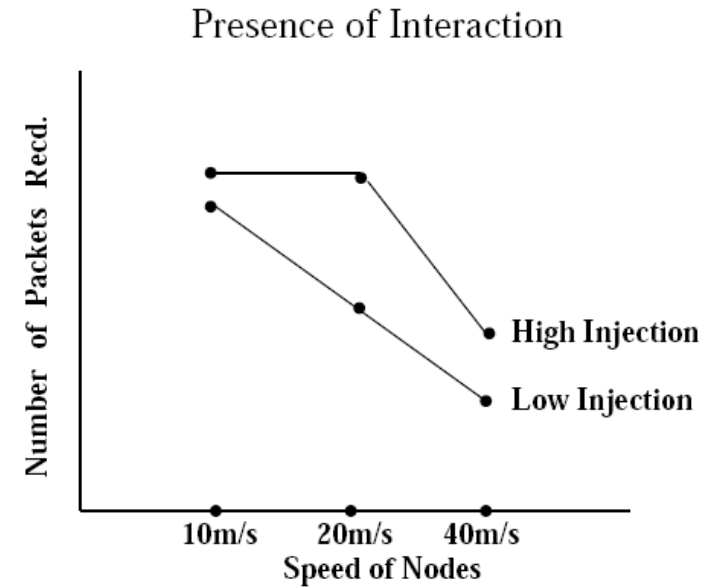
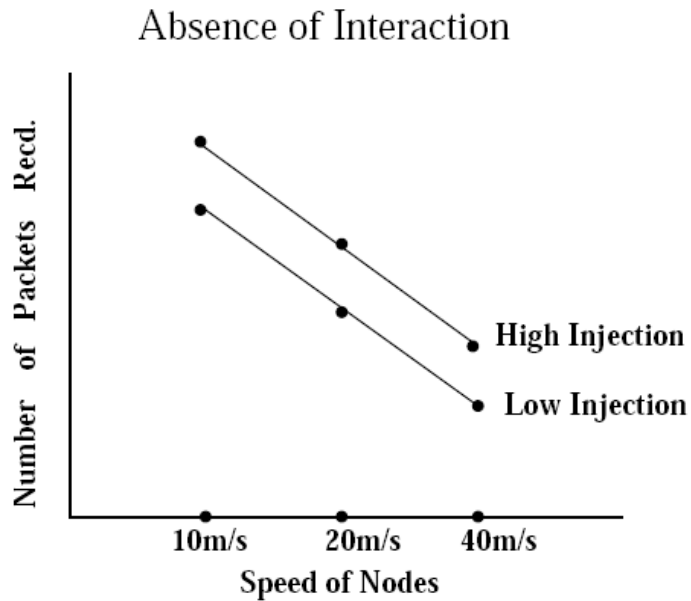
Výstup (QoS):

Počet prijatých paketov v cieľových uzloch

Oneskorenie prijatých paketov

Spravodlivosť

# Interakcie protokolov: experiment



Citlivosť na zmenu jednej vstupnej premennej je nekonštantná

# Interakcie protokolov: experiment

## Interakcie 2-3 vstupných premenných sú možné

Interakcie viacerých sú tiež možné, ale ANOVA je vhodná pre prevedenie štatistického testu pre max. 3-4 premenné

Vyhodnocovanie výkonnosti ad hoc sietí je preto náročnejšie ako vyhodnocovanie výkonnosti drôtových sietí

Vstupné premenné:

- **riaditeľné:** generovanie paketov, veľkosť paketov, RTS prahová hodnota, nastavenia MAC, smerovacích a transportných protokolov
- **neriaditeľné:** rýchlosť uzlov, charakteristika pohybu, charakteristika dátového prenosu



