

# I4C - robotická buňka podle konceptu průmyslu 4.0

Článek se zabývá návrhem robotické buňky v konceptu průmyslu 4.0 a jeho realizací na FSI VUT v Brně. Hlavní část článku popisuje návrh a implementaci konstrukce robotické buňky, které doplňuje integraci systémů, vývojem uživatelského rozhraní, nástrojem pro simulaci robotů jako dynamických systémů a využitím rozšířené/virtuální reality. Závěr je věnován směřování dalšího rozvoje laboratoře.

## Úvod

Robotická buňka podle konceptu průmyslu 4.0 označená zkratkou I4C (*Industry 4.0 Cell*) vznikla jako výzkumně-vývojová laboratoř v ústavu automatizace a informatiky Fakulty strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně za podpory odborníků z univerzitní sféry i z průmyslové praxe.

V současné době, kdy je zapotřebí digitalizovat a robotizovat průmysl, je logickým požadavkem uvést do výuky na technických vysokých školách množství nových témat. Laboratoř je součástí multioborového pracoviště ústavu automatizace a informatiky, které se zabývá automatizací, robotikou, aplikovanou informatikou a počítačovými sítěmi, včetně obecného základu strojírenství a mechaniky. V této souvislosti se jeví koncept průmyslu 4.0 jako ideální téma a cíl rozvoje laboratoře. Implementace digitalizace průmyslu je tak z pohledu výuky podpořena moderními a „hmatatelnými“ technickými prostředky, které rozšíří soubor vědomostí studentů směrem k nastupujícím trendům průmyslové praxe.

## Konstrukce a součásti robotické buňky

Návrh laboratoře I4C byl inspirován ideou robotické buňky, která je prosazována předními dodavateli robotů a automatizační techniky, stejně jako výrobci a dodavateli automatizovaných výrobních zařízení.

K nejdůležitějším částem návrhu robotické buňky patřil výběr hlavních komponent, z nichž se konstrukce robotické buňky skládá. Šlo o složitý několikaměsíční proces, při němž byla brána v úvahu funkčnost komponent, aktuální technická úroveň řešení, ale také možnost rozšiřovat projekt v budoucnosti.

Robotická buňka I4C se aktuálně skládá z průmyslového robotu IRB 120 (ABB), kolaborativního robotu UR3 (Universal Robots), několika lineárních os od společnosti SMC, které jsou poháněny synchronními motory od společnosti B&R, 3D skeneru společnosti Photoneo a několika dalších zařízení (obr. 1).

Součástí výsledné konstrukce jsou rovněž doplňkové konstrukční části vytvořené pomo-



Obr. 1. Robotická buňka I4C v laboratoři ústavu automatizace a informatiky FSI VUT v Brně

ci klasických technologií výroby, jako např. držák přídatné lineární osy robotu IRB, který je připevněn k upínacímu stolu od firmy Siegmund, držák kolaborativního robotu UR3

pro upínací stůl firmy Demmeler, stativ pro 3D skener sestavený z hliníkových profilů od firmy Item apod. Na výrobu držáku lineárního dopravníku a pro modulární koncový efektor

