

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**



JSME O KROK  
NAPŘED

...buď i Ty  
[www.budiT.cz](http://www.budiT.cz)

**BAKALÁŘSKÉ PROGRAMY**

ELEKTROTECHNIKA, ENERGETIKA A MANAGEMENT  
KOMUNIKACE, MULTIMEDIA A ELEKTRONIKA  
KYBERNETIKA A ROBOTIKA  
OTEVŘENÁ INFORMATIKA  
SOFTWAREVÉ TECHNOLOGIE A MANAGEMENT

**MAGISTERSKÉ PROGRAMY**

ELEKTROTECHNIKA, ENERGETIKA A MANAGEMENT  
KOMUNIKACE, MULTIMEDIA A ELEKTRONIKA  
KYBERNETIKA A ROBOTIKA  
OTEVŘENÁ INFORMATIKA  
ELEKTROTECHNIKA A INFORMATIKA  
INTELIGENTNÍ BUDOVY  
BIOMEDICÍNSKÉ INŽENÝRSTVÍ A INFORMATIKA

**PARTNEŘI**

**2011/2012**

PŘIHLÁŠKY DO 31. 3. 2011

[www.fel.cvut.cz](http://www.fel.cvut.cz)



# AGENTNÍ SIMULACÍ PROTI SOMÁLSKÝM PIRÁTŮM

*Ondřej Vaněk, Michal Pěchouček, Michal Jakob, Branislav Bošanský a Viliam Lisý*

VÝZKUMNÍCI Z KATEDRY KYBERNETIKY Fakulty elektrotechnické na ČVUT studují použitelnost metod umělé inteligence a agentních technologií při zajišťování bezpečnosti v námořní doméně. Předmětem výzkumu sponzorovaného americkým Úřadem pro námořní výzkum (ONR) je vytvoření podrobného multiagentního modelu chování pirátů v prostředí námořní dopravy a návrh algoritmů pro optimálně znáhodněné plánování bezpečného transitu Adenským zálivem.

