

Tridsať rokov svetovej robotiky (13)

Václav Kaláš

Robotizované technológie pre tretie tisícročie

16.4 Kognitívna robotika – humanoidné roboty

Problematika kognitívnych, resp. humanoidných robotov priamo súvisí s problematikou umelej inteligencie, do ktorej z hľadiska robotiky možno zaradiť napr. oblasti príznakových metód rozpoznávania objektov, rečových informácií, syntaktickú analýzu a syntézu, počítačové videnie, expertné systémy, rozhodovacie procesy, procesy učenia, komunikáciu človeka s počítačom, reprezentáciu poznatkov, zostavovanie modelov vonkajšieho prostredia, automatické plánovanie činnosti a pod., pričom možno konštatovať, že robotika je jedným z vyústení snáh umelej inteligencie [118], [119], [120]. Mnohé z týchto oblastí umelej inteligencie z hľadiska robotiky boli už prepracované do vysokého stupňa dokonalosti. Pre ilustráciu možno uviesť napr. robotický systém štvrtej generácie BOSCH SR 600, určený na elektronické a jemnomechanické montáže. Robot mal šesť stupňov voľnosti, presnosť $\pm 0,1$ mm a nosnosť 9,5 kg. Tento robot už v r. 1987 výnimočne zaujal na európskej výstave robotov vo vtedajšom Leningrade tým, že na báze prvkov umelej inteligencie bol schopný z vyslovených slov v nemčine, resp. v angličtine vyhľadať v nedeterministickom prostredí príslušné písmenká z plastu a vyslovené slová z týchto písmen zložiť (obr. 85).

Z kategórie kognitívnych robotov uvedme ešte vyspelý francúzsky robot LE BON Cite des Sciences Museum La Villette v Paríži (r. 1988) so sklenenou konštrukciou, ktorý disponoval tromi vizuálnymi systémami, audiosystémom a syntetizérom reči. Počítačový systém bol od firmy HP. Robot vítal návštevníkov múzea a komunikoval s nimi (obr. 86).

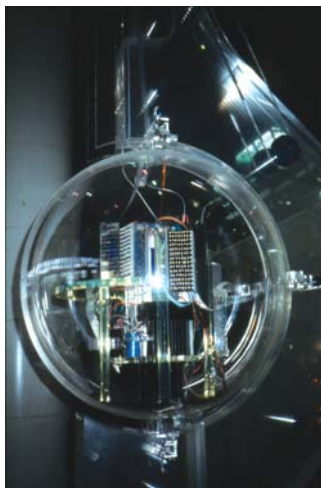
V súčasnosti dokáže rad robotov s vizuálnymi systémami na báze inštrukcie „vezmi a ulož“ správne uložiť aj tisíce elementov za hodinu, napr. pri montáži uzlov automobilov, pri montáži elektronických systémov, vo farmaceutickom priemysle a pod. [121]. Pri tom je významné, či sú elementy uložené determinovane alebo náhodne, a to i s prípadným čiastočným prekrytím, kde tieto pro-

cesy môžu prebiehať z hľadiska identifikácie podľa referenčných príznakov uložených v pamäti pomalšie. Avšak s aplikáciou metód učenia sa procesy rozpoznávania výrazne zrýchľujú. V posledných rokoch sa takisto dosiahli významné pokroky v softvéri procesov rozpoznávania, najmä 3D objektov. Napr. firma COGNEX vyvinula systém PatMax, ktorý je založený na tom, že tvarovo zložené elementy sú označované vhodnými obrysovými obrázkami, čo výrazne zrýchľuje procesy identifikácie objektov, a to nezávisle od tieňov, orientácie objektov a pod. Takisto je významný spôsob osvetlenia scény, ako aj umiestnenia kamier (statické alebo na ramene robota).

