



OPERAČNÍ PROGRAM PRAHA
ADAPTABILITA



EVROPSKÁ UNIE

EVROPSKÝ SOCIÁLNÍ FOND

Plánování v praxi

A co tomu říkají počítačové hry?

PRAHA & EU

INVESTUJEME DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

Martin Černý – cerny.m@gmail.com

O CO PŮJDE

- Plánování v reálném světě
 - Proč to není tak jednoduché
- GOAP ve hře F.E.A.R.
 - Jediný dobře popsany příklad užití plánování v komerční hře
- Porovnání plánovačů a reaktivních technik
 - Nějaké praktické výsledky z mé diplomky
- Používáme plánovače
 - Co jsem se naučil, když jsem chtěl plánovače použít v praxi
- Alternativní přístupy k plánování (bude-li čas)
 - HTN plánování, plánování jako MDP, project Europa



PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

V ČEM JE PROBLÉM?

- Problémů není vůbec málo:
 - Spojité světy
 - Dynamičnost
 - Nedeterminismus
 - Neznámé efekty akcí
 - Částečná pozorovatelnost (Observability)
 - Cíle
 - Čas
 - Rychlost plánování
 - Rozhodování o plánování

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

SPOJITÉ SVĚTY

- Plánování je v principu (většinou i u lidí) diskrétní
- Je třeba vhodná abstrakce
 - Co je vhodné?
- Abstrakce nám pomůže řešit i další problémy

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

DYNAMIČNOST

- Více aspektů
 - Vyrovnání se s rušením
 - Oportunismus
 - Změna cíle
- Pštroší strategie
 - Abstrakce + reaktivní podvrstva
 - Kontrola plánu
 - Jeden krok / celý plán
 - Přeskakování hotových kroků
 - Kdy přeplánovat???



PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

DYNAMIČNOST II

- Kontingenční metody
 - Exploze stavového prostoru
 - Ne vždy řešitelné a žádoucí
- Plánování s nejistotou
 - Rozšíření POP / Markov Decision Processes
 - Moc to nefunguje – viz IPC 2011
 - Všechny plány do 40 akcí
 - 24 hodin na řešení 8 problémů po 10ti instancích (6min / problém)
 - Počty soutěžících 5-6-0-0 (v ne-boolean variantách nikdo nesoutěžil)
- Commitment
 - Není vždy vhodné plánovat vše do detailů



PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

NEDETERMINISMUS

- Řeší se podobně jako dynamičnost
- Více úrovní
 - Action failure
 - Umožňuje efektivní pštrosí strategii
 - Odlišné nevratné výsledky



PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

ČÁSTEČNÁ POZOROVATELNOST

- Plná pozorovatelnost není jen nerealistická, ale i nepraktická!
 - Shromáždění informací trvá čas
 - Exploze stavů
- Plánovat jen s „relevantním výsekem“
 - Ale co to je?
- Udržování představ (beliefs)
- Plánování smyslových akcí

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

NEZNÁMÉ EFEKTY AKCÍ

- Problém novorozence
- V rámci plánování se vlastně neřeší
 - IPC Learning part se zabývá něčím jiným
- Reinforcement learning a spol.

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

CÍLE

- Měkké cíle
- Více (konfliktních) cílů s různou prioritou
 - Lze částečně řešit oddělením výběru cílů od plánování
- Podmínky nejen v cílovém stavu
 - Např. zdraví neklesne pod 30, nikdy neprojdou nějakým místem
 - Částečně řeší plánování se zdroji



PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

ČAS

- Částečně lze modelovat pomocí cen akci
- Cokoliv složitějšího vyžaduje opustit plánování se stavy
 - Čímž se zbavíme nejrychlejší dostupné techniky
- Plánujete vy osobně s časem explicitně?

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

RYCHLOST PLÁNOVÁNÍ

- Pamatujte, že jsme stále v PSPACE!
- IPC – limit 30min
- Hry mohou poskytnout pouze zlomky vteřiny
- Do vteřiny současné STRIPS plánovače uplánují řádově stovky predikátů a akcí (ale musí mít celé jádro)
- Anytime plánování
 - Ale jak to dělat?