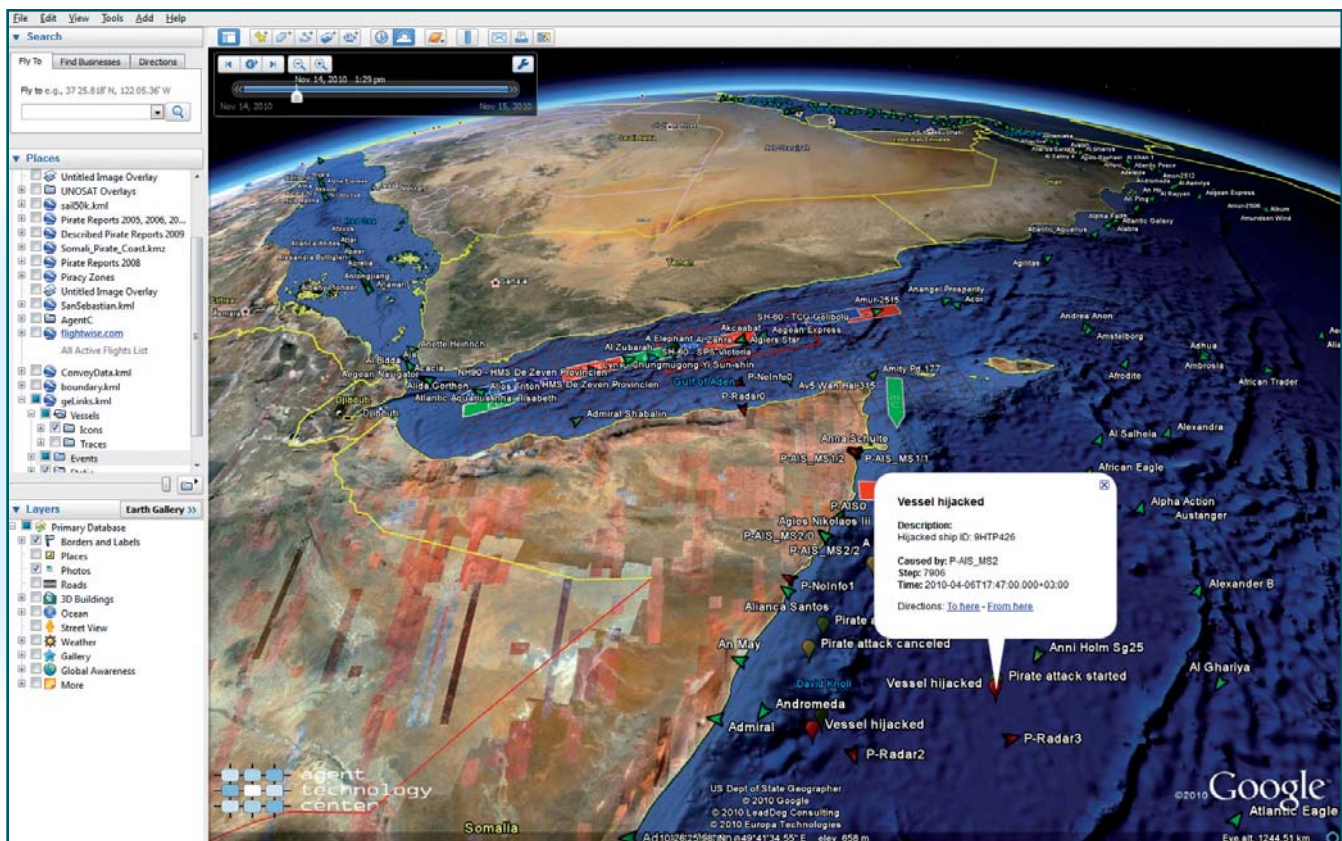
Současný vzestup pirátství ve vodách Indického oceánu představuje vážnou hrozbu pro námořní dopravu, která přepravuje až 90 % veškerého zboží. Celkové negativní dopady jen za rok 2008 se odhadují až na 16 miliard amerických dolarů a dále stoupají, stejně jako počet úspěšných útoků. I přes nasazení lodí z námořních sil zemí celého světa unesli somálští piráti v roce 2010 téměř šedesát lodí a drželi jako rukojmí téměř dvanáct set členů daných posádek. Tato situace je zapříčiněna zejména neexistencí somálské vlády, která by dokázala stabilizovat region a vytvořit právní systém pro úspěšné potlačení pirátství. Bohužel, takový stav je v současné době prakticky nedosažitelný, proto je třeba se zamyslet nad dočasným řešením, které by přispělo ke zvýšení bezpečnosti v námořní dopravě.

Nechali jsme se inspirovat úspěšnou aplikací multiagentních systémů v dopravních oblastech (například systém AgentFly pro modelování a letecké dopravy) a vytvořili jsme simulační prostředí AgentC, ve kterém modelujeme chování tří hlavních účastníků konfliktu: transportních zaoceánských lodí křižujících kritickou oblast, přítomných vojenských lodí a samozřejmě pirátských lodí aktivně vyhledávajících potenciální kořist.

K modelování pohybu legitimních lodí využíváme veřejně dostupná data získaná z tzv. AIS (Automated Identification System) vysílání, což jsou periodické GPS záznamy o poloze lodí s připojenou časovou značkou. Specifikem transitu Adenského zálivu je zavedení tzv. IRTC koridoru, úzkého pásu probíhajícího napříč zálivem, v němž jsou proplouvající lodě chráněny námořnictvem. Za pomoci přesného rozvrhu se lodě s podobnými rychlostmi shlukují do skupin, v nichž proplouvají koridorem společně, což dále snižuje pravděpodobnost úspěšného útoku. Spolu s informacemi o hlavních přístavech, geografickými údaji a inteligentním plánovačem jsme schopni věrně emulovat reálnou dopravu s hlavními tepnami a potřebným rozptylem.