Uvedme v tejto súvislosti, že v bývalom Československu najmä pod vplyvom rozvíjajúcej sa svetovej robotiky, ale aj úspechov v aplikácii vizuálnych systémov a iných mikroelektronických súborov, došlo od r. 1976 k intenzívnemu integrovanému výskumu v spoločnom pracovisku Fyzikálneho a Elektrotechnického ústavu SAV a podniku TESLA Piešťany k vzniku spoločného pracoviska s konečným názvom Ústav fyzikálnej elektroniky. Medzi prvé úspešné produkty tohto pracoviska patrili registre CCD. V r. 1982 boli vyrobené prvé CCD riadkové (líniové) snímače typu TS 110 s 256 snímacími elementmi, ktoré boli v r. 1984 zdokonalené. Súčasne prebiehal aj výskum a vývoj maticových CCD snímačov, ktoré boli produkované v r. 1984 s 256 x 256 snímacími elementmi. Zanedlho vznikol vizuálny systém CCD s 2 x 288 x 604 elementmi. Tieto systémy boli vhodné už aj pre farebné snímače. V uvažovanom období vznikla prvá československá maticová ČB CCD kamera s 256 x 256 elementov TESLA PTK 0256 – obr. 87 (bez objektívu) a vzápätí ČB kamera TESLA PTK 0384 s 384 (horizontálne) x 2 x 288 (vertikálne) snímacími bodmi [122].



Obr.85 Montážny robot s umelou inteligenciou BOSCH SR 600 (r. 1987)



Obr.86 Francúzsky kognitívny robot piatej generácie LE BON (r. 1988)



Obr.87 Prvá čs. ČB CCD kamera (bez objektívu) TESLA PTK 0256 (r. 1984)

Už koncom 70-tych rokov niektoré výskumné ústavy a vysoké školy (ČVUT FEL Praha, VÚT FE Brno) sa začali intenzívne venovať problematike počítačového rozpoznávania predmetov. ÚTK SAV v Bratislave komerčne začiatkom 80-tych rokov dodával pôvodný, vizuálny systém s 256 x 256 obrazovými bodmi v 16 jasových úrovniach s počítačom SM 54/30 s pripojeným mikropočítačom SM 50/50, ktorý bol určený najmä pre robotické aplikácie. Tento systém bol vybavený príslušnými riadiacimi

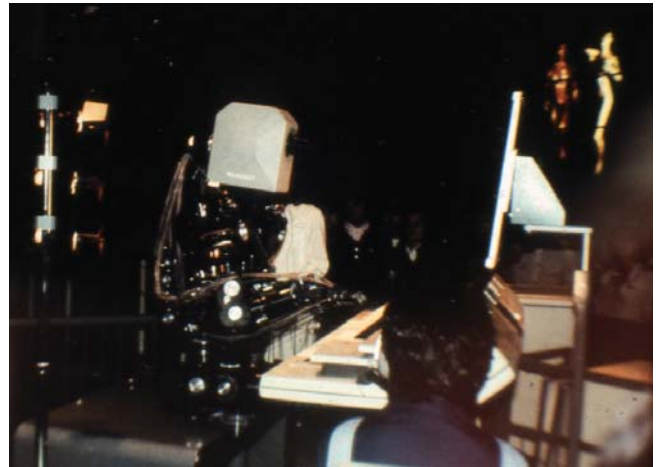
a programovými prostriedkami. O niečo neskôr sa v tejto oblasti angažovala Zbrojovka Brno a VPZVÚ Běchovice so svojím röntgenovým vizuálnym testovacím zariadením zvarov, VÚKOV Košice s vizuálnym systémom pre robotiku VJ/80, TESLA VÚST Praha s univerzálnym systémom pre spracovanie obrazových signálov s rozlíšením 512 x 512 bodov, ako aj systém MODUL z VÚTZ Praha pracujúci na báze rýchlej Fourierovej transformácie. ÚTK SAV na zrýchlenie uvažovaných procesov navrhol a realizoval paralelizáciu procesu spracovania obrazových informácií a na to vyvinul špeciálny počítačový systém SIMD vrátane programového zázemia [120].

Zvlášť posledné desaťročie vo vývoji robotiky bolo orientované, a to najmä v Japonsku, na problematiku kognitívnych, resp. humanoidných robotov, ktoré možno zaradiť do 5. generácie robotov. Ide o roboty, ktoré dokážu komunikovať s ľudskými bytosťami, vedia hrať na hudobných nástrojoch, vedia maľovať, viesť nevidiacich, hrať hry ako napr. špeciálny ping-pong (myšlienka pochádza od Dr. Johna Billingsliho z polytechniky Portsmouthu – r. 1985), vedia sa rozhodovať, hľadať optimálne postupy, napr. pri skladaní Rubikovej kocky, vykonávať pod dozorom niektoré medicínske úkony a operácie a pod.

