

Masarykova univerzita

PB016 Úvod do umělé inteligence

DARPA Grand Challenge

Závod plně automatizovaných vozidel

Michaela Trněná
342090

Brno
podzim 2012

Úvod

Závod plně automatizovaných vozidel na dlouhou vzdálenost, neboli DARPA Grand Challenge, je událostí, která posunula kupředu využití umělé inteligence v praktickém životě. Závod je sponzorovaný agenturou DARPA, která podporuje celou řadu dalších výzkumných činností spojených nejen s umělou inteligencí. Cílem projektu Grand Challenge je do roku 2015 vytvořit třetinu pozemních vojenských sil v USA, které budou plně autonomní.

Agentura DARPA

Agentura pro výzkum pokročilých obranných technologií (DARPA - Defence Advanced Research Projects Agency) je agentura vedená pod hlavičkou amerického ministerstva obrany, která je zodpovědná za vývoj nových vojenských technologií. I když se jedná o vojenský výzkum, v minulosti se již potvrdilo, že jejich technologie nalézají uplatnění i v civilních oblastech. Vznikly zde například systémy na určování polohy – předchůdce dnešní GPS (např. systém Transit).

Agentura vznikla v roce 1958 jako reakce na vypuštění Sputniku Sovětským svazem, jež v Američanech vyvolalo obavu technického zaostávání ve vojenských a kosmických technologiích. Měla tak udržet technologický náskok ozbrojených sil USA. Do roku 1972 měla agentura zkratku pouze ARPA (Advanced Research Projects Agency). Z tehdejšího názvu lze odvodit, že předchůdce dnešního Internetu, tedy počítačová síť ARPANET, spuštěná v roce 1969, byla financována právě touto společností. Po roce 1996 se název již ustálil a označení DARPA se používá dodnes.

Od počátku se jednalo o relativně malou organizaci, kde z celkového počtu 240 zaměstnanců tvoří 140 osob techničtí odborníci. Roční rozpočet se pohybuje okolo 3,2 miliardy dolarů. Štědrá finanční podpora plyne z vládních zdrojů, díky čemuž jsou financovány malé vývojové týmy z univerzit nebo firemní týmy z malých i velkých podniků. Primárně se DARPA zaměřuje na krátkodobější projekty uskutečněné v horizontu dvou až čtyř let.

Agentura podporuje výzkumné činnosti v různých oborech technické oblasti. Úspěchy i neúspěchy si vyzkoušela v oblasti biologie, medicíny, informatiky, chemie, fyziky, strojírenství, matematiky, společenských věd a dalších.

Jak uvádí DARPA na svých oficiálních stránkách... „je místem pro lidi s inovativními nápady, které vedou k převratným objevům“.

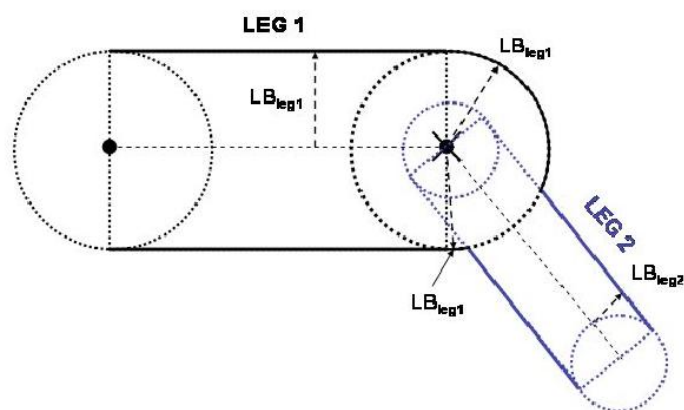
Historie Grand Challenge

Grand Challenge je soutěž plně autonomních vozidel bez řidičů sponzorovaná agenturou DARPA. První ročník soutěže se konal v roce 2004, následující rok se akce opakovala. V roce 2007 se konala obdobná soutěž Urban Challenge zaměřená na navigaci ve vojenském městečku. Příprava na další plánovanou soutěž Robotics Challenge započala na podzim 2012, samotné uskutečnění však proběhne až v létě 2013.