Protipirátské operace námořních sil se koordinují na tzv. *4W gridu*, mřížce rozdělující Adenský záliv na menší buňky, které jsou podle potřeb přidělovány jednotlivým flotilám. Bohužel, počet vojenských lodí nestačí k pokrytí celého Indického oceánu, a tak se tyto síly soustřeďují pouze v bezprostředním okolí Afrického rohu, který mívá transportní lodě směřující k Suezskému průplavu a od něj, a u jižního cípu Somálska, kudy proudí do země humanitární pomoc.

Chování pirátů je chaotické, těžko předvídatelné, a navíc se dynamicky vyvíjí v čase. Naše modely jsou založeny na slovních popisech z relevantních zdrojů a berou v potaz jak dostupné vybavení (tj. radar, AIS detektor a možné druhy lodí) tak rozličné taktiky přepadení. Například nejpracovanější útok pirátů probíhá z mateřské lodí, středně velké dříve uloupené lodí, která se dokáže pohybovat týdny na volném oceánu a přepadávat až 1500 námořních mil (téměř 2800 km) od Somálského pobřeží za použití několika rychlých člunů.



K vizualizaci celého systému používáme HTTP server poskytující data ve formě KML souborů síťové vrstvě Google Earth, která umožňuje dynamicky měnit zobrazované prvky. Tímto způsobem dosahujeme podrobné vizualizace relevantních geografických dat spolu s dynamickým pohybem lodí.

Jako ověření věrnosti simulace jsme použili vzájemný vztah rozložení pirátských útoků z roku 2010 a pirátských útoků vygenerovaných simulací za simulované období jednoho roku se shodnou hustotou námořní dopravy. Tím jsme ověřili, že simulace vykazuje podobné rozložení útoků v kritických oblastech, tudíž je možné vytvořený model použít k vyhodnocení efektivity navržených řešení pro zvýšení bezpečnosti v námořní dopravě.

Protože jsou piráti známi svou schopností rychle se přizpůsobit změnám ve směrování dopravy (např. zavedení IRTC koridoru), inspirovali jsme se úspěšným nasazením herně-teoretických modelů explicitně uvažujících inteligentního racionálního protivníka a používajících optimální znárodnění jako prostředek pro minimalizaci ztrát (tzv. Security games). Formalizujeme hru mezi transportními loděmi a piráty jako hru mezi dvěma hráči s nulovým součtem a hledáme Nashovu rovnováhu, (která zaručuje optimální strategie pro obě strany) pomocí nejnovějších algoritmů pro získání řešení exponenciálně velkých a komplexních her. Výsledkem je transportní schéma, kdy zaoceánské lodě neplují úzkým koridorem, kde je lze snadno odhalit, ale

náhodně volí své trasy po celé oblasti, čímž nutí piráty k aktivnímu prohledávání rozlehlého prostoru.

Tomuto přístupu jsme samozřejmě přizpůsobili i patrolovací strategie námořních sil. Rozšířili jsme proto model Patrolling games (hra mezi patrolou – armádní lodí a útočníkem – pirátem), kde vstupem jsou výše popsané randomizované trasy transportních lodí a výstupem Markovovské strategie pro jednotlivé armádní lodě, zaručující optimální zabezpečení proplouvajících lodí.

Úspěšnost výše popsaných technik je možné ihned vyhodnotit díky vytvořené simulaci. Nejenže podle očekávání výrazně klesne počet útoků, ale popsané techniky zaručují (teoretické) optimum průjezdu nebezpečnou oblastí. Pokud se tedy jeden z hráčů (např. pirát) odchýlí od vypočteného rovnovážného stavu, druhý hráč (např. transportní loď) může jedině získat.

Tříletý výzkumný projekt AgentC letos končí. V jeho posledním roce budeme modifikovat výše popsané techniky z Adenského zálivu tak, aby byly použitelné i v Indickém oceánu, který je bohužel mnohem rozlehlejší. Proto bude třeba proporcionálně rozšířit již tak komplexní herně-teoretický model a navrhnout účinné algoritmy k nalezení řešení.

**CHCETE-LI VĚDĚT VÍCE**

[agents.felk.cvut.cz](http://agents.felk.cvut.cz)

[agents.felk.cvut.cz/projects/agentc/](http://agents.felk.cvut.cz/projects/agentc/)