# Interakcie protokolov: riešenia

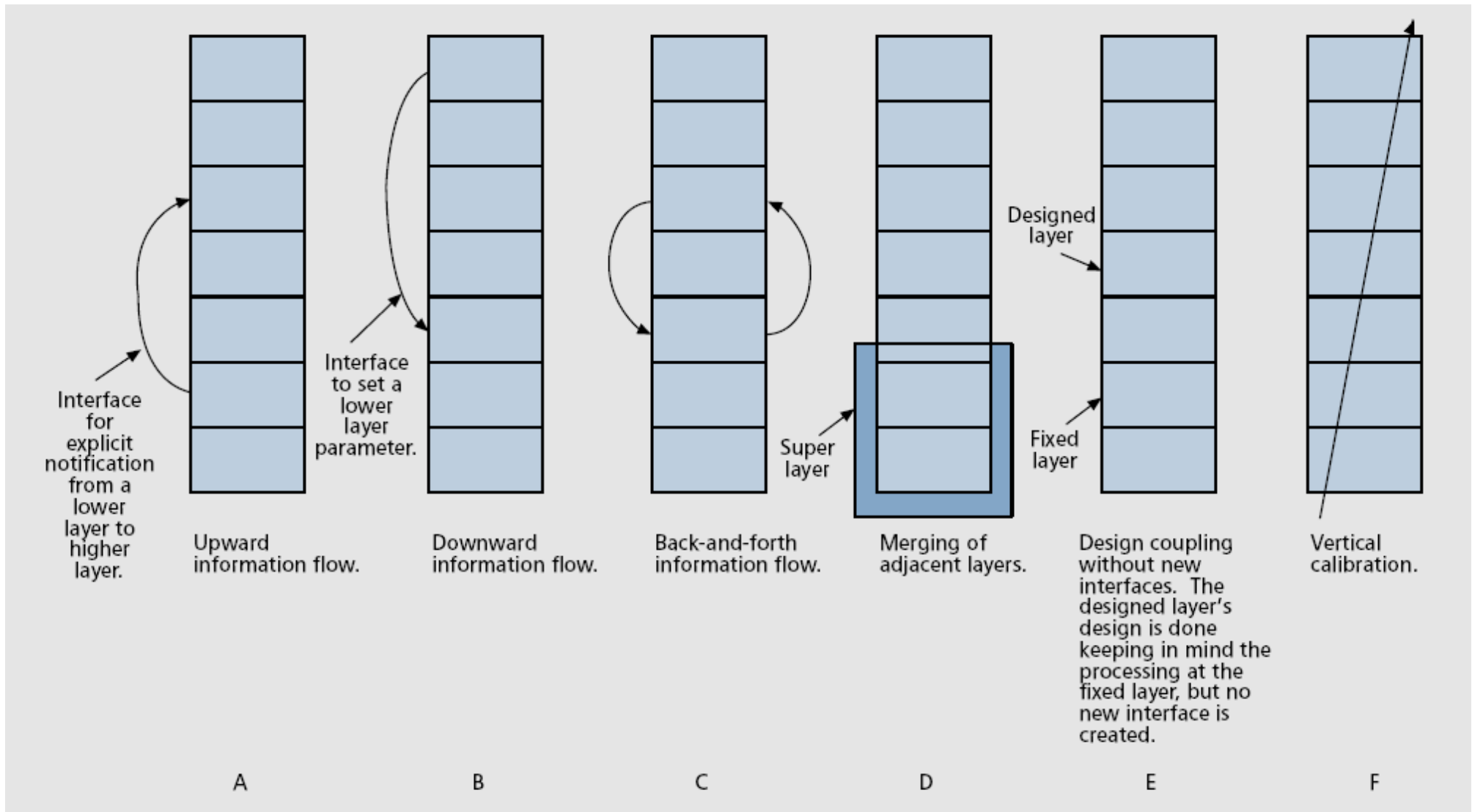


Figure source: Srivastava, V.; Motani, M.; , "Cross-layer design: a survey and the road ahead," Communications Magazine, IEEE , vol.43, no.12, pp. 112- 119, Dec. 2005

# Interakcie protokolov: riešenia

**Rozhrania medzi vrstvami:** schopnosť výmeny informácie počas behu protokolov, napr. informácia o susedoch

**Spájanie protokolov z rôznych vrstiev, vznikne super-vrstva**

Návrh protokolu tak, aby „spolupracoval“ s protokolom z inej vrstvy

Vertikálna kalibrácia

Priama komunikácia medzi vrstvami

# Synchronizácia času

Cieľ: dosiahnutie synchronizácie s presnosťou rádovo v mikrosekundách

Network Time Protocol (NTP) poskytuje čas klientom, ktorí synchronizujú čas s viacerými NTP servermi pomocou odhadu RTT (round trip time). Dosiahnutá presnosť je rádovo milisekunda.