Z hľadiska aplikácií robotov v medicíne možno za veľmi úspešný označiť americký robotický systém „da Vinci“ používaný na operácie, pri ktorých sa minimálne naruša väzivo. Ide o robotický systém, ktorý sa uplatňuje vo všeobecnej chirurgii, urológii, kardiochirurgii, gynekológii a hrudnej chirurgii. Pri zákroku odborný lekár pozoruje proces na obrazovke a rukami uskutočňuje virtuálnu operáciu. Jeho pohyby sa vďaka špeciálnym náprstkom prenášajú na robot, ktorý ich realizuje v tele pacienta, pričom celý proces sa môže realizovať na diaľku rádiovým spojením. Vo svete pracuje v súčasnosti 280 takýchto systémov, z toho 60 v strednej Európe. V SR v Bratislave bolo predvádzanie takéhoto systému v reálnych podmienkach 18. 4. 2005 (zdroj: denník Pravda, 19. 4. 2005).

V tejto súvislosti možno uviesť aj to, že vo svete (najmä v USA) nastáva rozvoj tzv. kyborgov, kde ide o bezprostredné fyzické prepojenie mozgu, resp. iného orgánu človeka pomocou voperovaných čipov s počítačmi. Zakladateľom tohto smeru je prof. Kevin Warwick z univerzity v Readingu (USA), pričom takýmto spôsobom možno ovládať rôzne zariadenia.

Z historického hľadiska možno za významný a pozoruhodný označiť robot s umelou inteligenciou WABOT-2 – elektrofonický organista, ktorý bol zhotovený na Univerzite Waseda v Tokiu pod vedením významného robotológa a šéfkonstruktéra Isido Kato v spolupráci so spoločnosťou SUMITOMO ELECTRIC (obr. 88). Tento robot bol vyvinutý k otvoreniu svetovej výstavy Expo '85 v japonskej Tsukube, kde 16. 3. 1985 spolu so speváckym zborom za prítomnosti japonskej vlády hral a spieval japonskú hymnu v otváracom ceremoniáli výstavy. Tento robot môže hrať podľa nôt, ale aj z pamäti. Bolo možné s ním komunikovať v otvorenom jazyku (v japončine) v reálnom čase, pričom disponoval vetným rytmom. Tvorcovia tohto robota pokladali za špičku z hľadiska umelej inteligencie analýzu a syntézu reči. Dvadsaťminútovú skladbu si robot načítal z nôt za 19 s. Hral rukami s 10 prstami s maximálne 15 údermi za sekundu a nohami. Prsty na rukách mali spolu 28 stupňov voľnosti a horné časti končatín robota mali navyše 14 stupňov voľnosti. Pohybová rýchlosť horných končatín bola 1,5 m/s. Dolné končatiny mali po 4 stupne voľnosti. Celkove mal robot 50 stupňov voľnosti. Bol vysoký 1,8 m, jeho hmotnosť bola 90 kg a bol tvarovaný do podoby človeka. Robot bol zhotovený zo špeciálnych plastov zosilnených uhlíkovými vláknami a z hliníkových zliatin. Riadiaci systém tvorilo 17 šestnásťbitových a 50 osembitových mikropočítačov. Všetky prepojenia boli realizované optoelektronickými spojmi. Maximálna rýchlosť prenosu informácií bola 32 Mb/s. Robot mal v hlave CCD



Obr.88 Japonský robot organista WABOT-2, na svetovej výstave EXPO '85, Tsukuba (r. 1985)

kameru, ktorá spoľahlivo pracovala aj pri nepriaznivých svetelných podmienkach. Tento robot predstavoval demonštráciu posledných vtedajších úspechov vedy a techniky.

Na uvedenej svetovej výstave bol ďalej okrem iného demonštrovaný prvý robotický futbal, ktorý sa postupne na báze umelej inteligencie výrazne zdokonalil. Súčasný robotický futbal sformoval v r. 1995 juhokórejský profesor Jong Huan Kima z Univerzity Kaiste. Postupne sa rozvinuli aj celosvetové súťaže napr. v najpopulárnejšej kategórii MIROSOT, ktorej tími po troch hráčoch hrajú robotický futbal 2 x 5 min. na ihrisku s rozmermi 130 x 150 cm. Celý vysokointeligentný robot – futbalista je v kocke s hranami 75 mm (obr. 89).