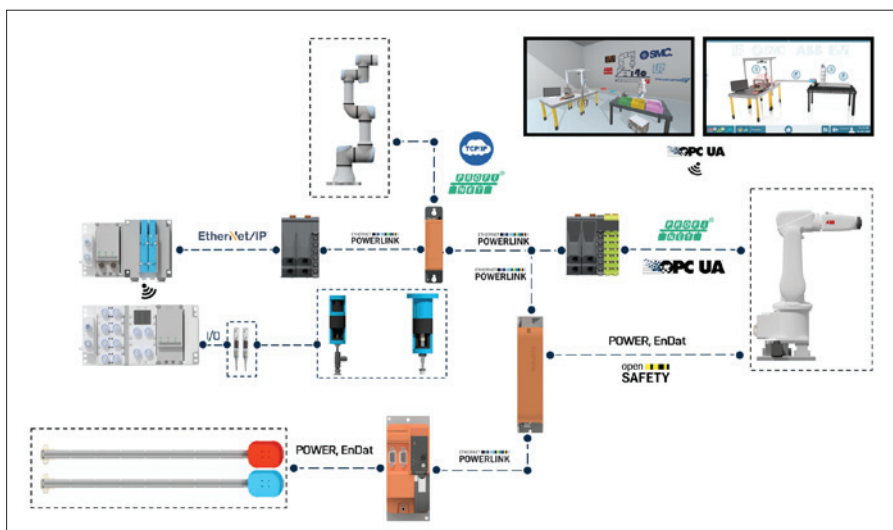
robotů IRB a UR3 byla použita aditivní výrobní technologie (obr. 2).

## Integrace systémů

Integrace systémů robotické buňky je jednou z nejobsáhlejších částí projektových prací. Cílem je propojit různé druhy systémů od různých výrobců (ABB, Universal Robots, SMC) s jedním nadřazeným systémem instalovaným na průmyslovém PC od společnosti B&R. Přitom byl kladen



Obr. 2. Výsledný virtuální návrh robotické buňky I4C: (1) robot IRB 120 ABB, (2) sedmá osa robotu, (3) lineární dopravník, (4) robot UR3, (5) skener Photoneo 3D Skener, (6) elektrický rozváděč



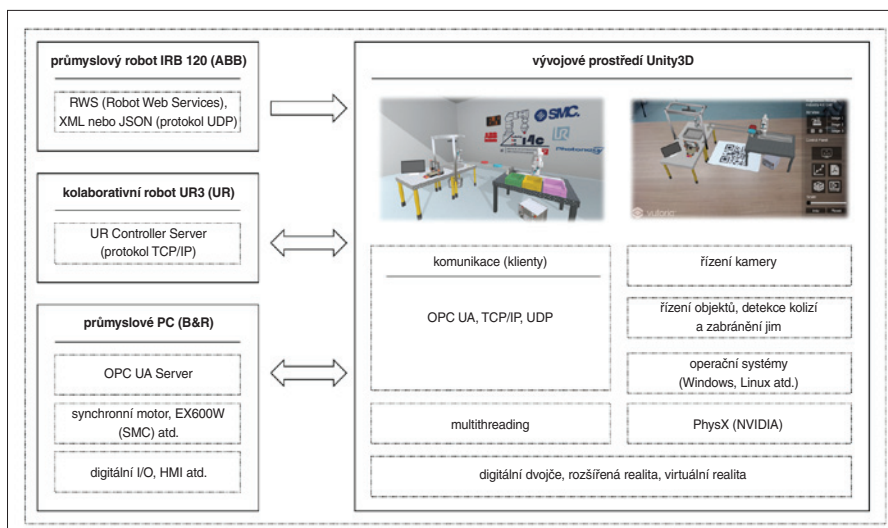
Obr. 3. Integrace systémů robotické buňky I4C

důraz na přehlednost struktury výsledného návrhu, modulárnost, možnost jednoduchého přeprogramování a rozšiřování výsledného návrhu o další typy zařízení od různých výrobců využívajících různé druhy komunikačních protokolů. V tomto případě šlo o průmyslové protokoly Powerlink, Profinet a EtherNet/IP a o komunikační standard OPC UA (obr. 3).

Při integraci systémů bylo třeba splnit požadavky na standardizaci rozhraní, zajištění funkční bezpečnosti a dosažení požadované rychlosti komunikace a současně brát ohled na budoucí využití robotické buňky pro výzkumné a vývojové práce.