V senzorových sieťach je informácia o čase prenášaná bezdrôtovo. Prístup k bezdrôtovému médiu sa vyznačuje vysokým stupňom nedeterminizmu (rádovo stovky milisekúnd) a odhad oneskorenia cez RTT je nepresný.

UDP/123

# Neistota pri posielaní správ

Podľa: Maroti et al. The flooding time synchronization protocol. Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems, pp. 39-49, 2004.

**Čas vzniku paketu:** čas potrebný na prípravu dátového paketu a jeho zaslanie na MAC vrstvu. Je závislý od operačného systému, záťaže procesora. Je nedeterministický a trvanie môže byť **niekoľko stoviek milisekúnd**.

**Čas prístupu k médiu:** čas potrebný na poslanie paketu. Je závislý od využitia bezdrôtového média a je vysoko nedeterministický. Trvanie môže byť **niekoľko milisekúnd až niekoľko sekúnd**.

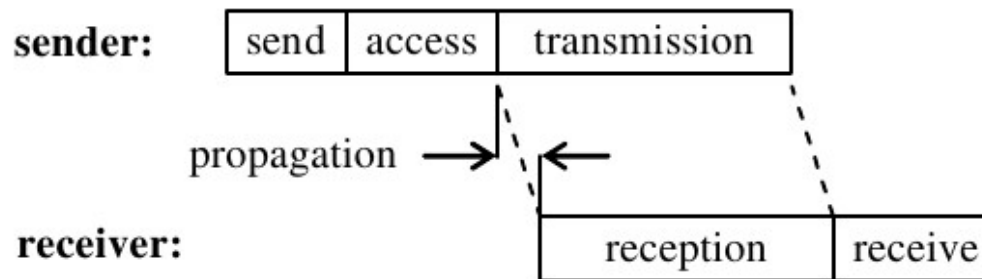
# Neistota pri posielaní správ

**Čas poslania:** čas potrebný na poslanie paketu potom ako bol získaný prístup k médiu. Je závislý od dĺžky paketu, rýchlosti hardvéru a trvanie môže byť **10-100 milisekúnd**.

**Čas šírenia:** čas potrebný na šírenie signálu v médiu ( $\sim 300,000$  km/s). Pre **vzdialenosť  $< 300$ m je to menej ako 1 mikrosekunda**. Čas šírenia je deterministický.

# Neistota pri posielaní správ

**Čas prijatia:** čas potrebný na prijatie paketu. Podobné ako čas poslania.



**Figure 1. Decomposition of the message delivery delay over a wireless link.**

**Čas spracovania:** čas potrebný na spracovanie paketu. Podobné ako čas vzniku paketa.

# Neistota pri posielaní správ

**Čas prerušení:** oneskorenie z dôvodu prerušení (interrupts).  
Oneskorenie rádovo v mikrosekundách.

**Čas zakódovania:** čas potrebný na zakódovanie paketu a jeho pretransformovanie na elektromagnetické vlny.  
Oneskorenie rádovo **v stovkách mikrosekúnd**.

**Čas dekódovania:** čas potrebný na dekódovanie paketa a pretransformovanie z elektromagnetických vln na binárnu informáciu. Oneskorenie deterministické a rádovo **v stovkách mikrosekúnd**. Môže nastať oneskorenie z dôvodu synchronizácie zariadení na strane odosielateľa a prijímateľa.

**Čas zarovnania bytov (byte alignment):** čas na potrebný na prepočet zarovnania bytov, ktoré bolo použité odosielateľom, na zarovnanie bytov na strane prijímateľa.

# Neistota pri posielaní správ

<b>Time</b>	<b>Magnitude</b>	<b>Distribution</b>
<b>Send and Receive</b>	0 – 100 ms	nondeterministic, depends on the processor load
<b>Access</b>	10 – 500 ms	nondeterministic, depends on the channel contention
<b>Transmission / Reception</b>	10 – 20 ms	deterministic, depends on message length
<b>Propagation</b>	< 1 $\mu$ s for distances up to 300 meters	deterministic, depends on the distance between sender and receiver
<b>Interrupt Handling</b>	< 5 $\mu$ s in most cases, but can be as high as 30 $\mu$ s	nondeterministic, depends on interrupts being disabled
<b>Encoding plus Decoding</b>	100 – 200 $\mu$ s, < 2 $\mu$ s variance	deterministic, depends on radio chipset and settings
<b>Byte Alignment</b>	0 – 400 $\mu$ s	deterministic, can be calculated



# Reference-Broadcast Synchronization (RBS)

RBS využíva referenčné beakony, po ktorých prijatí si uzly navzájom porovnajú čas prijatia. Nastane vzájomná lokálna synchronizácia času. Uzly nepoznajú presný čas, ale poznajú odchýlku od času suseda.