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

ROZHODOVÁNÍ O PLÁNOVÁNÍ

- Kdy plánovat/přeplánovat?
 - Oportunismus
- Kolik času na to mám?
- Kdy skončit s plánováním?
 - Většinou nepotřebuji optimální plány
- Commitment
- Vyžaduje těsnou integraci plánovače

PLÁNOVÁNÍ V REÁLNÉM SVĚTĚ

CO SE POUŽÍVÁ VE HRÁCH?

- Reaktivní techniky stále převládají
 - FSM
 - Hierarchical FSMs
 - Behaviour trees
- Na určité úrovni abstrakce jsou reaktivní techniky nezbytné

GOAP

- Goal oriented action planning
- Jeff Orkin, hra F.E.A.R. (2005)
- Jediný popsáný plánovací systém v hrách
 - Použit pak i v dalších hrách
 - S.T.A.L.K.E.R.: Shadow of Chernobyl
 - Fallout 3
 - Deus Ex
 - ...
- Pozitivní přijetí od hráčů
- Odvozen od STRIPS
- <http://web.media.mit.edu/~jorkin/goap.html>



GOAP

JAK TO FUNGUJE

- Reprezentace světa pomocí stavových proměnných
 - Trochu jako v CSP formulaci
 - Proměnné mohou přímo odkazovat na herní objekty
- Procedurální předpoklady a efekty
- Ceny akcí
- A*
- Samostatný systém pro výběr cílů



GOAP

VÝHODY A NEVÝHODY

- Výhody
 - Chytřejší AI
 - Oddělení akcí od cílů a akcí od jejich implementace
 - Lepší udržovatelnost vůči FSM
- Nevýhody
 - Absence přímé kontroly nad jednáním agenta – problémy s laděním
 - Implementační komplikace a detaily
- Údajně ho vývojáři her zase opouští ve prospěch HTN případně se vrací k reaktivním Behaviour trees
 - Více viz třeba <http://aigamedev.com/open/editorial/2010-retrospective/> (Trend #10)



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

NÁVRH EXPERIMENTU

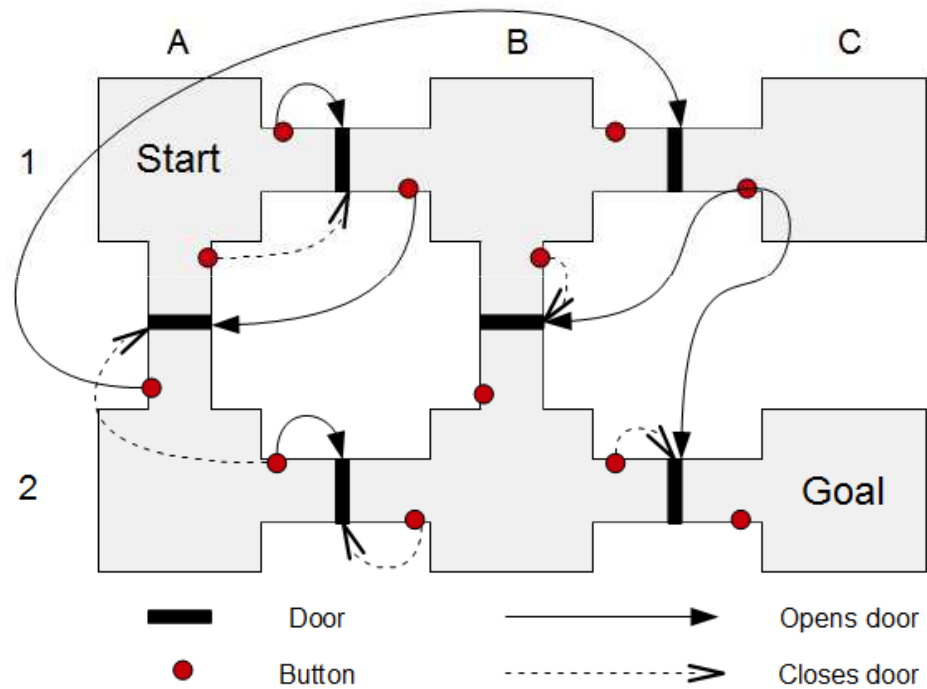
- Otázka zní: kdy se vyplatí plánovat a kdy je lepší být reaktivní.
- Zaměřeno na dynamičnost prostředí
- Klasifikace dynamičnosti – delay, impact,

