

Servisná robotika



Lokalizácia

Marian.Mach@tuke.sk
<http://neuron.tuke.sk/~machm>

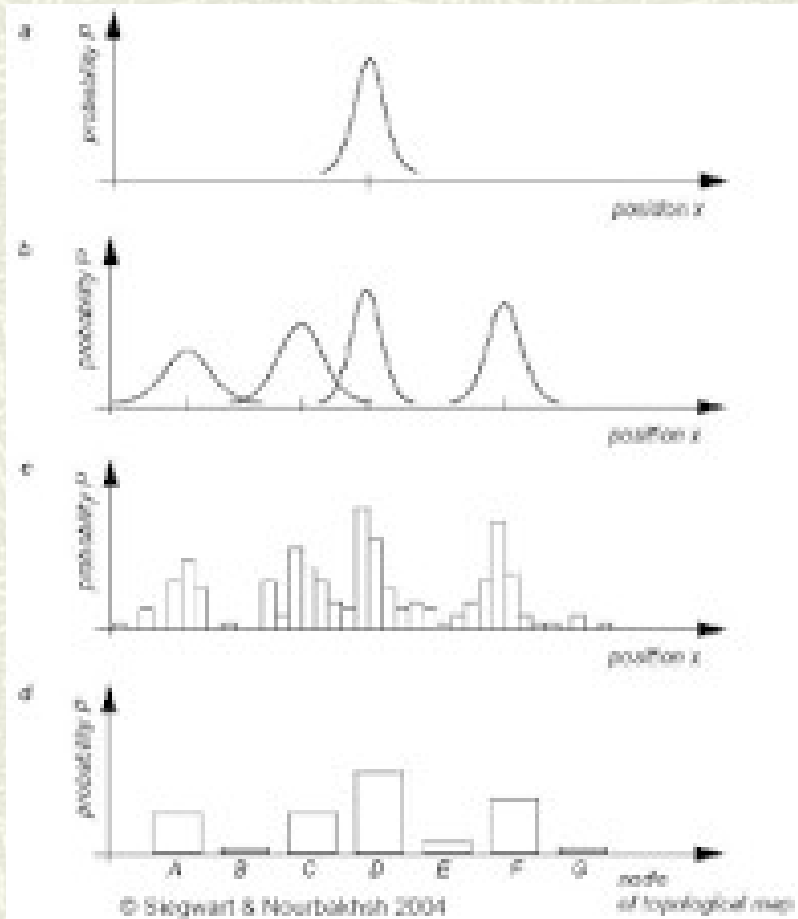
Jún, 2018

Lokalizácia



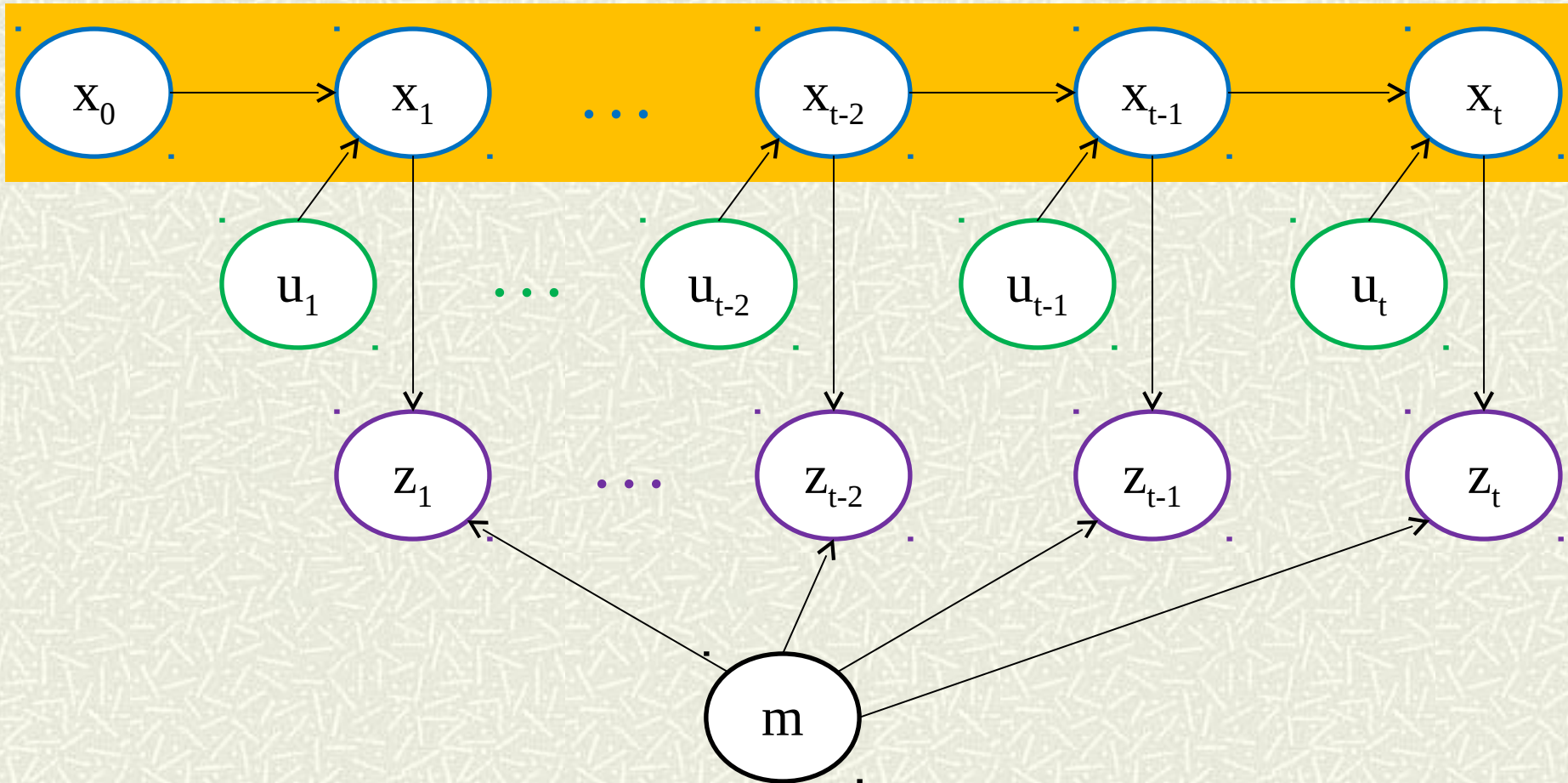
- Cieľ lokalizácie
 - prostredie
- Pozícia
 - absolútna
 - relatívna
- Lokalizačné úlohy
 - sledovanie pozície
 - globálna lokalizácia
 - unesený robot

