Virtuální bytosti

Umělá inteligence a mechanismus výběru akcí

Cyril Brom
KSVI, MFF UK
brom@ksvi.mff.cuni.cz
http://ksvi.mff.cuni.cz/~brom

(c) 1/2006

Façade

⇨ ukázka

Jednotící znaky

- Vypadají a chovají se jako lidé
  - nebo jako zvířata
- Ve virtuálním světě modelujícím přirozený reálný svět
  - omezená "doména"
- Mluví
  - aspoň trochu
- Projevují emoce
- Jsou interaktivní

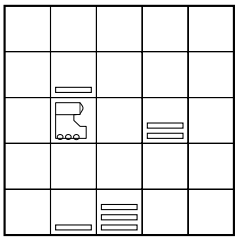
Jak je programovat?

- První myšlenka...
  - skriptování

Robot KAREL

představte si virtuálního robota, který "bydlí" v počítačovém simulátoru...

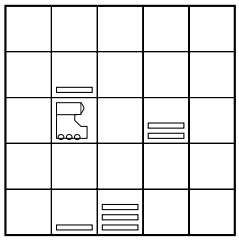
- Karel žije na šachovnici 5x5
- Může udělat krok
- Má čelo - dívat se na svět jedním směrem
- Může se otočit vlevo nebo vpravo
- Může sebrat nebo položit značku



- Jak můžeme naprogramovat jeho chování?

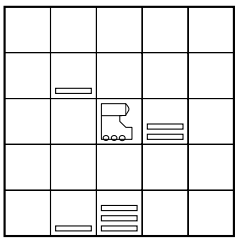
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!



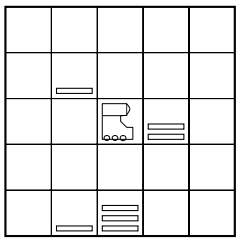
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
  - krok! je **atomická akce** (tj. dále nedělitelná)



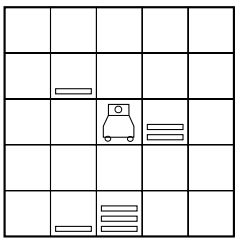
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku



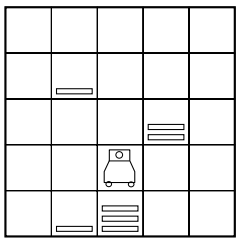
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - **vpravo**, krok, krok, vlevo, zvedni značku



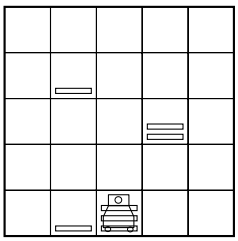
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, **krok**, krok, vlevo, zvedni značku



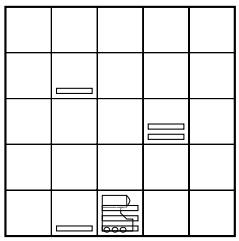
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, **krok**, vlevo, zvedni značku



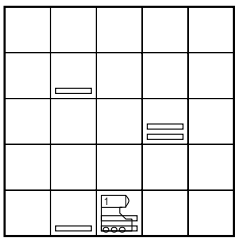
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, **vlevo**, zvedni značku



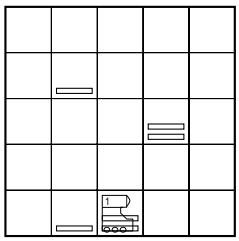
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, **zvedni značku**



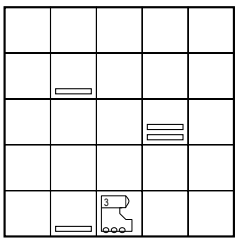
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku
- Proveď cyklus s pevným počtem opakování
  - opakuj 2 x:
    { zvedni značku }



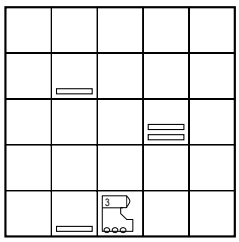
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku
- Proveď cyklus s pevným počtem opakování
  - opakuj 2 x:
    { zvedni značku }