Situation	Delay	Impact	Attitude
FPS shootout	0.5 - 2s	Small	Hostile
Quest in a RPG, no combat	> 5s	Medium	Balanced
Getting food in The Sims	1 – 5s	Small	Friendly
Navigating through a spaceship falling apart	1 – 3s	Large	Hostile



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY PROSTŘEDÍ

- Místnosti spojené dveřmi, tlačítka k ovládání



- Interference – náhodné změny stavu dveří



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY AGENTI

○ Heuristiky

- Je-li cesta k cíli, vydej se po ní (H1)
- Je-li k dispozici tlačítko, které pomůže, ale neubliží, zmáčkni ho (H2)

○ Reaktivní

- Inactive + H1
- Random + H1 + H2
- Greedy + H1 + H2

○ Plánovací

- Pštroší přístup
- Plánovače: LAMA 2011, Probe, Fast Forward, BlackBox, SGPlan 6 (+ H1)



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

PARAMETRY

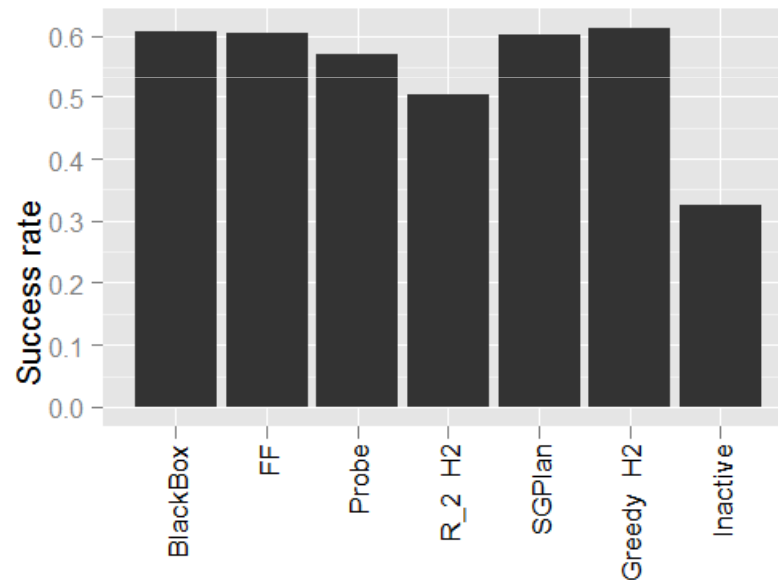
- Mapy
 - Small (5x5), Medium (7x7), Large (10x10) a 13x13
- Delay
 - 0.5s, 1.5s, 3s
- Impact
 - Podíl změněných dveří
 - 0.05, 0.1, 0.2
- Attitude
 - Friendliness – pravděpodobnost otevření dveří
 - Ukázal se jako nejzajímavější
 - 0, 0.15, 0.3, 0.5, 0.7



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

VÝSLEDKY

- LAMA 2011 (založeno na Fast Downward)
propadl
 - Jelikož je stavěn primárně na IPC
- V průměru