### Nástroj pro tvorbu digitálních dvojčát a rozšířenou realitu

Důležitou součástí koncepcí průmyslu 4.0 a digitalizace průmyslu jsou digitální dvojčata. Robotická buňka I4C využívá mj. nástroj k ovládání a programování simulace dynamických modelů robotů (tj. jejich digitálních dvojčát) Unity3D od Unity Software Inc (obr. 4). Jde o důležitou součást návrhu celého řešení, využívanou k simulaci jednotlivých zařízení, testování vlastních algoritmů, detekování kolizí apod. Nástroj Unity3D je rovněž možné používat k vývoji rozšířené i virtuální reality. K výhodám nástroje Unity3D patří možnost využít modul PhysX od firmy NVIDIA, middleware pro simulaci klasické mechaniky. Digitální dvojčte obsahuje jak ovládání reálného zařízení, tak ovládání simulačních modelů jednotlivých zařízení, manipulaci s objektem, detekci kolizí a rovněž plné propojení s řídicím systémem prostřednictvím standardu OPC UA, propojení s roboty, komunikaci TCP/IP a UDP a také nástroj k optimalizaci výkonu simulace využitím



Obr. 5. Základní struktura simulačního modelu



Obr. 6. Struktura uživatelského rozhraní vytvořená ve vývojovém prostředí Automation Studio pomocí mappView Technology



Obr. 4. Ukázka vizualizace digitálního dvojčete v prostředí Unity3D

programování běhu v několika vláknech (obr. 5).

Systém rozšířené reality robotické buňky je navržen v nástroji Unity3D, tedy stejném, jaký se používá pro tvorbu digitálních dvojčát, jen rozšířeném o přídavné moduly od společnosti Vuforia. Některé vlastnosti, jako např. integrace systémů, zpracování dat apod., byly převzaty z návrhu digitálního dvojčete a importovány do systému pro rozšířenou realitu.

Princip rozšířené reality spočívá v detekování klíčového objektu (v našem případě QR kódu), který po úspěšné lokalizaci vykreslí na obrazovku mobilního telefonu, tabletu či počítače pro-

storový model spolu s řídicím panelem objektu.

### Uživatelské rozhraní člověk–stroj

Nedílnou součástí ovládání robotické buňky je rozhraní člověk–stroj neboli HMI (Human–Machine Interface). Rozhraní je vyvinuto ve vývojovém prostředí Automation Studio firmy B&R Automation s využitím mappView Technology, nástroje, který patří mezi moderní prostředky pro tvorbu HMI.

Uživatelské rozhraní umožňuje plnou kontrolu celého systému robotické buňky z inteligentního telefonu, tabletu, počítače nebo operátorského panelu od společnosti B&R Automation. K lince je možné jako vizualizační terminály současně připojit až sto zařízení. Uživatelské rozhraní obsahuje jak ovládání jednotlivých zařízení, jejich diagnostiku a chybová hlášení, tak přehled dokumentace v PDF, bezpečnostní funkce apod. (obr. 6). Celý systém je přehledný a modulární, a proto jej lze snadno rozšiřovat.



## Budoucnost laboratoře a hlavní směřování

Robotická buňka I4C v současné podobě představuje plně integrovaný provoz řízený jedním hlavním nadřazeným systémem (nainstalovaným na průmyslovém PC od firmy B&R). Využitím simulací robotů jako dynamických systémů (pomocí modelů, tzv. digitálních dvojčat) a rozšířené reality systém dokáže diagnostikovat jednotlivá zařízení, testovat různé druhy řízení, optimalizovat pohyby robotů a realizovat úlohy inverzní kinematiky, identifikovat a autonomně řešit chyby nebo detekovat kolize a vyhýbat se jim. Navržené řešení naplňuje principy průmyslu 4.0, přičemž jeho modulárnost a otevřenost dovolují

další rozšiřování. Součástí koncepce průmyslu 4.0 jsou také metody umělé inteligence, využívané např. pro prediktivní údržbu nebo počítačové vidění. Vývoj těchto systémů bude další etapou návrhu robotické buňky I4C.