Odhad polohy



- odhad vs. dôvera
- reprezentácia dôvery
 - počet hypotéz
 - jedna hypotéza
 - viac hypotéz
 - typ reprezentácie
 - spojitá
 - diskretná
- reprezentácia
 - vs. úloha
 - vs. plánovanie cesty

Grafický model



Matematický model

- odhad polôh

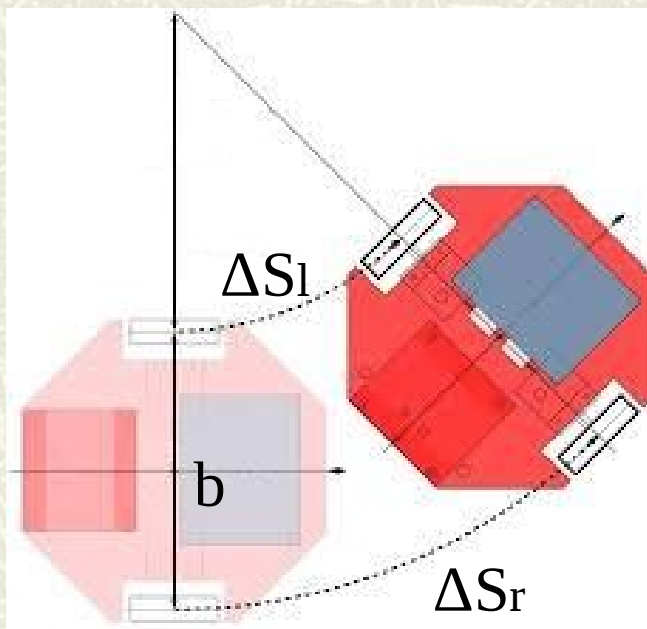
$$p(x_0, \dots, x_t | u_1, \dots, u_t, z_1, \dots, z_t, m)$$

