

Úvod do mobilní robotiky — AIL028

Zbyněk Winkler a Martin Dlouhý

`zbynek.winkler at mff.cuni.cz, md at robotika.cz`

`http://robotika.cz/guide/umor05/cs`

24. října 2005

1 Řízení robota

- Komunikace s hardwarem
- Jedeme rovně
- Kombinace několika činností
- Refactoring, code reuse
- Inside Out

2 Signal Processing

- Průměr
- Inkrementální výpočet průměru
- Plovoucí průměr délky k
- Odhad plovoucího průměru
- Kalmanův filtr

Komunikace s hardwarem

I/O struktury

```
sync(status, command);
```

- synchronní, iniciovaná „shora“
- jednoduchá simulace
- snadné logování
- snadný přenos např. po RS-232
- kód může běžet na PC nebo na jednočipu

Status

```
int8_t timestamp;  
int8_t enc_left;  
int8_t enc_right;
```

Command

```
int8_t executeAt;  
int8_t motor_left;  
int8_t motor_right;
```

Jedeme rovně

if-metoda

```
while (true)
{
    sync(status,command);
    if (status.moc_vlevo())
        commnad.vic_vpravo();
    else if (status.moc_vpravo())
        command.vic_vlevo();
    else
        command.rovne();
}
```

Kombinace několika činností

FSM

```
while (true)
{
    sync(status, command);
    switch(state)
    {
        case INIT:           state = init(status); break;
        case GOING_TO_SUN:   state = goingToSun(status); break;
        case SUN_REACHED:   state = sunReached(status); break;
        case DOING_SUN:      state = doingSun(status); break;
        ...
    }
}
```

Refactoring, code reuse

implementace dovedností

- je celkem jedno, jestli robot jede rovně ke slunci, puku nebo brance
- každá „dovednost“ si potřebuje udržovat určité stavové informace
 - zbývající vzdálenost
 - kolik zbývá času
 - jaká byla historie odchylek od zvoleného směru
- nabízí se implementace jednotlivých dovedností jako objektů (vnořené FSM)
- lepší se code reuse
- ale stále přetrvávají některé problémy
 - kdo zodpovídá za správnou inicializaci stavových proměnných?
 - kdo říká, kdy se přechází do jiného stavu?

Inside Out

Co to třeba otočit celé naruby?

```
state = INIT;
while (true)
{
    sync(status, command);
    switch(state)
    {
        case STRAIGHT:
            if (dist == 0) {
                state = TURN;
                angle = 90;
                command.turn();
                break;
            }
            dist--;
            break;
        case TURN: ...
            break;
    }
}
```

```
while(true)
{
    ahead(100);
    turnRight(90);
}

void ahead(dist)
{
    command.ahead();
    while(dist > 0)
    {
        sync(status, command);
        dist--;
    }
}
```

Jak se vypořádat s nepřesnými vstupními daty?

Průměr

- asi první věc, co každého napadne
- definice:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i$$

Průměr

- asi první věc, co každého napadne
- definice:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n x_i$$

- co když nám data chodí postupně?
- co když si nemůžeme pamatovat úplně všechny hodnoty?
- co když vyžadujeme menší (konstantní) složitost?

Inkrementální výpočet průměru

- definice:

$$s_0 = 0$$

$$s_n = s_{n-1} + x_n$$

$$\bar{x}_n = s_n/n$$

- ekvivalentně:

$$\bar{x}_n = (\bar{x}_{n-1} \cdot (n-1) + x_n)/n$$

$$\Downarrow$$

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

Inkrementální výpočet průměru

- definice:

$$s_0 = 0$$

$$s_n = s_{n-1} + x_n$$

$$\bar{x}_n = s_n/n$$

- ekvivalentně:

$$\bar{x}_n = (\bar{x}_{n-1} \cdot (n-1) + x_n)/n$$

$$\Downarrow$$

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

- v jakých případech nám pomůže?
- co když se odhadovaná hodnota mění? (roste/klesá/osciluje)

Plovoucí průměr délky k

- definice:

$$\begin{aligned}x_i, s_0 &= 0 && \text{pro } i < 0 \\s_n &= s_{n-1} - x_{n-k} + x_n \\ \bar{x}_n &= s_n/k\end{aligned}$$

- ekvivalentně:

$$\begin{aligned}\bar{x}_n &= (\bar{x}_{n-1} \cdot k - x_{n-k} + x_n)/k \\ &\Downarrow \\ \bar{x}_n &= \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - x_{n-k})\end{aligned}$$

Plovoucí průměr délky k

- definice:

$$\begin{aligned}x_i, s_0 &= 0 && \text{pro } i < 0 \\s_n &= s_{n-1} - x_{n-k} + x_n \\ \bar{x}_n &= s_n/k\end{aligned}$$

- ekvivalentně:

$$\begin{aligned}\bar{x}_n &= (\bar{x}_{n-1} \cdot k - x_{n-k} + x_n)/k \\ &\Downarrow \\ \bar{x}_n &= \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - x_{n-k})\end{aligned}$$

- co když si nemůžeme/nechceme pamatovat k starých měření?

Odhad plovoucího průměru

Celkový průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

Plovoucí průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - x_{n-k})$$

Nejlepší odhad x_{n-k} , co máme, je \bar{x}_{n-1} .

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

Odhad plovoucího průměru

Celkový průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

Plovoucí průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - x_{n-k})$$

Nejlepší odhad x_{n-k} , co máme, je \bar{x}_{n-1} .

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

- jednoduché, rychlé, praktické

Odhad plovoucího průměru

Celkový průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

Plovoucí průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - x_{n-k})$$

Nejlepší odhad x_{n-k} , co máme, je \bar{x}_{n-1} .

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

- jednoduché, rychlé, praktické
- průměr se zpožďuje za aktuální hodnotou

Odhad plovoucího průměru

Celkový průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

Plovoucí průměr:

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - x_{n-k})$$

Nejlepší odhad x_{n-k} , co máme, je \bar{x}_{n-1} .

$$\bar{x}_n = \bar{x}_{n-1} + \frac{1}{k}(x_n - \bar{x}_{n-1})$$

- jednoduché, rychlé, praktické
- průměr se zpožďuje za aktuální hodnotou
 - dá se s tím něco udělat?

Kalmanův filtr

- je to vlastně „vylepšený“ odhad plovoucího průměru
- vylepšení spočívá v rozdělení algoritmu na dva kroky
 - predikci nového stavu (a nového rozptylu/váhy)
 - korekci pomocí nového měření
- „průměr“ předpokládá, že odhadovaná veličina je konstanta

Algoritmus aktualizace

Predikce stavu a chyby — pomocí stavové rovnice

$$\begin{aligned}x_{k+1}^- &= Ax_k \\ P_{k+1}^- &= AP_k A^T + Q\end{aligned}$$

Korekce pomocí měření — pomocí rovnice měření

$$\begin{aligned}z_k &= Hx_k + v_k \\ K_k &= P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \\ x_k &= x_k^- + K_k (z_k - Hx_k^-) \\ P_k &= (I - K_k H) P_k^-\end{aligned}$$