

# Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2012

*Příloha k průběžné zprávě za rok 2012*

Číslo projektu: TE01020197

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.*

## Úvod

Projekt TE01010197 **Centrum aplikované kybernetiky 3** byl Technickou agenturou České republiky doporučen k podpoře dne 30. 3. 2012. Poté byl příjemce vyzván k prezenční negociaci, která se uskutečnila dne 16. 5. 2012 v sídle poskytovatele. V průběhu jednání manažer projektu předložil jasnou specifikaci odhadu předpokládaných finančních přínosů a zapojení jednotlivých firem; dále pak zodpověděl otázky, týkající se managementu projektu. V červnu a v červenci probíhala jednání o podrobnostech smlouvy o spolupráci v rámci konsorcia, která byla podepsána rektorem ČVUT dne 1. 8. 2012. Následně byla podpisem poskytovatele uzavřena dne 3. 8. 2012 smlouva o poskytnutí podpory. Řešení projektu bylo zahájeno dne 1. 7. 2012.

Vzhledem k opožděnému zahájení projektu byla učiněna všechna opatření, aby cíle projektu pro rok 2012 byly splněny. Zejména to znamenalo potřebné navýšení pracovních úvazků. Probíhala pravidelná jednání na všech řídicích úrovních. Dne 31. 10. 2012 se v areálu ČVUT sešla Rada projektu, aby posoudila stav jeho řešení. Mohla konstatovat, že účastníci jednání neavizovali žádný vážný problém při řešení projektu.

Dne 20. 11. 2012 se uskutečnila na ČVUT v Praze kontrola projektu TE01020197. Kontrola byla provedena zástupci TA ČR a byla předem oznámena. Předmětem kontroly byl postup řešení a způsob řízení projektu. Týkala se pouze příjemce ČVUT a firmy Cygni Software a.s., tzn. pracovních balíčků 1, 6, 7, 10, 11 a 23. Kontrolovány byly i pracovní smlouvy, výkazy práce, čerpání finančních prostředků a úhradové doklady. Kontrola neshledala žádné závady.

## Pracovní balíček 1 – Modelování celoevropského trhu s elektřinou zahrnující fyzikální model přenosové sítě

### 1 Popis činností

V roce 2012 byly při řešení pracovního balíčku dokončeny úkoly plynoucí z popisu řešení podle strategické výzkumné agendy projektu.

#### *Příprava podrobné specifikace modelu a rešerše stávajících řešení řešeno 03/2012 – 11/2012*

V rámci přípravy byla vytvořena podrobná specifikace funkcionalit modelu a jeho implementace. Návrh byl konzultován a připravován v součinnosti s potenciálním odběratelem modelu, operátorem přenosové soustavy, ČEPS, a.s. Specifikace zahrnuje následující témata:

1. podrobná specifikace vlastností a funkcionalit modelu
2. Funkční a technická analýza aplikace Magma
3. Technická analýza a návrh obalu optimalizátoru
4. Analýza, návrh a implementace datové vrstvy pro podporu časových řad
5. Analýza, návrh a implementace stromu objektů
6. Analýza, návrh a částečná implementace pohledu na spojnicový graf, editorů Tabulka a 2DTabulka
7. Návrh rozhraní mezi programovými moduly vyvíjenými v rámci obou týmů spoluřešitelů (ČVUT a Cygni Software, a.s.)

Součástí přípravy řešení bylo i studium stávajících optimalizačních metod a jejich vlastností, možností formulace úloh jako problém celočíselného programování a metod pro dekompozici rozsáhlých optimalizačních úloh.



*Vývoj modelu s přenosovými omezeními ve formě definice maximálních toků mezi uzly  
bod 1.1.6.1 ve strategické výzkumné agendě PB1  
řešeno: 03(07)/2012 – 12/2012*

Byl navržen a implementován prototypový model v prostředí Matlab, který obsahuje část plánované funkcionality (dokončení prototypu je plánované na konec roku 2013). Stávající implementace obsahuje zjednodušený model sítě a testovací implementaci DC Load Flow modelu sítě. Prototyp byl otestován v koordinaci s ČEPS, a.s.

*Návrh metod pro dekompozici úlohy a její testování z hlediska vlivu na rychlost a přesnost  
výpočtu  
bod 1.1.6.2 ve strategické výzkumné agendě PB1,  
řešeno: 07/2012 – 12/2012*

Byly vyvinuty metody formulace optimalizační úlohy modelu trhu jako úlohy celočíselného programování a metody pro dekompoziční a přibližné řešení. Metody byly implementovány do prototypového modelu, který byl optimalizován ve smyslu snížení doby výpočtu při zachování přesnosti. Popis navržených postupů a výsledky testování je uveden v technické zprávě [1.1].

*Další výzkumné a vývojové práce*

Byl navržen a implementován modul pro plánování odstávek bloků a probíhá návrh modulu simulace výpadků bloků. Paralelně s vývojem prototypu v prostředí Matlab probíhalo programování modelu v jazyce C# prostředí .NET, které bude cílovou běhovou platformou softwarového produktu.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

### **2a Milníky**

Do konce roku 2012, nebylo plánováno dosažení žádného milníku. Dosažení plánovaného milníku „*Prototyp celoevropského modelu trhu s elektřinou s přibližným modelem přenosové soustavy*“ v termínu prosinec 2013 by neměl i přes opožděný start projektu být zpožděním dotčen.

### **2b Dílčí cíle**

*Vývoj metod pro redukci a dekompozici optimalizační úlohy v modelu celoevropského trhu s elektřinou (termín dosažení 12/2012)*

Dílčího cíle bylo dosaženo. Výsledky jsou spolu s popisem již dokončené části prototypového modelu uvedeny v technické zprávě [1.1]. Navržené metody byly ověřeny na prototypovém modelu.

*Návrh a implementace prototypu celoevropského modelu trhu metodami celočíselného lineárního programování (plánovaný termín dosažení 12/2013)*

V rámci návrhu modelu byla vytvořena kompletní specifikace úlohy. Byly navrženy algoritmy pro modelování nasazování výrobních bloků, toků výkonů v přenosové síti a plánování odstávek výrobních bloků. Podle plánu byly navrženy a implementovány metody pro dekompozici úlohy. K dosažení dílčího cíle zbývá návrh modelování vynucených odstávek bloků, finální implementace a testování. Část modelu již byla i implementována, její popis je zdokumentován v technické zprávě [1.1].

### **2c Dílčí výstupy**

*Prototypový software modelu trhu s přibližným modelem sítě (plánovaný termín dosažení 12/2013)*

V průběhu roku jsme pracovali na uskutečnění výstupu (viz výzkumná zpráva [1.1]). Část prototypu je již implementována. Dokončení implementace prototypu je plánováno na květen 2013, tak aby funkční otestovaný prototyp byl hotov do konce roku 2013, jak bylo plánováno.

### 3 Očekávaný průběh řešení projektu

I přes zpoždění při začátku projektu se podařilo dosáhnout plánovaných dílčích cílů, proto v následujícím roce předpokládáme pokračování podle harmonogramu, který je dán v strategické výzkumné agendě projektu.

### Reference

[1.1] Dvořák, M., Hák, J., Novák, O., Zábojník, J.: MAGMA – ověření prototypového modelu a zkrácení doby výpočtu, Technická zpráva ČVUT, Praha 2012

## Pracovní balíček 2 – WAMS rádce operátora evropské elektrické přenosové sítě pro účely zvýšení stability a spolehlivosti

### 1 Popis činností

WAMS (Wide Area Monitoring System) je rádce operátora TSO pro účely zvýšení stability a spolehlivosti přenosové sítě.

Téma řešení projektu rezonuje s aktuální potřebou zvýšení bezpečnosti přenosové soustavy v důsledku jevů spojených s odstavením jaderných elektráren v SRN a změny charakteru výroby z větrných a fotovoltaických zdrojů v severní části Evropy. Uvedené jevy způsobují vysoké přetoky českou přenosovou soustavou a narušení bezpečnostních kritérií provozování elektrické soustavy. Při vyhodnocování kritérií bezpečnosti jsou používány projektované parametry vedení. Tyto parametry se však vlivem zatížení a meteorologických změn a jejich kolísání je v rozsahu až dvou desítek procent. Technologie WAMS poskytuje data, jejichž kvalita umožňuje z elektrických veličin odhadovat aktuální hodnoty parametrů vedení, což je první krok úlohy upřesňování ampacity přenosových a distribučních vedení.

V roce zahájení řešení projektu proběhly výzkumné práce specifikující metody a technické vymezení předmětu výzkumu. Z široké problematiky spolehlivosti a stability sítí byly pro uplynulý rok definovány tyto činnosti:

- Návrh principů a funkcionalit monitorování ampacity a detekce událostí a stavů stability (zodpovědná osoba doc Ing. Eduard Janeček, CSc.)
- Specifikace HW a strukturální návrh monitoru (subsystému) ampacity a detektoru stavů a událostí (zodpovědná osoba Ing. Antonín Popelka)

#### *Návrh principů a funkcionalit monitorování ampacity a detekce událostí a stavů stability*

Byla provedena rešerše dostupné literatury týkající se monitorování ampacity. Bude použit princip vycházející z měření synchronfázorů napětí a proudů na obou stranách vedení pro průběžný odhad činného odporu vedení a teploty vodičů. Z teplotního modelu vedení bude zjištěna rezerva oteplení do max povolené hodnoty a ampacita - velikost proudu, který toto oteplení vyvolá. Zároveň byl zahájen výzkum metod odhadu parametrů vedení a jejich dopřesnění a kalibrace.

#### *Specifikace HW a strukturální návrh monitoru (subsystému) ampacity a detektoru stavů a událostí*



Pro ověřování a testování monitoringu ampacity v rámci projektu bude jako základ použit systém Wide Area Monitoring METEL vyvinutý firmou AIS. Měření a vypočítání synchrofázorů se provádí v PMU (Phasor Measurement Unit) METEL. Bude využita jednak testovací infrastruktura vybudovaná v síti 110kV ČEZu Distribuce a pro ověření monitoringu v jiných úrovních sítí byla navržena a zkonstruována mobilní souprava WAMS METEL. Systém METEL je schopen předávat na výstupu kromě synchrofázorů i naměřené průběžné hodnoty U a I s četností 10kHz.

Centrála METEL komunikuje s PMU METEL a zpracovává synchrofázory on-line nebo po přenesení dat z PMU off-line v případě, že není k dispozici trvalá komunikace mezi jednotkami.

Pro účely monitoringu ampacity byla analyzována data z WAMS METEL na vedeních 110kV. Přes vysokou přesnost měření synchrofázorů v PMU METEL (TVU lepší než 0,5%) bude pro účely ampacity třeba vyvinout a použít metody pro eliminaci chyb měřících transformátorů.

Pro operativní měření byla navržena a ověřena mobilní modifikace jednotek PMU METEL. Požadavky na mobilní systém:

- PMU stejných kvalit jako standardní stabilně instalovaný PMU terminál
- Možnost lokálního ukládání dat (pro případy problémů s implementací komunikačního kanálu mezi PMU a centrálou).
- Možnost použít protokolu NMEA pro časovou synchronizaci PMU
- Možnost dálkového bezdrátového dohledu a přenosu dat (tam, kde bude k dispozici takové spojení).

### *Specifikace monitorování a diagnostiky zaměřená na detekci a lokalizaci dynamických událostí a stavů sítě*

Výzkumná aktivita je v této části cílená na specifikaci a analýzu potenciálu v oblasti dynamických stavů sítě, které přináší technologie WAMS. Aktivita budou směřovány do výzkumu detekce a lokalizace událostí (především zkratů). Jsou využity dosavadní zkušenosti řešitelského týmu z oblasti technické diagnostiky, získané řešením především projektů smluvního výzkumu v oblasti energetiky pro společnosti AREVA a ČEZ.

Při řešení jsou využity dosavadní znalosti z nasazení a provozu jednotek pro měření synchronních fázorů (PMU). V případě záznamu děje následujícího po zkratu vedení, lze následně analyzovat vývoj synchrofázorů měřených na vedení a především využít archivace dat vzorkovaných 10 KHz spojených s událostí. Pro detekci zkratu bude zkoumán specifický vývoj amplitudy napětí následující po této události. Z tohoto pohledu jsou při výzkumu využity metody časo-frekvenční analýzy, které mohou poskytnout obraz dynamického chování frekvenčních složek fázoru napětí po zkratu vedení.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

V roce 2012 byly zahájeny činnosti pro dosažení 1. milníku:

*Návrh metod a softwarový prototyp: WAMS (Wide Area Monitoring System) – rádce operátora TSO pro účely zvýšení stability a spolehlivosti*  
s předpokládaným termínem dosažení 12/2013.

### **2a Milníky**

*Návrh metod a softwarový prototyp: WAMS (Wide Area Monitoring System) – rádce operátora TSO pro účely zvýšení stability a spolehlivosti*

Termín dosažení a realizace projektových výsledků prvního milníku je plánován na rok 2013. Na jeho dosažení se intenzivně pracuje, jak bylo popsáno výše. Dílčí činnosti v rámci pracovního balíčku jsou shrnuty v oddílu 2b. Dosavadní výsledky byly předány formou výzkumné zprávy [1] a článku a prezentace na odborné konferenci [2] (viz. 2c.).

### **2b Dílčí cíle**

*Specifikace monitoru ampacity a detektoru událostí a stavů stability*



Dílčí cíl pro rok 2012 byl splněn.

Během řešení tohoto dílčího cíle byla provedena rešerše dostupné literatury týkající se monitorování ampacity. Byla analyzována ampacita z pohledu využití při optimalizaci a stabilizaci sítě. Dále byly prováděny analýzy současného stavu monitorování a diagnostiky zaměřené na rozpoznávání dynamických událostí a stavů spojených se stabilitou sítě.

Na základě provedených analýz byly specifikovány pokročilé funkcionality systému spojené s aktualizací ampacity a detekce dynamických událostí a stavů sítí s napojením na WAMS systémy s příznaky na změnu stability. Byly tedy jasně definovány požadavky na systém monitoru ampacity a detektoru stavu událostí a stavů stability. Navrhovaný systém byl specifikován jak po stránce HW, tak po stránce softwarové.

Výzkumná činnost řešitelského týmu byla dále cílena na vytvoření návrhu detekce událostí a stavů stability sítě, které ohrožují nebo přímo znemožňují dodávky elektrické energie (viz výzkumná zpráva [2.1]). Pozornost byla věnována především lineární lokalizaci míst vzniku dynamických událostí v síti s využitím časových diferencí, což umožní nalezení místa zkratu na vedení.

### **2c Dílčí výstupy**

*Technická zpráva – Specifikace monitoru ampacity a detektoru událostí i stavů stability v elektrických sítích*

Dílčího výstupu pro rok 2012 bylo dosaženo.

Byla vytvořena výzkumná zpráva specifikující funkcionality a HW a SW systému splňujícího cíle milníku. Tato výzkumná zpráva [2.1] je samostatnou přílohou k této zprávě.