- odhad aktuálnej polohy

$$p(x_t | u_1, \dots, u_t, z_1, \dots, z_t, m) =$$

$$\int_{x_{t-1}} \dots \int_{x_0} p(x_0, \dots, x_t | u_1, \dots, u_t, z_1, \dots, z_t, m) dx_0 \dots dx_{t-1}$$

Odometria



- známa počiatočná pozícia
- založené na otáčaní kolies
- integrácia prejdených vzdialeností

$$\xi'_i = f(x_i, y_i, \theta_i, \Delta S_r, \Delta S_l) = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ \theta_i \end{pmatrix} +$$

$$\begin{pmatrix} \frac{\Delta S_r + \Delta S_l}{2} \cos\left(\theta + \frac{\Delta S_r - \Delta S_l}{2b}\right) \\ \frac{\Delta S_r + \Delta S_l}{2} \sin\left(\theta + \frac{\Delta S_r - \Delta S_l}{2b}\right) \\ \frac{\Delta S_r - \Delta S_l}{b} \end{pmatrix}$$

Odometrické chyby

- akumulácia chyby
- zdroje chýb
 - obmedzené rozlišovanie
 - neúplný model
 - robota
 - prostredia
 - neočakávaná udalosť
- typy chýb
 - deterministické
 - nedeterministické
- geometria chýb
 - chyba rozsahu
 - chyba natočenia
 - driftová chyba
- dead reckoning
 - integrácia cesty + smerové senzory
 - kompas
 - magnetometer
 - gyroskop