Robot KAREL

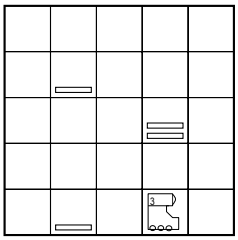
- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku
- Proveď cyklus s pevným počtem opakování
  - opakuj 2 x:
    { zvedni značku }
- Vykonej akci podmíněně
  - if <u>žádná značka</u> do { krok }
    jinak { zvedni značku }



Co provede robot?

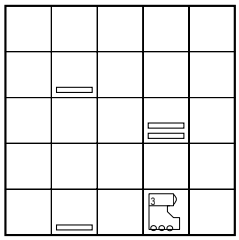
Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku
- Proveď cyklus s pevným počtem opakování
  - opakuj 2 x:
    { zvedni značku }
- Vykonej akci podmíněně
  - if <u>žádná značka</u> do { krok }
    jinak { zvedni značku }



Robot KAREL

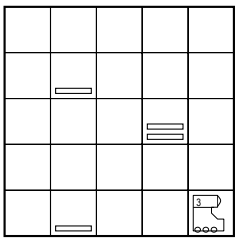
- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku
- Proveď cyklus s pevným počtem opakování
  - opakuj 2 x:
    { zvedni značku }
- Vykonej akci podmíněně
  - if <u>žádná značka</u> do { krok }
    jinak { zvedni značku }
- Proveď cyklus s podmíněným počtem opakování
  - zatímco <u>není zeď</u> { krok }



Kolik kroků udělá robot?

Robot KAREL

- Vykonej akci:
  - krok!
- Vykonej sekvenci akcí:
  - vpravo, krok, krok, vlevo, zvedni značku
- Proveď cyklus s pevným počtem opakování
  - opakuj 2 x:
    { zvedni značku }
- Vykonej akci podmíněně
  - if žádná značka do { krok }
    jinak { zvedni značku }
- Proveď cyklus s podmíněným počtem opakování
  - zatímco není zeď { krok }
  - provede 1 krok



Otázka

- Je vývoj umělých bytostí o tomto stylu programování?
  - Je Karel jako Trip a Grace?
  - V čem je jiný?

V čem se liší?

O čem bude dnešní přednáška?

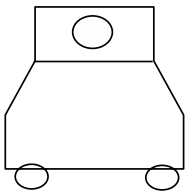
1. Úvod
   - ukázka Karla a Façade
   - rozdíly mezi Grace a Karlem, definice
2. Ukázky aplikací
   - hry, film, výuka,...
3. Proč je těžké je modelovat?
   - výběr akcí, emoce, design, ...
   - architektura virtuální bytosti
   - o čem bude tato přednáška
4. Úvod k problému výběru akcí
   - jak to dělat nejde
5. Technické
   - úmluva, literatura, zkoušky

Façade – nevěrní manželé

[2002-5, Mateas, Stern]

- Žijí v 15-ti minutové hře, ve spojitém virtuálním 3D světě zobrazeném v GUI
- V prostředí vystupuje i postava hráče
- Hráč může prostředí měnit
- Postavy musí okamžitě na změny reagovat
- Komunikují s hráčem v angličtině
- Projevují emoce

KAREL – robot pro výuku programování



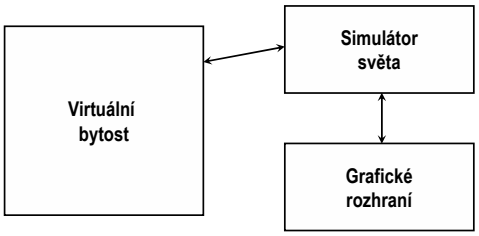
- Žije na virtuální šachovnici
- Je tam sám, jen se značkami
- Všechny změny v prostředí provádí pouze Karel
- Může se rozhodovat, jak dlouho chce
- S nikým se nebaví
- Nemá emoce, ani žádné potřeby

Definice

Co je to virtuální svět?