### **2d Výsledky výzkumu dle kategorie RIV**

[2.1] JANEČEK, Eduard, LIŠKA, Jindřich, JANEČEK, Petr, JAKL Jan: *Specifikace monitoru ampacity a detektoru událostí i stavů stability v elektrických sítích*, PLZEŇ, KKY-FAV ZČU v Plzni, 2012, výzkumná zpráva

[2.2] JANEČEK, Eduard a HERING, Pavel. A Technique for Simultaneous Parameter Identification and Measurement Calibration for Overhead Transmission Lines. *In: European Conference of CONTROL (ECC '12)*. Paris, France, 2012, p.75-80

### **3 Očekávaný průběh řešení projektu**

Dílčích cílů a výstupů projektu pro rok 2012 balíčku 2 bylo dosaženo.

V další fázi řešení projektu bude aktivita výzkumného týmu věnována ověření navržených metod na relevantních datech získaných z měření sítě pomocí PMU, dále pak korekci metody v případě falešné detekce událostí a kvantizaci chyby, kterou je zatížena lokalizace místa události.

Dále budou zkoumány metody pro průběžný odhad činného odporu vedení a teploty vodičů. V příštím roce by měl být vytvořen prototyp odhadu a predikce ampacity a prototyp trigování a událostí v elektrických sítích.

## **Pracovní balíček 3 – Vysoce efektivní řízení elektrických strojů**

### **1 Popis činností**

*Provedení návrhu digitálního modulárního servozesilovače (plánováno 3-6.2012, realizováno 7-9.2012)*

Skupina pracující ve firmě TGDrives provedla návrh nového testovacího digitálního servozesilovače TGA220-4/8. Testovací servozesilovač TGA220-4/8 je koncepčně řešen jako jednodeskový a jednoprosesorový měnič. Pouze dodatková síťová komunikace EtherCat je realizována kartou, která komunikuje s procesorem přes SPI rozhraní. Při návrhu byl zvolen procesor MC56F8345VFGE/FSL. Návrh byl řešen ve spolupráci se skupinou pracující v balíčku WP4. Technický list k navrženému testovacímu servozesilovači TGA220-4/8 je přílohou této zprávy [3.1].

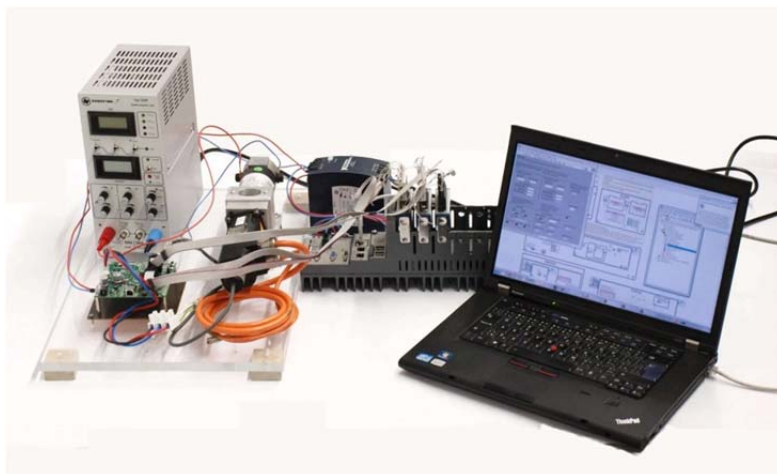
*Vývoj algoritmů pro energeticky optimální řízení motorů (plánováno 3.2012 – 12.2015, realizováno od 7.2012, bude pokračovat do 12.2015)*

Činnost byla realizována na VUT Brno. V první fázi řešení této činnosti byl proveden literární průzkum používaných metod pro zajištění energeticky optimálního řízení střídavých motorů. U asynchronních motorů se používá metoda odbuzování, kdy se sníží nominální hodnota magnetického toku, podle aktuálního zatížení motoru. Tento princip je funkční, nicméně je pouze přibližný, protože vychází ze statických vlastností a nebere v úvahu dynamické chování motoru. Metoda odbuzování se primárně využívá zejména při požadavku na zvýšení rychlosti nad nominální otáčky. Velikost žádané hodnoty magnetického toku se většinou generuje pomocí PI regulátoru, bez ohledu na energeticky optimální chování motoru. V posledních letech se dostává do popředí zájmu výzkumu prediktivní řízení, které je schopné zajistit hodnotu kritéria i v přechodných dějích. Kritérium optima může být samotná energetická bilance, případně kombinace s dalšími požadavky na kvalitu řízení. Nevýhodou tohoto přístupu jsou vysoké požadavky na výpočetní výkon, což do poslední doby znemožňovalo použití těchto algoritmů v oblastech, jako jsou elektrické motory, kde se periody vzorkování běžně pohybují v desítkách až stovkách mikrosekund.

V rámci řešení činnosti byl navržen řídicí algoritmus lineárního prediktivního řízení pro malý synchronní motor s permanentními magnety. Tento algoritmus byl simulačně ověřen v prostředí Matlab Simulink a validován na reálném PMS motoru za pomoci cRIO systému od firmy National Instruments. Celkové ověření algoritmu na reálném motoru si vyžádalo následující činnosti simulační odladění algoritmu na modelu motoru v Simulinku,

- optimalizace algoritmu lineárního prediktivního řízení s cílem snížení výpočetní náročnosti,
- návrh a realizace testovací platformy.

Typické schéma pro vektorové řízení, které se v praxi nejčastěji používá, bylo celá nahrazeno jedním prediktivním regulátorem. Tímto se navržený algoritmus liší od již publikovaných přístupů, kdy se metodami prediktivního řízení řeší většinou jen otáčkový regulátor, který může pracovat s delšími periodami vzorkování než proudové regulátory řídicí elektrickou část motoru. Existující algoritmy tak nemohou poskytovat optimální regulační děj, ale pouze suboptimální a současně neposkytují dobré výsledky ve stavu, kdy motor pracuje v omezení. Při implementaci se vyšlo z existujícího solveru, který byl napsán v jazyce C. Tento algoritmus byl dále upravován pro použití pro účely řízení motoru a na co nejvyšší zrychlení výpočtu. Pro ověření algoritmu byla zvolena výkonná platforma NI cRIO 9072. Ta obsahuje výkonný dvoujádrový procesor v kombinaci s hradlovým polem.



Výsledky dosavadního výzkumu v této oblasti byly popsány v článku "Model Predictive Controller for Overall Permanent Magnet Synchronous Motor Control", který byl odeslán do časopisu IEEE Transaction on Industrial Electronics. Výzkum v této oblasti není ukončený a bude pokračovat v příštím roce.

#### *Vytvoření funkčního vzorku servozesilovače (plánováno 6-9.2012, realizováno 9-10.2012)*

Bylo vyrobeno 6 ks navržených testovacích měničů, které posloužily k těmto účelům:

- Otestovat měnič při napětích 24-48VDC a 220VAC
- Otestovat oteplení měniče
- Otestovat jedno-deskovou a jedno procesorovou verzi
- Otestovat odolnost proti rušení a to přímo na stroji
- Otestovat rychlou síťovou komunikaci EtherCat
- Otestovat zařízení ve funkci víceosého řízení při rychlé komunikaci (0,5ms)
- Otestovat měniče s přímými motory.

#### *Testování funkčního vzorku 10-12.2012*

Vlastní test proběhl na reálném plasmovém pálicím stroji. Byly současně řízeny osy X1, X2, Y, Z a dvou-osá naklápěcí hlava - V, W. Při testování měničů nešlo pouze o ověření principu funkce zařízení, ale hlavně o ověření funkčnosti zařízení na reálném stroji a v reálných podmínkách víceosého řízení a běžného průmyslového rušení (plazma, dlouhé přívodní kabely) apod. Bylo nutno upravit existující řídicí systém TG Motion, tak aby komunikoval s měniči TGA220-4/8 přes sběrnici EtherCat a vytvořit testovací aplikaci pro vlastní řezání.

#### *Další výzkumné a vývojové práce*

Nad rámec výše popsaných činností byla činnost rozšířena o vývoj kompletního pohonu se synchronním motorem s permanentními magnety realizovaným s ohledem na minimální cenu výsledného produktu. Vývoj probíhá ve spolupráci mezi VUT Brno a firmou EmSpin. Požadavek minimální ceny s sebou přináší nutnost využít sady pokročilých algoritmů pro řízení, jako jsou bezsnímačové řízení, minimalizace počtu snímačů proudu, rozběh z nulové rychlosti, rozběh s nenulové rychlosti a požadavek na minimální spotřeby energie z důvodu provozu na baterie. Řešení dílčích podúloh je náplní mnoha vědeckých článků a monografií. Kombinace uvedených podúloh v jednom řídicím systému je jedinečná a dosud nebyla dle našich dostupných informací realizována. Činnost byla zahájena 10.2012. V současné době probíhá simulační testování různých druhů estimátorů otáček a polohy. Byly implementovány algoritmy vycházející z





- MRAS struktury - jako referenční model je uvažován napěťový model motoru a proudový model motoru je adaptivní model. Adaptivní mechanismus je tvořen PI regulátorem s následnou integrací, aby bylo dosaženo odhadované polohy rotoru,
- algoritmy založené na odhadu zpětného elektromotorického napětí BEMF,
- model s odhadem BEMF estimátorem pracujícím v klouzavém režimu - výhodou je jednoduchost, nevýhodou je nutnost použít filtry z důvodu zašuměných odhadů.

Vybraný typ estimátoru, který bude nejlepší z hlediska specifik řešení úlohy, bude implementován ve zvoleném cílovém procesoru rodiny 56F8xxx. Pro účely řešení této části byly pořízeny dva vývojové kity Freescale Tower system, každý se sestává z desky s výkonným procesorem s operacemi v pohyblivé řádové čárce pro rychlé testování algoritmů, desky s předpokládaným cílovým procesorem 56F8275 a desky s výkonovou elektronikou. Algoritmy budou také testovány pomocí systému reálného času NI cRIO 9082.

Souběžně probíhá výzkum algoritmů pro estimaci rychlosti a polohy motoru. Estimací počáteční polohy rotoru se bude dopodrobna zabývat disertační práce s názvem Algoritmy bezsnímačového řízení synchronního motoru s permanentními magnety, kterou v nejbližší době člen týmu z VUT Brno odevzdá k posouzení a obhajobě. Řešení počátečního odhadu polohy a rychlosti u roztočeného PMSM je ve fázi studia existujících metod, jejich modifikace pro konkrétní požadavky řešení úlohy a jejich simulací v prostředí Matlab Simulink s využitím SimPowerSystems toolboxu.

Činnost bude pokračovat v následujícím roce. Prototyp, který bude funkční, ale nemusí obsahovat všechny specifikace, by měl být připraven v 5.2013. Poté se počítá s dalším vývojem pro finalizaci produktu.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

### **2a Milníky**

Nemáme žádné milníky plánované v 2012.

### **2b Dílčí cíle**

*Ověření parametrů vytvořeného funkčního vzorku servozesilovače (plánováno 9.2012, realizováno 12.2012)*

Bylo otestováno chování navrženého a vyrobeného testovacího servozesilovače TGA220-4/8 v reálném průmyslovém provozu. Jeho činnost byla ověřena pro různé hodnoty napájecího napětí. Bylo sledováno oteplení měniče za provozu, odolnost měniče a komunikačního rozhraní proti rušení a dosažitelná rychlost komunikace EtherCat. Dále byla otestována funkce víceosého řízení při rychlé komunikaci. Dosažené vlastnosti testovacího servozesilovače se většinou shodovaly s požadovanými parametry vytyčenými při návrhu servozesilovače. Zjištěné nedostatky budou odstraněny při finálním návrhu servozesilovače. Dílčí cíl byl tímto zcela dosažen.

### **2c Dílčí výstupy**

Nemáme žádné dílčí výstupy plánované na 2012.

### **2d Výsledky dle kategorie RIV**

Nejsou plánovány žádné výsledky na 2012.

## **3 Očekávaný průběh řešení projektu**

Plánované činnosti

- Vývoj algoritmů pro energeticky optimální řízení motorů
- Příprava výroby servozesilovače



- Navržení interpretu funkcí
- Definice komunikačního rozhraní pro připojení resolverů a inkrementálních snímačů k servozesilovači
- Laboratorní ověření vlastností servozesilovače
- Testování komunikačního rozhraní pomocí implementace v FPGA v systémech CompactRIO
- Vytváření základních funkcí pro interpret funkcí

Práce na plánovaných činnostech bude probíhat tak, jak bylo předpokládáno v návrhu projektu. Navíc bude pokračovat práce na nově vzniklé činnosti nad rámec projektu ve spolupráci mezi VUT Brno a firmou EmSpin.

Z důvodu zpoždění začátku řešení a nemožnosti pokrýt všechny činnosti navýšením pracovní kapacity byla činnost „Vývoj algoritmů pro energeticky optimální řízení motorů“ řešena s nižším objemem prací. Proto dochází k převodu 90 tis. Kč osobních nákladů do FÚUP, které budou využity pro posílení výzkumných prací v dalším roce řešení.

## Reference

[3.1] Technický list k navrženému testovacímu servozesilovači TGA220-4/8. TG Drives, s.r.o.

# Pracovní balíček 4 – Teleprezenční mobilní robot pro průzkum v nebezpečných oblastech

## 1 Popis činností

*03/2012-12/2012 - Tvorba rešerše a zpracovávané téma a návrhu řešení projektu.*

Činnost plánovaná, ukončená. Rešerše byla vytvořena, navíc byla provedena série konzultací s potenciálními uživateli předpokládaných výsledků výzkumu. Díky tomu mimo jiné vznikl námět na zcela nový robotický systém Orpheus-HOPE, viz dále.

*07/2012-09/2012 - Definice komunikačního rozhraní mezi operátorskou stanicí a teleprezenčním systémem.*

Činnost plánovaná, ukončená. Vzhledem k šíři a povaze projektu byla definována dvě různá komunikační rozhraní, jedno čistě pro experimentální výzkum s předpokladem přenosu dat metalickým kabelem, jedno pro praktické použití s předpokladem využití bezdrátového přenosu dat v licenčním pásmu.

*07/2012-08/2013 - Vývoj speciálních řídicích modulů pro motory kamerového manipulátoru.*

Činnost plánovaná, zahájená. Vzhledem k návaznosti na ostatní činnosti byla tato rozdělena na dvě části. Pro okamžité práce na teleprezenčním manipulátoru byly firmou TG Drives, s.r.o. dodány upravené řídicí moduly AC motorů se speciálním vnitřním programovým vybavením. Současně započal vývoj nových řídicích modulů, které budou pro danou aplikaci ještě výhodnější především z hlediska rozměrů, komunikace a připojení. Současná podoba těchto modulů má označení TGA220-4/8, moduly jsou vyvíjeny v součinnosti s pracovním balíčkem WP3 na základě požadavků definovaných mj. potřebami WP4. V současnosti lze předpokládat bezproblémové splnění činnosti.

