

ODBORNÁ ZPRÁVA O POSTUPU PRACÍ A DOSAŽENÝCH VÝSLEDČÍCH ZA ROK 2016

Příloha k průběžné nebo závěrečné za rok 2016

Číslo projektu: TE 01020197

Název projektu: Centrum aplikované kybernetiky 3

Předkládá:

Název organizace: České vysoké učení technické v Praze

Jméno řešitele: prof. Ing. Vladimír Kučera, DrSc., dr. h. c.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP12 – MODELOVÁNÍ CELOEVROPSKÉHO TRHU S ELEKTŘINOU ZAHRNÚJÍCÍ FYZIKÁLNÍ MODEL PŘENOSOVÉ SÍTĚ

1. Popis činností

Předmětem pracovního balíčku je vývoj celoevropského modelu trhu s elektrickou energií. Model je definován jako optimalizace minimalizující náklady výroby elektrické energie při dodržení omezujících podmínek, které modelují fyzikální a ekonomické (nákladové) charakteristiky výrobního portfolia, požadavek na dodávku elektrické energie a nastavení obchodního prostředí. Součástí modelu jsou i omezení dané fyzikálními vlastnostmi přenosové soustavy.

V roce 2016 podle plánu probíhaly následující aktivity:

1. Vývoj metod pro zahrnutí podrobného modelu přenosové soustavy do modelu trhu
2. Vývoj analytických modulů modelu trhu
3. Implementace prototypového modelu trhu s podrobným modelem trhu

Stávající implementace software byla rozšířena o nové vlastnosti, které dále přiblíží výsledky simulací reálnému způsobu fungování přenosové soustavy. Rozšiřování proběhlo v několika krocích, z nichž nejdůležitější představují:

1. Kontingenční analýzu
2. Podrobnou implementaci podpůrných služeb
3. Generátor náhodných výpadků
4. Nový způsob simulace výpadků

Kontingenční analýza byla nově implementována do uživatelské aplikace, která nyní umožňuje snadný výběr kontingencí v záložce Lines viz Obr. 1.

Name	Active	Max power 1->2	Max power 2->1	N-1 candidate
line_1	✓	2000	2000	✓
line_2	✓	2000	2000	✓
line_3	✓	2000	2000	✓

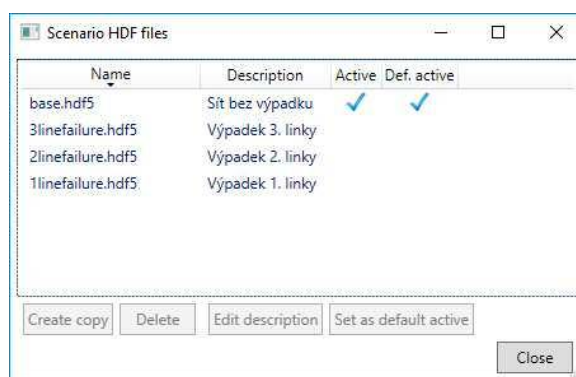
Obr. 1 Výběr linky pro kontingenční analýzu

Výsledky kontingenční analýzy jsou následně uloženy jako jednotlivé varianty časových řad scénáře, viz Obr. 2. Každý HDF soubor obsahuje kompletní informaci o tocích v síti v případě výpadku jednoho vybraného vedení. Počet souborů je tedy roven počtu kontingencí + 1, kde scénář navíc představuje toky v síti ve stavu bez výpadku vedení.

Specifikace podpůrných služeb (PpS) byla rozšířena o časově proměnné certifikace bloků, které umožní reflektovat změny v certifikacích zdrojů v rozdílných částech roku. Dále model umožňuje nově až 3 rozdílné certifikace pro každý blok a k tomu korespondující 3 požadavky na kapacitu PpS v soustavě. V závislosti na nastavení mohou být zadány Pp

1. Kladné
2. Záporné
3. Symetrické
4. Asymetrické

Kombinacemi nastavení lze docílit reálných požadavků na symetrickou sekundární regulaci (SR) a kladnou 15 min. a 5 min. zálohu (MZ15+, MZ5). Model požadavky na PpS respektuje při optimalizaci a výsledkem je nejen optimální skladba zdrojů poskytující požadované PpS, ale i informace o hodinách, ve kterých nemohl být požadavek na PpS splněn.

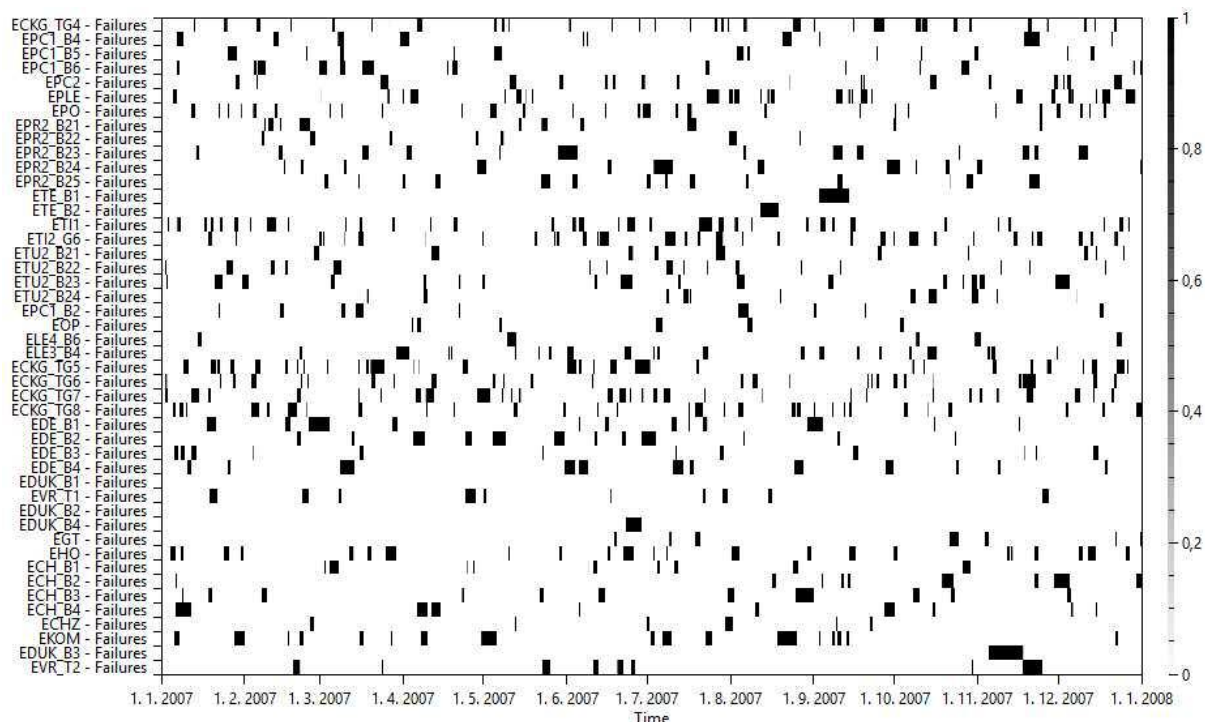


Obr. 2 Ukázka kontingenční analýzy prostřednictvím variant HDF souborů

Aplikace nově umožňuje generovat náhodné realizace výpadků ze zadaných středních dob mezi poruchami a střední dobou trvání poruchy (MTBF, MTTR). Generování více realizací výpadků je nutné z důvodu stochastické povahy výpadků. Jedna realizace nic neříká o možných dopadech na stabilitu soustavy, zda je daný scénář optimistický či nejhorší možný. Ukázka vygenerovaných výpadků pro scénář ČR je na Obr. 3.

Poslední významnou inovací je nový způsob simulování výpadků zdrojů, který umožňuje až řádově rychlejší simulace s výpadky než předchozí implementace. Ta vyžadovala opakované restartování simulace při každém počátku výpadku, v extrémním případě se scénář řešil po hodinách místo po týdnech. Nový způsob tuto limitaci odstraňuje vhodnou reformulací optimalizačního problému v optimalizátoru. Nevýhodou je porušení kauzality, kdy každý zdroj má informaci o budoucích výpadcích. Tato metoda je nicméně pro většinu úloh dostačující, neboť umožňuje spočítat větší množství realizací, čímž zvýší vypovídající hodnotu výsledků.

Všechny uvedené rozšíření uživatelské aplikace a optimalizátoru byly, s výjimkou kontingenční analýzy, otestovány na scénářích České a Evropské přenosové soustavy. Kontingenční analýza Evropského modelu soustavy není v tento moment kvůli dimenzi optimalizačního problému proveditelná.



Obr. 3 Vygenerované výpadky zdrojů ve scénáři ČR

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

Ve sledovaném období bylo plánováno dosažení dílčích výstupů a výsledků. Všechny plánované úkoly pracovního balíčku byly splněny.

a. Dílčí výsledky

Byly dosaženy dílčí výsledky pracovního balíčku „Rozšířený nástroj pro modelování variantních scénářů aktualizované Státní energetické koncepce (ASEK)“ a „Modelování a simulace variantních scénářů aktualizované Státní energetické koncepce (ASEK)“.

b. Výsledky dle kategorie RIV

Plánovaný výsledek typu R (software) „Rozšířený nástroj pro modelování variantních scénářů aktualizované Státní energetické koncepce (ASEK)“ byl dosažen. Jeho funkčnost byla ověřena s odborníky MPO.

Plánovaný výsledek typu O (jiné) „Modelování a simulace variantních scénářů aktualizované Státní energetické koncepce (ASEK)“ byl dosažen. Tento výsledek bude v následujících měsících dále rozšiřován ve spolupráci s MPO.

Očekávaný průběh řešení projektu

Další pokračování prací bude v souladu se strategickou výzkumnou agendou, jak byla specifikována v návrhu projektu.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP13 – WAMS RÁDCE OPERÁTORA ELEKTRICKÉ PŘENOSOVÉ A DISTRIBUČNÍ SÍTĚ PRO ÚČELY STABILITY A SPOLEHLIVOSTI

1. Popis činností

Specifikace principů, funkcionalit a strukturální návrh decentralizovaného systému pro podporu rozhodování

Předmětem aktivity je návrh decentralizovaného systému pro podporu rozhodování. Byly navrženy principy decentralizace systému, toky informací mezi jednotlivými částmi systému a systémy z nadřazených a podřízených sítí. V této aktivitě byly specifikovány funkcionality systému včetně funkcionality monitorování rozhraní. Bylo navrženo rozdělení těchto funkcionalit mezi jednotlivé části systému (ústředny a PMU). Specifikace mohou být ještě v dalším období projektu upřesněny dle nových zjištění.

Návrh a ověření metody bezpečného rozhraní mezi přenosovou a distribuční sítí - linearizovaný statický model

V této aktivitě byla navržena metoda pro výpočet parametrů bezpečného rozhraní mezi sítěmi, které bylo specifikováno ve výše uvedené aktivitě. Tato metoda určuje velikosti bezpečných rozhraní ve formě P-Q intervalů, přičemž využívá linearizovaný statický model sítě. Začátkem příštího roku bude provedena prototypová implementace na skutečné síti.

Vývoj HW a SW decentralizovaného systému pro podporu rozhodování

Činnosti v tomto balíčku navazovaly na specifikace funkcionalit. V roce 2016 byl výzkum zaměřený na měřicí jednotky na bázi PMU. Byly specifikovány požadavky na tyto jednotky včetně nových vlastností, které musí být do nových jednotek vyvinuty. Pozornost byla také věnována problematice synchronizace více jednotek PMU z jednoho zdroje signálu a nalezení vhodné linuxové distribuce jako základu firmwaru PMU jednotek. Na základě HW požadavků byla provedena rešerše vhodných HW komponent, které se nachází na trhu, a následně bylo zahájeno ověřování jejich vlastností.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Pro rok 2016 byl plánován výstup „Článek specifikující bezpečné rozhraní sítí (13)“. Tohoto výstupu bylo dosaženo následujícím článkem:

Pavel Hering, Přemysl Voráč, and Petr Janeček. On secure interface between transmission and distribution power networks. *WSEAS Transactions on Power Systems*, Vol. 11, 334-337, 2016, E-ISSN: 2224-350X.

b. Výsledky dle kategorie RIV

Viz výše.

Očekávaný průběh řešení projektu

Řešení projektu bude probíhat podle plánu.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP14 – POKROČILÉ METODY ŘÍZENÍ MECHATRONICKÝCH SYSTÉMŮ

1. Popis činností

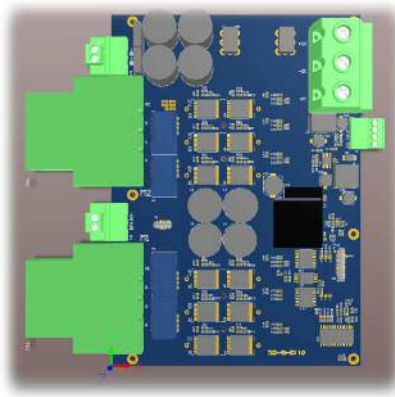
A1. Inovace servozesilovače s ohledem na použití pro řízení trakčních a lineárních motorů

Výsledkem vývoje je nový dvouosý digitální servozesilovač TGZ-D-48-50/100-UNI vhodný pro bateriové aplikace. Jedná se o servozesilovač s napájecím napětím 6 – 48 V a jmenovitým výstupním proudem 50 A pro každou osu. Špičkově může dodávat až 100 A. Inovace servozesilovače spočívá v dosažení kompaktních rozměrů a vysokých výkonů až 2 x 2400 W. Je možné použít různé zpětnovazební protokoly, např. Hiperface DSL (jednokabelové provedení), ENDAT 2.2, SSI a další.

Servozesilovač může pracovat v těchto režimech: momentové řízení, rychlostní řízení, absolutní polohování, relativní polohování a souvislé řízení po sběrnici EtherCAT.



Servozesilovač TGZ-D-48-50/100



Výkonová část servozesilovače

Servozesilovač byl otestován v aplikaci se dvěma přímými čtyřicetipólovými motory TGHS-2900-3-48/T3KX-Q08 jako pohon pásového vozidla. Jmenovitý proud motorů je 18,5 A, který odpovídá jmenovitému momentu 29 Nm. Špičkově je pohon schopný vyvinout moment až 2 x 125 Nm, při proudu motory 98 A. Servozesilovač je také testován v pracovním balíčku WP15.