Neurčitost' odometrie

$$\Delta x = \Delta S \cos(\theta + \Delta\theta/2)$$

$$\Delta y = \Delta S \sin(\theta + \Delta\theta/2)$$

$$\Delta S = 1\text{m} + \varepsilon_s$$

$$\Delta\theta = 0^\circ$$

$$\varepsilon_s = 2\text{mm} \rightarrow$$

$$\Delta x = 1.002$$

$$\Delta y = 0$$

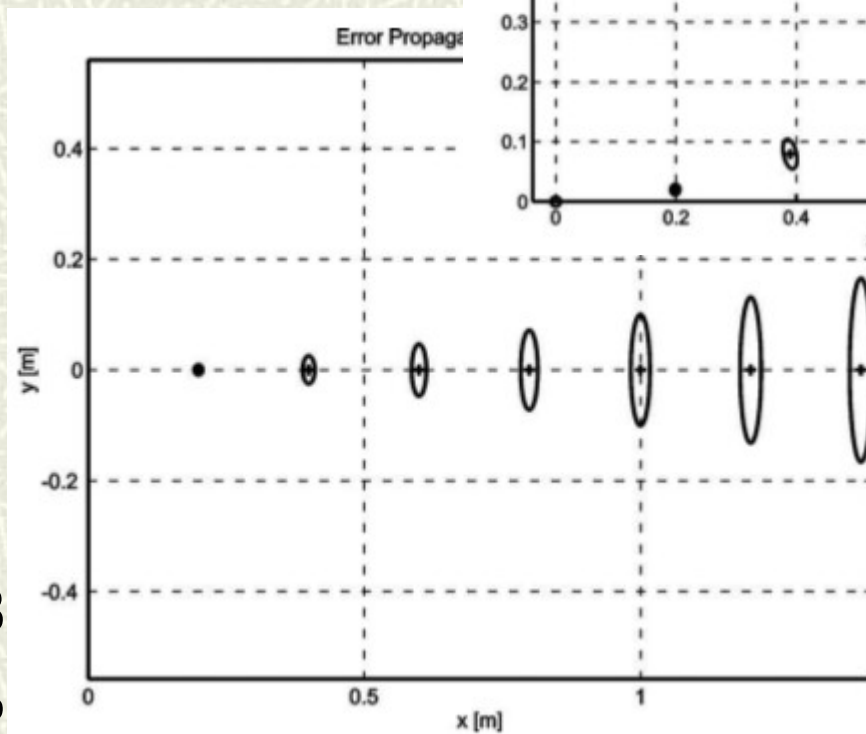
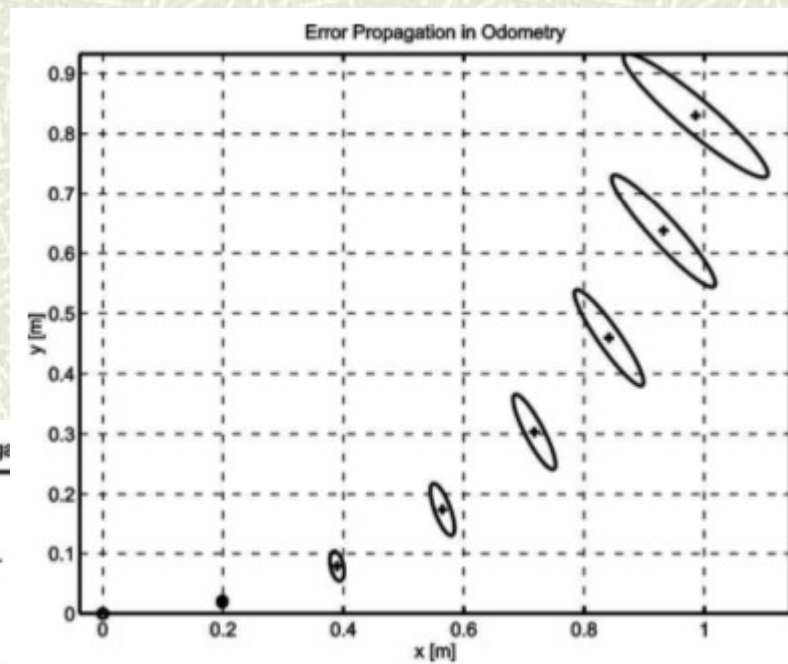
$$\Delta S = 1\text{m}$$

$$\Delta\theta = 0^\circ + \varepsilon_\theta$$

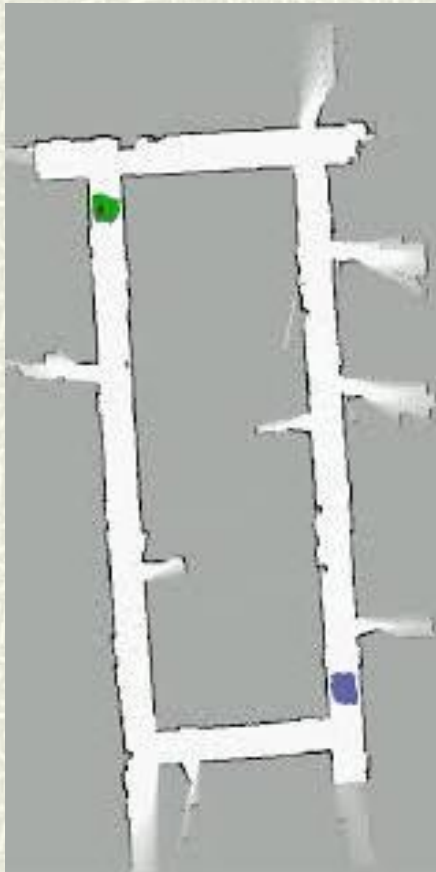
$$\varepsilon_\theta = 2^\circ \rightarrow$$