Co je to virtuální bytost?

Architektura aplikace



Virtuální prostředí

- plně pozorovatelné/částečně pozorovatelné
  - plně pozorovatelné (accesible) pokud v-bytost může v libovolném čase vnímat kompletní aktuální informaci o stavu světa; částečně pozorovatelné (inaccessible), pokud tuto možnost nemá
- dynamické/statické
  - dynamické, jestliže se stav světa může změnit i jinak než přičiněním v-bytosti (tj. existuje ještě někdo další, kdo provádí akce); statické, pokud jediný, kdo může provádět akce, je daná v-bytost
- deterministické/nedeterministické
  - deterministické, jestliže výsledek každé akce lze předem určit; nedeterministické, pokud existuje akce, jejíž výsledek nelze vždy předem určit (to znamená, že do hry může vstoupit náhoda)

[Russell and Norwig, 1995]

Virtuální prostředí

- diskrétní/spojité v čase/prostoru:
  - diskrétní (discrete), jestliže virtuální svět sestává z konečného počtu diskrétních entit, to je především objektů a míst; spojitý (continuous), pokud tomu tak není
  - krokový vs. diskrétní simulace vs. pseudo real-time
  - virtuální bytost nemá/má teoreticky nekonečně mnoho času k tomu, aby se rozhodla, co bude dál dělat
- interaktivní/neinteraktivní
  - jestliže uživatel může ovlivňovat dění ve v-světě za běhu simulace; neinteraktivní, pokud může dění pouze sledovat

Jaké je prostředí Karla a Façade?

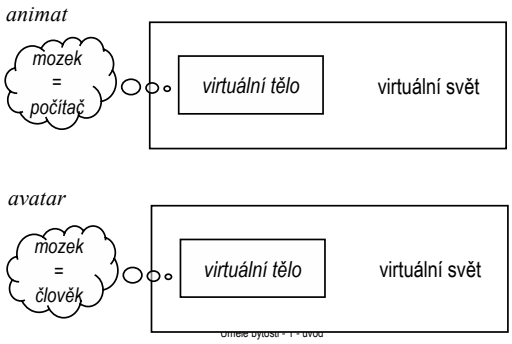
Virtuální bytost je...

- ...umělý (syntetický) tvor s **virtuálním tělem**, který "žije" ve virtuálním prostředí podobném přirozenému prostředí
- ...je obvykle **graficky vtělený**, tzn. jeho tělo je zobrazeno prostřednictvím GUI
- ...**řízený počítačem**
- ...vykonává **větší počet úkolů**, obvykle aspoň 2 **konfliktní**

- Virtuální tělo je omezeno pravidly ("zákony") virtuálního prostředí
  - podvádění vs. nepodvádění... později
- **Avatar** je termín vyhrazený pro virtuální bytost, jež je řízena člověkem (ale stále má virtuální tělo "žijící" ve virtuálním světě).

Co nesplňuje šachový program?
A co agent prohledávající web?
A co Karel?

Virtuální bytost vs. avatar



O čem bude dnešní přednáška?

1. Úvod
   - ukázka Karla a Façade
   - rozdíly mezi Grace a Karlem, definice
2. Ukázky aplikací
   - hry, film, výuka,...
3. Proč je těžké je modelovat?
   - výběr akcí, emoce, design, ...
   - architektura virtuální bytosti
   - o čem bude tato přednáška
4. Úvod k problému výběru akcí
   - jak to dělat nejde
5. Technické
   - úmluva, literatura, zkoušky

Aplikace

- počítačové hry
- virtuální vyprávění, virtuální divadlo
- výukové a terapeutické aplikace
- verifikace návrhu strojů a pracovních postupů
- film
- vojenské aplikace
- etologie a kognitivní věda

Aplikace - počítačové hry

- Každá hra vyžaduje jiný typ virtuálních bytostí
  - střílečky (individuality)
  - strategické (stovky postav)
  - adventury (příběh)
  - sportovní (fotbal,...)
- Až na výjimky je UI v hrách slabá
  - cíl hry: ne realistická AI, ale vydělat na hráčích → hra musí být zábavná
    - podvody: stopování, stále někdo přede mnou a stále někdo za mnou,...
    - věrohodnost především!
  - poslední 2-4 roky se to mírně lepší
    - IGDA standardy ???
    - Serious games conference ap.