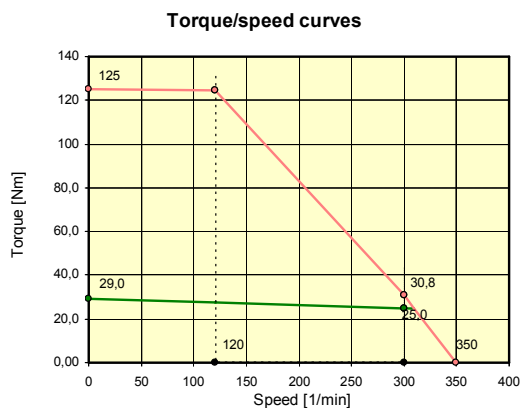
Servozesilovač TGZ-D-320-100/200 byl zkonstruován speciálně pro použití ve vozidle eCitiGO. Měnič se skládá z řídicí desky, určené pro komunikaci a řízení pohonu, přizpůsobovací desky, určené k převodu řídicích signálů na úroveň vhodnou pro budiče výkonových tranzistorů, zpětnovazební desky, určené k vyhodnocení signálů resolverů a vlastního IGBT modulu s integrovanými budiči.

IGBT modul disponuje špičkovým zatížením až 600 A. Měnič v kombinaci se dvěma přímými motory Q6-1650-8-310 je schopen vyvinout trvalý moment 2 x 200 Nm, špičkový až 2 x 600 Nm v rozpětí otáček 0 ÷ 560 min⁻¹. Trvalý výkon pohonu dosahuje 33 kW při jmenovitých otáčkách 800 min⁻¹.

Integrovaný interpret jazyka C umožňuje vytvořit uživatelskou aplikaci umožňující synchronní řízení jednotlivých pohonů. Komunikace CAN se využívá pro přenos dat mezi jednotlivými servozesilovači a pro komunikaci s externími zařízeními (např. nabíječka). Změnu parametrů měniče je možné provádět pomocí ethernetové komunikace s PC, případně tabletem či chytrým telefonem.



Pohon TGZ-48-50/100 + 2x TGHS-2900-3-48

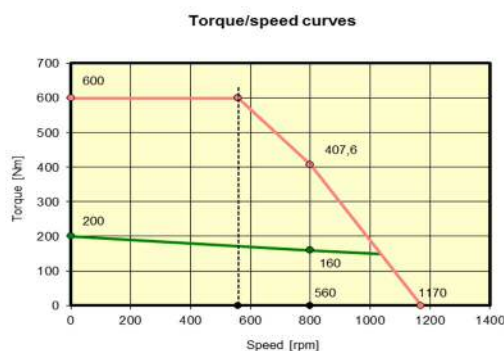


Momentová charakteristika TGHS-2900-3-48

Započal vývoj řídicích algoritmů pro asynchronní trakční motory o výkonu 120 kW. Cílem je vývoj modulárního provedení, otestování a postavení funkčního prototypu hlavních a pomocných pohonů, které jsou nedílnou součástí elektrovýzbroje diesel elektrických lokomotiv. Řídicí systém je osazen signálovým procesorem firmy NXP MC56F8xxx komunikujícím s nadřazeným systémem na protokolu CANopen. Jedná se o aplikaci s proměnlivým napětím ve stejnosměrném meziobvodu měniče, které je plynule regulováno odbuzováním synchronního generátoru ve spolupráci se dieselovým motorem VOLVO- PENTA 550kVA.



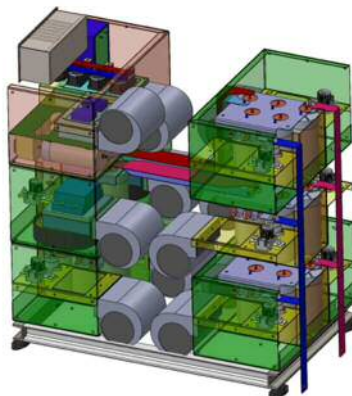
Vozidlo eCitiGO



Momentová charakteristika motoru Q6-1650-8-310

A2. Vývoj algoritmů pro samo se nastavující regulátory servozesilovače

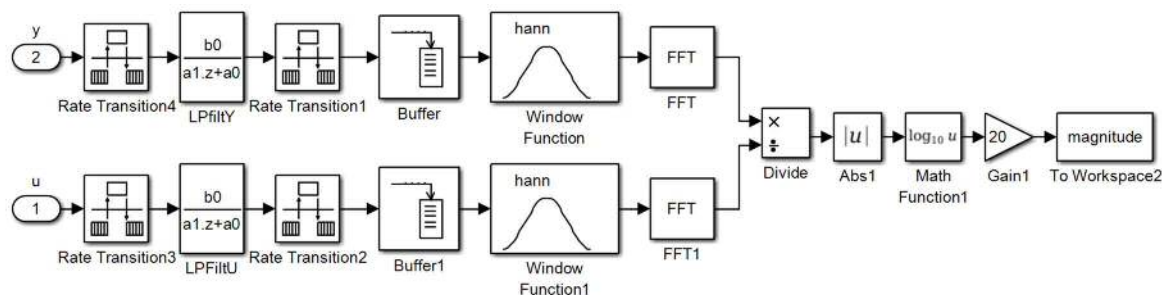
Činnosti na aktivitě A2 byly soustředěny na vývoj experimentu pro jednorázovou identifikaci parametrů systému. Pro zjištění některých specifických vlastností elektromechanického systému byla zvolena metoda, která z experimentálně naměřených dat získá frekvenční charakteristiku systému. Zvolená metoda je založena na získání spekter vstupních a výstupních dat pomocí Fourierovy transformace, ze kterých je možné získat vzorky frekvenční charakteristiky systému. Přesnost celé metody závisí především na vhodné volbě vstupního signálu, na segmentaci vstupních dat a v neposlední řadě na volbě správného okna použitého pro úpravu jednotlivých segmentů. Doporučený postup pro spektrální analýzu signálů je následující:



3D model celé sestavy 3x trakční měnič, AC/DC, pomocné a brzdný modul pro 230kW

- Měření vstupních dat s pevnou vzorkovací frekvencí, volba frekvence by měla být provedena s ohledem na požadované frekvenční rozlišení a délku jednotlivých rámců vstupních dat
- V případě změny vzorkovací frekvence je možná filtrace a podvzorkování dat
- Volba okna a aplikace okna na jednotlivé naměřené rámce, v případě malého počtu naměřených dat je možné překrytí jednotlivých rámců (s ohledem na použité okno)
- Výpočet rychlé Fourierovy transformace na každý z rámců v/v dat
- Výpočet frekvenční charakteristiky podělením spekter výstupních a vstupních dat, výpočet frekvencí jednotlivých vzorků z hodnot vzorkovací frekvence a délky rámce

Implementace výpočtu frekvenční charakteristiky je provedena v prostředí Matlab Simulink s použitím DSP toolboxu. Tento přístup umožňuje snadné generování C-kódu pro použití na různých platformách.



Získané frekvenční charakteristiky mají značně omezené pásmo, ve kterém jsou vypočtená data validní a odpovídají skutečnému průběhu frekvenční charakteristiky systému. Pro získání širšího frekvenčního spektra bez ztráty frekvenčního rozlišení je vhodné data z experimentu podvzorkovat na několika vzorkovacích frekvencích a získané frekvenční charakteristiky sloučit do jedné. V případě velkých hodnot časových konstant systému je navíc nutné zajistit dostatečnou délku experimentu a bohatost vstupních dat. Vstupní signál by měl obsahovat frekvence, které dostatečně vybudí systém tak, aby bylo možné postihnout dynamiku velkých časových konstant.

A3. Aplikace algoritmů prediktivního řízení v servozesilovači

Probíhal výzkum metod prediktivního řízení synchronních motorů s permanentními magnety s ohledem na optimalizaci jejich výpočetní náročnosti. Vysoká výpočetní náročnost je dána nelineálním chováním PMS motoru. Byla použita explicitní varianta prediktivního řízení, která tyto výpočetní nároky dokáže snížit. Navržený algoritmus zahrnuje vhodné metody linearizace, které dále umožňují snížit výpočetní náročnost.

Výsledný MPC regulátor pracuje lépe, nebo stejně jako běžné FOC řízení. Umožňuje implicitně zahrnout algoritmus odbuzování, který je nutné pro dosažení vyšších než nominálních otáček. Poradí si také s omezením proudu a napětí. Algoritmus pracuje v dq souřadnicích. Byl naprogramován v systému CompactRIO od firmy National Instruments. Kombinuje výhody RealTimu a hradlového pole FPGA tak, aby byly vyřešeny problémy s vysokými paměťovými nároky navrženého lineárního explicitního MPC. Dosažené výsledky byly publikovány v časopisecké publikaci (viz výsledky dle kategorie RIV). V následujícím roce bude probíhat další vývoj v této oblasti. Cílem je další snižování výpočetní náročnosti a implementace v System on Chip SoC Zynq na vývojovém kitu ZedBoard. Předpokládá se další publikace na konferenci.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Byl dosažen dílčí výsledek pracovního balíčku „Funkční vzorek servozesilovače pro přímé motory“.

b. Výsledky dle kategorie RIV

Mynar, Z., Vesely, L. and Vaclavek, P. PMSM Model Predictive Control With Field-Weakening Implementation. IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 63, no. 8, pp. 5156-5166, August 2016. X – jiné, článek v časopise, srpen 206.

Výsledek projektu TE01020197V006: Funkční vzorek servozesilovače pro přímé motory (14)
G – prototyp, funkční vzorek, prosinec 2016.

Očekávaný průběh řešení projektu

Práce na projektu budou pokračovat podle plánu.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP15 – HETEROGENNÍ MOBILNÍ ROBOTICKÁ SKUPINA PRO SPECIÁLNÍ POUŽITÍ

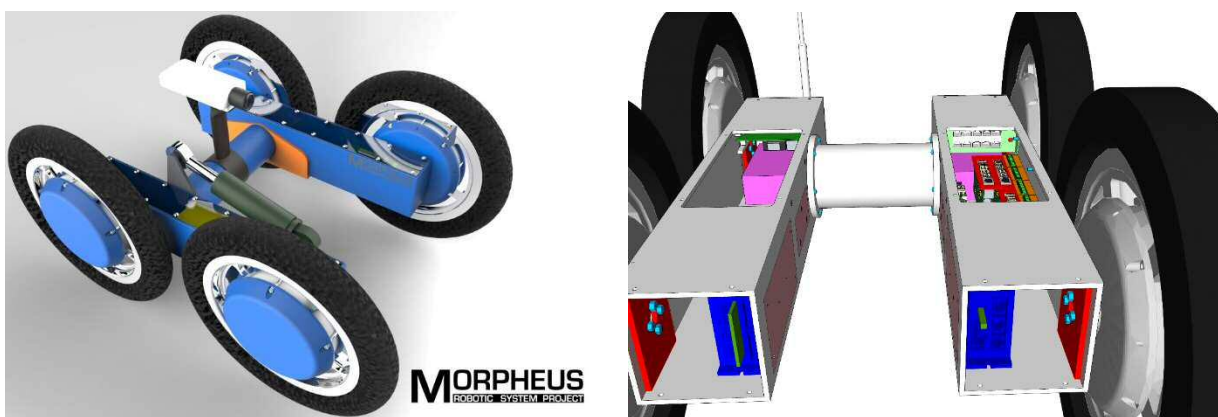
1. Popis činností

Podle plánu se činnost soustředila na konzultace s uživateli, vývoj sebelokalizačních algoritmů pro vnitřní prostředí, vývoj speciálních motorů pro mobilní robot a na testování parametrů motoru. Dále bylo započato s návrhem multi-robotického systému a s vývojem a výrobou robotu pro vnější prostředí.

V souladu s návrhem v přihlášce projektu byla nejdříve provedena rešerše podobných systémů a robotů v tuzemsku a ve světě a především proběhla série jednání a konzultací s potenciálními uživateli. To mimo jiné definovalo pro řešitelský tým zcela nový způsob využití robotů pro plošné měření radiace pomocí diferenčních případně kolimačních snímačů. Dříve předpokládané úlohy typu bezpečnostního průzkumu, případné hlídání perimetru vůči vniku nežádoucích osob nebo vzniku technologických havárií zůstaly v předpokládaném řešeném portfoliu zachovány.

Zrodil se tak návrh nového robotického systému ATEROS – Autonomně TELEprezenční RObotický Systém. ATEROS byl rozpracován po koncepční stránce, která vychází z našeho dříve vyvíjeného systému CASSANRA s tím, že předpokládané využití je nyní širší s mnohem větším důrazem na autonomní funkce.

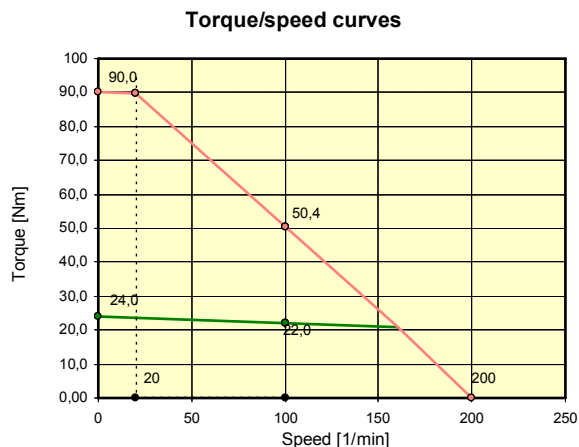
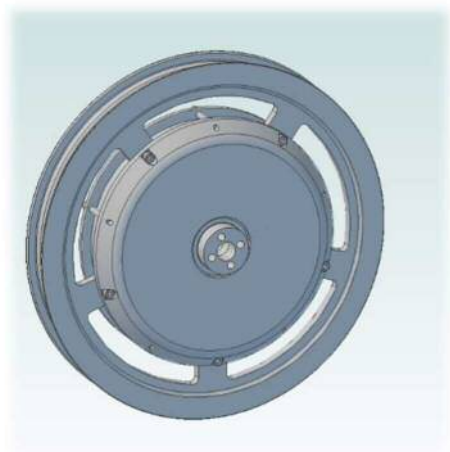
Dále bylo pečlivě rozpracováno komunikační schéma robotického systému. Oproti zmiňovanému systému CASSANDRA nově přibýly především požadavky na autonomní provoz robotů se zcela odlišnými parametry komunikace (korekční data ze satelitní navigace pro RTK GNSS, ...). Byl navržen nový záložní komunikační modul s podstatně větším dosahem avšak mnohem menší datovou propustností, vhodný právě pro autonomní režim. Tento systém již byl otestován i v praxi.



Obrázek 1: Render návrhu mobilního robotu MORPHEUS (vlevo), render návrhu umístění jednotlivých komponent uvnitř šasi robotu (vpravo).