$$\Delta x = 0.9998$$

$$\Delta y = 0.0175$$

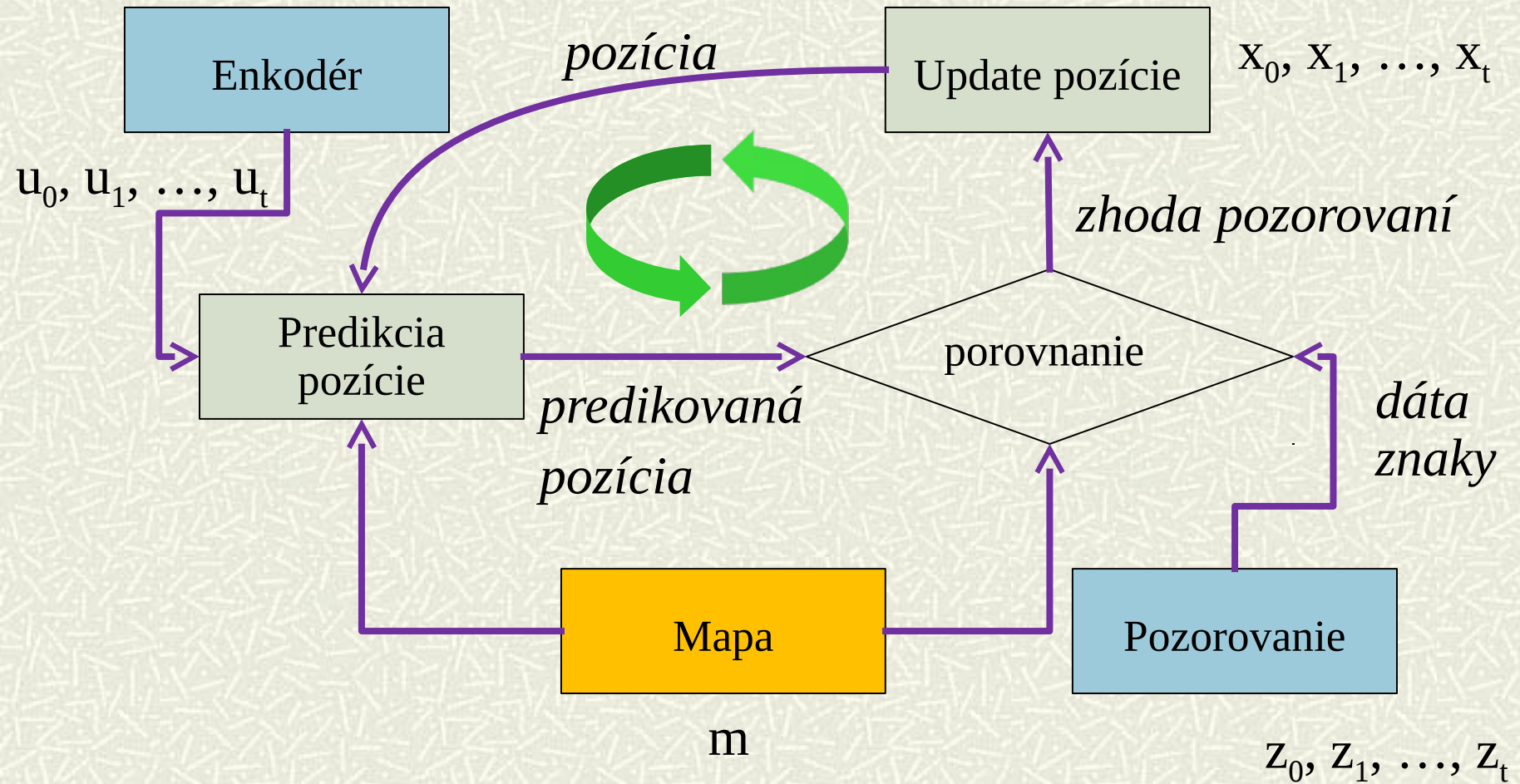


Lokalizácia na základe mapy



- lokalizácia
 - senzorický obraz prostredia
 - porovnanie s mapou
- typické prípady lokalizácie
 - range-based
 - milestone-based
- problémy senzorických dát
 - senzorový šum
 - aliasing senzorov
 - obmedzená informácia

Všeobecná schéma lokalizácie



Pravdepodobnostná robotika

- dôvera vyjadrovaná pravdepodobnosťou
 - výskyt robota ako distribúcia pravdepodobnosti
- fázy
 - predikčná – zvyšovanie neurčitosti
 - percepčná – znižovanie neurčitosti