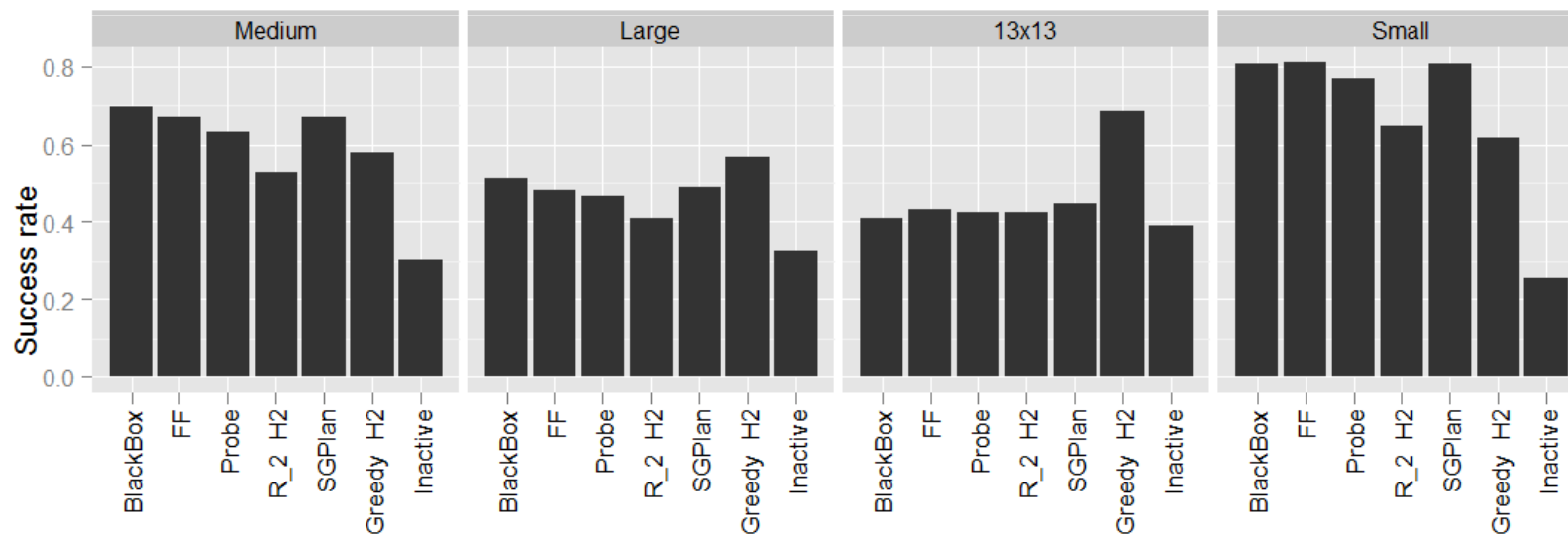
í Greedy



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

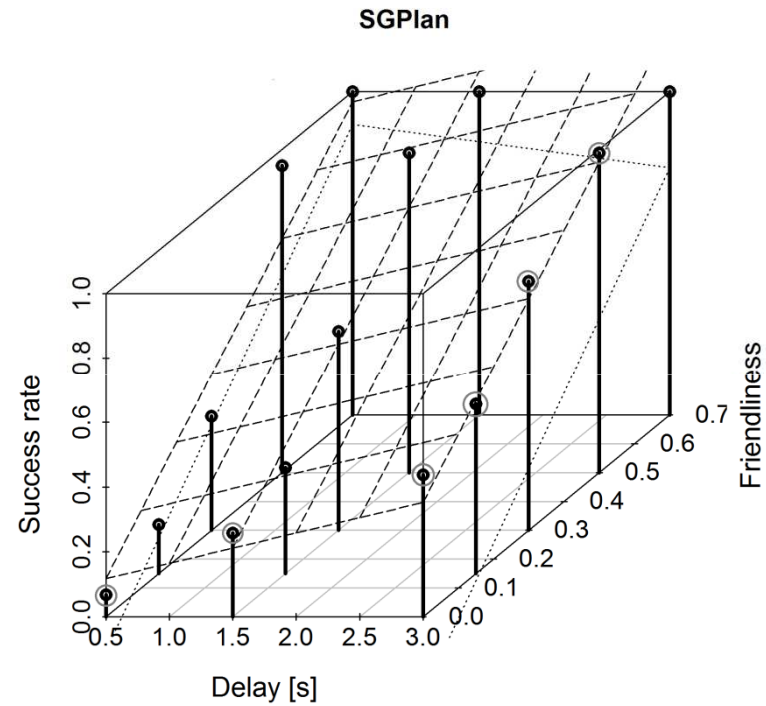