Aplikace - počítačové hry

- Vybrané problémy
  - hledání cesty
  - chování při souboji
    - výběr zbraně, výběr cíle, míření, přibližování se k nepříteli, útěk,...
  - modelování vnímání
  - koordinace týmu
  - analýza terénu
  - imitace komunikace
  - exprese emocí ???
- UI v hrách není jen o virtuálních postavách
  - automatická kamera
  - komentátor ve sportovní hře
  - "zesilování" hráčovy inteligence
  - automatická nápověda, průvodce příběhem...

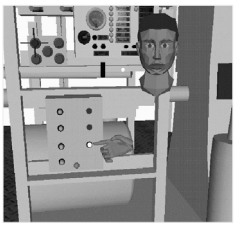
Storytelling

[2003-5, Mateas, Stern]

- Virtuální vyprávění
- Trip a Grace žijí v 15-ti minutovém, jednoaktovém, **interaktivním dramatu**
- Narozdíl od počítačové hry je silný důraz kladen na strukturu děje (Aristotelovská křivka)
  - problém: jak křivku dodržet, když do hry vstupuje hráč?
  - exprese emocí
- Narozdíl od počítačové hry lze na postavy mluvit celými větami
- Aplikace:
  - umění, výuka (SAM)

ukázka Cavazza 1-3

Virtuální tutoři



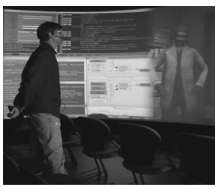
Steve, © Johnson, Rickel 1998 - 2003

- Student se učí na modelovaných situacích
- Je to levnější než v reálném prostředí
- Problémy:
  - rozpoznávání řeči, generování řeči
    - skutečné vs. nahrávky
  - věrohodnost: emoce, nonverbální gesta
- Agent Steve učí studenta ovládat vysokotlaký kompresor
- Průvodce muzeem

ukázka

Virtuální aktoři

- Vystupují v určitých rolích v předem připravených scénářích
- Student se učí na modelovaných situacích
- Virtuální terapie
- Aplikace:
  - Vojenské scénáře
  - Virtuální policisté, jejichž chování je možné určovat příkazy v přirozeném jazyce
  - Kognitivně behaviorální terapie



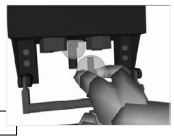
(c) Gratch et al., 2005

ukázka Irák

Porovnejte Steva a doktora

Verifikace pracovních postupů

- Dokáží virtuální lidé různých konstitucí ovládat navržený stroj?
- Verifikace návrhu ve virtuálním prostředí ušetří peníze
- Problém: fyzikální model
- Aplikace:
  - Badlerovi virtuální lidé
  - Škodovka ???



Filmový průmysl

- Davové scény bez komparsistů
- Kombinování živých a virtuálních herců
- 3D grafik nemodeluje každou postavu zvlášť, ale programuje jejich chování
- Výsledek je počítán "off-line"
- Softimage/Behavior
- Návrh chování musí být jednoduchý (grafik není expert na UI)
- Filmy:
  - Napoleon (1500 virtuálních postav)
  - The One, …

© Softimage, Behavior ⇨ ukázka

Etologie, kognitivní vědy

- Etologické modely
  - co udělá podle teorie X žába Z?
  - etologie studuje chování živočichů, především v jejich přirozeném prostředí
- Kognitivní modely
  - jak člověk poznává svůj svět?
- Nemají být věrohodné, ale plausibilní
  - abstrakce na různých úrovních (stádo opic vs. buňka)
  - často musíme modelovat i tělo, jeho fysiologické potřeby ap.