Byl navržen nový robot pro práci především ve vnějším prostředí a byl pojmenován MORPHEUS. Konstrukce byla maximálně přizpůsobena předpokládanému využití jako nosiče objemných senzorických systémů. Cílem bylo vytvořit stroj s co největším volným prostorem v prostřední části stroje. Toho se podařilo docílit použitím zcela nových přímých motorů TGHS-2400-1-48 vyvinutých a

optimalizovaných pro robot MORPHEUS. Motory jsou umístěny v discích kol robotu (viz obrázek) a neobsahují žádné převodovky. Parametry motoru TGHS-2400-1-48 byly otestovány jak samostatně, ve spolupráci s řešiteli WP14, tak částečně na již vytvořeném demonstrátoru podvozku robotu MORPHEUS.



Obrázek 2: Motor TGHS-2400-1-48 vestavěný v disku kola robotu MORPHEUS (vlevo), jeho momentová charakteristika (vpravo).

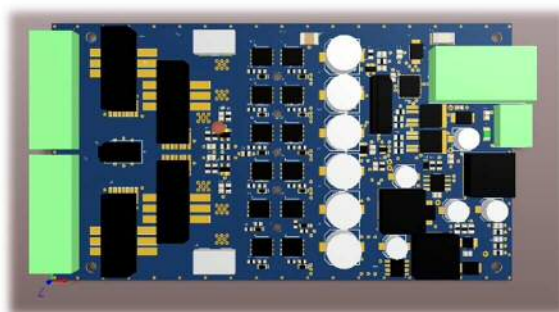
Další místo bylo ušetřeno díky použití nového integrovaného dvouosého měniče TGZ-D-13/40-UNI. Digitální dvouosý servozesilovač TGZ-D-13/40-UNI, vzešel ze standardního servozesilovače TGZ-D-13/26-UNI. U tohoto servozesilovače byla upravena výkonová část tak, aby byl schopen špičkově dodat proud 2×40 A. Změny se týkají zejména výkonových spínacích prvků a měření proudu. Upravená verze poskytuje vyšší krátkodobou přetížitelnost při zachování kompaktních rozměrů. Byl upraven algoritmus regulátorů pro řízení přímých motorů ve vazbě. Vzhledem k tomu, že podvozek vyžaduje synchronizaci jednotlivých kol, byl zvolen polohový regulátor s potlačenou integrační konstantou. Tento měnič je podstatně menší než byly dva předchozí jednoosé měniče, má mnohem lepší parametry pro řízení motorů, ale také obsahuje natolik výkonnou řídicí jednotku, že může obstarat veškeré řídicí funkce robotu a tím se opět dosáhlo úspory místa pro další procesorový modul.

V tabulce jsou uvedeny základní parametry servozesilovače, níže je fotografie výrobku a render desky plošných spojů.

NAPÁJENÍ	
Ovládací napětí	24 VDC $\pm$ 10%
Výkonové napájecí napětí	6 až 48 VDC
Instalovaný příkon pro provoz S1	2x 624 W
Jmenovitý výstupní proud	2x 13 A
Maximální výstupní proud (max. 5s)	2x 40 A
KOMUNIKACE	
CAN	
EtherCAT In/Out	100/1000 Mb
Ethernet UDP (servis)	100/1000 Mb
VSTUPY/VÝSTUPY	
2 analogové vstupy, 8 digitálních vstupů, 6 digitálních výstupů	

Parametry servozesilovače TGZ-D-13/40-UNI

Byl vytvořen demonstrátor podvozku robotu MORPHEUS (viz foto níže). Na tomto stroji proběhlo již několik experimentů především za účelem ověření parametrů motorů a servozesilovačů a nastavení jejich parametrů.



Obrázek 3: Servozesilovač TGZ-D-48-13/40 - hotový výrobek (vlevo), deska plošných spojů (vpravo).

Dále započaly práce na algoritmech pro přesnou vnitřní a vnější sebelokalizaci. Oba systémy byly navrženy a byly vybrány vhodné snímače (především RTK GNSS přijímač a MEMS inerciální systém). Byl rovněž navržen princip inferenčního či fúzovacího algoritmu pro práci ve vnějším i vnitřním prostředí. Oba tyto systémy budou dále vyvíjeny v průběhu projektu.



Obrázek 4: Demonstrátor podvozku robotu MORPHEUS.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Nebyly plánovány

b. Výsledky dle kategorie RIV

Nebyly plánovány

Očekávaný průběh řešení projektu

Závěrem je možné konstatovat, že plnění vytyčených aktivit je v souladu s plánem a podle našich současných poznatků není řešení projektu v balíčku WP15 ohroženo.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP16 – HLASOVÉ SYSTÉMY PRO INTERAKCI ČLOVĚKA SE STROJI

1. Popis činností

Tvorba akustického a jazykového modelu; příprava modulu syntézy řeči a modulu porozumění pro vybranou doménu mluvené angličtiny (zahájení: 01/2016; ukončení 09/2017)

Na základě analýzy a předchozích zkušeností s rozpoznáním mluvené angličtiny byla jako vhodná doména pro návrh a ověření funkcionality hlasového interaktivního systému zvolena problematika umožňující hlasové vyhledávání nad rozsáhlým audiovizuálním archivem pořízeném v anglickém jazyku. Jsme přesvědčení, že úlohy tohoto typu mají veliký komerční potenciál. Vzhledem k tomu, že na pracovišti ZČU již byl (v rámci projektu MALACH) zpracováván rozsáhlý korpus audiovizuálních nahrávek lidí, kteří přežili holocaust, a to jak anglických, tak také několika slovanských jazyků, byla jako vzorový prototyp hlasového interaktivního systému vybrána úloha interaktivního vyhledávání nad těmito výpověďmi.

V souladu s plánem aktivit na rok 2016 byla věnována pozornost především vývoji, případně zlepšení, stávajících akustických a jazykových modelů. Data použitá pro přípravu akustického a jazykového modelu pocházejí především z anglicky mluvené části zmíněného archivu. Zpracovávaná data obsahují výpovědi více než 900 řečníků (anglicky mluvících svědků holocaustu) s více než 250 hodinami anotované řeči.

Z pohledu akustického a jazykového modelování zde šlo především o další zohlednění fundamentálního pokroku při tvorbě akustických modelů. Využití hlubokých neuronových sítí (DNN) místo ještě do nedávna standardně používaných Gaussovských směsí (GMM) vede obecně k podstatnému snížení chybovosti automatického rozpoznávání řeči. Konkrétně, na úloze rozpoznávání anglických výpovědí svědků holocaustu, bylo uplatněním trénovacích technik s NN rekurentní sítí celkově dosaženo dalšího snížení WER (zkr. Word Error Rate), oproti použití GMM pak o více než 30% relativně. Jako základ pro tvorbu statistického jazykového modelu byly vybrány přepisy anotovaných výpovědí (trénovací data). Ke zvýšení robustnosti jazykového modelu bylo třeba ke stávajícím přepisům výpovědí přidat co nejvíce podobných dat (textů s podobnou tematikou). Tohoto zlepšení bylo dosaženo přidáním obecných anglických N-gramů a dále přidáním filmových titulků válečných filmů (v poměru 83% původní přepisy, 14% obecné N-gramy, 3% titulky). Dodáním dalších relevantních dat se podařilo snížit jak podíl mimo slovníkových slov (OOV, zkr. Out-Of-Vocabulary) z 2,8% na 2,1%, tak se také podařilo snížit WER o 5% relativně.

V navazujícím období bude výzkum zaměřen na další zpřesňování akustického modelu, dále pak na doplňování dalších relevantních textových dat k tvorbě jazykových modelů a v neposlední řadě také na integraci získaných modulů do hlasového interaktivního systému.

V oblasti počítačové syntézy probíhaly výzkumné a vývojové práce na přípravě anglického modulu syntézy řeči pro vybranou doménu angličtiny. S ohledem na cílovou oblast použití bylo třeba řešit především výslovnost nestandardních slov mnohdy cizího původu nebo slov i zcela cizích („např. Arbeit“ apod.) a integraci s aplikací vlastního archivu; práce probíhaly též na modifikaci generátoru prozodie a hlasitosti. Pro účely ladění a snazšího nastavení syntetizátoru byla pozornost věnována též otevřenosti užívaných algoritmů pro skriptovací jazyky a víceplatformní použití.

Výzkum metod porozumění s ověřením na vybrané doméně češtiny (zahájení: 01/2016; ukončení 09/2019)

V rámci vývoje interaktivních systémů sloužících ke zlepšení komunikace člověka a stroje byly ověřovány možné přístupy k odhadu strategií řízení hlasových dialogových systémů. Současný stav poznání upřednostňuje přístupy pravděpodobnostní nad expertními. Jedním ze zkoumaných přístupů tak byl pravděpodobnostní přístup zvaný posilované učení (reinforcement learning). Jedná se o model interakcí hlasového agenta (systému) s uživatelem hlasového dialogového systému. Interakce probíhají v diskrétních časových okamžicích pomocí akcí. Úspěšnost je hodnocena pomocí hodnotící funkce (reward function).

V rámci této aktivity byla provedena aplikace výše uvedené techniky strojového učení na problematiku řízení dialogového systému ve vybrané doméně komunikace. Na základě předchozích aktivit v rámci Centra byla vybrána úloha informací o odjezdech a příjezdech vlaků. Pro tuto doménu byl již na pracovišti, které řeší balíček WP16, vyvinut hlasový dialogový systém založený na expertním přístupu. V budoucnu bude tudíž možné porovnat a zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých přístupů k řízení hlasového dialogového systému.

Pro účely modelování hlasových interakcí mezi hlasovým agentem a uživatelem byla definována množina možných akcí, které systém může provést. Sémantický význam promluvy uživatele (stav prostředí) byl simulován modelem, neboť trénování z interakce s reálným uživatelem je časově náročné. Model reakce uživatele na akce systému a generování odměn byl vytvořen expertně na základě zkušeností a znalostí z dřívějšího vývoje a vyhodnocení dialogového systému ze stejné domény.

Stav prostředí byl reprezentován vektorem a sloužil jako vstup pro neuronovou síť, která slouží k aproximaci hodnoty návratnosti (součtu odměn) při provedení jedné z akcí. Po každé akci bylo provedeno přetrénování sítě. Z historie posledních 100 n-tic (stav, akce, odměna, příznak konce dialogu, stav po provedení akce) byla pro přetrénování náhodně vybírána dávka 50 n-tic. Jedna epocha byla jedním celým dialogem, trénování probíhalo 500 epoch. Natrénovaná síť byla testována na 10 000 dialozích za použití stejného modelu uživatele jako při tréninku a jako míra pro vyhodnocení byl zvolen poměr dokončených dialogů. Tento poměr činil 93 %. Dialog se považoval za nedokončený, pokud přesáhl počet 10 akcí systému nebo pokud se systém pokusil provést akci, aniž by pro ni měl k dispozici dostatek informací.

Provedené experimenty ukázaly, že model posilovaného učení je vhodný jak z teoretického hlediska, tak i z praktického, kdy výpočetní složitost je zvládnutelná na současném hardware v reálném čase.

Další výzkum bude zaměřen na metody tvorby modelu uživatele a využití stejného přístupu pro inkrementální dialogový systém, který o provedení akce rozhoduje po menších jednotkách, než jsou celé promluvy. Inkrementální dialogový systém může dosáhnout rychlejší a přirozenější odezvy na vstupy uživatele.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Byl publikován článek [1], který popisuje online systém full-textového vyhledávání v rozsáhlých více jazyčných archivech svědectví holocaustu. Byl prezentován na mezinárodní konferenci Interspeech 2016 v sekci Show&Tell. Archiv obsahuje video nahrávky rozhovorů ve dvou jazycích (angličtina a čeština), které byly automaticky přepsány a indexovány za účelem poskytnutí efektivního přístupu k

lexikálnímu obsahu. Systém používá nejmodernější systém rozpoznávání řeči a detekce tématu a umožňuje nalézt úseky nahrávek, které obsahují hledaná slova či krátké fráze.

V samotném článku jsou popsána použitá data a způsob jejich automatického zpracování. Dále jsou přiblíženy použité akustické a jazykové modely, princip indexace a algoritmus vyhledávání. Nejpodrobněji je popsáno vytvořené grafické uživatelské rozhraní umožňující snadné zadávání full-textových dotazů a přehlednou prezentaci nalezených výsledků. Článek byl účastníky konference zvolen jako nejlepší příspěvek v sekci Show&Tell.

b. Výsledky dle kategorie RIV

O – jiné, konferenční publikace.

- [1] STANISLAV, P., ŠVEC, J., IRCING, P.: An Engine for Online Video Search in Large Archives of the Holocaust Testimonies. –In: Interspeech'2016, San Francisco, 2016.
Ocenění: Best Show&Tell demonstration.

Očekávaný průběh řešení projektu

V navazujícím období bude výzkum v oblasti Aktivit 1 zaměřen na další zpřesňování akustického modelu, dále pak na doplňování dalších relevantních textových dat k tvorbě jazykových modelů a v neposlední řadě také na integraci získaných modulů do hlasového interaktivního systému. V oblasti Aktivit 2 bude další výzkum zaměřen na metody tvorby modelu uživatele a využití stejného přístupu pro inkrementální dialogový systém, který o provedení akce rozhoduje po menších jednotkách, než jsou celé promluvy. Inkrementální dialogový systém může dosáhnout rychlejší a přirozenější odezvy na vstupy uživatele. Budou též zahájeny práce na Aktivitě 3, tj. na „Tvorbě akustického a jazykového modelu, přípravě modulu syntézy řeči a modulu porozumění pro vybranou doménu mluveného slovanského jazyka“.

Další etapa řešení projektu TE01020197 bude v rámci balíčku WP16 využívat úspěšný model spolupráce i pro dosažení návazných cílů projektu. Složení řešitelského týmu se nebude zásadně měnit.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP17 – NÁSTROJE INTERAKCE ČLOVĚK-ROBOT

1. Popis činností

V roce 2016 byla řešena zejména aktivita „Vývoj systému identifikace chyb a předcházení kolizím“, jejíž náplní je vývoj softwarové knihovny pro detekci chyb v robotických systémech. V uplynulém roce byly identifikovány tři aplikační oblasti, pro které byla zahájena realizace řešení a sběr dat z jejich činnosti:

- autonomní navigace bezposádkového vozidla Taros v prostředí bez dostupné lokalizační infrastruktury
- automatické uchopování montážních dílů robotickým manipulátorem z přepravního obalu a jejich přenášení a ukládání do zásobníku montážní robotické buňky.
- automatický vícekamerový dohledový systém pro detekci a sledování význačných událostí ve městě

Na základě nasbíraných dat bude v roce 2017 budována znalost o činnosti systému a typech, příčinách a důsledcích poruch. To se stane základním stavebním kamenem pro adaptivní algoritmus detekující chyby systému.