*08/2012-10/2013 - Vývoj řídicích algoritmů pro teleprezenční systém.*

Činnost plánovaná, zahájená. Činnost je rozdělena na dvě základní části – vývoj algoritmů pro řídicí moduly AC motorů (zodpovídá TG Drives, s.r.o.) a vývoj algoritmů pro rekonstrukci pohybů hlavy (zodpovídá VUT a LTR s.r.o.). Vývoj algoritmů pro řídicí moduly AC motorů započal společně se zmiňovanou úpravou firmware stávajících řídicích modulů AC motorů a pokračuje v součinnosti s tvorbou nových modulů (viz. předchozí činnost). Vývoj algoritmů pro rekonstrukci pohybů hlavy začne 02/2013, kdy by mělo být k dispozici potřebné instrumentální vybavení (především nový miniaturní inerciální snímač). V současnosti lze předpokládat bezproblémové splnění činnosti.

*09/2012-05/2013 - Výroba mechaniky kamerového manipulátoru.*

Činnost plánovaná, zahájená. První verze přesného manipulátoru je již hotova a zapojena do systému. Manipulátor již je možné ovládat ve vznikajícím uživatelském rozhraní pomocí výše zmiňovaných vlastních komunikačních rozhraní.

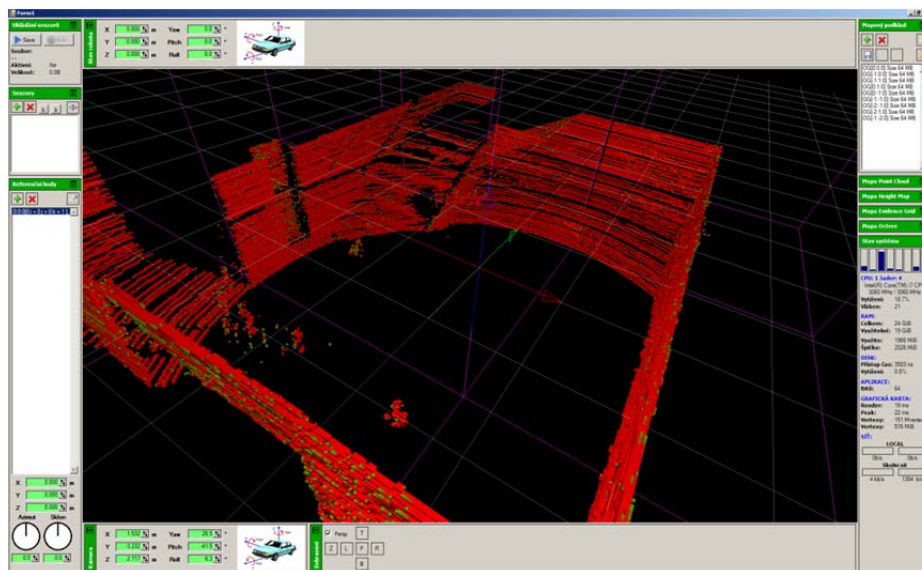
*09/2012-12/2014 – Orpheus-HOPE*

Činnost neplánovaná, zahájená. Specializovaný robot postavený na platformě Orpheus-A pro měření koncentrací těžkých kovů a jiných nebezpečných látek ve vodě, který je již nyní skupinou rozpracován ve spolupráci s CEITEC RG1-2 Smart Nanodevices – Laboratory of Metalomics and nanotechnology a Laboratory of Microsensors and Nanotechnology. Současný stav robotu – viz. obrázek.



*12/2012-12/2013 – Lokální mřížky obsazenosti*

Činnost neplánovaná, zahájená. Oproti původnímu plánu byl pracovní balíček rozšířen o výzkum v oblasti lokálních mřížek obsazenosti s využitím v rozšířené realitě. Cílem je vytvořit optimalizovanou lokální mapu okolí robotu, jejíž data bude možné kombinovat s daty ze snímačů získávanými v reálném čase. První výsledky, viz obrázek.



## 2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

### 2a Milníky

Pro rok 2012 nebylo v projektu pro pracovní balíček 4 plánováno dokončení žádného milníku. Nejbližším milníkem je:

*12/2013 - Optimalizovaný teleprezenční systém - programové vybavení, elektronika a mechanická část. Optimalizace procesu měření pohybů hlavy operátora a elektroniky, mechanického návrhu a algoritmů pro přesné kopírování pohybů hlavy operátora. Optimalizace parametrů videa. Ověřovací experimenty na skupině operátorů.*

Činnosti související se splněním tohoto milníku probíhají i přes kratší dobu plnění projektu podle plánu, v některých částech se dokonce podařilo vývoj mírně urychlit. To souvisí především s rozšířením řešitelského kolektivu balíčku. V současnosti je oprávněné předpokládat, že milníku bude dosaženo ve stanoveném termínu.

### 2b Dílčí cíle

Pro první rok řešení projektu nebyl naplánován žádný dílčí cíl. Nejbližším plánovaným cílem je:

*02/2013 - Zkoušky mechanické konstrukce prototypu teleprezenčního kamerového manipulátoru.* Manipulátor je v současnosti již plně funkční, včetně mechanické konstrukce, upravených měničů a řídicí jednotky včetně příslušného komunikačního protokolu a začlenění do obslužného programu. Pro začátek roku je plánováno pouze vylepšení nastavení parametrů regulátorů. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je možné předpokládat bezproblémové provedení zkoušek ve stanoveném termínu.

### 2c Dílčí výstupy

Pro rok 2012 nebyl v projektu plánován žádný dílčí výstup. Nejbližším plánovaným výstupem pro rok 2013 je:

*04/2013 – Mechanická konstrukce kamerového teleprezenčního manipulátoru*

Vzhledem k výše uvedeným dokončeným činnostem, především tedy tvorbě mechaniky, ale i začlenění upravených řídicích jednotek AC motorů a vývoje vlastního komunikačního protokolu je

oprávněně předpokládat, že dílčí výstup bude včas dokončen – v současnosti tým čekají pouze plánované zkoušky ověřující předpokládané parametry, případně snad drobné mechanické úpravy související především s vyšší bezpečností zařízení v průběhu dalších činností (především koncové spínače, a mechanické dorazy v kombinaci s omezením proudu).

## 2d Výsledky dle kategorie RIV

### RIV-G/B – Stereovision Augmented Reality Systém

Stereovision Augmented Reality System. The system contains two high resolution color cameras, one thermal imager and one TOF (Time-of-Flight) camera. The devices are connected to a personal computer, where advanced data-fusion algorithms are done. The output, in the form of stereovision (nVidia stereovision, nVis HMD, Sony HMD-Z1) is provided by the system. Inertial sensors are used to measure operator's head movements (gyroscopes, accelerometers, magnetometers).

### RIV-R - CASSANDRA-WP7.5

Operator's control program for Windows Mobile 7.5 platform. Orpheus and Scorpio robots control. Movements controlled by phone inclination. Video from the cameras.

## 3 Očekávaný průběh řešení projektu

I přes kratší dobu řešení způsobenou pozdějším zahájením projektu je možné konstatovat, že všechny činnosti plánované pro pracovní balíček 4 a rok 2012 byly splněny. Díky získaným kontaktům a rozšíření řešitelského týmu se navíc podařilo projekt rozšířit o další dvě důležité části – tvorbu robotu Orpheus-HOPE a Lokální mřížky obsazenosti. Obě tyto činnosti jsou plně v souladu s původním zaměřením balíčku a měly by přispět k lepší praktické využitelnosti výsledků výzkumu projektu.

Vzhledem ke kratší reálné době řešení projektu v roce 2012 bylo nutné omezit množství výzkumných a vývojových prací v činnosti „Vývoj řídicích algoritmů pro teleprezenční systém“ pracoviště VUT v Brně. Tím byly ušetřeny prostředky ve výši 78000Kč, které byly převedeny formou FÚUP a je předpokládáno jejich využití pro řešení projektu v dalším roce.

Vzhledem k dosavadnímu vývoji je možné předpokládat úspěšné řešení projektu podle stanoveného harmonogramu.

# Pracovní balíček 5 – Hlasové systémy pro interakci člověka se stroji

## 1 Popis činností

*Sledování nových teoretických poznatků, sledování trhu v oblasti hlasových systémů.  
Zahájení: 03/2012; ukončení 12/2015*

V souladu s plánem pracovního balíčku byla věnována značná pozornost sledování aktuálního stavu výzkumu a vývoje řečových technologií, a to převážně formou studia literatury, zejména pak aktuálních článků nejvýznamnějších mezinárodních konferencí s cílem posoudit přínos publikovaných metod pro jejich možné aplikační použití. Na tomto místě je třeba zmínit, že reálné aplikace hlasových technologií vyžadují často použití efektivních a velmi rychlých algoritmů, a to jak v oblasti výpočtu hustost pravděpodobností akustického modelu, tak i v oblasti prohledávání rozsáhlého stavového prostoru. V neposlední řadě byla věnována odpovídající pozornost i

monitoringu stavu a vývoje trhu hlasových technologií. Byl sledán rostoucí zájem o využití technologií automatického rozpoznávání mluvené řeči s velkým slovníkem pro indexování rozsáhlých audiovizuálních archivů. Zároveň bylo zjištěno, že na trhu se v posledních několika letech vytváří příznivé prostředí pro využití technologie počítačové syntézy řeči.

*Sběr a anotace akustických a jazykových dat „z prostředí“ řešených úloh  
Zahájení: 04/2012; ukončení 6/2013*

Sběr akustických a jazykových dat potřebných pro trénování akustických a jazykových modelů systému rozpoznávání mluvené řeči probíhal podle plánu průběžně po celou dobu hodnoceného roku. V rámci této aktivity byly pořizovány především mikrofonní nahrávky (doplněné o anotaci svého obsahu) sloužící k rozšíření stávajících řečových mikrofonních korpusů řešitelů balíčku. Další práce probíhaly na kolekci řečové databáze televizních pořadů, a to především s ohledem na potřeby vytvoření řečových korpusů pro automatické indexování zpravodajských pořadů. Dále pro potřeby úspěšného řešení úlohy automatického rozpoznávání spontánní mluvené řeči byla anotována i část vysokoškolských přednášek. Taktéž byla věnována pozornost pořizování textových korpusů a jejich zpracování pro následnou konstrukci jazykových modelů. Pro tyto účely byly zahájeny práce na shromažďování nových dat z webových portálů, a to i s přihlédnutím k potřebám pozdější lokalizace systému automatického rozpoznávání mluvené řeči i do jiných jazyků, než je jazyk český. Pro tyto účely byly lokalizovány nové programové nástroje na filtrování „surových“ dat internetových zdrojů. Další práce pak byly prováděny s cílem rozšíření kontroly a následné opravy výslovnostních slovníků potřebných k jazykovému modelování systému automatického rozpoznávání mluvené řeči.

*Tvorba akustických a jazykových modelů; zpracování slovníků; příprava TTS modulu (syntéza řeči)  
Zahájení: 10/2012; ukončení 10/2013*

V oblasti tvorby akustických a jazykových modelů byla práce pracovního balíčku č. 5 *Hlasové systémy pro interakci člověka se stroji* soustředěna především na přípravu a kontrolu trénovačích, vývojových a testovacích dat a na kontrolu výslovnostních slovníků. Práce na vlastní tvorbě modelů pak byly zahájeny ve třetím čtvrtletí sledovaného roku a směřovaly k vytvoření základního (base-line) systému automatického rozpoznávání mluvené řeči postaveného na standardních metodách skrytých Markovových modelů (HMM/GMM) a  $n$ -gramových jazykových modelech. Předpokládáme, že základní systém automatického rozpoznávání mluvené řeči bude v dalších fázích projektu sloužit jako referenční systém, jehož úspěšnost rozpoznávání bude srovnávána s vyspělejšími systémy konstruovanými za použití výsledků výzkumu a vývoje prováděných v rámci tohoto balíčku.

V oblasti výzkumu a vývoje počítačové syntézy řeči z textu (TTS) byla pozornost v první řadě věnována metodám předzpracování textu, a to s ohledem na multiplatformní využití. Byl navržen a implementován algoritmus čtení zkratk, metoda zrychlení či zpomalení produkované řeči a algoritmus pro změnu hlasitosti. Další vývojové práce v této oblasti byly zaměřeny na testy a kontrolu běhu systému na různých platformách a následně pak na vyřešení identifikovaných problémů jako např. identifikace a náprava příčin tvorby plechových zvuků, implementace převzorkování signálu, vyřešení problému špatné kvality zrychlené řeči, apod.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

### **2a Milníky**

*Finalizován vývoj základních trénovacích, testovacích a evaluačních korpusů (tj. proveden cílený sběr, anotace a verifikace akustických a jazykových dat) pro vybrané aplikační oblasti, finalizován vývoj nových metod a postupů hlasové interakce člověka se strojem (počítačem) ve formě laboratorních modulů.*

Termín dosažení milníku: 12/2013

Milníku bude dosaženo v roce 2013. Nutnou podmínkou pro dosažení milníku bude dosažení dílčích cílů pracovního balíčku. Práce na splnění dílčích cílů probíhají podle plánu a všech dílčích cílů by mělo být dosaženo podle plánu během příštího roku.

## **2b Dílčí cíle**

*Vytvoření korpusu anotovaných akustických a jazykových dat včetně výslovnostního slovníku.*

Pro řešení úlohy bude proveden sběr akustických a jazykových dat. Akustická a jazyková data budou anotována s využitím anotačního nástroje WebTransc, vyvinutého na pracovišti ZČU. V případě zpracování „nestandardních“ dat (malý odstup signálu a šumu, nestandardní výslovnosti apod.) budou navrženy postupy korektního a jednoznačného anotačního zápisu. Pro řešení úlohy budou zpracovány výslovnostní slovníky.

Předpokládaný termín dosažení dílčího cíle: 06/2013

Dílčího cíle by mělo být dosaženo podle plánu v polovině příštího roku. Úkoly dílčího cíle jsou plněny dle plánu. Byly zahájeny práce jak na tvorbě korpusů akustických modelů, tak i na tvorbě korpusů pro modely jazykové. Blíže viz popis činností, které probíhaly během hodnoceného roku v rámci pracovního balíčku č. 5 *Hlasové systémy pro interakci člověka se stroji*.

### *Vývoj akustických a jazykových modelů*

Akustický jazykový model je standardně vyvíjen s využitím skrytých Markovových modelů. Jeho přesnost lze zvýšit tím, že sběr akustických řečových dat je proveden z prostředí dané úlohy. Při akustickém modelování budou aplikovány všechny relevantní techniky, které mohou zlepšit přesnost a robustnost akustických modelů, např. HLDA, MLLT, diskriminativní trénink, „unsupervised“ adaptace na řečníka apod. Pro zvýšení robustnosti předpokládáme, že v případě dostatečného množství anotovaných trénovacích dat, budeme pracovat s plnými kovariančními maticemi akustického modelu. Pro tvorbu jazykového modelu budou využity texty či přepisy „dialogů“ z prostředí dané úlohy, případně budou hledána a doplněna jazyková data z podobného tematického prostředí. Jazykový model bude pracovat na  $n$ -gramovém principu, přičemž chceme posílit velmi frekventovaná slovní spojení tzv. „multislovy“. K vyhlazení jazykového modelu chceme využít techniky založené na „ústupových“ (backing-off) či lineárních schématech vyhlazování, popř. neuronových sítí.