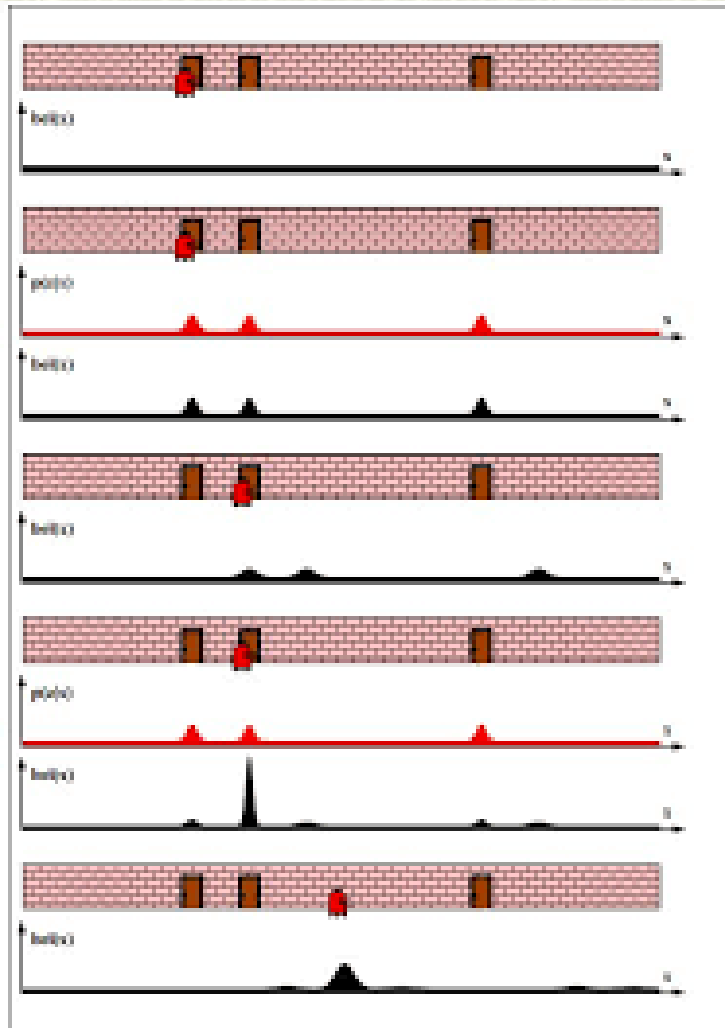
▪ Markovova lokalizácia

- ľubovoľná distribúcia
- diskretná reprezentácia
- začína v neznámej pozícii
- nároky na pamäť/výkon
- schopná „zotaviť sa“

▪ Kalmanove filtre

- Gaussova distribúcia
- spojitá reprezentácia
- začína v známej pozícii
- presná a efektívna
- môže sa „stratiť“