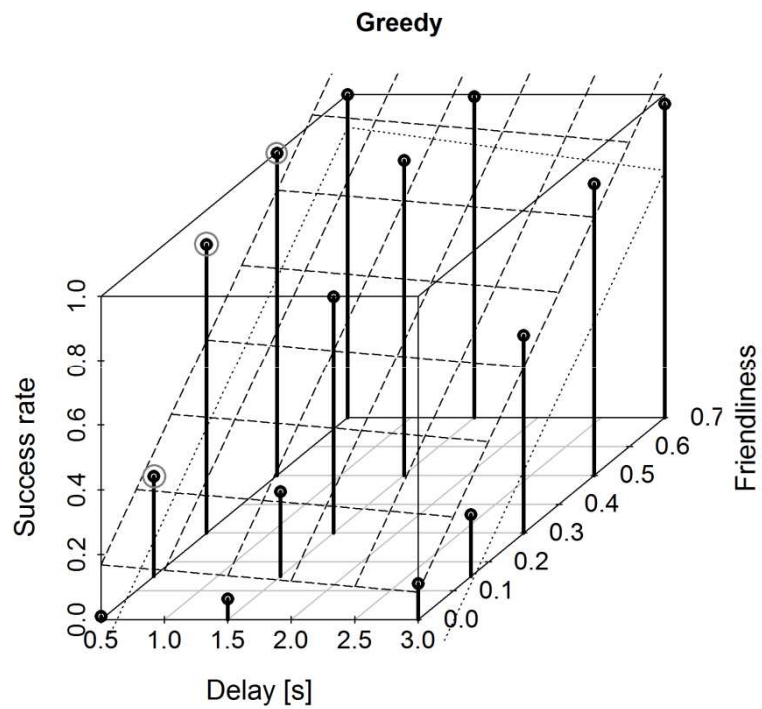
VÝSLEDKY

- Obecně plánovače lepší (success rate)
 - Na Small + Medium
 - Při friendliness = 0
 - Při delay = 3s