V dalším textu je vývoj jednotlivých aplikací popsán detailněji.

Navigace autonomního vozidla Taros

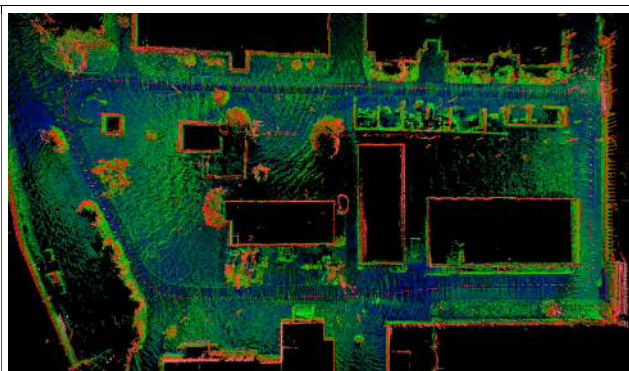
Cílem první aplikace, která je vyvíjena pro firmu VOP CZ, s.p. je demonstrovat možnosti autonomní lokalizace bezposádkového vozidla Taros v prostředí bez dostupné lokalizační infrastruktury (např. systém GPS), nebo s omezenou dostupností externí lokalizace. Výstupem demonstrace je ukázka lokalizace (tj. zobrazení aktuální polohy) vozidla - robotu při průjezdu předem zmapovaným prostorem. Informace o aktuální poloze vozidla je důležitá nejen pro operátora sledujícího průběh operace, ale především pro následné autonomní funkce vozidla (např. jízda na zadané cílové místo).

Navržená lokalizační metoda využívá metodu hledání optimální korespondence mezi aktuálním 3D snímkem prostředí a předem vytvořenou 3D mapou. Pro prostředí, ve kterém se má vozidlo autonomně pohybovat, je třeba nejprve vytvořit mapu, která obsahuje lokalizační data ve formě 3D modelu prostředí. Mapa je vytvořena při manuálním průjezdu zadaného prostoru operátorem v učícím režimu a následným zpracováním nasbíraných dat ze senzorů s využitím metod, které zajistí globální optimalizaci mapy a vytvoření topologicky konzistentní 3D mapy z naměřených dat. Následně je tato mapa využívána pro vlastní určování polohy vozidla při pohybu v operačním prostoru na základě dat z 3D laserového dálkoměru Velodyne instalovaného na vozidle.

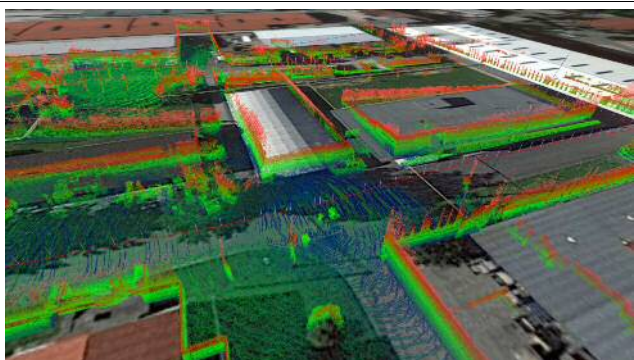
Provedené experimenty ověřily funkčnost systému, jak ve fázi tvorby mapy tak ve fázi lokalizace, bez nutnosti modifikace prostředí včetně nezávislosti na systému satelitní navigace. V dalších fázích budou do systému integrovány metody vyhýbání se překážkám a plánování misí, které byly vyvinuty v minulých letech v rámci řešení projektu. Dojde rovněž k návrhu a realizaci detekce chyb, což umožní zvýšit autonomii systému a vytvořit asistenční systém pro budování map s indikací dostatečné informační hustoty a nápovědami pro obsluhu, kdy je vhodné zpřesnit polohu uzavřením smyčky, t. j. návratem na již zmapované místo, či kde je vhodné zpomalit, pro zvýšení hustoty senzorických dat.



Vozidlo Taros firmy VOP CZ, s.p. při experimentálním snímání dat



Vytvořená 3D mapa metodou současné lokalizace a mapování a následnou optimalizací s detekcí uzavřených smyček



3D mapa sesazená s orto-foto mapou

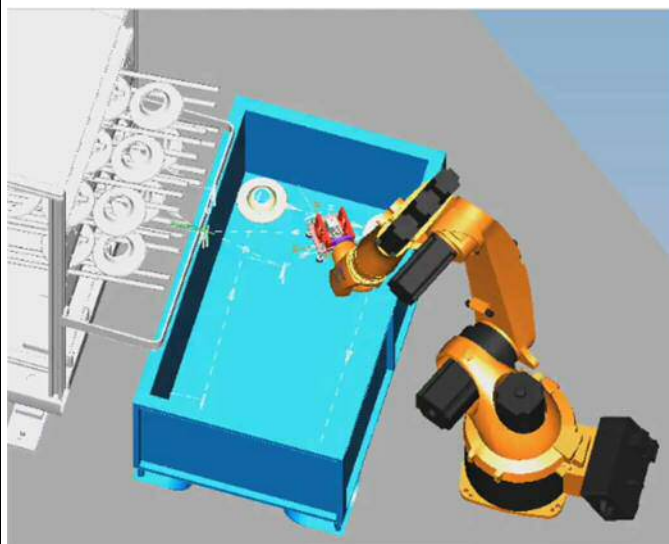


Trajektorie lokalizovaného vozidla (modrá). Porovnání s GPS polohou (oranžová).

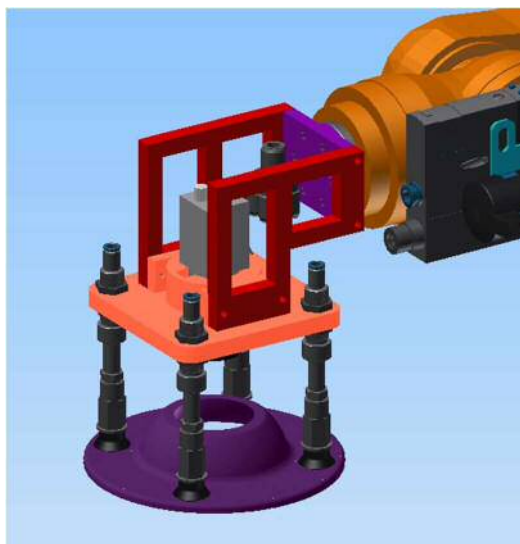
Automatické uchopování montážních dílů

Druhou aplikační oblastí je robotické pracoviště řešící úlohu automatického uchopování montážních dílů robotickým manipulátorem z přepravního obalu a jejich přenášení a ukládání do zásobníku montážní robotické buňky, které je realizováno pro Škoda Auto a.s. V rámci pilotního projektu je řešena hardwarová i softwarová část pro uchopování držáku vzpěry tlumiče, což je profilované kovové mezikruží o váze 530 gramů. Jako manipulátor je použit robot Kuka KR 5arc vybavený chapadlem speciálně navrženým pro tuto aplikaci. Uchopovací mechanismus zobrazený na obrázku níže sestává z rámu, na který je uchycena kamera (na obrázku šedivě) a čtyři přísavky Festo, které poskytují zpětnou vazbu, zda je předmět správně uchopen. Přísavky jsou pružně uloženy, a tak umožňují vyrovnávat drobné nesouososti uchopovacího mechanismu a uchopovaného předmětu a zajistí tak robustní uchopení předmětu.

Softwarová část je založena na zpracování obrazu z kamery, která je umístěna ve středu uchopovacího mechanismu. Zjištění polohy součástek v přepravním obalu a výběr součástky pro uchopení je prováděna v několika fázích: detekce objektu kombinací metod Maximally stable extremal regions (MSER) a Support Vector Machine, zjištění polohy a překryvů součástek s využitím hlubokého učení a Houghovou transformací pro zpřesnění pozice a orientace součástky vůči chapadlu.



Konfigurace pracovní buňky



Chapadlo manipulátoru

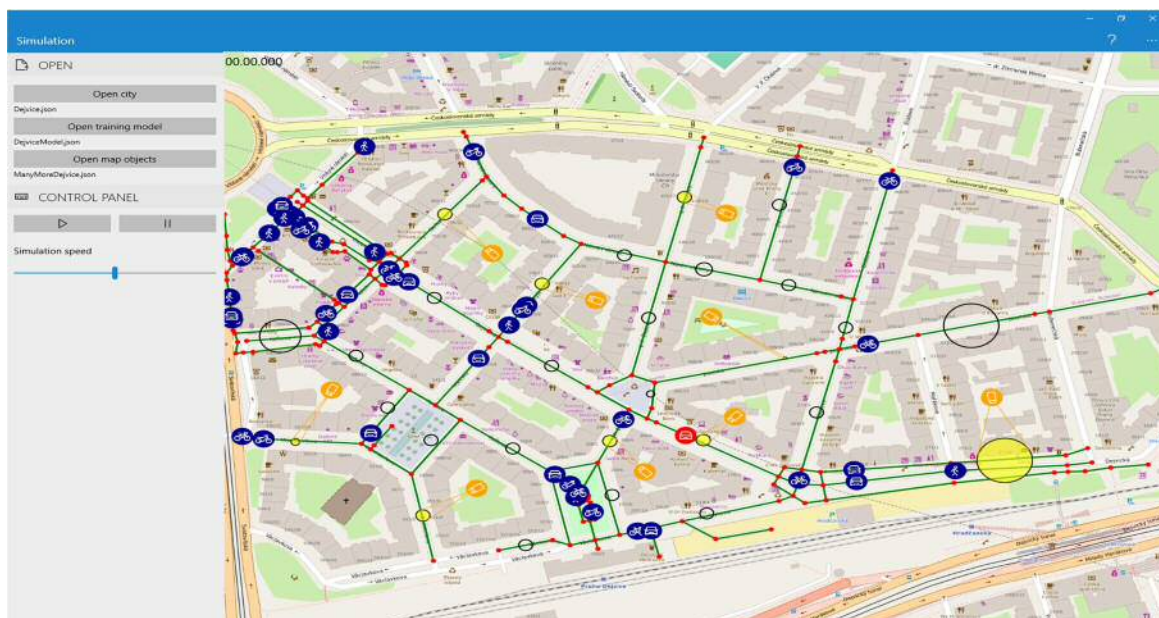
V uplynulém roce byla realizována základní řídicí smyčka rozpoznání předmětu-detekce jeho polohy-přemístění manipulátoru-chytení předmětu a jeho přenesení do cílové pozice. V dalším roce bude celý postup dokončen tak, aby bylo možné vybrat všechny součástky z přepravního obalu a budou realizovány mechanismy detekující chybu určení pozice součástky a jejího uchopení. Tím dojde k zrobustnění celého procesu.

Spolupráce robotů při hlídání perimetru

Firma CertiCon a.s. v rámci projektu vyvíjí automatický systém pro hlídání perimetru. V první fázi projektu je problém demonstrován na příkladu vícekamerového dohledového systému v městské infrastruktuře. Jeden ze scénářů je pokrytí prostoru kamerami tak, aby byl s co největší pravděpodobností zachycen prchající zločinec. Je nutné nastavit otočné kamery tak, aby zachytily jednoho nebo více zločinců ve městské infrastruktuře. Pro zjednodušení se předpokládá, že kamery nelze spojitě polohovat. Místo toho má každá kamera několik diskrétních oblastí, mezi kterými může přepínat. Každá z těchto oblastí zachycuje část ulice ve městě. Kamery mohou být zobecněny na cokoliv, co dokáže přepínat mezi pohledy a každý přechod má nějakou cenu, může se tedy jednat i například o autonomní letové prostředky (drony), kde čas přepnutí konfigurace bude čas doletu k dané oblasti. V aplikaci se předpokládají agenti (chodci, vozidla, cyklisti) pohybující se po městě podle naučeného přechodového modelu. Tito agenti mohou spáchat zločin, potom jsou v aplikaci zobrazeni červeně (viz obrázek). Systém má rozhodnout, kam v dané chvíli natočit kamery tak, aby se maximalizovala šance, že zločinec neunikne. V případě více zločinců umí prioritizovat, ale snaží se zachytit co nejvíce. Řeší se tedy optimalizační problém.

Navržené řešení sestává ze dvou fází. První fáze se snaží vypořádat s neurčitostí určení pozice zločince poté, co opustí pohled kamery generováním domnělé stavů, ve kterých se mohou agenti nacházet. Ve druhé fázi se pak pracuje s vygenerovanými stavy, na jejichž základě se rozhoduje, kam natočit kamery. Výsledné řešení pak vede na řešení problému párování v bipartitním grafu a tzv. constraint satisfaction optimization problem.

V dalším průběhu dojde k dokončení implementace monitorovacího systému a jeho evaluace v simulovaném prostředí.



Grafické rozhraní aplikace monitorovacího systému.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Pro rok 2016 nebyly pro pracovní balíček plánovány žádné dílčí výsledky.

b. Výsledky dle kategorie RIV

Nebyly plánovány

Očekávaný průběh řešení projektu

Řešení pracovního balíčku 17 probíhá standardním způsobem. V průběhu roku 2017 budou řešeny dílčí cíle dle návrhu projektu a nejsou očekávány žádné zásadní změny ve strategii řešení tohoto balíčku. Spolupráce výzkumné skupiny na ČVUT v Praze a partnerů ve spolupracující firmě Certicon s.r.o. probíhá bez problémů.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP18 – METODY STROJOVÉHO VNÍMÁNÍ PRO PRŮMYSLové A JINÉ APLIKACE

1. Popis činností

V roce 2016 jsme v rámci pracovního balíčku 18 řešili úkoly v souladu s plánem pro toto období. Plánovány byly v rámci výzkumných a vývojových témat tyto aktivity:

- Zdokonalování algoritmů detekce defektů při použití reflektometrie a zrychlení procesu snímání
- Výzkum a vývoj algoritmů rozpoznávání vhodných pro SLAM
- Výběr a vývoj algoritmů měření plastových dílů
- Výzkum a vývoj systému pro řízení dvojrukého manipulátoru s kognitivní zpětnou vazbou

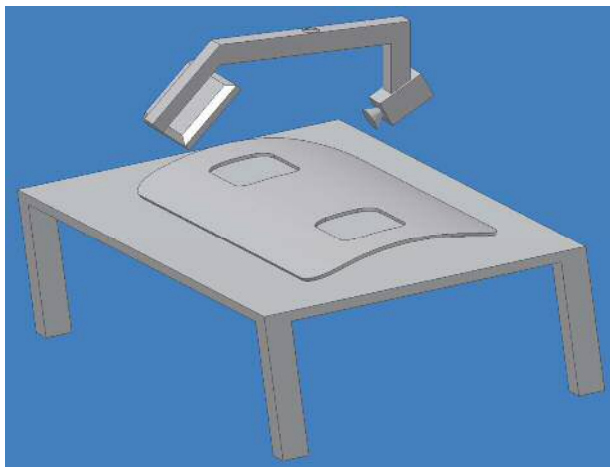
Na řešení úkolů tohoto pracovního balíčku se podílel především výzkumný tým ČVUT a výzkumný a vývojový tým firmy Neovision s.r.o. Tým ČVUT se věnuje především vývoji obecných metod zpracování obrazu a rozpoznávání, zatímco tým Neovision s.r.o. se soustřeďuje na úlohu reflektometrie a vývoj aplikací. Firma Neovision s.r.o., která byla hlavním průmyslovým partnerem v rámci tohoto pracovního balíčku a členem konsorcia projektu, se bohužel ocitla koncem roku 2016 v insolvenci a přestala být schopna nadále řešit úkoly projektu. S touto skutečností souvisí i dále popsané nedostatky v plnění některých úkolů.