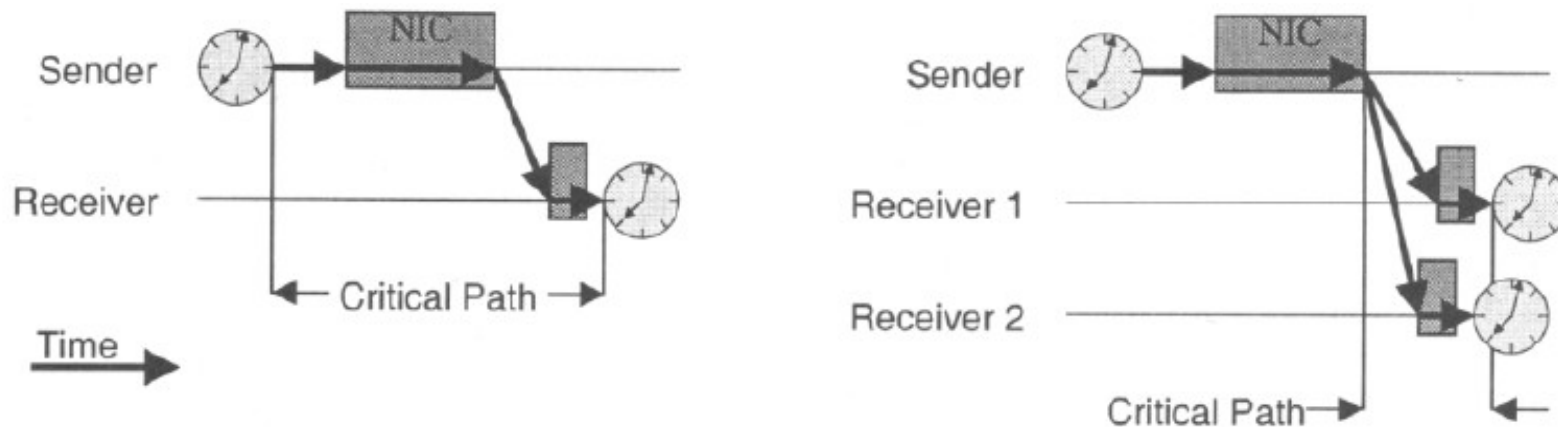


Figure 1: A critical path analysis for traditional time synchronization protocols (*left*) and RBS (*right*). For traditional protocols working on a LAN, the largest contributions to nondeterministic latency are the Send Time (from the sender's clock read to delivery of the packet to its NIC, including protocol processing) and Access Time (the delay in the NIC until the channel becomes free). The Receive Time tends to be much smaller than the Send Time because the clock can be read at interrupt time, before protocol processing. In RBS, the critical path length is shortened to include only the time from the injection of the packet into the channel to the last clock read.

# Reference-Broadcast Synchronization (RBS)

1. Vysielač pošle referenčný beakon dvom prijímateľom (i a j).
2. Každý prijímateľ si zaznačí čas prijatia beakonu vzhľadom na svoj lokálny čas.
3. Prijímatelia si vymenia svoje pozorovanie o prijatí beakonu.

RBS môže byť použité pre viacero ( $>2$ ) prijímateľov.

Presnosť môže byť zvýšená štatistickou analýzou pri viacnásobnom posielaní beakonov.

# RBS: odhad časovej odchýlky

Lokálny čas je udržiavaný pomocou mikro-oscilátorov s časovým posunom, t.j. ich nepresnosť sa s časom zvyšuje asi  $40\mu\text{s}$  za sekundu.

Resynchronizácia z dôvodu časového posunu by bola potrebná každých niekoľko sekúnd.

Časový posun v RBS je odhadovaný v zmysle lineárnej regresie.