O čem bude dnešní přednáška?

1. Úvod
   - ukázka Karla a Façade
   - rozdíly mezi Grace a Karlem, definice
2. Ukázky aplikací
   - hry, film, výuka,...
3. Proč je těžké je modelovat?
   - výběr akcí, emoce, design, ...
   - architektura virtuální bytosti
   - o čem bude tato přednáška
4. Úvod k problému výběru akcí
   - jak to dělat nejde
5. Technické
   - úmluva, literatura, zkoušky

Problémy a vědy

- Plausibilita
  - sestavení modelu – kdo ví, **jak** to přesně je?
  - psychologie, sociologie, neuropsychologie, etologie,...
- Uvěřitelnost
  - lokomoce, emoce, chování, sociální interakce
  - počítačová grafika, psychologie, umělá inteligence
- Výběr akcí – co "dělat v dalším kole"
  - psychologie, umělá inteligence
- Komunikace
  - zpracovat přirozený jazyk komputačně nikdo na světě neumí
  - komputační lingvistika
- Design
  - jak umožnit IT neznalému designérovi jednoduše navrhnout virtuální bytost?
  - metodologie designu

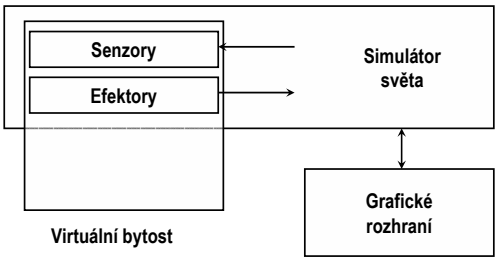
Tři úrovně

1. Model / algoritmus
   - formální zápis, teorie
2. Program realizující daný model
   - programovací jazyk – umožňuje jednoduše vyjádřit algoritmus?
3. Jak situaci vnímá uživatel
   - personifikační rovina

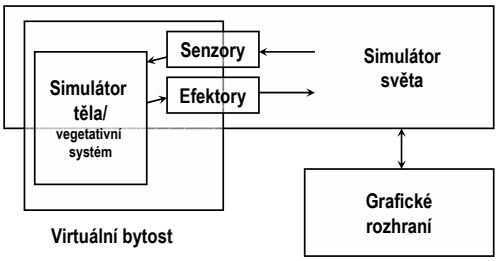
- Typické postupy při návrhu
  - $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$
  - $3 \rightarrow 1 \rightarrow 2$

Který postup pasuje na počítačové hry?
Který na etologické simulace?
Který na výukové aplikace?

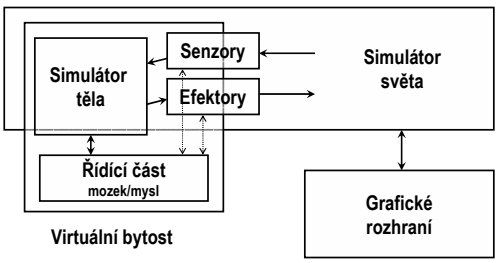
Architektura virtuální bytosti Terminologie...



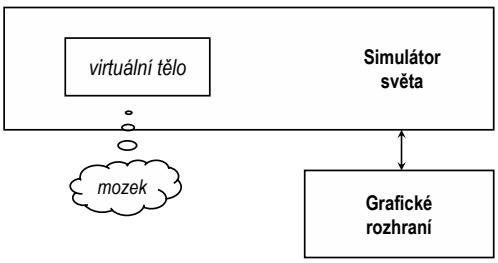
Architektura virtuální bytosti



Architektura virtuální bytosti



Architektura virtuální bytosti



O čem bude AIL068?