Zdokonalování algoritmů detekce defektů při použití reflektometrie a zrychlení procesu snímání

V rámci této aktivity byl v roce 2016 plánován rozvoj algoritmů snímání a detekce defektů ve snímcích pořízených měřicími zařízeními na principu reflektometrie (Obr. 1). Hlavními komponentami zařízení je kamera a projektor (LCD panel), které jsou umístěny ve vhodné vzájemné poloze. Povrch je kontrolován na základě sledování odrazu známého obrazce, který je promítán na kontrolovaný povrch. Problém malého zorného pole pro měření je řešen umístěním zařízení na manipulátor. Provedené úpravy a vylepšení vedly ke zrychlení celého snímacího procesu. S využitím FPGA pro generování vzorů a rychlejšího monitoru se podařilo zvýšit počet promítaných vzorů z 12 za sekundu na 30 za sekundu.

Pro úspěšné nasazení měřicího zařízení v provozu je důležitá jeho rychlost a ta je v případě reflektometrie dána především rychlostí snímání. Princip reflektometrie vyžaduje snímání obrázků povrchu objektu, který je osvětlen různými známými obrazy. To vyžaduje synchronizaci zobrazení na monitoru s procesem snímání. Vylepšení synchronizace projektorů a kamery bylo jedním z řešených úkolů. Tento problém se podařilo vyřešit nasazením již zmíněného FPGA pro generování vzorů na monitoru. FPGA v procesu snímání umožnilo zlepšení synchronizace a připravilo základ pro následnou implementaci algoritmů s vyhodnocováním za pohybu.

V roce 2016 se podařilo navázat užší spolupráci s cílovým zákazníkem, který poskytl v druhé polovině roku větší množství vzorků pro testování. Úspěšné bylo také jednání s tímto zákazníkem o instalaci upraveného prototypového zařízení v provozu v roce 2017. Podle plánu probíhající práce v rámci této aktivity byly narušeny ukončením prací na straně průmyslového partnera Neovision s.r.o., který v listopadu vyhlásil insolvenci. To způsobilo, že se nepodařilo dokončit úpravy detekčních algoritmů ani testy se všemi dodanými vzorky. Do listopadu nebyla také ze strany zákazníka poskytnuta zbývající část vzorků potřebná pro zpracování přípravy postupu nasazení vyvíjeného zařízení v provozu.



(a)



(b)

Obr. 1 Měřicí zařízení pro kontrolu povrchu: a) princip zařízení, b) realizované zařízení.

V souladu s nedokončenou prací v rámci této aktivity byla vrácena příslušná část dotace.

Výzkum a vývoj algoritmů rozpoznávání vhodných pro SLAM (současné mapování a lokalizace)

V rámci této aktivity jsme se zaměřili na využití hlubokých konvolučních neuronových sítí pro sémantickou segmentaci obrazu. Sémantická segmentace obrazu bude v projektu sloužit při navigaci mobilních robotů a mapování. Předpokládáme, že stejné algoritmy využijeme i při dvojruční manipulaci s objekty k detekci relevantních objektů. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi dynamicky se vyvíjející obor, věnovali jsme velkou část času porovnání jednotlivých dostupných sítí a jejich vhodnosti pro naše účely.



Obr. 2 Ukázka sémantické segmentace obrazu pomocí hluboké konvoluční sítě SegNet [Kendall2015].

Pro realizaci jsme vybrali 2 sítě – TransferNet [Seunghoon2016], který obsahuje modul pozornosti a SegNet [Kendall2015] využívající standardní hlubokou konvoluční síť VGG16, kterou rozšiřuje pro účely

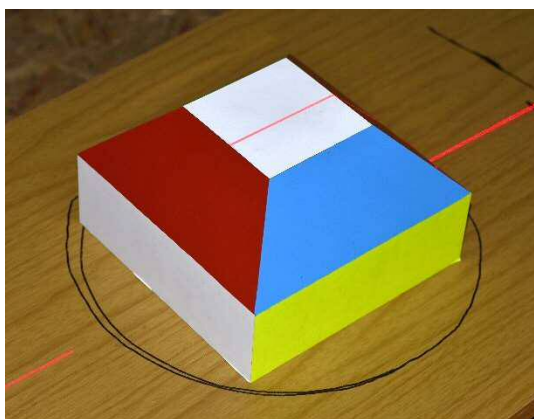
sémantické segmentace. Sítě byly zprovozněny a testovány na obrázcích scén pořízených z mobilního robota TRADr. Pro navigaci v prostředí využíváme při experimentech již natrénovaných 10 tříd (vozovka, chodec, vegetace, budova, silniční značky, kolo, obloha, chodník, plot, vozidlo). Příklad segmentace je na obrázku (Obr. 2). Pro účely detekce objektů bude síť přetrénována na objektech relevantních pro naše účely.

Výběr a vývoj algoritmů měření plastových dílů

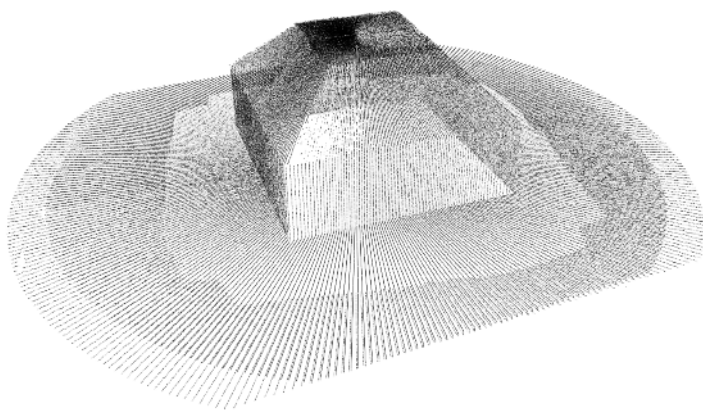
V tomto roce jsme v souladu s plánem zahájili práce na realizaci zařízení pro měření plastových dílů. Naší snahou je realizovat měřicí zařízení, které by bylo možné využít pro kontrolu dílů v průběhu výrobního procesu. Plastové díly se z pohledu měření a kontroly vyznačují velkou variabilitou, relativně vysokou požadovanou přesností měření a povrchy, které optické metody měření znesnadňují. Na základě našich zkušeností a požadavků potenciálních zákazníků na 3D měření jsme se rozhodli v tomto roce realizovat měřicí zařízení na principu laserového hloubkoměru (LPRF – Laser Plane Range Finder).

Pro realizaci produkčního měřicího zařízení je nutné přizpůsobení geometrie laserového hloubkoměru konkrétním požadavkům na měřicí rozsah, geometrii objektu a přesnost měření. Existuje řada laserových hloubkoměrů, které jsou však omezeny na konkrétní realizaci. Proto jsme se rozhodli realizovat programovou knihovnu, která by umožnila konstrukci laserového hloubkoměru dle požadavků konkrétní úlohy. Součástí knihovny je kalibrace jednotlivých komponent (kamera, mechanismus pohybu, laser), detekce laserové stopy obraze, 3D rekonstrukce a algoritmy pro ověření správnosti měření.

V roce 2016 jsme realizovali laboratorní verzi laserového hloubkoměru sestaveného z kamery, laserového projektoru a otočného stolku. Toto zařízení umožňuje měřit objekty do průměru 30 cm a výšky 15 cm. Připravili jsme také jednotlivé komponenty knihovny, které umožňují kalibraci celého zařízení a realizovali první měření testovacích objektů (Obr. 3). Vyhodnocení výsledků ukazuje, že přesnost jednotlivých měření je v daném rozsahu lepší než 0,3 mm, což odpovídá očekávání.



(a)



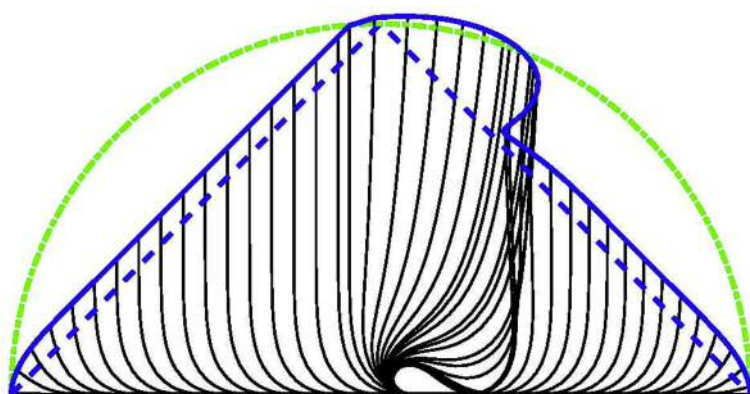
(b)

Obr. 3 3D měření laserovým hloubkoměrem: a) objekt v průběhu měření (laserová stopa tvoří červený proužek šikmo v obraze, b) změřené body testovacího objektu ve 3D.

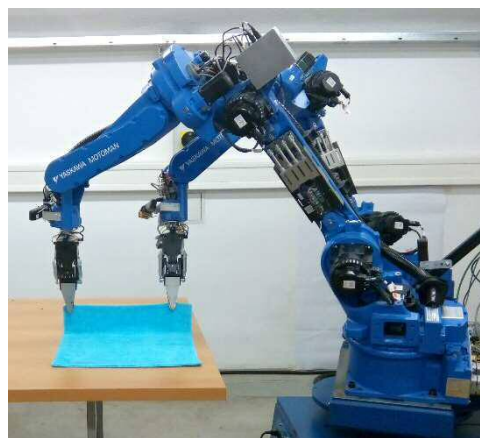
V následujícím roce se zaměříme na rozšíření knihovny (kalibrace posuvného pohybu) a zdokonalování jednotlivých komponent (nový kalibrační obrazec, detektor laserové stopy).

Výzkum a vývoj systému pro řízení dvojrukého manipulátoru s kognitivní zpětnou vazbou

V oblasti dvojruké manipulace jsme pracovali na zvýšení přesnosti skládání látky. Zaměřili jsme se na návrh trajektorie skládání, která by zabránila posunu látky na podložce během procesu skládání. Pro návrh trajektorie jsme využili fyzikální model a řešili problém okrajových hodnot. Výsledkem řešeného problému byla trajektorie (Obr. 4a), která minimalizovala horizontální sílu, čímž se zabránilo nežádoucímu posunu látky. Trajektorii jsme experimentálně ověřili na dvojrukém robotu CloPeMa (Obr. 4b) při skládání látek i při skládání tužších materiálů (gumy). Navrženou metodu jsme publikovali na konferenci IROS 2016 [PetrikIROS2016].



(a)



(b)

Obr. 4 Realizace skládání látky: a) trajektorie navržená na základě fyzikálního modelu (kruhová trajektorie zeleně, navržená trajektorie modře), b) skutečná realizace dvourukým manipulátorem.

Způsob návrhu trajektorie jsme dále podrobili testování při skládání deseti pásků z materiálů s různou tuhostí. Postup skládání jsme ověřovali snímáním kalibrovanou kamerou, aby bylo možné porovnání s navrženou trajektorií a předpokládaným chováním materiálu. Na základě experimentů jsme navrhli metodu na výběr trajektorie pro daný rozsah tuhostí látky a experimentálně jsme ukázali, že stačí jenom čtyři různé trajektorie pro skládání všech látek vyrobených z obvyklých materiálů. Příspěvek byl publikovaný na konferenci MESAS 2016 [PetrikMESAS2016]. Výsledky byly také publikovány v IEEE Transactions on Robotics jako součást článku [Doumanoglou2016], který shrnuje celý proces skládání oblečení.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

V roce 2016 nebyly plánovány žádné výsledky v rámci tohoto pracovního balíčku.

b. Výsledky dle kategorie RIV

Některé z vyvíjených algoritmů a metod byly prezentovány formou článku v časopise a 2 příspěvků na vědeckých konferencích [Doumanoglou2016, PetrikIROS2016, PetrikMESAS2016]. Tyto příspěvky budou zařazeny do databáze RIV.

Očekávaný průběh řešení projektu

Na základě popsaného postupu řešení a s ohledem na plánované aktivity v roce 2016 můžeme konstatovat, že řešení projektu probíhalo v souladu s plánem s výjimkou aktivity „Zdokonalování algoritmů detekce defektů při použití reflektometrie a zrychlení procesu snímání“. Řešení úkolů v rámci této aktivity bylo ovlivněno ukončením práce ze strany společnosti Neovision s.r.o., která byla klíčovým průmyslovým partnerem a věnovala se právě především realizaci měřicího zařízení na principu reflektometrie. Společnost Neovision s.r.o. se v listopadu roku 2016 ocitla v insolventci a byla proto nucena ukončit svoje aktivity v rámci projektu. Do listopadu však i řešení související aktivity probíhalo v souladu s plánem.

Nyní probíhají jednání se společností CAMEA spol. s r.o. o převzetí úkolů společnosti Neovision s.r.o. v rámci tohoto pracovního balíčku. Společnost CAMEA spol. s r.o. je již členem konsorcia a svojí činností je blízká aktivitám tohoto pracovního balíčku. Lze však očekávat dílčí změny v plánovaných aktivitách a výsledcích pracovního balíčku. Předpokládáme, že i v roce 2017 budeme pokračovat ve výzkumu a vývoji v rámci plánovaných aktivit s ohledem na případné změny vyvolané změnou klíčového průmyslového partnera. Nadále budou vyvíjeny algoritmy pro navigaci mobilních robotů i metody dvojruké manipulace. Více pozornosti bude věnováno metodám měření lisovaných plastových dílů a detekci vad na nich.