Obr.89 Hráč robotického futbalu v kategórii MIROSOT, VÚT Brno (r. 2001)

V tomto objeme sú kompletne servopohony s dvoma DC motormi, zdroj elektrického prúdu, ako aj vysielacie a prijímacie elektronické systémy. Každý tím má na svojich hráčoch svoje farebné označenie. Nad ihriskom má každý tím svoju videokameru. Spojenie hráčov – robotov s riadiacimi počítačmi je realizované rádiovým. Maximálna rýchlosť robotov je 1,5 m/s. Hrá sa so štandardnou golfovou loptičkou. Hra má presne stanovené pravidlá. Každý tím má však svoju taktiku a svoju stratégiu hry. Do hry nemožno počas pol-



Obr.90 Humanoidný robot – futbalista firmy HONDA (r. 2002)



časov zasahovať. Český tím z Fakulty elektrotechniky a informačných technológií VÚT Brno sa v roku 2000 a 2001 stal v uvedenej kategórii majstrom Európy. Tieto súťaže výrazne rozvíjajú schopnosti zvlášť v oblasti umelej inteligencie, informatiky a robotiky. Pritom japonská firma HONDA prezentovala v r. 2002 humanoidný robot – futbalista (obr. 90), pričom táto firma predpokladá, že približne v r. 2050 už bude existovať neporaziteľné robotické futbalové mužstvo [123].

K vyspelým japonským humanoidom možno z posledných rokov zaradiť napr. robot ESDEL prezentovaný na výstave inteligentných robotov ROBODEX v Yokohame na jar v r. 2002 (obr. 91), ktorý má syntetizátor reči s 200 000 slovami, čo mu umožňuje širokú komunikáciu. Možno ho použiť napr. v reštauráciách, kde môže s prichádzajúcimi hosťami komunikovať o aktuálnom jedálnom lístku, alebo v autoservisoch, kde môže robiť prijímacieho technika [124].



Obr.91 Japonský humanoid ESDEL s vysokým stupňom inteligencie (r. 2002)

Za súčasný vrchol v oblasti humanoidných robotov možno označiť japonský robot firmy HONDA ASIMO (obr. 92), ktorý bol prezentovaný aj v ČR v Hrzenskom paláci 21. 8. 2003 za účasti japonského premiéra. Tento robot je 120 cm vysoký, má hmotnosť 52 kg a rýchlosť chôdze 1,6 km/hod. Dokáže chodiť po schodoch, tancovať, komunikovať s osobami, pričom ak má vopred v pamäti tvár komunikujúcej osoby, odpovedá v príslušnom jazyku.

ASIMO má 26 stupňov voľnosti a do uvedeného termínu bolo vyrobených 26 exemplárov tohto robota, čo takisto svedčí o nastávajúcom rozmachu aj v tejto oblasti robotiky.

Razantnú akceleráciu rozvoja humanoidných robotov možno ilustrovať poslednými exponátmi na svetovej výstave EXPO 2005 v japonskom Aiči, kde „dámsky“ robot zo skupiny ACTROID (obr. 93) dokáže komunikovať v japončine, čínštine, kórejščine a v angličtine. Tento robot navyše využíva pri komunikácii pohyb očí, mimiku tváre a pohyb tela [125].

Za výnimočný úspech svetovej vedy a techniky v oblasti humanoidných robotov v posledných rokoch možno označiť aj spoločný americko-francúzsky dvojnóhý robot z univerzity v Michigane s názvom ROBIT, ktorý má chôdzu veľmi podobnú chôdzi člo-



Obr.92 Japonský humanoid firmy HONDA ASIMO (r. 2003)



Obr.93 Japonské humanoidné roboty ACTROID prezentované na výstave EXPO 2005 v Aiči

veka. ROBIT dokáže udržať rovnováhu aj v prípade, že je posotený. Je prvým svojho druhu na svete. Má špeciálne konštruované a riadené končatiny, ktoré mu umožňujú pomerne rýchly a stabilný pohyb aj po nerovnom teréne, čo jeho predchodcom robí veľké problémy. Robot ROBIT prinesie revolučnú zmenu aj v oblasti riešenia protéz spodných končatín.

S vysokou pravdepodobnosťou možno očakávať, že sa naplnia slová, ktoré pred niekoľkými rokmi vyslovil konštruktér prvého CD prehrávača Dr. Tishitada Doi:

- osemdesiate roky boli vo vyspelých krajinách rokmi rozvoja PC,
- deväťdesiate roky boli rokmi rozvoja internetu,
- začiatok 21. storočia bude v znamení rozvoja robotiky.