Markovova lokalizácia - ilustrácia



- iníciaľna dôvera
 - globálna lokalizácia
- predikčná fáza
- percepčná fáza

- pravdepodobnostné modely
 - model pohybu
 - senzorický model

Markovova lokalizácia

- vyjadrenie dôvery

$$\text{bel}(x_t) = p(x_t | z_{1 \rightarrow t}, u_{1 \rightarrow t})$$

$$\text{bel}'(x_t) = p(x_t | z_{1 \rightarrow t-1}, u_{1 \rightarrow t})$$

- iniciálna distribúcia

$$\text{bel}(x_0)$$

- senzorké dáta

$$z_t, u_t = [\Delta S_l, \Delta S_r]^T$$

- model pohybu

$$\text{bel}'(x_t) = \sum_{x_{t-1}} p(x_t | u_t, x_{t-1}) \text{bel}(x_{t-1})$$

- senzorký model

$$\text{bel}(x_t) = \eta p(z_t | x_t, m) \text{bel}'(x_t)$$



Markovov
predpoklad

Markovova lokalizácia - algoritmus

Vstup: $bel(x_{t-1})$, u_t , z_t , m

Výstup: $bel(x_t)$

Algoritmus

1: for all x_t do

model pohybu

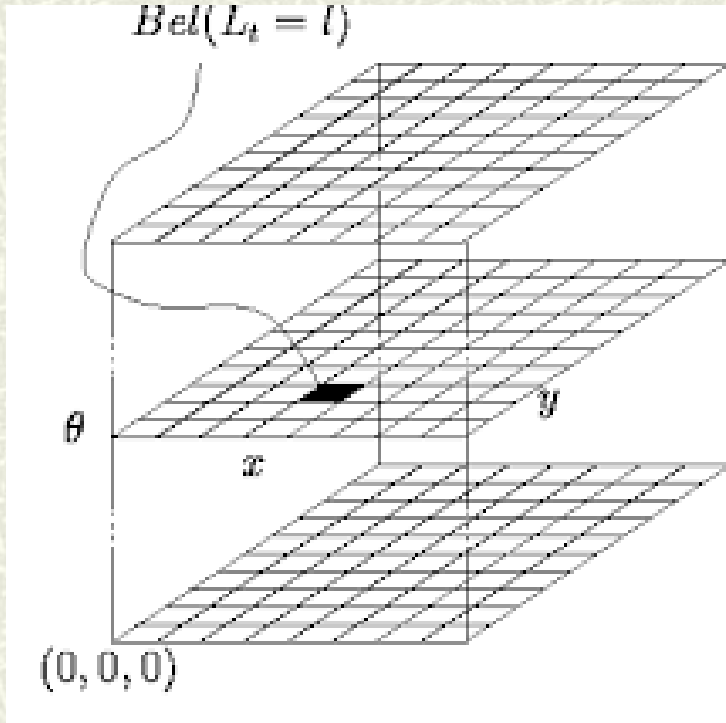
2: $bel'(x_t) \leftarrow \int p(x_t | u_t, x_{t-1}) bel(x_{t-1}) dx_{t-1}$

3: $bel(x_t) \leftarrow \eta p(z_t | x_t, m) bel'(x_t)$

4: end for

senzorický model

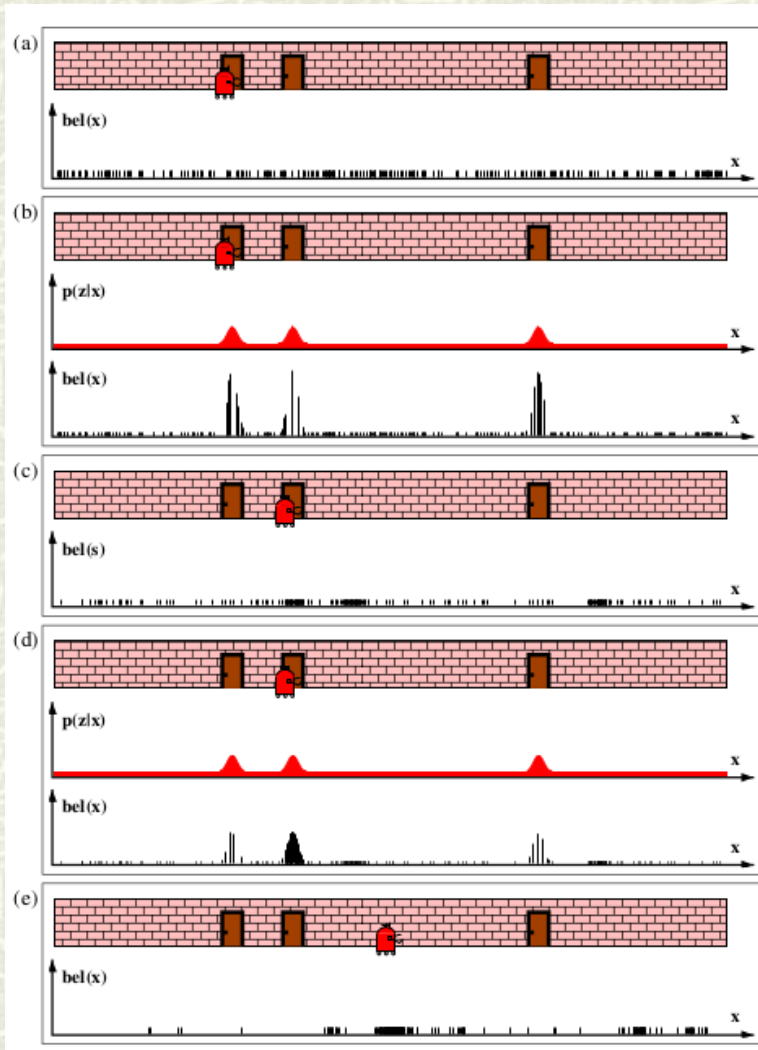
ML – znižovanie výpočtovej záťaže



- gridová reprezentácia
 - výpočtová záťaž
- zrýchľovanie výpočtu
 - caching
 - sensor subsampling
 - odložená predikcia
 - selektívny update