Literatura

- [Doumanoglou2016] Andreas Doumanoglou, Jan Stria, Georgia Peleka, Ioannis Mariolis, Vladimír Petrík, Andreas Kargakos, Libor Wagner, Václav Hlaváč, Tae-Kyun Kim, and Sotiris Malassiotis. Folding clothes autonomously: A complete pipeline. *IEEE Transactions on Robotics*, 2016.
- [Kendall2015] Alex Kendall, Vijay Badrinarayanan and Roberto Cipolla. Bayesian SegNet: Model Uncertainty in Deep Convolutional Encoder-Decoder Architectures for Scene Understanding. Preprint, arXiv:1511.02680, 2015.
- [PetrikIROS2016] Vladimír Petrík, Vladimír Smutný, Pavel Krsek, and Václav Hlaváč. Physics-Based Model of Rectangular Garment for Robotic Folding. *In Proc. Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 951–956, Daejeon, 2016.
- [PetrikMESAS2016] Vladimír Petrík, Vladimír Smutný, Pavel Krsek, and Václav Hlaváč. Accuracy of Robotic Elastic Object Manipulation as a Function of Material Properties. *In Int. Workshop on Modelling and Simulation for Autonomous Systems (MESAS)*, 384–395, Rome, 2016.
- [PetrikTR2016] Vladimír Petrík, Vladimír Smutný, Pavel Krsek, and Václav Hlaváč. Physics-based model of a rectangular garment for robotic folding. CTU–CMP–2016–06, K13133 FEE Czech Technical University, Prague, Czech Republic, May 2016.
- [Seunghoon2016] Seunghoon Hong, Junhyuk Oh, Honglak Lee, Bohyung Han. Learning Transferrable Knowledge for Semantic Segmentation with Deep Convolutional Neural Network. *In IEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP19 – KAMEROVÁ ZAŘÍZENÍ A METODY ANALÝZY OBRAZU PRO MONITOROVÁNÍ DOPRAVY A V PRŮMYSLU

1. Popis činností

V pracovním balíčku WP19 jsme v roce 2016 pokračovali ve výzkumu a vývoji dopravních i průmyslových systémů, příslušného hardware a software a prostředků pro souběžnou lokalizaci a mapování v interiéru budov.

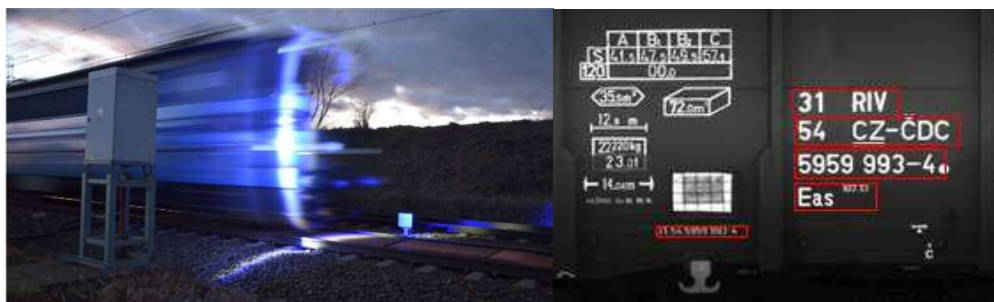
Jak bylo specifikováno na konci předchozího období, jedním z řešených úkolů je využití nové generace průmyslových popř. tzv. inteligentních kamer a jejich zavedení do řešení dopravních a průmyslových úloh, v nichž bude kauzálně zvýšena bezpečnost, přesnost a robustnost vyhodnocení pořízených dat. Postup v řešení náročných úloh počítačového vidění v dopravě a průmyslu je průběžně podepřen také vývojem specializovaného hardware (vysokorychlostní kamera, zvládnutí přenosů na 10 Gbit) a vlastní knihovny zaměřené na úzce definovanou specifickou skupinu úloh (implementace redefinovaných metod zpracování obrazu pro konkrétní aplikaci na jednoúčelovém popř. jen specializovaném hardwaru a využití řady optimalizačních strategií pro zajištění zpracování vysokého objemu dat v reálném čase).

Činnosti pracovního balíčku WP19 byly v roce 2016 definovány celkem čtyři, a to následovně:

01-2016 – 06-2018: Výzkum, analýza a implementace algoritmů pro dopravní systémy

Tato činnost se zaměřuje obecně na analýzu algoritmů, metod a technik použitelných pro monitorovací, přestupkové a asistenční systémy počítačového vidění v dopravě stejně jako analýza možností implementace na dostupný hardware. Konkrétně lze zmínit velmi zajímavou úlohu vysokorychlostního vážení vozidel za jízdy WIM, jejíž koncept je již několik let rozvíjen a máme řadu reálných implementací v dopravě (a také světově první certifikaci WIM). Prostor pro další zkoumání je ve zvyšování přesnosti a robustnosti kombinace senzorů vah pevně zabudovaných ve vozovce a kamerového systému pro čtení SPZ tak, aby mohlo být vysokorychlostní vážení vozidel za jízdy plně automatizováno a nasazeno na téměř libovolném úseku silniční sítě.

Nezanedbatelné pokroky byly učiněny také při vývoji a implementaci systému pro identifikaci UIC kódů železničních vagónů vlakových souprav. V této úloze se setkávají vysoké nároky na procesní automatizaci (speciální liniové osvětlení blízké UV a jeho synchronizované řízení s řádkovou kamerou) a přenos a zpracování vysokého objemu dat (11 GB/s) pro rozpoznávání oblastí s textem a čtení požadovaných identifikačních kódů jednotlivých vagónů.

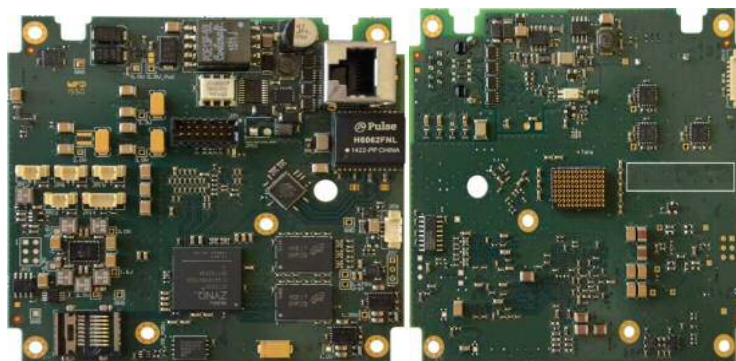


Ukázka principu liniového snímání vlakové soupravy a rozpoznávání a čtení identifikačních kódů.

01-2016 – 06-2018: Výzkum, analýza a implementace algoritmů pro inspekční systémy

Činnosti zaměřené na inspekční systémy se v tomto období týkaly především rozvoje strojové vizuální kontroly kontinuálních pásů a výzkumu možností hyperspektrální kamery pro čistě průmyslové i medicínské aplikace v průmyslu. První zmíněná aktivita se týká systému UniscanDetector průmyslového partnera (Camea), který na základě analýz, experimentů a návrhu metod (VUT) zvyšuje přesnost a rychlost systému – momentálně řádková kamera 11 kpxl@200kHz s datovým tokem 11 GB/s, což představuje extrémní nároky na návrh a optimalizaci algoritmů zpracování obrazu pro detekci cizích předmětů v jinak homogenním prostředí nextkaných textilií, papíru apod. (reference Pegas Nonwovens, Fatra, Balsac, Silon a další).

Druhá část činností pracovního balíčku se zaměřuje na reaktivně novou aplikační oblast použití hyperspektrálních kamer pro průmyslovou inspekci. Zkoumali jsme zejména snímače na bázi CMOS resp. germania, které se v zásadě liší spektrální citlivostí (600-1000 nm resp. 350-1750 nm). Úkolem bylo a stále je analyzovat vhodná spektrální pásma pro filtry zařízení aplikované na snímač tak, aby bylo dosaženo maximální účinnosti snímání např. při použití 100 pásem (konstrukce polovodičového snímače s filtry ve vhodně navržené prostorové konfiguraci). Pro zpracování dat snímače byla navržena nová generace HW určená pro akvizici snímků na bázi FPGA s Dual Core ARM procesorem, napájením PoE, rozhraním Ethernet 1G/10G a kompaktními rozměry 80 x 80 mm. V současné době se pracuje na firmware pro efektivní zpracování dat, online kompresi dat a také snížení spotřeby.



Ukázka nové platformy určené pro akvizici obrazových dat z hyperspektrálních snímačů.

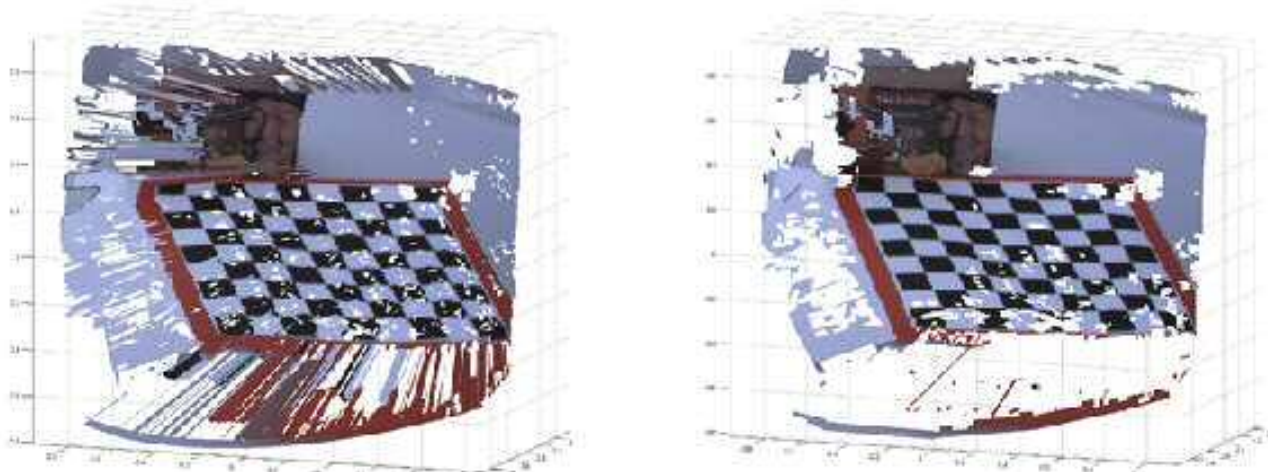
1-2016 – 12-2017: Výzkum a implementace metod pro souběžnou lokalizaci a mapování

V rámci této činnosti byly dále zkoumány stávající a zejména vyvíjeny nové algoritmy pro SLAM využívající heterogenní data různých druhů snímačů (konkrétně data plošných snímačů ve viditelném spektru, NIR a LWIR a data z proximitních skenerů na bázi TOF a triangulace). Fúze a zejména následné zpracování takovýchto dat je dosud velmi náročné jak matematicky, tak implementačně, což bylo řešeno modelováním mapovaného prostoru pomocí sady geometrických primitiv. Konkrétně byly provedeny experimenty zabývající se testováním stability monokulárního Structure-from-Motion algoritmu, extrakcí rovin z mapy disparity při rekonstrukci prostoru pomocí metody pasivní triangulace a vlivem parametrizace mapovaného prostoru na průběh estimační chyby.

01-2016 – 12-2019: Konzultační, informační a publikační činnost

Z hlediska potřeb projektu sledujeme průběžně důležité, zejména mezinárodní akce (semináře, veletrhy a odborné a vědecké konference) pro zvyšování odbornosti řešitelského týmu. V uplynulém roce jsme

se mj. zúčastnili stěžejní akce Vision ve Stuttgartu, jejímž cílem je setkávání špičkových odborníků z akademie i firem jako AIT Vienna, Fraunhofer, MvTec, Cognex, Xilinx, Lumimax, Ximea, PointGrey a dalších, tedy z oblasti Machine Vision. Souhrnně jde o systémové integrátory, výrobce kamer, optiky, speciálních zařízení, tvůrců SW včetně nástrojů pro strojové učení a umělou inteligenci, která je pro moderní systémy v dopravě i průmyslu stále více potřebná. Pro WP19 byla přínosná zejména účast na Industrial Vision Days a School of Vision, kde se podařilo navázat kontakty a ověřit některé koncepty metod použitých pro cíle pracovního balíčku.



Ukázka rekonstrukce obecně orientovaných rovin v prostoru pomocí segmentace mapy disparity.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Nebyly plánovány

b. Výsledky dle kategorie RIV

Nebyly plánovány

Očekávaný průběh řešení projektu

V následujícím období neočekáváme v rámci pracovního balíčku WP19 žádné zásadní změny v technické, organizační ani personální rovině. Započaté činnosti na úlohách průmyslové inspekce, dopravního monitoringu, rekonstrukce indoor situace z dat heterogenním snímačů i vývoj hyperspektrální vizuální kontroly plynule pokračují a jejich dosavadní průběh je slibný.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP20 – FRAMEWORK PRO IMPLEMENTACI TECHNOLOGIÍ AutoID DO PROCESŮ VE ZDRAVOTNICTVÍ

1. Popis činností

(A1) Analýza a návrh řešení systému pro identifikaci tagu v definovaném prostoru zdravotnického zařízení s využitím technologie RFID. (zahájení 1/2016, ukončení 9/2016)

(A2) Analýza a návrh systému pro lokalizaci polohy tagu ve zdravotnickém zařízení s využitím technologie RTLS (zahájení 6/2016, ukončení 3/2017)

(A3) Implementace funkčního vzorku systému pro identifikaci tagu v definovaném prostoru zdravotnického zařízení s využitím technologie RFID. (zahájení 6/2016, ukončení 6/2017)

(A4) Analýza metod dosledovatelnosti zdravotnických (operací) výkonů s využitím technologie NFC (zahájení 10/2016, ukončení 12/2017)

(A5) Implementace systému pro lokalizaci polohy tagu ve zdravotnickém zařízení s využitím technologie RTLS (zahájení 12/2016, ukončení 12/2017)

Výzkumný tým VŠB-TUO a GABEN řešil následující konkrétní úkoly:

(A1)

- Byla provedena analýza dostupných bezdrátových technologií používaných pro zjištění přítomnosti tagu v definovaném prostoru.
- Jako testovací prostor byla po dohodě s FNO vybrána dětská traumatologie FNO.
- Ohraničeným prostorem se v tomto projektu rozumí soubor místností ohraničený několika východy – dveřmi.
- Byla provedena analýza současného stavu vědy a techniky v oblasti UHF RFID TAGů použitelných pro aplikace na horní končetinu člověka. Výsledky ukázaly, že stále na trhu neexistuje vhodné řešení. Mezi hlavní požadavky na aplikaci TAGu uvažovaného pro koridorovou/zónovou lokalizaci osob patří: mechanická odolnost TAGu (možnost vícenásobného užití/znovuužití tagu), chemická odolnost a krytí aspoň IP67 (24/7 užití TAGu včetně aktivit osobní hygieny pacienta, možnost dezinfekce před užitím u dalšího pacienta), čtecí vzdálenost při aplikaci na zápěstí člověka minimálně 150cm, možnost výměny upevňovacího pásku.
- Provedeny byly práce s využitím EM SW simulátorů pro návrh pasivních a semiaktivních obvodových struktur UHF RFID TAGu. Následovala příprava laboratorních vzorků a základní testování. Výsledkem je vzorek UHF RFID semiaktivního tagu (využití baterie CR2032). Výsledky laboratorního testování s využitím experimentálního zapouzdření ukázaly vhodnost navrženého konceptu.
- Pro možnost testovat vzorky v reálném prostředí byla realizována příprava vzorků vyrobených 3D tiskem. Tento postup umožnil testovat ergonomii navrženého zapouzdření i testování čtecí vzdálenost a spolehlivosti detekce navrženého řešení UHF RFID semiaktivního tagu.
- Testování vzorků v reálných podmínkách ukázalo nutnost zvýšit čtecí vzdálenost na požadovaných minimálně 150 cm. Zásadní vliv lidského těla na útlum UHF RFID signálu, spojený s požadavky na minimalizaci rozměrů TAGU (užití na zápěstí dětských pacientů) i požadovaná čtecí vzdálenost, přináší protichůdné požadavky na možnosti klasického inženýrského řešení

konstrukce, které bude nutné řešit vhodným kompromisem. V roce 2017 budou proto pokračovat práce na optimalizaci elektroniky a konstrukce semiaktivního UHF RFID TAGu, včetně jeho zapouzdření. Cílem bude realizovat komerčně/ekonomicky úspěšné řešení (např. náhrada 3D tisku pouzdra pomocí konvenční technologie vstřikování ABS). Byly započaty práce na vytvoření univerzální nástavby RTLS systému, která umožňuje statistické zpracování měřených výsledků.