Tato soutěž byla první svého druhu, kde vozidla musí překonat velkou vzdálenost v předem neznámém terénu. Cílem soutěžních týmů je vytvořit autonomní vozidla schopná pohybovat se v kombinovaném terénu (silniční síť i volné prostranství) a vyhýbat se nečekaným překážkám. Vozidla musí být schopna se navigovat z jednoho místa do druhého v co nejkratším čase. Soutěže se mohly účastnit týmy a organizace z celého světa, avšak alespoň jeden člen týmu musel být občanem Spojených států amerických. Každým rokem se počet registrovaných týmů zvyšoval. V roce 2004 se registrovalo více než 100 týmů, následující rok dokonce 195 týmů z 36 států USA a 4 týmy z jiných států. Americký kongres povolil agentuře DARPA udělovat vítězi finanční odměnu ve výši 1 000 000 amerických dolarů. V roce 2005 se částka navýšila na 2 000 000 amerických dolarů.

Průběh soutěže

Vozidla se pohybují v předem neznámém terénu. Teprve dvě hodiny před startem týmy obdrží CD-ROM s trasou v elektronické podobě, kde je zapsán seznam GPS souřadnic (WayPoints) s poloměrem definujícím kruh, kudy musí vozidlo projet. Tento parametr udává šířku koridoru mezi dvěma WayPointy (obr. 1), který vozidlo nesmí opustit a zároveň musí dodržet časový limit každého WayPointu, aby ze soutěže nevypadl. Další podmínkou je pohyb vozidla po zemi, přičemž se jí musí každých 5 sekund dotknout. V případě, že by se stroj stal neovladatelným, je povinnost mít ve vozidle umístěné dálkově ovládané červené tlačítko STOP, aby stroj bylo možné zastavit. Každé autonomní vozidlo musí být doprovázeno druhým (normálním) autem s lidskou posádkou, která jej bude kontrolovat. Platí zde také povinnost dodržovat maximální povolenou rychlost na silnicích a dálnicích.



Obr. 1

2004 Grand Challenge

První závod proběhl 13. března 2004 v Mohavské poušti v USA. Trasa měřila 240 kilometrů (150 mil) a vedla po mezistátní dálnici *Interstate 15*. Závod začínal nedaleko města Barstow v Kalifornii a vedl do města Primm ležícího na hranicích s Nevadou (obr. 2). Žádné z 15 vozidel, která se kvalifikovala, však cestu nedokončilo. Nejdelší ujetá vzdálenost byla 7,4 mil, tj. 5% celé trasy. Jednotlivé týmy se v prvním ročníku potýkaly s množstvím problémů, které je vyřadily ze soutěže (příloha 2).



Obr. 2

Zdroj: www.msnbc.msn.com

2005 Grand Challenge

Druhý ročník závodu se konal 8. - 10. září 2005. Soutěže se zúčastnilo celkem 23 družstev a jejich cílem bylo zdolat 212 kilometrů (132 mil). Závod dokončilo 5 družstev, z toho čtyři družstva dodržela časový limit deseti hodin. Prémii 2 000 000 amerických dolarů si odvezlo družstvo ze Stanford University s vozidlem Stanley (viz příloha 1), které zdolalo celou trasu za 6 hodin a 53 minut.

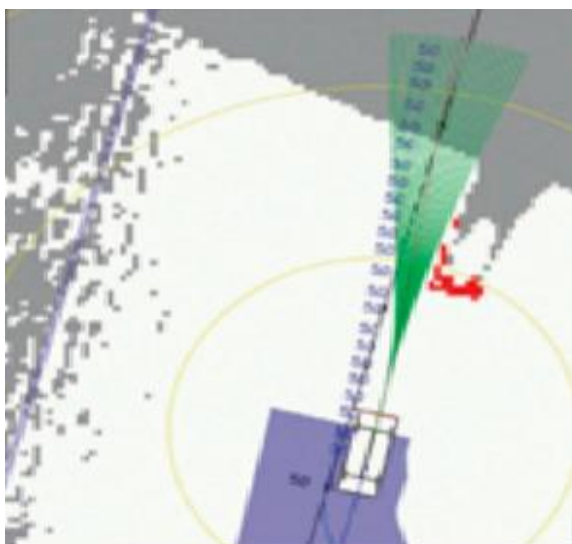
Pořadí	Vozidlo	Družstvo	Čas
1.	Stanley	Stanford University (California)	6:53 h
2.	Sandstrom	Carnegie Mellon University (Pennsylvania)	7:05 h
3.	Highlander	Carnegie Mellon University (Pennsylvania)	7:14 h
4.	GrayBot	The Gray Insurance Company (Louisiana)	7:30 h
5.	TerraMax	Oshkosh Truck Corporation (Wisconsin)	12:51 h