Předpokládaný termín dosažení dílčího cíle: 10/2013

Dílčího cíle by mělo být dosaženo podle plánu ve třetím čtvrtletí příštího roku. Úkoly dílčího cíle jsou plněny dle plánu. Byly zahájeny práce jak na tvorbě akustických modelů, tak i na tvorbě modelů jazykových.

## **2c Dílčí výstupy**

Pro rok 2012 nebylo v pracovním balíčku č. 5 plánováno dosažení žádného dílčího výstupu. Na dosažení prvního plánovaného výstupu s názvem *Korpus anotovaných nahrávek a jazykových dat z prostředí řešené úlohy, slovník dané úlohy* (identifikační číslo TE01020197DVV001) s předpokládaným termínem dosažení 06/2013, se intenzivně pracuje.

## **2d Výsledky dle kategorie RIV**

První aplikační výsledky jsou dle „Návrhu projektu“ plánovány až v roce 2013, nicméně již v roce 2012 byl prezentován některé podpůrné výsledky publikační:

[5.1] STANISLAV, P., ŠVEC, J., ŠMÍDL, L.: Unsupervised synchronization of hidden subtitles with audio track using keyword spotting algorithm. TSD. *Lecture Notes in AI*, 2012, vol. 7499, no. 1, pp. 422-430, Springer-Verlag, Berlin.  
ISSN 0302-9743

[5.2] VALENTA, T., ŠVEC, J., ŠMÍDL, L.: Spoken Dialogue System Design in 3 weeks. TSD. *Lecture Notes in AI*, 2012, vol. 7499, no. 1, pp. 624-631, Springer-Verlag, Berlin.  
ISSN 0302-9743

[5.3] VANĚK, J., TRMAL, J., PSUTKA, J.V., PSUTKA, J.: Full Covariance Mixture Models Evaluation on GPU. –In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology, ISSPIT'2012, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2012, pp.1-5.  
ISBN 978-1-4673-5604-6

### 3 Očekávaný průběh řešení projektu

Řešení pracovního balíčku 5 probíhá standardním způsobem. V průběhu roku 2013 nejsou očekávány žádné zásadní změny ve strategii řešení tohoto balíčku. Spolupráce výzkumné skupiny na ZČU v Plzni a partnerů ve spolupracující firmě SpeechTech s.r.o. probíhá bez problémů.

## Pracovní balíček 6 – Komponenty robotického systému interakce člověk-stroj

### 1 Popis činností

*Režerše SW a HW prostředků pro vizualizaci a modifikaci plánu mise*  
03/2012 - 05/2012

V rámci této činnosti bylo provedeno upřesnění stavu problematiky v oblasti existujících řešení prostředků pro interakci člověk-robot a to s ohledem na vizualizaci mise (semi)autonomních robotických prostředků a interakci operátora s nimi. Obdobně proběhla analýza možností a funkcionalit existujících algoritmů a postupů a byly specifikovány konkrétní aplikační scénáře, ve kterých budou metody aplikovány. Tato činnost v oblasti SW zahrnovala především provedení analýzy postupů pro plánování a rozvrhování činnosti v multi-robotických systémech s výsledkem, že zvolené plánovací a rozvrhovací postupy se v dalším primárně budou opírat o pokročilé aplikace technologie neuronových sítí a plynů.

Zvolené nosné scénáře zahrnují analýzu asistenčního systému k podpoře lidského inspektora při rutinní prohlídce daného prostoru/budovy. Zamýšlený systém tak bude poskytovat podporu plánování a navigace inspektora v průběhu plnění úkolů mise. Druhý scénář byl zacílen na realizaci dohledového systému pro dlouhodobou inspekci a/nebo sběr problémově relevantních dat.

S ohledem na efektivitu vývojového procesu bylo rozhodnuto, že veškeré postupy řešení budou ověřeny primárně v simulovaném prostředí a následně v prostředí existujícího systému SyRoTek (<http://syrotek.felk.cvut.cz>) určeném k provádění reálných multi-robotických experimentů v laboratorním měřítku. V tomto směru byla realizována přípravná fáze k použití systému Syrotek.

*Vývoj metod plánování a rozvrhování v multirobotických systémech*  
03/2012 - 11/2013

V rámci této činnosti byla konkretizována doménová úloha plánování a rozvrhování. Současně s úvodními studiemi byly zahájeny návrhové a vývojové práce v oblasti pokročilých metod



plánování a rozvrhování v (multi)robotických systémech s důrazem na aproximovaná řešení NP-úplných úloh, dosažitelných v časech přiměřených pro praktické aplikace.

Velká pozornost byla věnována zejména metodám prohledávání neznámého prostředí (tzv. *explorace*) týmem mobilních robotů. Bylo vytvořeno obecné prostředí pro návrh, vývoj a evaluaci exploračních strategií. V tomto prostředí pak bylo, jako výchozí bod, implementováno několik *state-of-the-art* strategií. Současně byla provedena optimalizace obvykle užívaných reprezentací prostředí a vytvořen explorační rámec využívající polygonální model prostředí a jenž je založen na frameworku ROS (Robot Operating System).

Další skupina aktivit se zabývala experimentálním ověřením vlivu řídicího algoritmu na efektivitu celého exploračního procesu. Výsledky ověření posléze vedly k návrhu a implementaci penalizační funkce pro explorační strategii, založené na odhadu skutečné trajektorie.

### *Vývoj metod navigace v rozlehlých prostředích* 03/2012 - 11/2013

V rámci této činnosti byla navržena upravená koncepce systému „velkých map“. K vyloučení využití existujících, ale potenciálně nefunkčních, či neuspokojivě pracujících, infrastruktur k navigaci robotu se ukazuje nezbytná znalost prostředí ve formě mapy, která je schopná poskytnout potřebnou navigační informaci, a to bez ohledu na okamžitou funkčnost dalších infrastruktur prostředí. Hlavním cílem této činnosti tak bylo provedení návrhu a zahájení implementace navigačního a lokalizačního systému s minimálním použitím stávajících infrastruktur. Využívaný rámec byl založen na konceptu hybridních metricko-topologických map, které umožňují efektivní reprezentaci rozlehlých prostředí včetně explicitní reprezentace neurčitosti. Vniklý koncept „Velké mapy“ obsahuje jak topologickou a asociovanou metrickou informaci, tak informaci procedurální, tedy např. údaje o schůdnosti terénu a jeho typ, způsob řízení robotu, průběžné cíle apod. Zvolené řešení umožňuje jak lokalizaci robotu v prostředí na základě senzorických měření, tak i robustní a opakovatelnou navigaci kdykoliv později. Topologické vlastnosti mapy dále umožňují efektivní plánování i za přítomnosti neurčitosti, symbolické uvažování o prostorových vlastnostech prostředí a koordinaci několika robotů v prostředí.

V roce 2012 byly zahájeny práce zaměřené na návrh a implementaci a ověření základních prvků systému. Systém se skládá ze čtyř klíčových prvků: topologicko-metrické mapy, lokalizačních modulů, navigačních modulů a modulů plánování mise. Jako komunikační infrastruktura je použit framework ROS.

Vlastní navigace robotů v prostředí pak bude zajištěna tzv. Navigačními moduly. Ty budou implementovány v roce 2013. Modul plánování mise je souběžně vyvíjen v rámci činnosti „*Vývoj metod plánování a rozvrhování v multi-robotických systémech*“.

Hlavní průmyslový partner pracovního balíčku, společnost CertiCon a.s. se v roce 2012 podílela především na analýze potřeb systému pro řízení, předávání informací a poskytnutí zpětné vazby při řízení robotického systému lidským operátorem. Těžisko, resp. úzké hrdlo takového systému bylo identifikováno v potřebě řízení robotického systému v reálném čase, tj. bez zbytečných časových prodlev. V závislosti na typu a objemu přenášených senzorických dat (telemetrie, stav robotických subsystémů, hlášení poruch a především video a audio záznam z robota) byly zkoumány prodlevy zobrazovacích metod na stacionárních a mobilních zařízeních. Zásadním parametrem pro dostatečně kvalitní přenos signálu je i kvalita bezdrátové sítě. Ukázalo se, že obvyklými poskytovateli deklarované přenosové rychlosti jsou problematické.

Proto byly analyzovány možnosti vylepšení datové komunikace, především její parametry „bandwidth“, „jitter“ a „latency“. Jako možné řešení byla identifikována návaznost na produkt vyvíjený v rámci dalších projektů firmou CertiCon ve spolupráci s ČVUT, který dokáže sdružovat provoz na bezdrátových sítích a zkvalitňovat chování přenosové cesty.

Byly vyhodnoceny různé scénáře použití řídicích a zpětnovazebních systémů pro operátora, který ovládá robot. Byly posouzeny systémy se silovou, optickou, zvukovou a vibrační zpětnou vazbou.

Dále jsme vyhodnotili možnosti použít tzv. „wearable“ řešení. (např. HMD rozhraní - Head Mounted Display). Efektivita těchto přístupů byla vyhodnocena a bylo rozhodnuto, že v následujícím bude přednostně využíváno běžně dostupné mobilní počítačové techniky s důrazem na dostatečně výkonné mobilní smart telefony a tablety. Jak mobilní telefony, tak tablety různých výrobců byly podrobeny výkonovým testům, testům výdrže, testům citlivosti na ovládání (dotykem, polohou) a na přenos dat.

V rámci výběru vhodné softwarové platformy byla základní architektura pro řízení mise robotického systému navržena jako klient-server. Byla provedena rešerše mobilních platform a byly vybrány dvě kandidátské platformy, na kterých proběhly další ověření funkcionality a vývoje. Jedná se o platformu Android (bylo použito zařízení Samsung Galaxy Note 10.1) a platformu Windows 8 (byly použity SW emulátory této platformy a dotyková obrazovka). Důležitým kritériem pro výběr SW platformy byla schopnost účinného debugingu, integrace s vývojovou platformou a v neposlední řadě možnost zpracování dvourozměrné a třírozměrné grafiky. Třírozměrná grafika bude nadále zpracovávána jak pro obecnou navigaci v prostoru na základě dat z kamer na robota, tak pro vizualizaci dat naměřených laserovými dálkoměry.

Pro potřeby řízení (a plánování akcí) robota byly navrženy dva základní režimy činnosti. První režim slouží k získání reálného náhledu na aktuální stav zařízení z pohledu robota. Aplikace bude poskytovat pohled zvolené kamery na těle robota a do pohledu bude vkládat dodatečné informace o plánovaných akcích.

Druhý režim bude poskytovat taktické zobrazení situace, kdy robot bude součástí větší přehledové mapy (robot bude reprezentován symbolem robota). Pomocí tohoto režimu bude možné plánovat a vizualizovat akce včetně případné budoucí koordinace činností více robotů ve stejné lokalitě.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

Pro rok 2012, ve kterém započalo řešení projektu, nebyly plánovány žádné milníky, dílčí cíle, dílčí výstupy ani explicitní výsledky.

## **3 Očekávaný průběh řešení projektu**

Práce na systému bude pokračovat v pracovním pořádku i v roce 2013, kdy očekávanými výsledky budou jak SW knihovny, které umožní plánování a zobrazování stavu robota na mobilní platformě, tak funkční demonstrátor(y). V souvislosti s řešením projektu vznikly dva příspěvky na mezinárodní konferenci:

[6.1] J. Faigl, M. Kulich, L. Přeučil, „Goal Assignment using Distance Cost in Multi-Robot Exploration“. Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Piscataway: IEEE, 2012, vol. 1, p. 3741-3746

[6.2] A.V. Otero, J. Faigl, A.P. Muñuzuri, „Path Planning Based on Reaction-Diffusion Process“. Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems [CD-ROM]. Piscataway: IEEE, 2012, vol. 1, p. 896-901.

# **Pracovní balíček 7 – Metody strojového vnímání pro průmyslové a jiné aplikace**

## **1 Popis činností**

Výzkumné a vývojové práce spojené s řešením cílů pracovního balíčku 7 započaly v červenci roku 2012. Oproti původnímu plánu tak došlo ke zkrácení doby řešení projektu v tomto roce.

Proto se postupně k našemu týmu připojovali další řešitelé, kteří od září zajišťují všechny plánované úkoly tak, aby byly v odpovídajícím rozsahu splněny naše cíle v roce 2012.

V aktuálním roce řešení projektu jsme se zaměřili zejména na výzkum a vývoj obecných metod zpracování obrazové informace a rozpoznávání, které budou využity v následujících etapách při realizaci konkrétních aplikací ve spolupráci s firmou Neovision, která je naším průmyslovým partnerem a členem konsorcia. Očekáváme, že vyvinuté obecné metody zpracování obrazové informace bude možné využít opakovaně při realizaci cílů a výstupů, které budou výsledkem různých realizovaných činností. Ve výzkumu navazujeme na naše předchozí aktivity a snažíme se využít dosavadních zkušeností. Důležitou součástí naší činnosti v tomto období bylo též studium literatury s ohledem na konkurenční řešení.

V souladu s plánem jsme zahájili práci v rámci těchto činností:

### *2 ruká robotická manipulace, vývoj metod pro základní funkčnost*

V rámci činnosti vedoucí k vývoji algoritmů robotické manipulace jsme se věnovali identifikaci objektu a detekce možných míst pro uchopení. Obecná detekce míst pro uchopení umožní manipulovat i neznámým předmětem a jeho pozorování v různých konfiguracích a napomůže tak jeho identifikaci. Úloha manipulace se naopak usnadní, pokud manipulujeme již známým objektem. Identifikace objektu je důležitá i pro rozhodnutí o další činnosti systému.

3D měření a zpracování údajů z těchto měření nám může poskytnout požadované údaje. My jsme se zaměřili na detekci významných bodů v hloubkových mapách (rohy a hran, které mohou sloužit pro uchopení předmětu manipulátorem). Náš přístup k detekci je založen na kombinaci lokálních geometrických vlastností povrchu (křivost) objektu a obrazové informace. Vyvíjené metody je možné využít také pro rozpoznávání předmětů a lokalizace mobilních robotů (SLAM). V roce 2012 probíhal návrh algoritmů a byly realizovány základní experimenty.