(A2)

- Byla provedena analýza existujících bezdrátových lokalizačních technologií využitelných pro RTLS lokalizaci. Analýza hodnotí zejména přesnost, aplikační oblast, škálovatelnost, složitost systému, pořizovací náklady a provoz.
- Analýza obsahu je zaměřena zejména na technologie Bluetooth, RFID (NFC), Wi-Fi, IR, UWB, a ZIGBEE.
- Podstatnou částí analýzy jsou jednotlivé techniky a metody lokalizace, zejména triangulace, mapování, vzdálenost (proximity), dále metody založené na času příchodu (TOA), fázi signálu (AOA) a síle signálu (RSS).
- V rámci analýzy byly otestovány 2 komerční RTLS systémy. Jeden osvědčený a celosvětově používaný ve zdravotnictví (EKAHAU Wi-Fi) a druhý založený na jiné technologii, který poskytuje přesnější údaje o lokalizaci (SEWIO UWB).
- RTLS SEWIO byl otestován a pokusná měření ukázala, že lokalizace pomocí technologie UWB je schopna poskytovat uspokojivá data v přesnosti desítek centimetrů za předpokladu dostatečného počtu vysílačů v každé hlídané místnosti. Pořizovací cena je však poměrně vysoká a pro daný úkol postačí i méně přesná lokalizace.
- RTLS EKAHAU byl otestován ale byl shledán pro daný účel nevhodným. Největší problémy byly způsobeny malou výdrží baterií, nespolehlivostí tagů a nevhodného ovládacího rozhraní, které neúměrně zatěžovalo zdravotnický personál.
- Proto jsme přistoupili v souladu s cíli projektu k vývoji vlastního řešení.
- Byly zjištěny cenné poznatky o chodu urgentního příjmu Fakultní nemocnice Ostrava, které budou využity v dalším vývoji vlastního RTLS systému.

(A3)

- Dveře byly osazeny bezdrátovou kontrolní branou a pacienti jsou značeni tagy, testovala se jak pasivní tak aktivní provedení tagů.
- Provoz ukázal na jednoznačnou nutnost použití aktivních tagů. V tuto chvíli probíhá optimalizace provedení tagu z hlediska výdrže baterie a rozměrů.
- Při detekci nežádoucího opuštění hlídaného prostoru je obsluha o této události informována různými způsoby, optimálně se jeví SMS zpráva.
- Zařízení bylo nasazeno na oddělení dětské traumatologie Fakultní nemocnice Ostrava a tam je testováno.
- Za dobu testování byly zaznamenány desítky případů svévolného pokusu o opuštění prostoru, a proto ho personál pokládá za velmi přínosný.
- Počátkem roku 2017 bude tentýž provoz otestován technologií Bluetooth LE a komerčně dostupnými identifikačními tagy.
- Funkční vzorek „Systém pro identifikaci tagu v definovaném prostoru zdravotnického zařízení s využitím technologie RFID“ je před dokončením a bude dále testován.

(A4)

- V rámci analýzy metod dosledovatelnosti lékařských operací byla zpracována studie zabývající se tímto tématem. Byla zpracována studie zabývající se možností elektronizace záznamu o

intenzivní péči, byl vysledován proces ošetření pacienta a přehled používané zdravotnické dokumentace.

- Byla započata práce na analýze celkového chodu urgentního příjmu FNO.
- V rámci analýzy byly vytvořeny UML diagramy a byly rozpracovány jednotlivé oblasti, které jsou vhodným prostorem pro nasazení dosledovatelnosti.
- Jako vhodné oblasti se jeví sledování toku léčiv, sběr dat ze zdravotnických přístrojů (např. monitoru životních funkcí) a jejich propojení se záznamem o intenzivní péči.
- Ukazuje se, že mnohem lepší využití této technologie se dosáhne na jiných odděleních, než je urgentní příjem.

(A5)

- Bylo započato plánování implementace vlastního RTLS systému, který bude nasazen na urgentním příjmu FNO nebo v nově vznikající laboratoři Ostravské univerzity, která modeluje chod urgentních příjmů.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Nebyly plánovány

b. Výsledky dle kategorie RIV

Nebyly plánovány

Očekávaný průběh řešení projektu

Souhrn a výhled

V roce 2016 byly naplánovány dvě hlavní činnosti. Návrh a realizace funkčního vzorku monitorování osob v uzavřené oblasti a analýza RTLS systémů. Tomu odpovídala i realita, kdy v první oblasti na počátku probíhaly analýzy a v druhé polovině realizace a testování. V druhé oblasti (RTLS systémů) probíhala analýza dostupných systémů.

Byly prohloubeny znalosti řešitelského týmu v oblasti RTLS systémů a otestovány vlastnosti dostupných RTLS systémů, bylo zjištěno do jaké míry jsou technické parametry udávané výrobcí a odbornou literaturou relevantní a dosažitelné v praxi. V případě RTLS systému EKAHAU testování odhalilo neschopnost reálného použití čisté Wi-Fi lokalizace s přesností na místnost. Aby systém fungoval správně, musel být kombinován s IR senzory. Pak bylo možné nakonfigurovat lokalizaci tak, aby fungovala uspokojivě. Na tomto základě budeme vyvíjet vlastní řešení.

Dosavadní přínosy

Odezva zdravotního personálu na naše testování je pozitivní. Výsledky testovacího provozu ve FNO ukazují, že hlídání prostoru má smysl a je opodstatněné. Jakmile se podaří minimalizovat identifikační tag pro dětskou ruku a zvýšit dobu životnosti na jedno nabití, bude tento systém výrazným přínosem pro zvýšení bezpečnosti. Odezva z podnikatelské sféry na systémy RTLS je rovněž výrazná a následnou komercializaci spatřujeme zejména v systémech sledování diskrétní polohy přístrojů a klíčových dílů. Pro tyto účely je přesnost Wi-Fi lokalizace dostačující.

Rizika

Největším rizikem projektu se jeví navázání identifikačních systémů na ostatní nemocniční systémy. Zatím probíhají některé úkony dvojmo, protože není možné údaje sdílet, zejména údaje o pacientech. Nebrání tomu legislativa, ale neexistence příslušných interface. Budou proto rozšířena jednání s výrobcí NIS. Naše postupy budou také muset být upraveny tak, aby v rámci rutinní činnosti neznamenal pro personál žádnou činnost navíc, zejména na urgentním příjmu.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP21 – INTEGROVANÉ SYSTÉMY PRO OPTIMALIZACI VÝROBY A LIDSKÝCH ZDROJŮ

1. Popis činností

V rámci pracovního balíčku probíhá výzkum a vývoj integrovaných systémů pro optimalizaci výroby a lidských zdrojů. V roce 2016 byly plánovány dvě aktivity, jedna zaměřena na vývoj webových komponent a druhá na návrhu algoritmů pro rozvrhování výroby a lidských zdrojů.

Aktivita 1: Tvorba webových komponent pro optimalizaci výroby a lidských zdrojů

V rámci této aktivity jsou vyvíjeny komponenty pro webové grafické uživatelské rozhraní. Účelem komponent je vizualizace výsledků optimalizačních algoritmů a interakce s nimi, a to tak, aby byly snadno ovladatelné ať již klasickým způsobem (klávesnice a myš), nebo dotykově na přenosných zařízeních jakými jsou tablety a chytré telefony.

Jednou z hlavních vyvíjených komponent je modul pro zobrazování a interakci s tabulkovými daty. Komponentu lze využít např. v systému určeném k rozvrhování směn zaměstnanců, kde na základě definovaného datového modelu je vytvořena tabulka znázorňující přiřazení směn jednotlivým zaměstnancům. Součástí komponenty je validace vstupních dat, filtrace, třídění atd., samozřejmostí je i možnost tisku. Velký důraz je kladen na optimalizaci interních datových struktur a použití vhodných technologií (element canvas ze standardu HTML5), aby bylo možné plynule pracovat s velkým množstvím zobrazených dat. Byl proveden interní refactoring zdrojového kódu, který umožnil přechod na plně hierarchické zobrazování. To znamená, že řádek tabulky může být znovu tabulkou, čehož lze využít pro zobrazení dodatečných informací (např. požadavky na volno zaměstnanců), které lze jedním tlačítkem skrýt.

Také vyvíjíme komponentu umožňující rozdělení grafického rozhraní aplikace na několik oddělených částí. Tyto části lze libovolně skrývat, uživatelsky jim měnit přidělenou velikost pomocí posuvníků a také dynamicky přeskupovat. Pro zrychlení přístupu k webové aplikaci jsou jednotlivé části ze serveru načítány asynchronně.

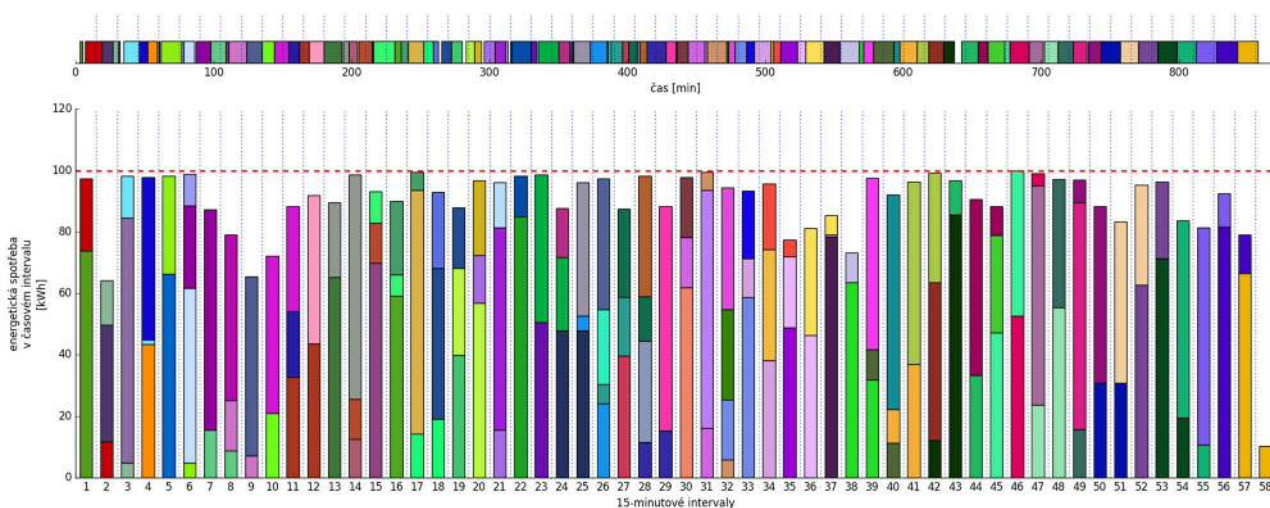
Aktivita 2: Tvorba komplexních algoritmů pro rozvrhování výroby a lidských zdrojů

V rozvrhování energeticky náročné výroby dnes již nepostačuje zabývat se pouze tradičními aspekty, jakými jsou kapacity strojů, délka rozvrhu a termíny dokončení. K vytvoření proveditelných výrobních plánů se musí také brát v potaz spotřeba elektřiny, neboť platby za energii tvoří valnou část firemních nákladů. Z tohoto důvodu v rámci této aktivity navrhujeme algoritmy integrující rozvrhování výroby s efektivní spotřebou energie. Zaměřili jsme se na dva problémy:

1. *Robustní rozvrhování pro dodržení energetických limitů:* Dle dohody s poskytovatelem elektřiny si firmy nasmlouvají výši tzv. 15-minutového maxima, což je maximální povolená spotřeba energie v 15-minutových intervalech. V případě překročení je firma pokutována vysokou částkou, která je úměrná množství nadlimitně spotřebované energie. Je tedy nutné navrhnout takový výrobní plán, který nejenže optimalizuje zvolené kritérium (např. délka rozvrhu), ale také zajistí nepřekročení těchto limitů, viz Obrázek 5. Tento problém je však komplikován neočekávanými událostmi, které ve výrobě mohou nastat. Příkladem je porucha stroje nebo zpoždění materiálu. V takovém případě se některé operace zpozdí, což může vést až k překročení některého 15-minutového maxima. Náš algoritmus tento problém řeší pro-aktivním zvolením vhodnějšího pořadí operací a chytrým přidáváním krátkých přestávek, aby

se zabránilo rozvržení energeticky náročných operací blízko sebe. Pomocí heuristického algoritmu jsme schopni vyřešit instance se 100 operacemi v řádu desítek sekund.