- Řízení umělých bytostí
  - problém výběru akcí
  - jak naprogamovat řídící část?
  - tělo virtuální bytosti
- Virtuální světy
  - návrh, representace
- Emoce
  - jak na ně
- Softwaroví agenti a prohledávání webu
  - terminologie, architektury
- Filosofie
  - vztah umělé mysli k lidské mysli

- Hlavně modely, algoritmy, méně už programovací jazyky a syntaxe!
- Dozvíte se, proč NEJDE a NEPŮJDE udělat na počítači umělý člověk

O čem **NE**bude AIL068

- Lingvistika
- Grafika
- Jak naprogramovat počítačovou hru
  - pouze trochu o game AI
- Umělá inteligence obecně
  - dokazování vět, data-mining, ...
- Psychologie, neurobiologie

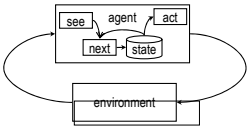
O čem bude dnešní přednáška?

1. Úvod
   - ukázka Karla a Façade
   - rozdíly mezi Grace a Karlem, definice
2. Ukázky aplikací
   - hry, film, výuka,...
3. Proč je těžké je modelovat?
   - výběr akcí, emoce, design, ...
   - architektura virtuální bytosti
   - o čem bude tato přednáška
4. Úvod k problému výběru akcí
   - jak to dělat nejde
5. Technické
   - úmluva, literatura, zkoušky

Problém výběru akcí

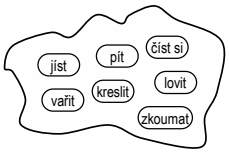
- Základní problém, který musí virtuální bytost řešit, je **co dělat v příštím okamžiku**
- Jde o tzv. **problém výběru akcí** (action selection problem)
- Ta část kódu, která tento problém řeší, se často nazývá **umělá mysl**

- Virtuální bytost musí vnímat prostředí (prostřednictvím senzorů)
- Provedení akce způsobí změny v prostředí, které typicky ovlivní, co bude virtuální bytost vnímat v dalším okamžiku.



Co dělají virtuální bytosti?

- Atomické akce bývají předdefinovány
  - př. krok, vpravo, vlevo, polož značku, seber značku
- Atomické akce bývají hierarchicky seskupovány do úkolů
  - sekvence, cykly
  - stromová struktura
- Hlavní cíle
  - jejich sada určuje, co bytost „umí“
  - kořeny stromů (les)
  - opět předdefinováno
- **Co si nenaprogramuji, to v. b. neumí!**
  - virtuální bytost není živá; všechno, co provádí, musí někdo naprogramovat
  - učení je problematické (kde co leží vs. pracovní postup)



Problémy při řízení

- Svět je dynamický
  - Který úkol vybrat?
  - Jak dlouho vybírat úkol?
  - Jak často se rozhodovat, jestli pokračovat v započatém úkolu?
  - Jak dlouho se pokoušet úkol splnit?
- Úkoly mají různou důležitost
  - Jak přiřadit úkolům priority?
  - Mohou se priority v čase měnit?

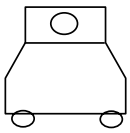
Jak to nelze řešit

...sekvenční přístup à la Karel (for-cykly a while cykly)
- lze tím naprogramovat jen sekvence akcí
- je to použitelné, jen pokud se nemění výchozí podmínky

...klasické plánování (STRIPS)
- je to pomalé a musí se přeplánovat vždy, když se změní podmínky

Proč ne skriptování?

- Klasický procedurální přístup
  - podmínky i cykly
- Interpretované jazyky
- Problém:
  - skripty jsou zpracovávány sekvenčně
  - některé věci potřebujeme kontrolovat stále...