Průmyslový partner a člen konsorcia společnost Neovision ve spolupráci s výzkumným týmem ČVUT pracuje na vývoji „smart“ senzoru TripCount3D pro počítání osob procházejících vymezenou zónou s rozlišením směru průchodu. Senzor pracuje s 3D informací ze snímaného prostoru a umožňuje tak dosáhnout výrazně vyšší spolehlivost ve srovnání s konkurenčními senzory založenými pouze na zpracování obrazu z běžných 2D kamer. Jde o aplikaci metod zpracování 3D měření a detekce objektů v hloubkových mapách. Výsledkem vývoje je experimentální zařízení umožňující ověření principů a algoritmů. Senzor komunikuje s okolím přes TCP/IP a informace ze senzoru jsou dostupné přes webové rozhraní. Zařízení umožňuje napájení jak z běžného adaptéru 5V, tak i přes Ethernet (PoE). Na počátku roku 2013 bude dokončena výroba prototypu a následně bude otestována spolehlivost vyhodnocování nasazením v reálném prostředí. Senzor byl prezentován na stánku firmy Neovision na Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně v září 2012.

### *Reflektometrie, vývoj měřicího zařízení, experimenty*

Na realizaci zařízení pro kontrolu povrchu výrobků metodou reflektometrie pracuje výzkumný tým společnosti Neovision a ČVUT. V tomto roce bylo sestaveno experimentální zařízení a pořízeny první snímky, které slouží pro další vývoj. Samotná metoda měření však představuje předpoklad pro využití v aplikacích. Pro úspěch je důležitější částí aplikace podsystém automatické detekce hledaných markantů, objektů a jejich částí. V tomto případě se jedná o automatickou detekci povrchových vad. Naše úsilí jsme proto soustředili na výzkum strukturních klasifikátorů a rozvoj detektorů významných bodů. Tyto obecné metody bude možné aplikovat jak v rámci reflektometrické kontroly povrchů tak při lokalizaci mobilního robotu (SLAM).

V uplynulém období jsme se soustředili na výzkum možností strukturních klasifikátorů. Tyto klasifikátory se používají zejména v obtížných případech, kdy je možné využít strukturní informace. Jsou vhodné pro odhadování množiny skrytých stavů, mezi nimiž existují statistické závislosti. Mezi typické aplikace strukturních klasifikátorů v oboru počítačového vidění patří

segmentace obrazu, OCR (rozpoznávání textů) a realizace artikulovaných modelů pro detekci objektů. V kontextu detekce vad povrchů nás zajímá především segmentace.

Metody diskriminativního učení strukturních klasifikátorů jsou založeny na vyhodnocení kompletně anotované množiny dat (např. anotovány všechny body v obraze). Získání správně a kompletně anotovaných dat vyžaduje manuální anotaci a je většinou obtížné a nákladné. Proto zkoumáme možnost nalezení parametrů klasifikátoru na základě částečně anotovaných dat (manuálně anotována pouze část obrazových bodů). Standardní formulace tohoto problému vedou na těžkou nekonvexní optimalizační úlohu. My jsme formulovali učení strukturního klasifikátoru jako minimalizaci rizika a ukázali jsme, že minimalizace rizika je ekvivalentní minimalizaci částečné ztráty, která může být vyhodnocena na nekompletních příkladech a tudíž může být použit diskriminativní přístup. Tyto výsledky budou prezentovány začátkem roku 2013 na konferenci CVWW. V souvislosti s učením strukturních klasifikátorů jsme pracovali také na aplikaci Lagrangeovy dekompozice primární nekonvexní funkce a Tonaldova princip duality pro Fenchelovy duální úlohy pro řešení úlohy učení klasifikátoru.

Dále jsme se věnovali vývoji detektoru významných bodů v obraze pro použití v systémech rozpoznávání. Úlohu detekce formulujeme jako úlohu strukturního rozpoznávání. Objekt modelujeme množinou výřezů odpovídajících jeho částem a vztahů mezi nimi (pravděpodobná vzdálenost, směr, ...). Parametry detektoru se učí automaticky z anotované trénovací množiny. Tento postup jsme aplikovali na úlohu rozpoznávání tváří v rámci knihovny FLANDMARK. Detekci významných bodů lze použít nejen pro rozpoznávání, ale například také k získání geometricky normalizovaných obrázků.

V roce 2012 jsme pracovali zejména na vylepšení přesnosti FLANDMARK detektoru pro snímky s vysokým rozlišením. Dosahujeme zlepšení přesnosti detekce o cca 40% oproti původnímu detektoru (měřeno na databázi Multi-PIE, rozlišení obrázků 640x480). Z hlediska praktického použití je důležitým úkolem urychlení algoritmu učení parametrů detektoru. Navržené vylepšení algoritmu učení jsme popsali v technické zprávě a je připravován časopisecký článek. Nedílnou součástí práce jsou také technická vylepšení rozhraní pro Matlab, které používáme pro realizaci experimentů.

### *SLAM, výzkum, vývoj a přizpůsobení metod pro průzkum neznámého prostoru v hasičských aplikacích*

SLAM (současná lokalizace a mapování) spočívá ve využití obrazové informace (2D i 3D) pro lokalizaci mobilního robotu a vytváření mapy. Základem pro tuto úlohu je detekce významných bodů v obraze, rozpoznání objektů a sledování jejich pohybu v obraze. Některé z těchto metod byly již zmíněny a předpokládáme že budou použity pro řešení této úlohy. V kontextu tohoto cíle se věnujeme vývoji metody sledování objektů ve scéně s kontextem, která je založena na faktu, že sledovaný objekt se pohybuje často spolu s dalšími objekty a tohoto faktu je možné využít pro zvýšení robustnosti sledování. Úlohu sledování v tomto případě definujeme jako problém rozpoznání a segmentace objektu a pozadí na základě jeho vizuálních vlastností a zjištěného pohybu. Na toto téma připravujeme článek, který bude zaslán do některého z prestižních časopisů (zatím nebylo rozhodnuto). Dílčí výsledky budou prezentovány na konferenci CVWW 2013.

V rámci řešení úkolů pracovního balíčku 7 úzce spolupracuje vývojový tým ČVUT s týmem společnosti Neovision, s.r.o., která je členem konsorcia a klíčovým průmyslovým partnerem zejména v rámci tohoto pracovního balíčku. Spolupráce probíhá také s pracovištěm VUT Brno, kde řeší pracovní balíček 8 (Kamerové zařízení a metody analýzy obrazu pro monitorování dopravy a v průmyslu), a s vývojovým týmem řešícím pracovní balíček 6 (Komponenty robotického systému interakce člověk-stroj).

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

Rok 2012 byl prvním rokem řešení projektu. V tomto roce proto nebyl v rámci tohoto pracovního balíčku naplánovány žádné výstupy.

### **2a Milníky**

V aktuálním roce řešení projektu nebylo naplánováno dosažení žádných milníků.

### **2b Dílčí cíle**

V aktuálním roce řešení projektu nebylo naplánováno dosažení žádných dílčích cílů. Naše činnost v rámci tohoto pracovního balíčku však směřuje k dosažení dílčích cílů naplánovaných pro následující rok řešení projektu.

### **2c Dílčí výstupy**

V aktuálním roce řešení projektu nebyly naplánovány žádné dílčí výstupy.

### **2d Výsledky dle RIV**

V aktuálním roce řešení projektu nebylo dosaženo žádných výsledků dle kategorie RIV. Byl však zaslán článek: L. Cerman, V. Hlaváč: „Hierarchical histogram for RGB color modeling“ na konferenci CVWW2013 a je připravován článek na téma „Sledování objektu ve scéně s kontextem.“ Tento článek bude zaslán do mezinárodního časopisu začátkem roku 2013. Na konferenci CVWW budou také prezentovány některé dílčí výsledky vývoje strukturních klasifikátorů.

## **3 Očekávaný průběh řešení projektu**

Na základě vykonávaných činností a postupu při řešení úkolů jsme přesvědčeni, že řešení projektu probíhá v souladu s plánem a našimi předpoklady. I přes pozdější zahájení jednotlivých činností můžeme konstatovat, že naplánované činnosti byly vykonány a cíle stanovené pro rok 2012 splněny v souladu s plánem.

V následujícím období se zaměří zejména na aplikování vyvíjených metod v oblasti reflektometrie a robotické manipulace. Za významnou považujeme další práci na prototypu senzoru TripCount3D, který představuje praktické využití metod zpracování hloubkových měření. Očekáváme, že senzor bude jedním z přínosů tohoto projektu. Výzkumným tématem v rámci robotické manipulace bude též zpracování údajů z taktilních čidel.

## **Pracovní balíček 8 – Kamerová zařízení a metody analýzy obrazu pro monitorování dopravy a v průmyslu**

### **1 Popis činností**

*03/2012-08/2012 Rešerše metod a specifikace výzkumu a vývoje dopravních úloh.*

Činnost plánovaná, probíhající. Byla vytvořena větší část rešerše obsahující jednak hardwarové komponenty vizuálních dopravních systémů (mobilní zařízení, kamery, radary, světelné snímače typu lidar, proximní laserové snímače a další) a jednak postupy a konkrétní metody získání a zpracování dat z navržených snímačů. Druhá půle rešerše pojednávající o algoritmech zpracování dopravních obrazových dat je oproti původnímu předpokladu rozsáhlejší, proto je řešení této činnosti prodlouženo do dalšího období. Prodloužení činnosti nepředstavuje významné riziko pro splnění cílů pracovního balíčku.



*04/2012-09/2012 Rešerše metod a specifikace výzkumu a vývoje průmyslových úloh.*

Činnost plánovaná, ukončená. Byla vytvořena rešerše metod obvyklých v praxi pro implementaci úloh počítačového vidění v průmyslu. Rešerše obsahuje jednak specifikace standardizovaných hardwarových komponent (kamery, výpočetní desky, optika) včetně využívaných průmyslových rozhraní pro přenos obrazových dat (IEEE1394, USB3.0, CameraLink, GigE, CoaXPress) a jednak výčtovou formu metod analýzy obrazu z hlediska zpracování vícerozměrného signálu (filtrace v rámci předzpracování, segmentace a popis objektů inspekce).

*06/2012-10/2013 Návrh výkonného hardware pro zpracování vysokého objemu obrazových dat.*

Činnost plánovaná, probíhající. Byl započat metodický vývoj specializovaného hardware na bázi programovatelných hradlových polí (Xilinx, Altera) a signálových procesorů. Činnost byla zahájena a pokračuje podle původního harmonogramu do dalšího období.

*10/2012-10/2013 Sada specializovaných osvětlovacích prvků pro řešení obtížných průmyslových úloh inspekce.*

Činnost plánovaná, probíhající. Byla provedena analýza technik pro návrh specifických zdrojů osvětlení v nestandardních průmyslových úlohách a navrženy a provedeny některé z plánovaných experimentů v laboratoři počítačového vidění využívající měření spektrálních vlastností použitých zdrojů osvětlení a filtrů. Činnost byla k datu sestavení zprávy řešena jen částečně a její větší část spadá do následujícího kalendářního roku. Předpokládá se vytvoření kompletní metodiky pro návrh a realizaci specifických zdrojů záření pro průmyslové úlohy.

*10/2012-12/2013 Vývoj a realizace zařízení pro pořízení obrazu asistenčního systému v dopravní úloze.*

Činnost plánovaná, probíhající. Vývoj zařízení pro pořízení obrazu v obecně asistenčních systémech řízení vozidla kontinuálně navázal na předchozí výzkum dopravních aplikací zejména přestupkových. Konkrétně bylo navrženo a testováno jedno zařízení pro pořízení obrazu řidiče za jízdy v reálném čase v různých konfiguracích podle parametrů úlohy (FPS, rozlišení obrazových dat, dynamický rozsah obrazu, řízení expozice). Činnost byla ke konci sledovaného období teprve zahájena a její většinová část spadá do následujícího kalendářního roku.

Hodnocení řešení pracovního balíčku bez rozdělení jednotlivých činností:

Pracovní balíček byl započat v plánované struktuře, tj. řešení probíhá ve výzkumné instituci Vysoké učení technické v Brně a v malém podniku CAMEA spol. s r.o. Personální obsazení pracovního balíčku v kalendářním roce koresponduje s přihláškou projektu a ve výzkumné instituci se na řešení podílí celkem pět zaměstnanců, z toho tři akademičtí pracovníci a dva studenti doktorského studia a v malém podniku další dva zaměstnanci. Tři klíčoví zaměstnanci balíčku soustředěni na VUT zónově řešili problémy strojového vnímání rozdělené do tří kategorií: dopravní kamerové systémy, průmyslové kamerové systémy a hardwarová podpora na bázi vestavných zařízení. Dva studenti doktorského studia prováděli výzkum a implementaci podle pokynů klíčových zaměstnanců a úkolem zaměstnanců partnerské organizace CAMEA byla verifikace navržených popř. implementovaných metod v odborné praxi. První rok řešení pracovního balíčku se ve shodě s projektovou žádostí týkal zejména studia, odborných rešerší a metodické přípravy experimentů v dopravě a průmyslu. Konkrétně se jednalo o mapování současného stavu a prohloubení znalostí členů řešitelského kolektivu v oblasti kamerových dopravních systémů přestupkových a vizuálních asistenčních systémů směřujících k autonomním systémům s propojením na globální mapové a informační sítě. Získané poznatky byly analyzovány a postupně zpracovány do dokumentů rešerše.

Z organizačního hlediska byly v pracovním balíčku zavedeny všechny potřebné mechanismy pro řízení výzkumného kolektivu od formálních náležitostí typu pracovní výkaz až po věcné prvky

jako porady týmu nebo stanovování podcílů pro přesnější průběžnou kontrolu plnění cílů balíčku. Všemi formálními požadavky byly zavázány obě spolupracující instituce.

Odborné plnění stanovených cílů bylo splněno z výrazně většinové části, některé nekritické části dílčích cílů ale byly z důvodu časového posunu začátku projektu přesunuty do řešení v následujícím roce. Konkrétně se to týká doplnění odborné rešerše současného stavu výzkumu dopravních asistenčních systémů o chybějící věcné stati a zejména dopracování formální stránky rešerše a fúze jednotlivých zdrojů.

Paralelně s tvorbou pracovní metodiky ve formě odborné rešerše byly zkoumány izolované problémy dopravních a inspekčních průmyslových systémů. Jmenovitě šlo o syntézu metody pro průmyslovou klasifikaci obrazu segregace bakelitového kotouče s válcovanými dráty. Tato úloha je velmi obtížná z hlediska přesnosti stanovení klasifikační třídy a míry segregace, zejména segmentační a klasifikační části řetězce zpracování obrazu nejsou zatím obecně uspokojivě vyřešeny. Realizace tohoto průmyslového systému bude podle harmonogramu pokračovat i v následujícím období. V rámci dopravních vizuálních systémů byly rozvíjeny metody ve dvou paralelních větvích asistenčních systémů: první větví bylo navázání na předchozí výzkum autonomního vyhodnocení aktuální pozornosti řidiče (extrakce standardizovaných únavových charakteristik v reálném čase) a druhou větví byly metody pro nezávislou vizuální navigaci vozidla v prostoru a asistenci řidiče ve složitých dopravních scénách využívajících datové služby mapových center. Získané výsledky z těchto experimentů měly ke konci kalendářního roku čistě interní formu měření určených pro další zpracování.