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

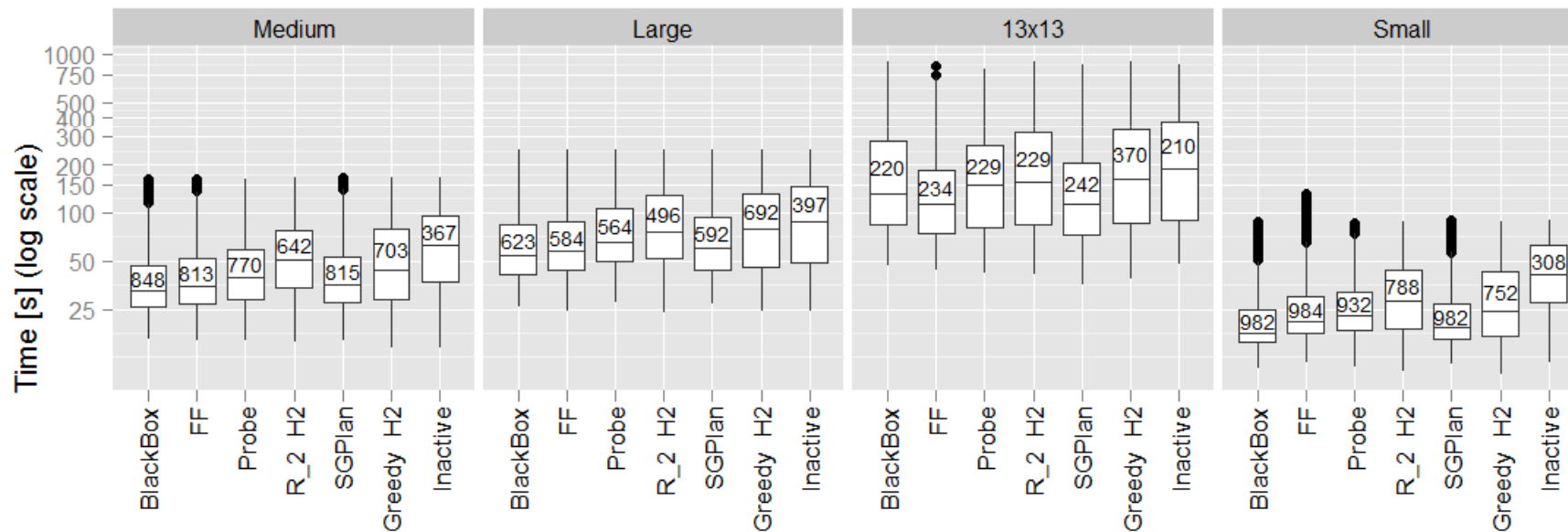
VÝSLEDKY



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

VÝSLEDKY

- A co doba, za kterou to zvládli?
- Plánovače lepší!



PLÁNOVÁNÍ VS. REAKTIVNÍ TECHNIKY

VÝSLEDKY

- Ale plánovače strávily až třetinu času přemýšlením
- Na malých doménách se plánuje desítky – stovky milisekund, na velkých to jde rychle nahoru
- SG Plan 6 – nejstabilnější výsledky
- BlackBox nejrychlejší na malých doménách, ale rychle se zhoršuje

POUŽÍVÁME PLÁNOVAČE

- Jsou v nich buggy
 - Typickým problémem bývají příliš jednoduché domény nebo „nesmyslně“ generované problémy
 - Ale není jich zase tak moc
- Použití plánovačů z Javy: Planning4J
 - Universální API pro IPC i jiné plánovače
 - <http://code.google.com/p/planning4j/>
- Zejména poslední ročníky IPC jdou dosti proti realtime plánování
 - Timeout 30minut
 - Fast Downward



POUŽÍVÁME PLÁNOVAČE

DALŠÍ POZNÁMKY

- Problémy s PDDL:
 - Kromě BlackBoxu všechny použité plánovače (a většina plánovačů vůbec) překládá PDDL na state-variables
- Chybí možnost ovlivňovat průběh plánování – snaží se vždy o optimální plán