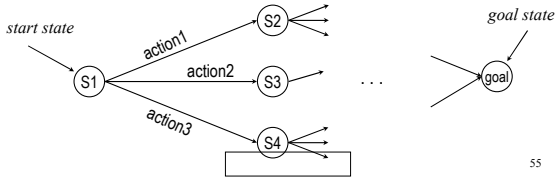
```
step
if someone-shoot-at-me do { .. }
if someone-asked-me do { .. }
if I-am-hungry do { .. }
if I-need-toilet do { .. }
if I-am-sleepy do { .. }
step
if someone-shoot-at-me do { .. }
if someone-asked-me do { .. }
if I-am-hungry do { .. }
if I-need-toilet do { .. }
if I-am-sleepy do { .. }
pick-up-mark
if someone-shoot-at-me do { .. }
if someone-asked-me do { .. }
if I-am-hungry do { .. }
if I-need-toilet do { .. }
if I-am-sleepy do { .. }
pick-up-mark
if someone-shoot-at-me do { .. }
...
```

Jak se vám líbí?

- **Mysli paralelně!**

Proč ne plánování?

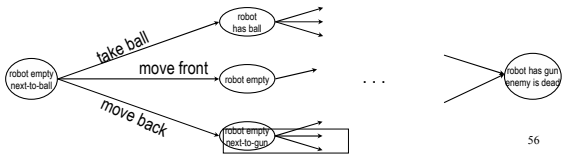
- Prohledávání je základní AI technika
- Při plánování typicky hledáme ve stavovém prostoru
  - začneme ve startovním stavu a chceme najít cestu do cílového stavu
  - jdeme z jednoho stavu do druhého a ptáme se, jestli jsme či nejsme v cíli
  - pokud jsme, konec; pokud ne, hledáme dál



Proč ne plánování?

- Hledání cesty – OK, částečně použitelné (A* a modifikace)
- Plánování akcí
  - uzly: popis stavu bytosti / prostředí
  - hrana: popis akce
  - cesta representuje sekvenci akcí
  - exponenciální → pro umělé bytosti těžko použitelné

V jakém typu virtuálních světů by klasické plánování bylo použitelné?



Ještě k plánování

- Klasické plánování není any-time plánování
- Klasické plánování přesněji:
  - deterministický, statický, konečný, plně pozorovatelný stavový model světa, známý cíl, akce trvají "nulový čas"
  - plánovací problém je: (Σ, s_0, g)
    - s_0 je počáteční stav
    - g je popis cílových stavů
    - $\Sigma = (S, A, \gamma)$ je popis plánovací domény
      - S – stavy; A – akce; přechodová funkce γ: S x A → S
    - řešením je plán, tedy posloupnost akcí, tž. se z s_0 postupnou aplikací γ dostaneme do g

Jak to lze řešit

- reaktivní if-then pravidla
- neuronové sítě (???)
- reaktivní fuzzy if-then pravidla
- konečné automaty
- kombinace přístupů
- any-time plánování

O čem bude dnešní přednáška?

1. Úvod
   - ukázka Karla a Façade
   - rozdíly mezi Grace a Karlem, definice
2. Ukázky aplikací
   - hry, film, výuka,...
3. Proč je těžké je modelovat?
   - výběr akcí, emoce, design, ...
   - architektura virtuální bytosti
   - o čem bude tato přednáška
4. Úvod k problému výběru akcí
   - jak to dělat nejde
5. <u>Technické</u>
   - úmluva, literatura, zkoušky

Zkouška

- Buď esej,
  - 2 články
- nebo písemka.
  - všechno
  - a rozbor nad načteným článkem

Literatura

- Slajdy
- Internet
  - odkazy z mého webu ksvi.mff.cuni.cz/~brom
- Články z konferencí
  - přístup z knihovny
  - "animat", "intelligent virtual agent", "storytelling", "virtual human", "artificial mind", "reactive planning", "game AI"
- Stan Franklin: **Artificial Mind**
- Alex Champandard: **AI game development: synthetic creatures with learning and reactive behaviors**
- Predigner, Ishizuka: **Life-like Characters. Tools, Affective Functions and Applications.**
  - články

Doplňující informace

- cogscience.info
- Seminář z umělých bytostí
- CTS
- Příbuzné přednášky
  - viz můj web

Úmluva?

Dotazy?