Záver

Možno konštatovať, že v približne tridsaťročnom svetovom vývoji robotiky boli dosiahnuté v priemyselne vyspelých štátoch enormné úspechy. Išlo o grandiózny proces novej kvality. Roboty sa v tomto procese stali novým spoločenským fenoménom, ktorý zohráva pre ľudstvo nesmierne významnú úlohu najmä v oblasti zvyšovania produktivity práce, jej bezpečnosti, v oblasti humanizácie výrobných procesov, v oblasti zvyšovania kultúry priemyselného prostredia atď. Robotika ako taká sa vypracovala na komplexnú vedu, ktorá integruje rad poznatkov z technických, prírodných, ekonomických a humanitných vied. Robotika navyše umocňuje vzťah človek – stroj, prehlbuje ho a dáva mu novú kvalitu. Pritom robotika navyše revolucionizuje mnohé vedné oblasti tým, že im predkladá nové a nové náročné požiadavky. Vo vývoji robotiky vznikol rad nových mechanických komponentov, aplikovali sa nové konštrukčné materiály, vznikli nové originálne kinematické štruktúry, výrazne sa zdokonalili pohybové systémy, rozvinula sa problematika špeciálnych senzorických systémov, nastal hlboký prienik výpočtovej techniky a programových prostriedkov do robotiky, rozvinuli sa nové riadiace štruktúry, silne sa rozvíjajú väzby a aplikácie vo vzťahu k umelej inteligencii a pod. Robotika významne prispela a prispieva k rozvoju špičkových technológií. Bez nej si nemožno predstaviť ďalší rozvoj podmorských technológií a plnenie náročných kozmických projektov. Nastáva obrovský rozvoj mobilnej robotiky, čo sa bude ešte v ďalšom období stupňovať najmä s novými nezávislými zdrojmi elektrickej energie. Robotika začína silne prenikať aj do domácností, do služieb, silne sa rozvinula a rozvíja humanitná robotika napr. svojím vstupom do medicíny a zdravotníctva. Začína sa aj rozvoj robotiky v netradičných oblastiach, ako je poľnohospodárstvo, stavebníctvo, laboratórne technológie, energetika, odstraňovanie mŕtvých polí a pod. Vďaka robotike sú mnohé produkty priemyselnej výroby bezpečnejšie, bezporuchovejšie a majú predĺženú životnosť. Určitý pohľad na ďalší, najmä ekonomicko-komerčný, možno nájsť napr. v [126].

Robotika ako veda orientovaná najmä na diskrétny procesy významne prispieva k prehľbovaniu vedomostí, zatriktívňuje mnohé profesie, vytvára tendencie po poznaní a speje k vysokoautomatizovaným technologickým systémom vyšších inovačných rádov. Má pozitívny vplyv na sociálne štruktúry spoločnosti, zabezpečuje skracovanie pracovného času a pod. Robotika vstupila razantne na spoločenskú scénu a požaduje rozvoj osobnosti smerom k vedomostiam a schopnostiam, pričom ide o objektívny nezvratiteľný náročný proces, ktorý umožní ďalší pokrok ľudského spoločenstva.

Pozn.: Autor seriálu ďakuje aj touto cestou šéfredaktorovi časopisu AT&P journal Ing. Antonovi Géerovi za iniciatívu, ktorú prevjal pri vzniku seriálu, ako aj za neobyčajne významnú technickú pomoc pri jeho tvorbe.

Literatúra

[118] BATCHELOR, V., WHELAN, P.: Intelligent Vision Systems Industry. Springer Verlag, London&Berlin, 1997.

[119] Artificial intelligence and mobile robots. AAAI Press, 1998.

[120] Kolektív: Umělá inteligencia. Prílohy časopisu Automatizace 1988, č. 3 až 1989, č. 3, s. P1 – P52.

[121] SLÁNSKÝ, D.: Robot so schopnosťou „videnia“. In: AT&P journal 2002, č. 2, s. 9 – 12.

[122] OŽVOLD, M.: História výskumu a vývoja polovodičových súčiastok na SAV. In: 50 rokov od objavu tranzistora, s. 18 – 25, SAV, Bratislava, 1997.

[123] TV ČT2, 19. 1. 2003 v relácii Euronews

[124] TV Markíza, 19. 2. 2002

[125] Internet: www.kokoro-dreams.co.jp

[126] Industrial robotics - a global strategy report 2004. 981 strán, jún 2004, www.globind.com

prof. Ing. Václav Kalaš, DrSc.

25

**Slovenská technická univerzita
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
e-mail: vaclav.kalas@stuba.sk**