Vlivem posunutého začátku projektu byl, i když neproporcionálně, také posunut návrh výkonného hardware pro zpracování vysokého objemu obrazových dat, který připadal na konec kalendářního roku, je však pro něj v harmonogramu vyhrazena velká část následujícího období. Na přelomu roku byla pro posílení hardwarové části výzkumu pořízena licence návrhového systému Altium Designer (Custom Board). Jde o prostředí pro návrh plošných spojů s podporou pro kooperovaný návrh s obvody FPGA včetně jejich programové konfigurace. Návrh probíhá za pomoci hierarchických schémat a pravidly řízeného editoru plošných spojů. Tento nástroj násobně posílil možnosti návrhu vlastního specializovaného hardware pro výpočetně náročné úlohy zejména v dopravních aplikacích odkázaných na vestavné systémy popř. méně výkonná mobilní zařízení. Ve shodě s projektovou přihláškou byly během řešení projektu získány neveřejné prostředky v definované výši ze smluvního výzkumu. Díky dlouhodobé kontinuitě výzkumné skupiny řešící pracovní balíček WP8 byly komercializovány softwarové knihovny pro práci s procesory ARM Cortex M3 přes rozhraní LIN a CAN a knihovna pro implementaci aplikace videoseveru. V aktuálním kalendářním roce bylo započato řešení všech činností specifikovaných v projektové žádosti a jen některé z nich přecházejí do dalšího období s mírným časovým skluzem. Řešení majoritní části pracovního balíčku přechází do dalšího období podle původního harmonogramu tak, aby byly splněny milníky po prvních dvou letech řešení projektu.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

### **2a Milníky**

V projektové žádosti nebyly na konec prvního roku řešení pracovního balíčku 8 stanoveny žádné milníky. První milník je stanoven až na konec druhého roku řešení projektu, proto byl pouze kontrolován postup prací pro dosažení tohoto milníku ve stanoveném čase. Dosažené výsledky proporcionálně odpovídají časovému rozvržení rozvoje technologií pro zpracování a analýzu obrazu v dopravních a průmyslových aplikacích. Definované klíčové směry výzkumu (doprava, průmysl, hardwarová podpora výpočtů) jsou rozpracovávány paralelně podle původních předpokladů. V rámci následujícího období se předpokládá úspěšné splnění stanoveného milníku pracovního balíčku ve formě navržených technik (pořízení a přenos dat, mechanické uspořádání, optické soustavy), rozvoje technologií a testování algoritmů zpracování a analýzy obrazu v dopravních a průmyslových aplikacích (filtrace obrazu, segmentační metody a klasifikační úlohy).

## 2b Dílčí cíle

Dílčí cíle byly podobně jako milníky specifikovány až po dvouletém období řešení projektu, a proto lze pouze rámcově sledovat jejich průběžné plnění. Důležitým dílčím cílem, který má být splněn po dvouletém období, je verifikace a určení vnitřní logické konzistence navržených metod zpracování obrazu. V současném stavu rozpracované rešerše je brzy mluvit o vnitřní konzistenci zkoumaných metod, přesto se vzhledem k postupu implementace některých metod předpokládá úspěšné splnění tohoto dílčího cíle ve stanoveném termínu. Obdobně i testování navrženého hardware pro zpracování obrazových dat v reálném čase bude možné až po jeho fyzické implementaci, která je podle harmonogramu plánována na konec prvního a velkou část druhého roku řešení pracovního balíčku. V aktuálním roce byla úspěšně navržena a modelově implementována část algoritmů pro rychlé výpočty nad obrazovými daty v průmyslových aplikacích (např. stanovení třídy a míry segregace ocelových drátů vizuální cestou) a některé z podpůrných metod pro autonomní řízení vozidla v městském i mimoměstském prostředí (např. fúze mapových podkladů s výsledky analýzy obrazu dopravní situace – detekce dopravního značení).

## 2c Dílčí výstupy

Dílčí výstupy pracovního balíčku 8 byly ve dvou rovinách definovány až ke konci druhého roku řešení projektu, proto nejsou v aktuálním kalendářním roce vykazovány. První rovina se týká specializovaného výpočetního hardware na bázi hradlových polí FPGA a signálových procesorů, která bude v následujícím období generovat výstupy podle projektové žádosti ve formě výzkumných zpráv popř. funkčních vzorků, protože se jedná o plánované fyzické realizace unikátních velmi rychlých výpočetních desek. Druhá rovina deklarovaných výstupů se týká metod pro pořízení, zpracování a analýzy obrazu ve specifických úlohách počítačového vidění. Část metod již byla navržena a v některých případech i implementována, zejména v oblasti průmyslových inspekčních systémů. Výstupy i této roviny budou realizovány obdobně jako v předcházejícím případě k termínu deklarace výstupů.

## 2d Výsledky dle kategorie RIV

V projektové žádosti nebyly pro daný pracovní balíček WP8 deklarovány konkrétní typy a počty výsledků podle kategorií RIV, přesto byly již v prvním roce řešení do databáze zaneseny pod hlavičkou pracovního balíčku 8 celkem tři výsledky kategorie R. Všechny tři výsledky vznikly kontinuálním navázáním na předchozí výzkum a vývoj v oblasti přenosu a zpracování vícedimensionálních dat a to spoluprací autorů výlučně z řešitelského kolektivu pracovního balíčku. Ve všech třech případech jde o výsledky typu software, konkrétně o implementaci metod pro zpracování dat na sběrnicích LIN a CAN a zpracování dat ze vstupního streamovacího video-terminálu.

## 3 Očekávaný průběh řešení projektu

Z dosavadního průběhu řešení pracovního balíčku 8 nevyplývají žádné závažné skutečnosti pro změnu jak v personálním obsazení kolektivu, tak pro změnu struktury či povahy výzkumné činnosti. Kvantitativní parametry byly dosaženy ve výši úměrné k délce řešení projektu a v následujícím kalendářním roce budou ve shodě s návrhem projektu doplněny na deklarovanou úroveň. Za současného stavu nejsou známy žádné objektivní příčiny, které by vedly ke zpomalení či k omezení plánovaných aktivit. Předpokládá se úspěšné dosažení stanoveného milníku ve formě aplikací kamerových systémů v dopravě a průmyslu za intervence průmyslových partnerů. Průběžné plnění interních podcílů indikuje vysokou pravděpodobnost splnění dílčích cílů a dílčích výstupů tak, jak byly specifikovány v návrhu projektu a to ve všech třech logických podcelcích pracovního balíčku tj. dopravních úlohách, průmyslových úlohách a hardwarové podpoře náročných výpočtů.



## Pracovní balíček 9 – Expertní systém pro projektování RFID aplikací

### 1 Popis činností

Během roku byly prováděny tyto činnosti:

Původní harmonogram:

*Instalace a příprava vývojových prostředků pro aplikaci RFID expert, návrh struktury databáze.*

03/2012 11/2012

*Plnění primárními daty a zajištění maximálně autonomního či snadného doplňování nových dat.*

04/2012 11/2012

*Tvorba modelu vyhledávacího systému na základě dnes používaných a úspěšných mentálních modelů*

06/2012 11/2012

*Prototyp inteligentní databáze pro návrh řešení aplikace s prvky systému RFID, RFID Expert*

12/2012 03/2013

S ohledem na dostupnost financí bylo možno zahájit práci na projektu až od srpna 2012. Od března 2012 do tohoto data byla práce na projektu v omezené míře financována z prostředků pracoviště a formu studentských stipendií. Na pracovišti Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava byly provedeny tyto práce:

- Výběr vhodného serverového řešení s přihlédnutím k systémovým požadavkům na tento server s hlediska budoucího zatížení (na základě stress testů) a dle uvedené specifikace v zadání (Platforma Linux, MySQL, Apache, PHP)
- Instalace serverového řešení dle specifikace zmíněné v přechozím bodu, registrace doménové adresy serveru - rfidexpert.vsb.cz
- Po konzultaci s vývojářským týmem firmy Gaben, návrh struktury databáze s ohledem na následný vývoj expertního systému
- Implementace struktury a plnění primárními daty, testování této databáze pod zátěží (stress test)
- Momentálně probíhá implementace dalších dat o RFID zařízeních a referenčních řešeních firmou Gaben
- Tvorba uživatelského rozhraní systému rfidexpert na platformě Nette-PHP, studium aktuálně používaných způsobů inteligentního vyhledávání (metasearch enginy založeny na neuronových sítích)
- Řešení průběžně se objevivších úloh souvisejících s tématem RFID
- Studium materiálů popisujících parametry existujících RFID tagů a snímačů zejména se zřetelem k návrhu struktury databáze RFID
- Příprava úvodního studijního textu o problematice RFID

Návazně na to byl tým posílen i dalšími studenty doktorského studia, kteří pracovali na těchto problémech:



- Testování specifických vlastností systému lokalizace, založeném na použití komunikace RFID pomocí technologie WiFi v prostorách VŠB
- Řešení problematiky vizualizace výsledků systémů lokalizace založených na použití technologie RFID (systém firmy Ekahau), návrh způsobu zpracování různých aspektů systému – zobrazování polohy, tvorba map, zobrazování vlastností měnících se v reálném čase, ověření pomocí vytvořených vybraných komponent
- Studium materiálů popisujících parametry existujících RFID tagů a snímačů zejména se zřetelem k návrhu struktury databáze RFID, plnění databáze a její testování
- Studium vlastností aplikací využívajících technologie RFID a návrh způsobu zápisu jejich charakteristik do databáze – vznik databázového modelu a struktury databáze
- Implementace databázového modelu na stávající serverové řešení a následná administrace databázového systému a spolupráce při řešení otázek vznikajících při řešení projektu v celém průřezu jeho problematiky
- Řešení problematiky součinnosti automatické identifikace systému využívajících komponenty RFID a systému monitorování životních funkcí realizovaných v systému Kerberos
- Implementace databáze komponent RFID technologie a aplikací této technologie
- Tvorba komunikačního rozhraní mezi aplikací pro vizualizaci dat lokalizačního systému a vytvořenou databází

Na pracovišti spoluřešitele GABEN, spol. s r.o., byly práce zaměřeny na následující otázky:

- *Analýza trhu s RFID tagy.* Byl analyzován celosvětový trh se základními komponentami RFID systému, speciálně zaměřený na polotovary pro výroby RFID tagů. Ve shodě s řešiteli z VŠB-TUOP definice základní jednotky databáze v podobě RFID INLAY, což je kombinace RFID čipu a antény na nosném podkladu. Těchto je v současné době k dispozici pouze několik desítek a je možné je zachytit všechny, s výjimkou asijských výrobců. Výsledkem je soubor výrobců RFID čipů (LEGIC, NXP, ATMEL, INSIDE, INFINEON, EM, IMPINJ) a následných výrobců polotovarů RFID INLAY (AVERY, UPM, ALIEN).
- *Analýza rozdělení typů RFID tagů.* Analýza a hledání způsobů hlavního dělení RFID tagů. Analýza a studium norem v oblasti RFID a potvrzení domněnky o dělení dle frekvence a způsoby připevnění antény k čipu. Ve spolupráci s VŠB-TUO rozhodnuto, že mimo 3 základní frekvenční pásma (LF, HF, UHF) budou RFID tagy děleny rovněž podle způsobu získávání energie, ostatní kategorie budou tvořeny výčtem možných vlastností s možností dynamického vytváření podskupin v budoucnu.
- *Analýza vlastností tagů.* Analýza a studium předešlých vlastností RFID tagů a jejich vývoj do současnosti s predikcí vlastností příštích. Návrh jednotlivých vlastností a hodnot s vlivem na strukturu databáze (Hodnota, rozsah, výčet, text, matice). Návrh řešitelům z VŠB-TUO na strukturu databáze s jednoduše rozšiřitelným počtem a skupin vlastností.
- *Oslovení výrobců.* Jednání s klíčovými výrobci RFID čipů a tagů a analýza jejich portfolia, jednání o budoucím vývoji a směrech vývoje. Výsledkem je kompletní portfolio RFID INLAY ke dni naplnění databáze primárními daty a vytvoření mechanismu k získávání informací o nových nebo upravených produktech hlavních výrobců.
- *Naplnění primární daty* probíhalo v intenzivní kooperaci s VŠB-TUO v období 15.9.2012 až 30.11.2012 v počtu 103ks RFID INLAY s postupným doplňováním číselníků výčtů hodnot jednotlivých vlastností a úpravami struktury databáze.
- *Tvorba vyhledávacího mechanismu* s ohledem na nejčastější potřeby budoucích zákazníků EXPERT systému. Ve spolupráci s RFID laboratoří a tvůrci databáze VŠB-TUO se hledaly způsoby dolování dat pro různé kategorie tazatelů. Výsledkem je návrh různých vyhledávacích metod a rolí.



- *Práce na prototypu inteligentní databáze.* Aktuálně probíhá spolu s řešiteli VŠB-TUO hledání optimální struktury a uživatelského i administračního rozhraní s ohledem na budoucí požadavky uživatelů a přístup k datům

I přes problémy vyniklé s opožděným čerpáním finančních prostředků lze vyslovit odhad, že termínu naplnění prvního milníku projektu s názvem „Inteligentní databáze RFID a RTLS tagů“ bude dosaženo v původně plánovaném termínu 3/2013.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

### **2a Milníky**

V roce 2012 nebyl plánován žádný milník. Termín dosažení prvního milníku je naplánován na 3/2013.

### **2b Dílčí cíle**

Dílčí cíle nebyly plánovány.

### **2c Dílčí výstupy**

Dílčí výstupy nebyly plánovány.

### **2d Výsledky dle kategorie RIV**

Dílčí výsledky nebyly plánovány.

## **3 Očekávaný průběh řešení projektu**

Práce probíhají v souladu s plánovaným harmonogramem, oproti předpokladům trvalo výrazně delší dobu naplnění databáze primárními daty, protože zároveň byla testována možnost dynamických změn skupin výrobků.

### *Dosavadní přínosy:*

Hlavním pozitivem je odezva výrobců RFID INLAY, kteří myšlenky projektu RFID EXPERT pokládají za vynikající a budou se aktivně podílet na jejich vývoji. Přímou přínosem dostupnost kompletního portfolio informací o aktuálně dostupných polotovarech. To umožňuje lépe reagovat na poptávku zákazníků a pozitivně se projevuje v tržbách.

### *Rizika:*

Hlavní rizikem z ohledu firmy GABEN je možnost nových vlastností RFID tagů, zejména vytvoření nových standardů a norem (např. normalizovaná struktura paměti), které by mohly narušit koncepci řešení. Toto riziko musí být minimalizováno intenzivnější spoluprací s organizacemi vytvářejícími standardy (GS1 apod.) Další možným druhým rizikem je případné složitější použití samotné databáze bez expertního systému v důsledku složitého vytváření dotazů. Toto riziko musí být minimalizováno rozšířeným testováním skutečnými uživateli.