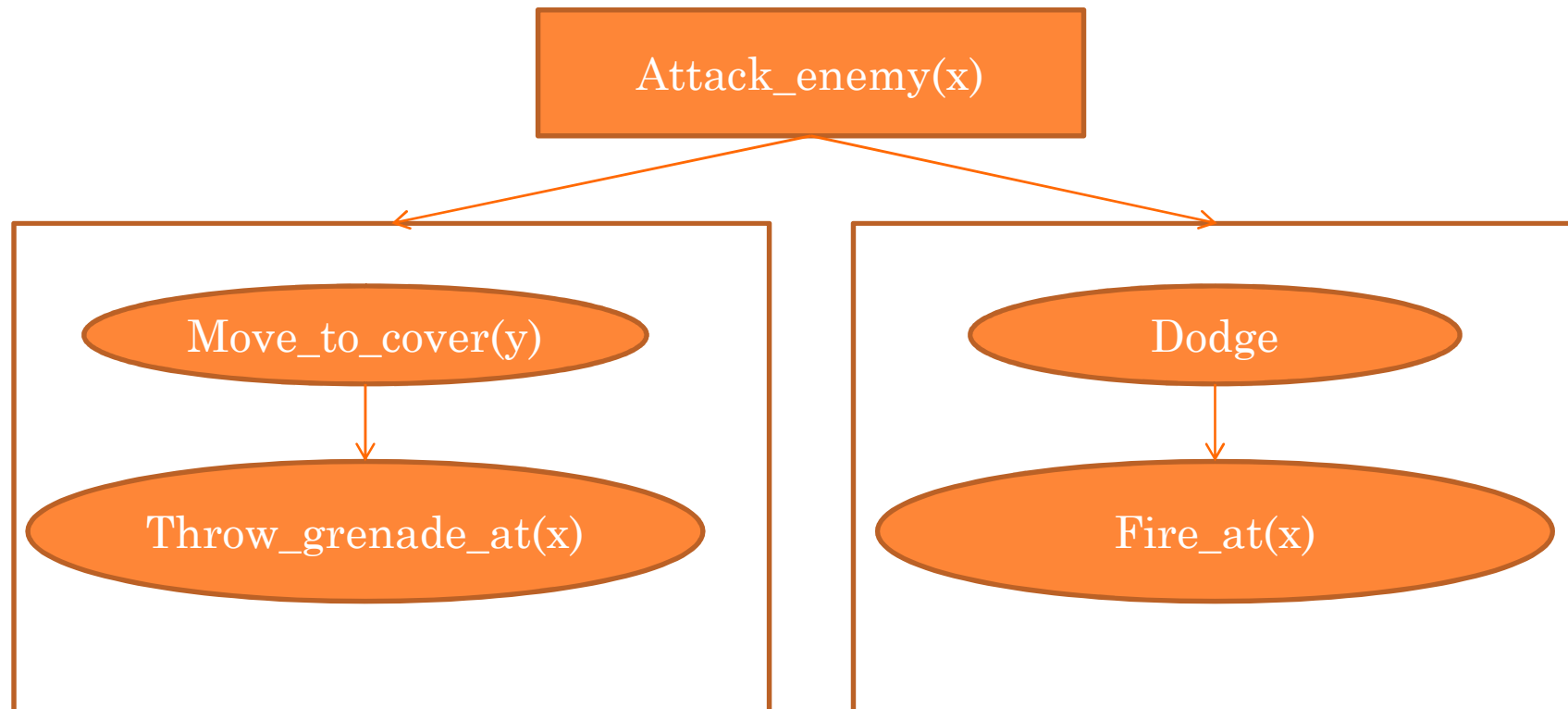


ALTERNATIVNÍ PŘÍSTUPY K PLÁNOVÁNÍ

- STRIPS & spol. nemá monopol
- Existují i velmi odlišné formalismy – a není vůbec jasné, který formalismus je „lepší“
- (Mě) Známé varianty
 - HTN
 - MDP
 - Project Europa
- Každý formalismus řeší vlastně jiný problém!

ALTERNATIVNÍ PŘÍSTUPY K PLÁNOVÁNÍ HTN

- Hierarchical Task Networks



ALTERNATIVNÍ PŘÍSTUPY K PLÁNOVÁNÍ HTN

- Akce mají více různých dekompozicí + vazby proměnných
- Obecně nerozhodnutelné!
- Může se též vnímat jako rozšíření POP
- Lépe modeluje paralelní akce
 - Využívá se pro plánování operací týmů
- Umožňuje dobře zachytit domain-dependent znalosti
- Ale některé, které jsou spíše stylu Sudoku se v HTN vyjadřují špatně nebo vyjádřit nejdou



ALTERNATIVNÍ PŘÍSTUPY K PLÁNOVÁNÍ MDP

- Markov decision processes
- Vhodně simulují rozhodování při nedeterminismu
- Obecným řešením je hledání ideální akce pro každý stav systému
- Neřeší se přesně - typicky Monte Carlo

ALTERNATIVNÍ PŘÍSTUPY K PLÁNOVÁNÍ

○ Europa

- <http://code.google.com/p/europa-pso/>
- NDDL: Timelines + constraints
- Používá se v praxi v NASA

SHRNUTÍ

- Plánování se vyplatí, ALE.....
- Výsledek v IPC zase tolik nesouvisí s výkonem pro realtime potřeby
- Existují i jiné formy plánování než STRIPS a rozhodně nejsou špatné
 - Není ale snadné je navzájem poměřit



Evropský sociální fond
Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti