

# Rallye robotů

Jednou budeme za volantem třeba obědvat nebo se dívat na film – koncentrovat se na silnici tolik jako dnes už v budoucnu nebude nutné. Jak by to mohlo fungovat, ukazují již nyní závody robotických aut. *Andreas Hentschel, autor@chip.cz*

**LIDAR LASER:** Tyto laserové senzory umístěné na autě vzadu po stranách kontrolují blízkou oblast – to je důležité například pro vidění do mrtvého úhlu.

**FRONT LASER:** Tento laser zprostředkuje počítači ve vysokém rozlišení obraz dalších 10 metrů cesty – prakticky z pohledu řidiče.



**POČÍTAC:** V zavazadlovém prostoru vstupují informace ze všech senzorů do počítače. Jeho software vypočítává kurz a zabráňuje kolizím vozu s překážkami.

**Stř:** Moderní automobily používají techniku „drive by wire“, kterou ovládají všechny systémy elektronicky – například řazení nebo řízení. Jejím prostřednictvím může auto řídit i počítač.

**BRZDY:** Vozidlové systémy jako brzdy nebo řízení jsou ovládány stávajícími rozhraními – například pro ABS nebo servořízení.

**SERVEROVNA:** Kompletní ovládání robotického Passatu Junior se vejde do zavazadlového prostoru – dva počítače, switch a řídicí elektronika senzorů.



**RADAR:** Velkodosahový radar ukrytý za maskou chladiče dohlédne do vzdálenosti několika set metrů. Poskytuje sice jen obrazy v nízkém rozlišení, na překážky však upozorní s velkým předstihem.



Uprostřed Mohavské pouště v Kalifornii aplauduje několik stovek diváků houkajícímu VW Passat, který se jmenuje „Junior“ a pomalu pojezdí po parkovišti. Auto právě úspěšně absolvovalo neobvyklou soutěž: muselo projet městem, dbát přitom dopravních předpisů a zaparkovat. Takové úkoly samozřejmě představují problém jen pro málo nadané řidiče začátečníky, přesto jsou diváci nadšením bez sebe: „Junior“ totiž jezdí zcela sám, autonomně, řízen inteligentní technikou. Zkrátka a dobře: tento vůz nepotřebuje řidiče.

Neobyčejný automobil má onoho dne na začátku loňského listopadu deset stejně neobvyklých autonomních soupeřů. Jsou to účastníci „Darpa Urban Challenge“, soutěže pořádané americkou agenturou pro vojenský výzkum Darpa. Podle představ ministerstva obrany USA má do roku 2015 každé třetí vojenské vozidlo vyjždět do pole bez osádky – a Darpa má tuto ideu uskutečnit. Poněvadž tato organizace sama v oblasti vozidlové techniky nepracuje, podporuje výzkumné projekty na univerzitách celého světa. Aby mohly univerzitní týmy své výsledky předvést v praxi, nastupují proti sobě v závodech robotických automobilů – na vítěze čekají dva miliony amerických dolarů.

Není to první podnik tohoto druhu. Při prvním „Darpa Grand Challenge“ v březnu 2004 se o vypsanou cenu jednoho milionu dolarů ucházelo celkem sto týmů. Trať měřila 240 km a vedla nevadskou pouští. Nedojel však nikdo, nejúspěšnější vůz zůstal uvězněn v pouštním prachu už po 11,9 km. Lépe už se dařilo při druhém závodě v říjnu 2005, kdy pouští projely tři týmy a cenu dvou milionů dolarů si domů nakonec odvezl VW Touareg závodního týmu univerzity ve Stanfordu. Při současně Darpa Urban Challenge už musí auta své jízdní umění prokázat v městském provozu – ten je pochoptitelně jen simulovaný a probíhá na letecké základně, opuštěné od roku 1989 a sloužící dnes americké armádě jako výcvikový prostor. Po „Starfighter Street“, „Phantom Avenue“ a dalších ulicích tohoto fiktivního města krouží 50 „překážkových“ vozidel. Ta jsou řízena profesionálními zkušebními řidiči, kteří – vybaveni ochranným rámem a integrální přilbou – mají za úkol přivádět robotická auta do realistických dopravních situací.

### Počítače na kolech: Řidič v zavazadlovém prostoru

Na startu jsou k vidění hlavně rodinné „kombíky“, ale také pár módních SUV, jeden džíp, a pak je tu také ještě „TerraMax“, třínáctitunový nákladák s křiklavě žlutým nátěrem. Tedy hodně různorodé startovní pole, které má přesto několik společných vlastností: vozy Junior, TerraMax a všechny ostatní jsou přecpány elektronikou. Počítače, síťové směrovače a přepínače mají v zavazadlovém prostoru, na zadních sedadlech, zčásti i na sedadle spolujezdce. Jsou vybaveny spoustou senzorů – na střeše, na předních i zadních náraznících, po stranách, mnohé mají senzory dokonce ukryté v masce chladiče. Na autech se všude otáčejí různé válcovité předměty a sem a tam se kývají všelijaká zrcadla. Tyto aparatury pomocí radarových a laserových paprsků ohmatávají okolí, jeho obrazy posílají do počítačů v zavazadlovém prostoru, které pak v reálném čase vypočítávají, zda má auto zrychlit či brzdit, jet rovně či zahnout, zda má na křižovatce přednost či nikoliv.

### Těžké výpočty: 800 kg techniky, 500 GB dat

Všechna tato rozhodnutí musí učinit software – samozřejmě co nejchytřejší. Proto také vývojáři věnují progra- →

**TECHNIKA VE VÍTĚZNÉM AUTĚ**

<b>Auto</b>	2007 Chevrolet Tahoe s osmiválcem o obsahu 5,3 litru, pohonem čtyř kol a automatickým řazením
<b>Senzory</b>	Pět radarových senzorů sleduje oblast zhruba 200 m před a vedle auta. Ty rozeznávají překážky – jedoucí i stojící. Podporují je další čtyři systémy Lidar (laser-radar), které kontrolují blízkou oblast kolem vozu, udržují jej například v jízdě stopě nebo zabráňují kolizím. Po trase vede auto obvyklá GPS navigace.
<b>Počítače</b>	Deset blade modulů s Intel Core 2 Duo (po 2,16 GHz), multiprocessorový systém je koordinován po gigabitovém Ethernetu. Softwarová architektura je založena na Linuxu.
<b>Info</b>	<a href="http://www.tartanracing.org">www.tartanracing.org</a>



→ mování stejně tolik času jako konstrukci hardwaru. Dr. Sebastian Thrun, vedoucí stanfordského závodního týmu, ani nedokáže počet pracovních hodin vyčíslit: „Tak čtyři člověkoroky to určitě budou,“ říká. Z jeho pohledu nejdůležitější zásada zní: Software musí být stihlý – jenom tak běží stabilně, jenom tak se dají snadno najít chyby a jenom tak lze ušetřit hardwarové prostředky. Thrunův tým používá jen tolik vybavení, kolik se ho ještě volně vejde do zavazadlového prostoru Passatu Junior: dva počítače s procesory Intel Core II Duo, síťový switch, několik radičů pro senzory, přídatnou baterii. Ale i to už je až moc:



**„Je to čistě softwarová soutěž.“**

**Dr. Sebastian Thrun, Stanford Racing Team**

„Když jsme začínali s projektováním, nevěděli jsme přesně, kolik hardwaru bude zapotřebí,“ prozrazuje Thrun. Tým kalkuloval velkoryse. „Dnes jezdíme jen s jedním počítačem – ten druhý je vypnutý.“ To úplně stačí, neboť mnohem důležitější než výpočetní výkon je inteligentní software: „Tohle je čistě softwarová soutěž,“ říká Thrun.

Jiné týmy však vyznávají odlišnou filozofii. Například Chevrolet Tahoe pojmenovaný „Boss“ je doslova pojízdné výpočetní středisko. Auto, které vytvořil „Tartan Racing Team“, je až po vysokou střechu napěchováno 800 kg hardwaru – na chlazení potřebuje zde pod kali-

fornským sluncem dokonce extra klimatizaci na střeše. Deset blade modulů s procesory Intel Core II Duo běží v tomto SUV na plný výkon: „Boss propočítává v každé sekundě tisíc možných událostí, aby se v případě potřeby dokázal správně rozhodnout,“ říká Dr. William Whittaker, vedoucí týmu Tartan Racing. Tak se nashromáždí slušná hromada dat, upozorňuje Whittaker: „Po skončení závodu, jako je tento, vyhodnocujeme půl terabajtu dat. Jen samotné laserové zařízení Lidar na střeše vozu posílá každou vteřinu do oněch deseti počítačů nějakých 40 MB údajů.“ Jiné týmy zase se svými konstrukcemi působí až roztomile: tak třeba Insight Racing pracuje ve svém automatizovaném sportáku Lotus se soustavou deseti navzájem propojených „kostek“ Mac mini.

Že ani důmyslný hardware a software ještě není zárukou úspěchu, to zjistili finalisté při posledním tréninku den před závodem. Když všechna auta poprvé stála vedle sebe ve startovních boxech, nedokázala kromě nekontrolovaných záskubů vůbec nic. Z prostého důvodu: roboti se svými lasery a radary vzájemně rušili. Problémy ustaly až poté, co vedení závodu začalo pouštět na start jen tři vozy současně – s dostatečným vzájemným odstupem. V táboře závodních týmů však narůstala nervozita. Také proto, že zvedající se vítr náhle zvířil pouštní písek – a nikdo nevěděl, zda tím nebudou rušeny senzory.

**Selhání počítače: Softwarová havárie s poškozením plechu**

Pro vlastní závod se však vítr utiřil. Ve vzduchu visí jen ustavičné houkání, které všechna robotická auta vydávají jako varovný signál, jakmile jsou přepnuta do autonomního režimu. Od tohoto okamžiku se vozy orientují už jen podle svých

**Konečná stanice písek: Historie závodu Darpa Challenge**



**2004**

Dobrá stovka účastníků – a žádný v cíli. Při prvním Darpa Challenge uvázly všechny robotické automobily v písku pouště.