### *Nové skutečnosti:*

**Matematický model** vyzařovací charakteristiky RFID tagu je nově vzniklým samostatným podprojektem, který umožní matematicky popsat grafické znázornění vyzařovacích charakteristik antén tagů. Zahájení procesu jednotné metodiky pro tento model – úkol pro laboratoř RFID ILAB v rámci evropské sítě laboratoří GS1 EPC LAB.

**Interaktivní průvodce RFID etiketou** je nově vzniklým samostatným podprojektem, který umožní uživatelům autonomně navrhnout nejvhodnější finální produkt – etiketu s RFID tagem. Aplikace na základě požadovaných rozměrů a použitých tiskáren navrhnout nejlepší tvar etikety a způsob

vložení RFID tagu. Tento modul vhodně doplní samotnou databázi a bude součástí pozdějšího expertního systému.

## Pracovní balíček 10 – Nástroje pro optimalizaci výrobních a lidských zdrojů

Náplň pracovního balíčku pokrývá dva příbuzné problémy z oblasti optimalizace výrobních a procesů a služeb. Prvním z nich je řízení výroby na úrovni strojů, kde je naším cílem vytvořit model výroby a pro něj posléze navrhnout řešení řízení strojů s ohledem na co nejvyšší propustnost linky. Druhým řešeným problémem je rozvrhování lidských zdrojů, kde je cílem vývoj nástroje pro podporu tvorby rozdělovníků směn, zahrnující jak návrh a implementaci algoritmů pro přiřazování směn zaměstnancům, tak grafické rozhraní pro zobrazení a editaci rozdělovníků směn.

### 1 Popis činností

#### *Návrh algoritmů pro přiřazování směn zaměstnancům 03/2012 - 12/2012*

V oblasti rozvrhování lidských zdrojů jsme se zaměřili na dvě části nástroje. První je knihovna pro editaci rozvrhu směn ve webovém prohlížeči a dále jsme pracovali na hyper-heuristickém algoritmu pro přiřazování směn zaměstnancům. Obě tyto části budou tvořit aplikaci pro optimalizaci lidských zdrojů.

Knihovnu pro práci s rozvrhem směn jsme navrhovali tak, aby bylo možné ji použít i v obdobných aplikacích. Zobrazení na straně uživatele (ve webovém prohlížeči), bude realizováno pomocí plátna (canvas) z HTML5. Knihovna bude umět pracovat s událostmi typu gesto na dotykovém displeji a bude navržena i pro mobilní zařízení jako jsou tablety a inteligentní mobilní telefony (smartphone). V tomto okamžiku je hotova rešerše technologií a funkční specifikace knihovny. V současnosti začíná vlastní vývoj knihovny, jejíž první verze je naplánována na únor 2013.

Jako součást vývoje software byla specifikována komponenta typu Spreadsheet, konkrétně obecná Javascript komponenta pro zobrazení informací ve formě dvourozměrné tabulky. Důležitými vlastnostmi jsou výkonnost (umožnění plynulé práce s velkým množstvím buněk), nezávislost (možnost včlenění komponenty do libovolného projektu) a vysoká konfigurovatelnost. Byla dokončena základní specifikace rozhraní komponenty a následně byla implementována manipulace s daty. V současné době probíhá implementace zobrazovacího jádra.

Druhá část vývoje je zaměřena na algoritmus pro přiřazování směn zaměstnancům. Na základě vzniklé rešerše existujících řešení jsme zvolili Scatter Search hyper-heuristiku. Její výhodou je, že k problému přistupuje na vyšší úrovni abstrakce tím, že dokáže kombinovat takzvané heuristiky nižší úrovně. V současnosti máme implementovanou první verzi heuristiky a probíhají testy na standardních testovacích instancích (<http://www.cs.nott.ac.uk/~tec/NRP/>).

Za účelem rychlého testování omezení v rozvrhování lidských zdrojů byl vytvořen program "Scheduling automata", který slouží jako nástroj pro generování kódu pro ověřování a testování různých omezujících podmínek kladených na rozvrhy směn zaměstnanců. Vstupem tohoto programu je popis jednotlivých podmínek ve formě určitého typu automatů, výstupem pak kód v jazyce C# implementující testování těchto podmínek na datech reprezentujících jednotlivé směny. Automaty pro popis ověřovaných podmínek je možné skládat dohromady a vytvářet z nich

automaty pro ověřování složitějších podmínek. Primárním cílem nástroje je generovat co nejefektivnější kód (v jazyce C#) pro ověřování podmínek.

### *Tvorba komponent pro řízení výroby na úrovni strojů 03/2012 - 12/2013*

V první fázi jsme se věnovali modelování a parametrizaci výrobního procesu ve firmě Procter & Gamble na úrovni řízení strojů. Řízení je realizováno pomocí PLC jednotek a pro jeho popis je využito teorie stavových automatů. Tyto programovatelné jednotky zajišťují běh výroby na úrovni strojů, včetně automatické reakce na různé druhy výpadků na výrobní lince a jejich operačního řešení. Pro vytvoření odpovídajícího modelu systému diskretních událostí byla provedena parametrizace všech důležitých součástí, jak samotných strojů, tak i dopravníků zajišťujících posun výrobků linkou. Důležitými faktory jsou nejen rychlosti jednotlivých strojů a dopravníků, ale i jejich poruchovost a způsob řešení dočasné disfunkce některých částí celé linky.

Dále jsme analyzovali poskytnutá data reflektující typické průběhy zpracování zakázek na úrovni výrobních strojů. Na základě této analýzy zkoumaného výrobního systému byl vytvořen popis včetně seznamu důležitých parametrů. Model zahrnuje jak deterministické údaje, jako jsou kadence jednotlivých strojů či rychlost dopravníků, tak veličiny s náhodným rozdělením jako je poruchovost strojů a jejich zpětné uvedení do provozu. Spolu s popisem plnicí linky jsme se zabývali rešerší metodiky řízení systémů diskretních událostí a nástrojů pro jejich modelování a simulaci. Pro vytvoření simulačního nástroje budou využity teoretické základy systémů diskretních událostí, které jsou svou podstatou velmi blízké stavovým automatům. Nabízejí tedy možnost využití široce prostudovaného matematického aparátu pro studovaný problém bez nutnosti složité konverze dat.

Prvním identifikovaným tématem pro optimalizaci výroby ve firmě P&G Rakona je snížení počtu neplánovaných stopů. V tomto směru došlo k vývoji univerzálního stavového diagramu pro popis obecného akumulárního systému výrobní linky, který byl navržen tak, aby akumulární systém minimalizoval tlak lahví v každé sekci. Minimalizace tlaku snižuje významně pravděpodobnost výskytu poškozené nebo zaseknuté lahve a tedy neplánovaného stopu akumulárního systému. Stavový diagram byl implementován v PLC kódu pro rodinu automatizačních prostředků RA, viz [10.1]. Celý systém byl úspěšně nasazen do výrobního režimu na dvou výrobních linkách v říjnu 2012 a v současné době je dále testován. V následujícím roce předpokládáme vyhodnocení systému a sběr dat z provozu.

Druhým identifikovaným tématem je optimalizace taktu výrobních linek. Zde pracujeme na návrhu modelu s využitím systémů diskretních událostí pro modelování a simulaci chování výrobního systému. Cílem modelu je na základě statistického popisu chování jednotlivých strojů výrobního systému optimalizovat množinu provozních parametrů výrobního systému tak, aby byl maximalizován výstup systému, při zachování nebo snížení počtu neplánovaných stopů.

Následně jsme se věnovali rešerší obecných optimalizačních algoritmů, použitelných pro více oblastí z kombinatorické optimalizace. Cílem je vytvořit obecnější přístup k řešení optimalizačních problémů ve výrobě s důrazem na vyšší flexibilitu a přenosnost, než při implementaci optimalizačního algoritmu na míru konkrétnímu výrobnímu procesu. Mezi takové přístupy k řešení patří i programování s omezujícími podmínkami, které nabízí možnost obecné formulace v kombinaci s možností přidávat do řešení vlastní prohledávací heuristiky a strategie. Dalším vhodným kandidátem jsou evoluční algoritmy, jejichž hlavní výhodou je obecný princip použitých procedur. Lze je tak bez větších změn použitých pro velmi široké spektrum optimalizačních problémů, pouze s úpravami metody pro konstrukci výsledného rozvrhu. Začali jsme proto s testováním využitelnosti jak programování s omezujícími podmínkami, tak evolučních algoritmů pro optimalizační problémy odpovídající svým typem rozvrhování zakázek v partnerské společnosti Procter & Gamble.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

## 2a Milníky

Na letošní rok nebyl stanoven v rámci pracovního balíčku žádný milník. Nejbližší dosažení milníku je stanoveno na termín 12/2013.

## 2b Dílčí cíle

Na letošní rok nebyl stanoven v rámci pracovního balíčku žádný dílčí cíl. Nejbližší dosažení dvou dílčích cílů je stanoveno na termín 12/2013.

## 2c Dílčí výstupy

Na letošní rok nebyl stanoven v rámci pracovního balíčku žádný dílčí výstup. Nejbližší dosažení dvou dílčích výstupů je stanoveno na termín 12/2013.

## 2d Výsledky do RIV

Na letošní rok nebyl stanoven v rámci pracovního balíčku žádný výsledek dle kategorie RIV. Nejbližší dosažení výsledku pro RIV je stanoveno na termín 12/2013.

## 3 Očekávaný průběh řešení projektu

Na základě faktů uvedených v předchozím textu lze konstatovat, že v rámci pracovního balíčku nedošlo k žádným neočekávaným prodlevám či neplnění stanoveného plánu. Všechny činnosti plánované na letošní rok byly v souladu s návrhem započaty.

V příštím roce očekáváme řešení balíčku v souladu se stanoveným plánem. Ke konci roku tedy bude dosaženo milníku zahrnujícího dvě části řešení. V první řadě je to dokončení a vyhodnocení nasazení knihovny komponent pro PLC automaty na úrovni řízení strojů ve společnosti Procter&Gamble. Druhou částí je dokončení nástroje pro rozvrhování lidských zdrojů, jehož hlavním úkolem je přidělení požadovaných směn dostupným zaměstnancům při respektování daných omezení. Konkrétně to zahrnuje implementaci algoritmů pro přiřazování směn zaměstnancům, jejichž návrh byl činností dokončenou v letošním roce.

Za každou část zmíněného milníku bude vytvořen jeden dílčí výstup pracovního balíčku, tedy knihovna komponent pro řízení výroby a knihovna algoritmů pro rozvrhování lidských zdrojů.

Žádná nová rizika oproti výchozí situaci při podání projektu nebyla identifikována.

## Reference

[10.1] M. Kutil, Z. Kopřiva, Z. Hanzálek: Řízení akumulačního a dopravního systému balící linky. Technická zpráva ČVUT, Praha 2012.

# Pracovní balíček 11 – Softwarové moduly pro monitorování a řízení s využitím modelů průmyslových procesů

## 1 Popis činností

### *Činnost 1: Studie proveditelnosti připravovaných softwarových produktů*

Studie proveditelnosti zahrnovala analýzu marketingových možností připravovaných softwarových produktů pro oblasti monitorování a řízení energeticky náročných zařízení a to především v oblastech hutního a ocelářského průmyslu. V rámci dané analýzy proběhla řada konzultací

s tradičními zákazníky firmy PIKE a to s cílem upřesnit směry výzkumu a vývoje v dané oblasti, které povedou k úspěšné a rychlé komercializaci vzniklých softwarových produktů. Studie též zahrnovala průzkum aktuálních trendů v aplikačně zaměřené literatuře v dané oblasti, viz zpráva [11.1]. Na základě provedené studie, vzhledem k aktuálně řešeným vývojovým úkolům firmy a plně v souladu s návrhem projektu, bylo rozhodnuto o směřování první fáze aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje na následující aplikační oblasti (AO):

- AO1) Návrh a realizace SW pro monitorování a řízení procesů chlazení ocelových plechů a pásů
- AO2) Návrh a realizace SW pro subsystemy monitorování a automatické řízení válcovacích procesů
- AO3) Aplikace moderních algoritmů řízení s využitím aparátu aplikované teorie systémů s dopravním zpožděním
- AO4) Návrh a realizace SW pro subsystemy monitorování a řízení energeticky náročných procesů, např. procesů kontilití a pecních technologií

Činnosti v rámci daných AO budou v prvních dvou letech projektu zahrnovat návrh algoritmů a implementaci softwarových rutin pro výpočetní a optimalizační operace.

Pro testování a realizaci plánovaných aplikací byly stanoveny následující SW platformy, kterými disponuje průmyslový partner PIKE

- Matlab – výpočetní a testovací operace navržených algoritmů
- STEP7 – aplikace v první (PLC) úrovni řídicích systémů
- C#, C++, na uživatelské platformě MS Visual Studio – aplikace ve vyšších úrovních řídicích systémů

## *Činnost 2: Návrh řídicích, výpočetních a optimalizačních algoritmů pro systémy řízení a monitorování*

V návaznosti na Činnost 1 byly započaty práce v definovaných aplikačních oblastech, jejichž ukončení je plánováno na červen 2013.

Činnosti v AO1 byly směřovány na využití modelů šíření tepla pro monitorování chladnutí ocelových plechů na i) chladicím loži (na chladníku), ii) na stohu naskládaných plechů. Stávající řešení zahrnuje analýzu předpokladů a fyzikálních zákonů, matematické řešení až po návrh algoritmů pro implementaci a to včetně identifikace parametrů modelu. V první fázi byly vypracovány modely se soustředěnými parametry, které jsou vhodné k popisu chladnutí tenkých plechů. Dále započala práce na využití modelů s distribuovanými parametry, které se uplatní při popisu chladnutí tlustých plechů a ocelových pásů. Analýza též zahrnuje teplotní bilanci vlivu rychlosti pohybu plechů na chladníku na dobu chladnutí. Výzkum a vývoj v dané oblasti směřuje k optimalizaci chladicího procesu s primárním požadavkem na dosažení požadované teploty v co nejkratším čase s cílem zvýšit průchodnost a produktivitu výrobních linek. Další činnosti v rámci AO1 směřovaly k využití modelů teplotní roztažnosti pro stanovení délky plechů a ocelových pásů za studena, v případě, že měření délky probíhá na válcovací lince za tepla a to při teplotách plechů v rozmezí 600-900 °C. Daný výzkum a vývoj má za cíl vytvořit SW nástroj, který umožní zefektivnit tvorbu stříhových plánů a tím zvýšit produktivitu výrobní linky.

Činnosti v AO2 byly doposud směřovány na zefektivnění procesů rovnání plechů za tepla v rámci válcovací linky. Tyto aktivity zahrnovaly detailní rozbor daného technologického procesu a analýzu možností měření rovinnosti plechů a pásů před a za rovnacím zařízením. V dané etapě započaly práce na vytvoření monitorovacího systému s cílem odhadnout silové poměry ve válečkové trati rovnacího stroje.