- modifikácie
 - dynamická adaptácia mriežky
 - aproximácia dôvery

Monte Carlo lokalizácia



- časticový filter
 - asymptotické chovanie
 - hypotetický stav

▪ princíp

- generovanie predikcia
medzipopulácie častíc

$$j_{x_t} \approx p(x_t | u_t, x_{t-1})$$

- dôležitosť častíc

$$w_i = p(z_t | j_{x_t}, m)$$

- resampling

percepcia

Monte Carlo lokalizácia - algoritmus

Vstup: χ_{t-1} , u_t , z_t , m

Výstup: χ_t

Algoritmus

1: $\chi'_t = \chi_t = \emptyset$

2: *for* $j = 1 \dots M$: ${}^j\mathbf{x}_t = \text{sample_motion_model}(u_t, {}^j\mathbf{x}_{t-1})$

${}^j\mathbf{w}_t = \text{measurement_model}(z_t, {}^j\mathbf{x}_t, m)$

$\chi'_t = \chi'_t + ({}^j\mathbf{x}_t, {}^j\mathbf{w}_t)$

3: *for* $j = 1 \dots M$: draw j s pravdepodobnosťou ${}^j\mathbf{w}_t$

$\chi_t = \chi_t + {}^j\mathbf{x}_t$

4: *return* χ_t

Rozšírená Monte Carlo lokalizácia

- zlyhávanie
 - problém uneseného robota
 - globálna lokalizácia
- injekcia náhodných častíc
 - odhad počtu
 - odhad akurátnosti lokalizácie

$$p(z_t | z_{t-1}, u_t, m) \approx \sum_{j=1 \dots M} j w_t / M$$

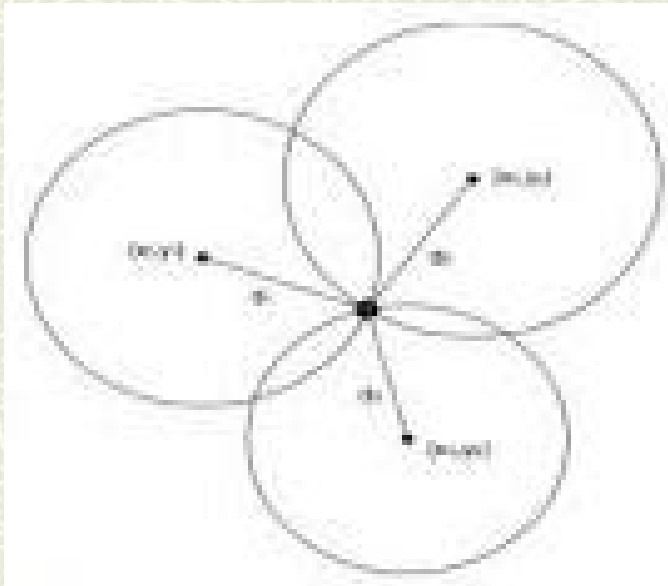
- krátkodobý priemer
- dlhodobý priemer
- voľba distribúcie

Lokalizácia pomocou orientačných bodov



- orientačný bod
 - prirodzený
 - umelý
- jedinečnosť bodov
- dve fázy navigácie
 - „landmark“ zóna
 - „no landmark“ zóna
- vlastnosti
 - počet bodov
 - zásah do prostredia

Lokalizácia pomocou majákov



- typická konfigurácia
 - aktívne majáky
 - pasívny robot
- geometrická lokalizácia
 - 3 resp 2 zdroje
- výhody
 - spoľahlivosť lokalizácie
 - viac robotov súčasne
- nevýhody
 - obtiažna prenositeľnosť