2. *Využití proměnné ceny elektřiny na denním trhu:* Jednou z možností jak optimalizovat výdaje za elektřinu, je nakupovat elektřinu na denním trhu, kde se cena každou hodinu mění. V případě, že výrobní postup je dostatečně flexibilní, lze ušetřit přesunutím energeticky náročných operací do časových intervalů, kdy je cena energie nízká. Pro efektivní rozvrhování využíváme dekompozičních metod, které operace nejprve rozdělí do jednotlivých intervalů a následně v další fázi určí začátek jejich vykonávání. V případě, že pro dané přiřazení do intervalů nelze nalézt přípustné časy začátků, jsou vytvořeny speciální omezující podmínky do první fáze, které vynutí jiné přiřazení.



Obrázek 5: Rozvrh se 100 operacemi a jejich spotřeba v každém 15-minutovém intervalu (energetická maxima jsou znázorněna červenou čárkovanou čarou, v tomto případě 100 kWh).

Dalším důležitým aspektem v rozvrhování výroby je kooperace mezi počítačovým algoritmem a operátorem zodpovědným za tvorbu plánu. Typickou situací je nutnost upřednostnit některé operace v již prováděném plánu. Náš přístup zjistí, které z výrobních omezení je nutné rozvolnit a v jakém rozsahu (doba odstávek, počet dostupných zdrojů, délka směn) tak, aby bylo možné operaci rozvrhnout dříve. Na základě toho algoritmus navrhne několik alternativních rozvrhů, které jsou pak operátorovi nabídnuty. Cílem je navrhnout takové alternativní rozvrhy, které vzniknou pouze malými lokálními změnami původního rozvrhu. Dle předběžných výsledků je náš algoritmus schopen upřednostnit zadanou množinu operací při max. 8% celkové změně rozvrhu.

Další oblastí, kterou se zde zabýváme, je rozvrhování lidských zdrojů. Existuje pro ni nespočet různých algoritmů, většina z nich však neustále opakuje stejné kroky, přičemž vstupní data se mění minimálně či vůbec. Tohoto faktu využívá náš modul, který se učí z předešlých kroků a nabytou znalost využívá pro zrychlení kroků následujících. Modul je navržen univerzálně a může být zakomponován do jiných algoritmů. Příkladem je optimální algoritmus Branch-and-Price, kde opakující se část algoritmu spotřebuje více jak 90% celkového času. Pokud do této kritické části napojíme náš modul, který používá technik strojového učení k odhadování hodnoty kvality částečného řešení problému, dojde k úspoře času až v řádu desítek procent.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Nebyly plánovány

b. Výsledky dle kategorie RIV

Nebyly plánovány

Očekávaný průběh řešení projektu

Během následujícího období dokončíme ve spolupráci s VŠB komponentu pro zobrazování tabulkových dat. V rozvrhování výroby budeme pokračovat jak v integraci energetických podmínek, tak ve vylepšení stávajícího algoritmu pro návrh alternativních rozvrhů při prioritizaci množiny operací. Zde je velký potenciál k vylepšení, neboť aktuální algoritmus nemění pořadí operací. Dále v rámci aktivity "Tvorba komplexních algoritmů pro rozvrhování výroby a lidských zdrojů" vytvoříme webovou stránku, která umožní uživatelům spouštět některé námi navržené optimalizační algoritmy na vlastních datech.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP22 – MODULÁRNÍ SYSTÉM PRO MONITOROVÁNÍ, ŘÍZENÍ A OPTIMALIZACI VÝROBNÍCH PROCESŮ

1. Popis činností

Průzkum aktuálních trendů v oblasti optimalizace distribuovaných výrobních systémů

Zahájení aktivity: leden 2016; Ukončení aktivity: červen 2016

V rámci dané aktivity byly kriticky analyzovány postupy pro optimalizované řízení distribuovaných systémů. Důraz byl kladen zejména na průzkum trendů v optimalizaci řízení komplexních výrobních systémů v hutním průmyslu, a to zejména na optimalizované řízení válcovacích linek a pecních technologií. V daných výrobních procesech kontinuálního typu (např. průběžná předehřívací pec, válcovací trat', kontilití apod.) se především uplatňuje Nelder-Mead simplexní optimalizační metoda, která je schopna minimalizovat jedno i vícekritériální funkce. Vedle efektivních algoritmů založených na dekompozici optimalizace vícekritériálního problému (MODE/D) se v optimalizaci distribuovaných průmyslových procesů také využívá genetických algoritmů, např. NSGA-II, který hledá tzv. elitu v populaci dostupných řešení.

V souladu se zaměřením předchozí části projektu byla zvýšená pozornost věnována zejména aktuálním trendům v procesech válcování. Posledním trendem ve vývoji válcovacích tratí se ukazuje být stavba vysokorychlostních válcovacích tratí, které mají zároveň válcovat za velkých redukci materiálu vývalků z ušlechtilé oceli na co nejtenčí tloušťku. Tyto tratě jsou vybavovány vyvažovacími systémy a virtuálními senzory tření, jejichž využití zvyšuje kvalitu vývalku. Ke zvýšení kvality vývalku rovněž přispívá predikce profilu a tvaru válcovaných plechů a pásů, které je dosaženo využitím fuzzy přístupu a neuronových sítí.

V projektu doposud neřešeným tématem je problematika optimalizace procesů kontilití zaměřená na kvalitu povrchu a vnitřní struktury bramy. Aktuální výzkum v této oblasti se především zaměřuje na

zrychlení výpočtu numerických modelů a na metody výpočtu okrajových podmínek na základě experimentálního měření. Právě paralelizace výpočtů výrazně zrychluje výpočetní čas, čímž se umožňuje použití numerických modelů v online režimu. Zlepšení odhadu okrajových podmínek se dosahuje především u koeficientů přestupu tepla a emisních koeficientů v krystalizátoru a v sekundární zóně chlazení pod ním.

Aktualizace a kompletace softwarových nástrojů pro monitorování a řízení Zahájení aktivity: leden 2016; Ukončení aktivity: prosinec 2017

V návaznosti na činnosti v rámci balíčku 11, probíhaly práce na rozšíření a aktualizaci softwarových nástrojů pro monitorování a řízení procesů válcování a pecních technologií. V daném roce se výzkum a vývoj zaměřil na řešení následujících problémů:

Návrh redukováného modelu procesu kontilit

Hlavním cílem této části je vytvořit softwarový model pro výpočet tepelného pole bramy v procesu kontilit. Model bude dále použit pro optimalizaci a řízení procesu kontilit v reálném čase. Tento proces, který běží v extrémních pracovních podmínkách za vysokých teplot, musí být neustále monitorován, aby se předešlo případným haváriím jako např. praskání skořápky, nevyhovující vnitřní struktury vyrobené oceli anebo povrchovým vadám bramy. Pro účel vývoje softwaru byl vytvořen 3D numerický model kontilit s přeměnou fáze, který byl validován v softwaru ANSYS. Dále započaly práce na redukci parametrů daného modelu a snížení výpočetní náročnosti řešení.

Monitorování a řízení v procesech válcování

Prvním z řešených témat je návrh optimálního a robustního algoritmu pro řízení elektro-hydraulického servopohonu (dále hydropohonu) válcovací stolice s uvažováním proměnnosti parametrů systému. Zejména robustnost vůči proměnnosti modulu pružnosti pohyblivých částí hydropohonu je výrazným problémem při návrhu řízení, které spočívá jak v polohování válcovací mezery tak dosažení požadované válcovací síly. Pro aplikaci tohoto řízení je uvažováno jak tření, včetně viskózního, tak působení šumu tlaku. Kvůli výrazně nelineární dynamice hydropohonu bude však nezbytné optimalizovat parametry stavového regulátoru v kaskádním zapojení regulačního obvodu. V daném roce řešení byla provedena analýza dané problematiky a byl sestaven matematický model hydropohonu.

Dalším řešeným tématem byla problematika kompenzace dopravního zpoždění v systému řízení válcovací mezery. Vzhledem k výrazné délce zpoždění v porovnání s dynamickými vlastnostmi rychlého systému polohování se jedná o nelehký úkol s vysokým rizikem nestability. První návrh, který byl též úspěšně otestován, využívá klasické kompenzační schéma doplněné o filtry. V daném roce též probíhala provozní validace a úprava algoritmů pro kompenzaci excentricity válců systémem navrženým v předchozím roce řešení.

Algoritmy řízení pro systémy distribuovaného charakteru

Doposud s využitím dimenzionální analýzy bylo zobecněno nastavování parametrů PID regulátoru pro průmyslové procesy s transportním zpožděním. Pro účely praxe je však nutné umět nastavovat parametry reálného PID regulátoru, a proto je navržen optimalizační postup pro nastavení čtyř parametrů reálného PID regulátoru. Čtvrtým parametrem je časová konstanta filtru regulátoru, jejíž nastavení je důležité i z hlediska filtrace šumu měření. Pro účely zobecnění nastavování parametrů reálného PID regulátoru bude dalším krokem v návrhu regulátoru aplikace dimenzionální analýzy. Dále též pokračovala práce na řešení problematiky anti-windupu pro regulátory s distribuovanou strukturou.

Návrh metod a implementace softwarových nástrojů pro optimalizaci výrobních procesů
Zahájení aktivity: červenec 2016; Ukončení aktivity: prosinec 2017

Aktivity v této oblasti byly zaměřeny (a dále se zaměří) na návrh algoritmů a softwarových modulů pro optimalizaci výrobních procesů hutního průmyslu, a to s využitím dynamických matematických modelů navržených v předchozích etapách projektu. První aktivitou byla optimalizace elektrické obloukové pece, pro kterou byl v předchozí fázi projektu vyvinut tepelně-hmotnostní model zahrnující probíhající oxidačně-redukční děje. Tento nelineární model obsahuje více jak 100 parametrů, obvykle vnitřně provázaných, které jsou často jedinečné pro určitou pec. Konkrétní sada parametrů je identifikována vhodně zvolenou optimalizační metodou. Vhodnost metody je posouzena vzhledem k malému počtu měření (cca 4) a době procesu (cca 90 min.), kdy zvolená metoda musí zpracovat velké množství dat. Výhodnými metodami se proto jeví heuristické algoritmy, které se dokáží vyrovnat s velkým množstvím parametrů i s existencí lokálních minim. Pro optimalizaci modelu výše jsou implementovány následující optimalizační algoritmy: „hrubá síla“, Min BLEIC – optimizér z knihovny ALGLIB, simulované žíhání a genetický algoritmus. Vzhledem k množství parametrů nelze efektivně používat algoritmus „hrubé síly“ a je nutno zvolit některý z heuristických algoritmů, které nemají exponenciální růst výpočetní složitosti s růstem parametrů. Nejvhodnějším se z tohoto pohledu jeví algoritmus MinBLEIC nebo genetický algoritmus.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

1xD – článek ve sborníku

Zítek, P.; Fišer, J.; Vyhlídal, T.: IAE Optimization of PID Control Loop with Delay in Pole Assignment Space, In: IFAC PapersOnLine. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 2016, pp. 177-181. ISSN 2405-8963.

Výsledek se zabývá optimalizací umístění dominantních pólů regulačního obvodu ve smyslu kritéria minima absolutní hodnoty regulační odchylky. Výsledkem optimalizace jsou optimální hodnoty relativního tlumení, frekvence vlastních kmitů a poloha třetího reálného pólu regulačního obvodu. Přitom aplikací dimenzionální analýzy k popisu regulačního obvodu mají nastavené hodnoty parametrů PID regulátoru obecnou platnost.

b. Výsledky dle kategorie RIV

1xD – článek ve sborníku

Očekávaný průběh řešení projektu

V roce 2017 bude pokračovat práce na dvou aktivitách projektu, které započaly v roce 2016 a které budou v daném roce ukončeny. V části aktualizace a kompletace softwarových nástrojů dojde k finalizaci a softwarové implementaci matematických modelů rozpracovaných v roce 2016. Modely budou následně využity pro systémy monitorování a optimalizaci sledovaných procesů válcování, kontilitů a pecních aplikací. Aktivity budou směřovány k dosažení plánovaných výsledků, kterými jsou:

1xD – článek ve sborníku

1xJimp – článek v impaktovaném časopise

1xR – Softwarové moduly pro optimalizaci výrobních procesů.

PRACOVNÍ BALÍČEK WP23 – MANAGEMENT PROJEKTU

1. Popis činností

Tým managementu pracoval ve složení, které je uvedeno v návrhu projektu,

prof. Ing. Vladimír Kučera, DrSc., dr. h. c., manažer projektu,
prof. Ing. Michael Šebek, DrSc., koordinátor cíle 1,
prof. Ing. Vladimír Mařík, DrSc., dr. h. c., koordinátor cíle 2,
prof. Ing. Vaclav Hlaváč, CSc., koordinátor cíle 3,
prof. Dr. Ing. Zdeněk Hanzálek, koordinátor cíle 4,
Mgr. Jana Bartáková, finanční manažerka projektu
Monika Hübnerová, sekretářka projektu.

Uskutečnila se pravidelná jednání na všech řídicích úrovních. Uskutečnila se plánovaná činnost „Seminář a Rada CAK“ s termínem zahájení 09/2016 a termínem ukončení 11/2016.

Seminář projektu se uskutečnil v hotelu Dominant v Rakvicích ve dnech 8. - 9. 9. 2016 a přispěl ke vzájemné informovanosti týmů a ke koordinaci řešení projektu. Jednání Rady centra proběhlo v rámci semináře dne 8. 9. 2016. Rada projektu konstatovala, že řešení projektu postupuje podle plánu.

Navíc došlo k rozšíření projektu v pracovním balíčku WP12, na období 09 – 12/2016 bylo přidáno 300 tis. Kč pro vytvoření dalšího výstupu vyžádaného MPO ČR.

Řešení pracovního balíčku WP18 však probíhalo v souladu s návrhem projektu pouze do konce listopadu 2016, neboť dne 7. 11. 2016 bylo s firmou Neovision, s.r.o. zahájeno insolvenční řízení. Následovala jednání s firmou i s poskytovatelem o dalším postupu. Příjemce projektu vrátil poskytovateli nevyčerpanou dotaci a zahájil jednání s dalším účastníkem projektu CAMEA o převzetí prací plánovaných na tomto balíčku pro další období.

Manažer projektu spolupracoval s Technologickým centrem AV ČR a podrobně zodpověděl jejich dotazy k utváření projektového konsorcia, k formulaci strategické výzkumné agendy, ke spolupráci uvnitř konsorcia a k uplatnění výsledků projektu.

2. Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

a. Dílčí výsledky

Nebyly plánovány

b. Výsledky dle kategorie RIV

Nebyly plánovány

Očekávaný průběh řešení projektu

V souladu s návrhem projektu na další období 2016 – 2019.

Poskytovateli bude zaslána žádost o změnu dalšího účastníka projektu.