Technologie

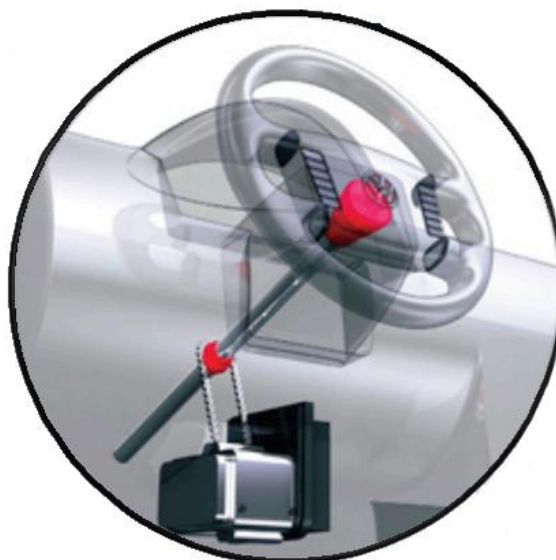
Vývoj vítězného vozidla Stanley začal v červenci 2004. Od normálního Volkswagenu Touareg je takřka k nerozeznání, pomíneme-li množství čidel na střeše. Vývojový tým použil k testování tohoto vozidla původní trasu Grand Challenge z roku 2004. Jako jeden z mála přihlášených vozidel je Stanley schopný účastnit se běžného silničního provozu.

Mozkem stroje je šest základních desek osazených procesorem Pentium M. Dvě desky mají na starost kontrolu řízení vozidla, další řídí vizuální systémy a další zaznamenává data. Zbývající dvě desky jsou záložní. V případě výpadku dvou jednotek by tak měl být stroj schopný řízení. Pro snímání okolí Stanley používá pět laserových dálkoměrů (LIDAR), které slouží obdobně jako radar, dále kameru snímající terén před vozidlem a radar pro měření na delší vzdálenosti. Pro určení pozice využívá GPS s přesností na dvacet centimetrů. Pro kontrolu orientace vozidla pak slouží měření ujeté vzdálenosti, GPS kompas a měření posunu a náklonu podél všech tří os.

Plánování trasy vozidla je důležitým krokem před samotnou cestou. Stanleyho radary mapují 3D objekty a převádějí je do 2D mřížky (o velikosti 30 x 30 polí). Bílá pole zobrazují sjízdné trasy, červená pole upozorňují na překážky a šedá pole na neznámé oblasti, resp. oblasti mimo radar (obr. 3). Plánovač poté vyhodnotí získané údaje a zelenou barvou označí bezpečnou trasu bez překážek. Elektronicky kontrolovaná hydraulická ruka manipuluje s automatickou řadicí pákou. Ovládání volantu je zajištěno řetězovým kolem řízeným elektrickým motorem (obr. 4).



obr. 3



obr. 4

2007 Urban Challenge

Třetí soutěž se konala 3. listopadu 2007 v Kalifornii a byla zaměřená na navigaci ve vojenském městečku. Cílem trasy bylo zdolat 96 kilometrů (60 mil) v časovém limitu 6 hodin. Nutností také bylo dodržovat veškerá pravidla silničního provozu, tzn. dát přednost v jízdě, zastavit na semaforech, zaparkovat na vyznačeném místě, zvládnout situaci na kruhovém objezdu atd. Na rozdíl od předešlých ročníků se týmy musely zaměřit na pohybující se objekty okolo vozidla. Bylo tedy nutné shromažďovat více údajů. Finanční odměna byla stanovena pro vítěze na 2 000 000 amerických dolarů, pro druhého na 1 000 000 amerických dolarů a pro třetího na 500 000 amerických dolarů.

Na rozdíl od předchozích ročníků zde byly dvě trasy, A a B. Z celkových 11 týmů závod dokončilo 6 týmů.

Pořadí	Vozidlo	Typ	Družstvo	Čas
1.	Boss	2007 Chevy Tahoe	Carnegie Mellon University (Pennsylvania)	4:10 h
2.	Junior	2006 Volkswagen Passat Wagon	Stanford University (California)	4:29 h
3.	Odin	2005 Ford Hybrid Escape	Virginia Tech (Virginia)	4:36 h
4.	Talos	Land Rover LR3	MIT, Cambridge (Massachusetts)	> 6 h
5.	Little Ben	2006 Toyota Prius	University of Pennsylvania	> 6 h
6.	Skynet	2007 Chevy Tahoe	Cornell University (New York)	> 6 h

2012 Robotics Challenge

Soutěž Robotics Challenge se začala připravovat v říjnu 2012. Tato soutěž je zaměřena na rozvoj pozemních robotů, kteří budou schopni zasahovat v nebezpečných oblastech, za zhoršených podmínek a vykonávat činnosti v oblasti inženýrství. Uskutečnění tří připravovaných soutěží je plánováno na červen 2013, prosinec 2013 a prosinec 2014.