## Alebo lepšie „smerovaná difúzia“? - directed diffusion

Chcem spojenie s uzlom (so zabudovanou kamerou), ktorý má určitú informáciu - **záujem**:

- typ = štvornohé zviera
- interval = 20 ms
- trvanie = 10 s
- súradnice = [-100, 100, 200, 400]

## Odpoveď:

- typ = štvornohé zviera
- inštancia = t'ava (alebo silne intoxikovaný človek)
- kde = [125, 220]
- spoľahlivosť = 0.85
- časová pečiatka = 01:20:40

Cieľový uzol pošle svojim susedom záujem cez broadcast.

Zájmy sú opätovne preposielané s aktuálnou časovou pečiatkou.

Každý uzol má cache záujmov (špecifickú smerovaciu tabuľku).

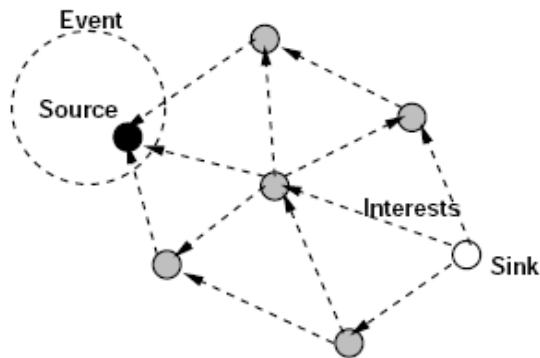
Záujem v cache zahŕňa:

- gradient (od ktorého uzla bol prijatý)
- trvanie/interval
- časovú pečiatku
- expiráciu

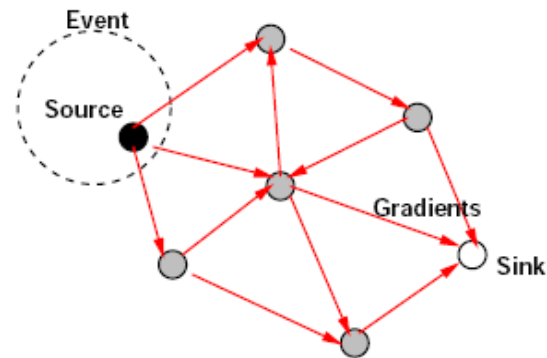
Po prijatí záujmu, uzol overí, či už existuje v cache, ak nie, je vložený, ak áno, je aktualizovaný.

Záujmy sú preposlané susedom.

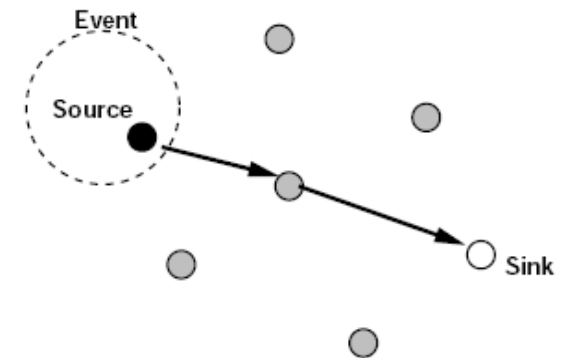
Prijatý záujem sa javí ako záujem poslaný bezprostredným susedom.



(a) Interest propagation



(b) Initial gradients set up



(c) Data delivery along reinforced path

Zdroj obrázka: Intanagonwiwat, C. and Govindan, R. and Estrin, D. Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks, Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, 2000.

Uzol s polohou v daných koordinátoch odpovie na záujem.

**Data fusion:** uzly môžu spájať odpovede od rôznych uzlov s rôznymi senzormi.

**Downconverting:** odpoveď môže byť uzlami prekonvertovaná, ak je frekvencia odpovedí vysoká.



# Riadená difúzia: zosilnenie cesty

Odpovede (dáta) môžu byť prijaté cieľovým uzlom po rôznych cestách od rôznych susedov. Cieľový uzol sa môže rozhodnúť pre jedného zo svojich susedov – **nastane zosilnenie cesty (reinforcement)**.

Pravidlá zosilnenia:

- zosilnenie suseda s najväčším množstvom odpovedí
- zosilnenie suseda, ktorý najspoľahlivejšie preposiela záujmy

**Negatívne zosilnenie – negative reinforcement:**

- Cieľový uzol pošle svojmu susedovi záujem s menším intervalom.

# Live Q&A

Live otázky a odpovede sú plánované cez Discord.