**2005**

Pouštní trasu druhého Darpa Challenge zvládly tři týmy, všechny ostatní vozy musely závod vzdát.



**2007**

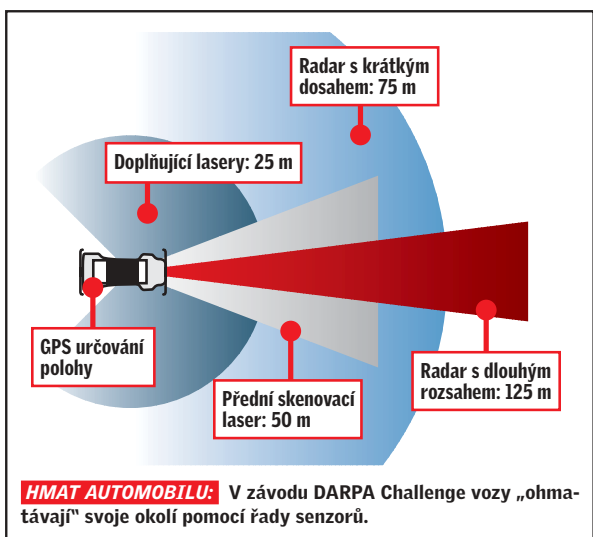
Z jedenácti finalistů projelo při Urban Challenge cílem šest vozů – o vítězství zde může připravit i pouhé přjetí obrubníku.

„Route Navigation Data Files“, detailně popisujících trasu, a podle „Mission File“, který je do systému prostřednictvím USB paměti nahrán těsně před startem a který vozidlu říká, kudy a kam má jet. Pak už se každé auto vydá za neustálého houkání na předepsanou cestu, následováno bezpečnostním vozem, jehož živý řidič může robotický vůz v nebezpečných situacích dálkovým ovládním zastavit.

Taková opatření nejsou zbytečná: těžký nákladní vůz TerraMax se jen díky včasnému stisku nouzového tlačítka daří odvrátit od nárazu do stěny domu. VW Passat týmu Carolo z technické univerzity v Braunschweigu opouští zatáčku a pokračuje rovně do garážových vrat – a zastavuje se až těsně před vjezdem. A pak dochází také k první autonehodě robotů na světě, když si při vjezdu na kruhový objezd zkrátí cestu džíp a kombi.

### Více aktivních systémů – méně mrtvých na silnicích

To, že je Darpa Urban Challenge vlastně vojenský podnik, je už zcela zapomenuto. Mnohé univerzitní týmy získaly za sponzory velké podniky. Jejich závodní vozy tak zdobí loga VW, General Motors, Continental či Google. Také sponzor Intel, jehož čipy pracují téměř v každém autě, má z „Challenge“ radost: „Je to výzkumná laboratoř ve



**KUTLISKÉ ŘEŠENÍ:** Ke kuriozitám patřil lotus s řízením ovládaným klínovým řemenem.

skutečných podmínkách,“ říká Jerry Bautista, šéf úseku technologické správy firmy Intel. „Poznáváme zde například, jaké nároky na hardware klade paralelně běžící software.“ Automobilový výrobci chtějí zde vyzkoušenou techniku zdokonalovat především aktivní bezpečnostní systémy – což je při 1 123 usmrcených lidech v české silniční dopravě ročně nepochybně žádoucí. Sebastian Thrun ze stanfordského týmu to vidí programově: „Zachráněný život je zachráněný život.“ Ať ve válce, nebo na silnici.



„Darpa Challenge je výzkumná laboratoř ve skutečných podmínkách.“

Jerry Bautista, Technology Manager, Intel

Ostatně Thrunův svěřenec absolvoval celý „parkúr“ bez chyby a do cíle přijel bez úhony. Inteligentní passat vyniká hlavně téměř lidským stylem jízdy: jede klidně, jemně brzdí a plynule zatáčí. To, že to nakonec vzdor bezchybné jízdě nestačilo na vítězství, však zavinil právě tento způsob jízdy. O skoro dvacet minut předstihl Thrunovo vozidlo hrubě digitální a stále na hranici dovolené rychlosti jedoucí Chevrolet Tahoe týmu Tartan Racing. I toto vítězství však bylo na vážkách. Nikoli kvůli softwarovým problémům – po závodě našli technici v pneumatice hřebík. Kdyby nezůstal zapichnutý, musel by „Boss“ závod vzdát kvůli „ploché noze“.

Andreas Hentschel ■

## Roboti na scestí: Darpa Challenge 2007 – poprvé ve městě



**TĚŽKÁ VAHA:** Truck „TerraMax“ byl nejtěžším účastníkem závodu – a musel být manuálně zastaven krátce před hrozcí kolízi.



**BEZPEČNOST PŘEDEVŠÍM** Nouzový vypínač je u všech robotických aut nutný, aby je bylo možno v případě nebezpečí ihned deaktivovat.



**RYCHLOST NENÍ VŠECHNO:** Tempo bylo lotusu z týmu Insight Racing málo platné – „rychlík“ ztroskotál už v semifinále.