Závěr

Částka na uspořádání takovéto soutěže dosahuje milionů dolarů. Přesto se do soutěže stále hlásí velký počet týmů, které se snaží zdokonalovat technické vynálezy a posunovat hranice jejich využití i v civilní oblasti. Americká armáda dnes tato automatizovaná vozidla běžně používá v Iráku a Afgánistánu. Obdobné soutěže pořádá v České republice Robotika.cz, server věnující se amatérské i profesionální robotice u nás i ve světě.

Příloha 1



Vítěz 2005 Grand Challenge: vozidlo Stanley, Stanford University.

Zdroj: Smithsonian Institution

Příloha 2

Problémy s kterými se týmy potýkaly v roce 2004:

- Vozidlo č. 22 na 7.4 míli v ostrých serpentínách sjelo z cesty, najelo na násep a pneumatiky se vznítily.
- Vozidlo č. 21 na 6.7 míli najelo do ochranného valu a zůstalo zablokované.
- Vozidlo č. 5 na 1.2 míli se stočilo z cesty, prorazilo plot, ale už se mu nepodařilo přes plot dostat zpět na cestu.
- Vozidlo č. 7 na 6.0 míli bylo pozastaveno, aby umožnilo průjezd odtahovému vozidlu, ale po elektronickém odblokování se již nerozjelo a zůstalo zaseknuté o kámen zhruba velikosti fotbalového míče.
- Vozidlu č. 25 se již na startu zablokovaly brzdy a muselo být odstraněno.
- Vozidlo č. 23 ze startu vyrazilo špatným směrem.
- Vozidlo č. 2 na sjezdu narazilo na zeď.
- Vozidlo č. 13 se 0.2 míle pohybovalo velmi dobře, ale v první ostré zatáčce se převrátilo.
- Vozidlo č. 4 se na 0.45 míli zamotalo do drátu a už se mu nepodařilo vymotat.
- Vozidlo č. 10 nabouralo do zdi ve startovacím prostoru.
- Vozidlo č. 17 na 0.75 míli sjelo z cesty, ale senzory se během jeden a půl hodiny nedokázaly s touto skutečností vypořádat.
- Vozidlo č. 9 se na 5.2 míli zastavilo v příkrém kopci. Mělo zařazeno i motor běžel, ale nemělo dostatek přívodu paliva, aby kopec vyjelo.
- Vozidla č. 15 a č. 16 byla vyloučena ještě před startem.

Zdroje

BOYLE, Alan. Robotic race gets off to rocky start. *NBCNEWS.com* [online]. 2004-11-03 [cit. 2012-12-11]. Dostupné z:

http://www.msnbc.msn.com/id/4482849/ns/technology_and_science-science/t/robotic-race-gets-rocky-start/#.UMd-wOTWhvA

DARPA. *Defense Advanced Research Projects Agency* [online]. [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://www.darpa.mil/>

DARPA. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/DARPA>

DLOUHÝ, Martin a Zbyněk WINKLER. Grand Challenge. *Robotika.cz* [online]. [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://robotika.cz/competitions/grandchallenge/cs>

HOUSER, Pavel. Půl století agentury DARPA: Arpanet, GPS i telekineze. *Lupa.cz* [online]. 2008-05-21 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/pul-stoleti-agentury-darpa-arpanet-gps-telekineze/>

New Acquisition: Robo-car enters Smithsonian collection. SMITHSONIAN INSTITUTION. *Smithsonian Science* [online]. 2009-11-02 [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://smithsonianscience.org/2009/11/robo-car-enters-smithsonian-collection/>

RUSSELL, Steve. DARPA Grand Challenge Winner: Stanley the Robot!. *Popular Mechanics* [online]. 2006-01-09 [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://www.popularmechanics.com/technology/engineering/robots/2169012>

Stanford Racing. [online]. [cit. 2012-12-11]. Dostupné z: <http://cs.stanford.edu/group/roadrunner//old/index.html>