Činnosti v AO3 byly směřovány na aplikaci moderních metod řízení systémů s rozloženými parametry a dopravními zpožděními. Jednou ze stěžejních aktivit byl návrh metodiky pro parametrizaci PID regulátorů procesů s dopravním zpožděním. Dále probíhal výzkum v oblastech

tlumení vibrací systémů pomocí tvarovačů signálu s distribuovaným zpožděním. Výsledky viz prezentace [11.2] a další práce předložené k publikaci a uvedené v bodu 2d. Činnosti též byly zaměřeny na návrh implementačních aspektů moderních algoritmů řízení s dopravním zpožděním, jako je např. problém anti-windupu a beznárazového přepínání z manuálního na automatický režim řízení a zpět.

Činnosti v AO4 doposud spočívaly zejména v analýze problematiky automatizace procesů kontilit, viz část studie [11.1].

### *Činnost 3: Implementace softwarových rutin pro systémy monitorování a řízení*

V souladu se závěry dosaženými v rámci Činnosti 1, a v návaznosti na Činnost 2, byly započaty práce v definovaných aplikačních oblastech, jejichž ukončení je plánováno na prosinec 2013. V uplynulé etapě byly zejména implementovány modely chladnutí ocelových plechů a algoritmy pro identifikaci parametrů modelu, a to v programovacím jazyku C++.

K prvním rozvahovým pracím došlo i v oblasti řízení první úrovně (PLC) v prostředí Siemens STEP7. Jedná se zejména o standardizaci implementace řídicích algoritmů a jejich dokumentaci – výchozím bodem jsou používané standardy firmy PIKE, které je třeba zdokonalit s ohledem na dlouhodobost projektu a nutnosti jeho přehlednosti a sledovatelnosti.

#### *Klíčové činnosti členů konzorcia*

Všechny výše uvedené činnosti v definovaných aplikačních oblastech probíhaly za účasti obou partnerů řešitelského týmu. Za účelem efektivní koordinace řešení projektu byly pořádány pravidelné schůzky a vzájemné konzultace, a to i za účasti externích partnerů (potenciálních zákazníků). Pozitivním aspektem projektu je výrazné zapojení studentů ČVUT FS do jeho řešení. Doposud se na řešení podíleli tři studenti doktorského studia a tři studenti magisterského studia, z nichž dva začali na částečný úvazek pracovat ve firmě PIKE.

## **2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku**

### **2a Milníky**

Pro rok 2012 nebyly plánovány žádné milníky. Aktuální činnosti v rámci balíčku jsou směřovány k milníku: *Návrh a implementace softwarových rutin pro výpočetní a optimalizační operace pro systémy monitorování a řízení*, termín dosažení – prosinec 2013.

### **2b Dílčí cíle**

Pro rok 2012 nebyly plánovány žádné dílčí cíle. Aktuální činnosti v rámci balíčku jsou směřovány ke splnění prvního dílčího cíle balíčku, kterým je *Kompletace knihovny softwarových rutin pro výpočetní a optimalizační operace v systémech monitorování a řízení*, předpokládaný termín dosažení dílčího cíle – prosinec 2013.

### **2c Dílčí výstupy**

Pro rok 2012 nebyly plánovány žádné dílčí výstupy. Aktuální činnosti v rámci balíčku jsou směřovány k dosažení prvního dílčího výstupu pracovního balíčku - *Knihovna softwarových rutin pro výpočetní a optimalizační operace v systémech monitorování a řízení*, předpokládaný termín dosažení dílčího výstupu – prosinec 2013.

### **2d Výsledky dle kategorie RIV**

Pro aktuální rok řešení nebylo plánováno dosažení, ani realizace žádného výsledku kategorie RIV. Aktuální činnosti směřují k dosažení plánovaného výsledku *Knihovna softwarových rutin pro výpočetní a optimalizační operace v systémech monitorování a řízení*: 1\*R-Software, 2\*D – článek ve sborníku, 1\*Jimp – článek v impaktovaném časopise.



V roce 2012 byly vypracovány a podány k publikaci následující články:

P. Zítek, J. Fišer, T. Vyhlídal, (2012), Dimensional Analysis Approach to Dominant Three-pole Placement in Delayed PID Control Loop, zasláno do prestižního časopisu *Journal of Process Control*

Tomáš Vyhlídal, Martin Hromčík, Vladimír Kučera, *Inverse signal shapers in effective feedback architecture*, zasláno k prezentaci na European Control Conference, červenec 2013, ETH Zurich.

### 3 Očekávaný průběh řešení projektu

V roce 2013 budou pokračovat započaté činnosti s cílem splnění prvních dílčích cílů, výstupů a výsledků kategorie RIV, jejichž dosažení je plánováno na prosinec 2013, viz výše. V roce 2013 je předpokládán následující průběh Činností 2 a 3 v jednotlivých aplikačních oblastech:

AO1 – Budou dopracovány modely chladnutí tlustých ocelových pásů, které budou spolu s již vyvinutými modely implementovány ve formě SW estimátorů teploty s možností nasazení v různých částech provozů válcoven za tepla a to v návaznosti na SW aplikace vytvořené v tomto roce. Dále bude dopracována a SW implementována zmiňovaná metodika pro odhad délky vývalků za studena. V současné době se jedná o možnosti implementace dané metodiky u potenciálního zákazníka.

AO2 – V oblasti monitorování a řízení procesů rovnání plechů a pásů, budou aplikovány pružnostně-pevnostní modely s cílem dosažení požadované plasticity materiálu vedoucí ve výsledku ke zvýšení rovinnosti plechů při těchto procesech. Činnosti budou dále směřovány k vytvoření nové generace systémů pro monitorování a řízení válcovacích tratí s využitím stávajícího know-how firmy PIKE. Je plánována modernizace SW modulů firmy a jejich doplnění o moderní prostředky matematického modelování a řízení.

AO3 – Budou pokračovat činnosti zahrnující návrh a aplikace regulátorů, estimátorů a filtrů na bázi systémů s dopravním zpožděním. Kromě algoritmizace daných regulačních systémů a ošetření všech možných provozních omezení, dojde též k jejich SW implementaci a to se zaměřením jak na první (PLC) tak i vyšší úrovně řídicích systémů. Dále budou navrženy a implementovány algoritmy pro identifikaci parametrů systémů se zpožděním, a algoritmy pro online i offline optimalizaci parametrů různých typů regulátorů.

AO4 – Plánuje se doplnění aktuálně používaných modelů při řízení procesů kontilití o podpůrné SW prostředky monitorování a řízení. Aktivita se dále zaměří na návrh a implementaci prostředků monitorování a řízení energeticky náročných procesů. Tento výzkum bude navazovat na ukončený projekt programu TIP zaměřený na optimalizaci řízení plynových průběžných pecí pro ohřev oceli před válcováním. Získané know-how bude přeneseno na aplikačně podobné oblasti, např. na systémy řízení elektrických pecí.

### Reference

[11.1] T. Vyhlídal, P. Zítek, J. Fišer, G. Simeunovic, H. Havliš, Průzkum moderních trendů řízení v oblastech válcování a kontilití, Zpráva CAK3, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 18 stran.

[11.2] Tomáš Vyhlídal, Martin Hromčík, Vladimír Kučera, Signal shapers in feedback loops, aspects of arising neutrality in vibration compensation, prezentace na 1st "DelSys" Workshop on Observers and Controllers for Complex Dynamical Systems, Emphasizing Low-order Controllers, 20-22 November 2012, Supélec / L2S, Paris, France.

## Pracovní balíček 23 – 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., koordinátor cíle 2,  
prof. Ing. Václav Hlaváč, CSc., koordinátor cíle 3,  
prof. Dr. Ing. Zdeněk Hanzálek, koordinátor cíle 4,  
Ing. Jaroslava Nováková, hospodářka projektu,  
Monika Hübnerová, sekretářka projektu.

Vzhledem k opožděnému zahájení projektu byla učiněna všechna opatření, aby cíle projektu pro rok 2012 byly splněny. Zejména to znamenalo potřebné navýšení pracovních úvazků. Probíhala pravidelná jednání na všech řídicích úrovních. Dne 31. 10. 2012 se v areálu ČVUT sešla Rada projektu, aby posoudila stav jeho řešení. Mohla konstatovat, že účastníci jednání neavizovali žádný vážný problém při řešení projektu.

Dne 20. 11. 2012 se uskutečnila na ČVUT v Praze kontrola projektu TE01020197. Kontrola byla provedena zástupci TA ČR a byla předem oznámena. Předmětem kontroly byl postup řešení a způsob řízení projektu. Týkala se pouze příjemce ČVUT a firmy Cygni Software a.s., tzn. pracovních balíčků 1, 6, 7, 10, 11 a 23. Kontrolovány byly i pracovní smlouvy, výkazy práce, čerpání finančních prostředků a úhradové doklady. Kontrola neshledala žádné závady.

Kromě běžné manažerské práce byla uskutečněna plánovaná činnost

#### *Seminář a Rada CAK*

s termínem zahájení 09/2012 a termínem ukončení 11/2012.  
Splněno dne 31. 10. 2012.

### 2 Kontrola plnění plánu pracovního balíčku

#### 2a Milníky

V roce 2012 byl plánován milník „Průběžná zpráva o řešení projektu“ s termínem dosažení 12/2012. Splněno podáním této zprávy.

#### 2b Dílčí cíle

V roce 2012 nebyly plánovány žádné dílčí cíle.

#### 2c Dílčí výstupy

V roce 2012 byl plánován dílčí výstup pracovního balíčku 23 s názvem „Průběžná zpráva o řešení projektu“ s termínem dosažení 12/2012. Splněno podáním této zprávy.

#### 2d Výsledky dle kategorie RIV

Takové výsledky nebyly plánovány.

### 3 Očekávaný průběh řešení projektu

V souladu s návrhem projektu.

## Závěr

I přes kratší dobu řešení způsobenou pozdějším zahájením projektu je možné konstatovat, že plnění hlavních cílů projektu

Cíl 1 „Modelování a řízení výroby, distribuce a konverze elektrické energie“ (zahrnuje pracovní balíčky 1, 2, 3)

Cíl 2 „Inteligentní interakce člověk-stroj“ (zahrnuje pracovní balíčky 4, 5, 6)

Cíl 3 „Strojové vnímání a analýza obrazů v průmyslových aplikacích“ (zahrnuje pracovní balíčky 7, 8)

Cíl 4 „Optimalizační nástroje pro průmyslovou informatiku“ (zahrnuje pracovní balíčky 9, 10, 11)

pokračuje uspokojivě. Byly započaty všechny plánované činnosti. Všechny činnosti, které měly být dokončeny v průběhu roku 2012, byly skutečně dokončeny.

Všechny dílčí cíle, plánované při řešení pracovních balíčků 1 – 11 a 23 byly dosaženy v předpokládaném termínu.

Dílčí výstupy za rok 2012 byly vesměs dosaženy a spolu s dosaženými výsledky typu technické zprávy, publikace nebo prezentace jsou uvedeny v příloze této zprávy.

Oproti výchozí situaci při podání projektu byla identifikována dvě další rizika při realizaci Cíle 4. Prvním z nich je možnost nových vlastností RFID tagů, zejména vytvoření nových standardů a norem (např. normalizovaná struktura paměti), které by mohly narušit koncepci řešení. Toto riziko musí být minimalizováno intenzivní spoluprací s organizacemi vytvářejícími standardy. Druhým možným rizikem je případné složitější použití samotné databáze bez expertního systému v důsledku složitého vytváření dotazů. Toto riziko musí být minimalizováno rozšířeným testováním skutečnými uživateli.

V příštím roce očekáváme řešení projektu podle harmonogramu, který je součástí strategické výzkumné agendy projektu.

## Přílohy

[1.1] Dvořák, M., Hák, J., Novák, O., Zábojník, J.: *MAGMA – ověření prototypového modelu a zkrácení doby výpočtu*, Technická zpráva ČVUT, Praha 2012.

[2.1] Janeček, E., Liška, J., Janeček, P., Jakl, J.: *Specifikace monitoru amplitudy a detektoru událostí i stavů stability v elektrických sítích*, Výzkumná zpráva KKY-FAV ZČU, Plzeň 2012.

[2.2] Janeček, E., Hering, P.: A Technique for Simultaneous Parameter Identification and Measurement Calibration for Overhead Transmission Lines. In: *European Conference of CONTROL (ECC '12)*. Paris, France, 2012, p. 75-80.

[3.1] Technický list k navrženému testovacímu servozesilovači TGA220-4/8. TG Drives, s.r.o.



- [5.1] Stanislav, P., Švec, J., Šmídl, L.: Unsupervised synchronization of hidden subtitles with audio track using keyword spotting algorithm. TSD. In: *Lecture Notes in AI*, 2012, vol. 7499, no. 1, pp. 422-430, Springer-Verlag, Berlin.  
ISSN 0302-9743
- [5.2] Valenta, T., Švec, J., Šmídl, L.: Spoken Dialogue System Design in 3 weeks. TSD. In: *Lecture Notes in AI*, 2012, vol. 7499, no. 1, pp. 624-631, Springer-Verlag, Berlin.  
ISSN 0302-9743
- [5.3] Vaněk, J., Trmal, J., Psutka, J.V., Psutka, J.: Full Covariance Mixture Models Evaluation on GPU. In: *Proceedings of the 12<sup>th</sup> IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, ISSPIT'2012, Ho Chi Minh City, Vietnam, 2012, pp.1-5.  
ISBN 978-1-4673-5604-6
- [6.1] Faigl, J., Kulich, M., Přeučil, L.: Goal Assignment using Distance Cost in Multi-Robot Exploration. In: *Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* [CD-ROM]. Piscataway: IEEE, 2012, vol. 1, p. 3741-3746
- [6.2] Otero, A.V., J. Faigl, J., Muñuzuri, A.P.: Path Planning Based on Reaction-Diffusion Process. In: *Proceedings of 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* [CD-ROM]. Piscataway: IEEE, 2012, vol. 1, p. 896-901.
- [10.1] Kutil, M., Kopřiva, Z., Hanzálek, Z.: *Řízení akumulčního a dopravního systému balící linky*. Technická zpráva ČVUT, Praha 2012.
- [11.1] Vyhlídal, T., Zítek, P., Fišer, J., Simeunovic, G., Havliš, H.: *Průzkum moderních trendů řízení v oblastech válcování a kontilití*, Zpráva CAK3, ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 19 stran.
- [11.2] Vyhlídal, T., Hromčík, M., Kučera, V.: Signal shapers in feedback loops, aspects of arising neutrality in vibration compensation, prezentace na *1st "DeISys" Workshop on Observers and Controllers for Complex Dynamical Systems, Emphasizing Low-order Controllers*, 20-22 November 2012, Supélec / L2S, Paris, France.