Jelikož se současná digitální technika neustále vyvíjí, je snaha udržet koncept robotické buňky velmi flexibilní. Víze spočívá ve vytvoření automatické, adaptivní a samoučící se robotické buňky, která se dokáže částečně sama překonfigurovat na různé typy operací (třídění, vizuální inspekce, skládání dílů apod.). Její součástí bude též přímá spolupráce člověka a stroje, strukturovaný výběr dílů z různých beden (*bin picking*), transportní manipulace s využitím všesměrové mobilní robotické platformy osazené průmyslo-

vým ramenem, pokročilá adaptivní bezpečnost, využití hlubokého posilovaného učení a multikriteriální optimalizace při generování trajektorie.

Takto realizovaná flexibilní koncepce robotické buňky I4C umožní její využití nejen pro výuku a výzkumné experimenty, ale i k ověřování různých automatizačních úloh z praxe.

*doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.,  
odbor aplikované informatiky  
ÚAI FSI VUT v Brně*

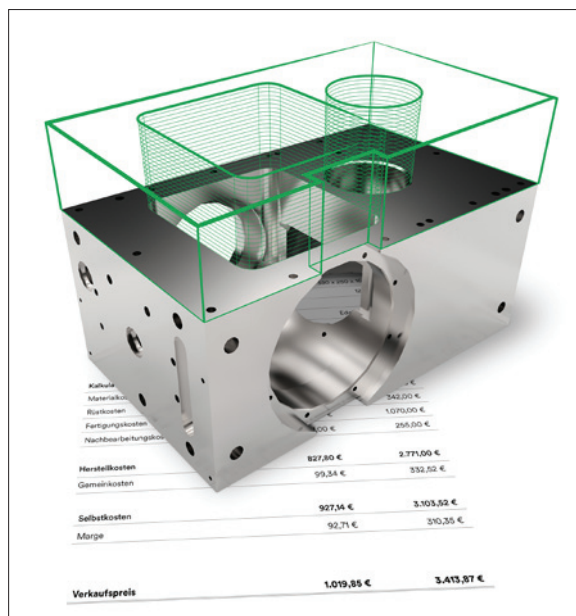
*Ing. Roman Parák, sekce kybernetiky  
a robotiky ÚAI FSI VUT v Brně,  
doc. Ing. Branislav Lacko, CSC.,  
odbor automatizace ÚAI FSI VUT v Brně*

## Automatické výpočty cen obráběných součástí využívá sdružení VDW

Německé sdružení výrobců obráběcích strojů VDW se sídlem ve Frankfurtu nad Mohanem získalo loni v listopadu menšinový podíl v mnichovské začínající firmě Spanflug Technologies GmbH. Start-up funguje od roku 2018 a vznikl v Institutu pro obráběcí stroje a průmyslové řízení (iwb) na Technické univerzitě v Mnichově (TUM). Jeho záměrem je automatizovat nabídky a procesy nákupu obráběných dílů. K tomu vyvinul dva nástroje: platformu, na které mohou zákazníci komunikovat s dodavateli a zpracovávat své objednávky, a software, pomocí kterého mohou dodavatelé generovat své nabídky automaticky, rychle a transparentně.

Pro VDW je získání podílu novou zkušeností v oblasti podnikání a otevírá tak zde novou kapitolu. VDW je pro Spanflug Technologies ideálním partnerem, protože propojuje celé odvětví výrobců obráběcích strojů. Pro sdružení VDW jsou velmi přínosné špičkové nástroje pro analýzu a výpočet nákladů na CNC díly vyvinuté společností Spanflug. „Podíl v této společnosti je přínosem nejen pro naše členské společnosti a jejich zákazníky, ale také pro celé německé strojírenství. Naším cílem je přispět k dlouhodobé konkurenceschopnosti německého zpracovatelského průmyslu právě pomocí nástrojů Spanflug, které vedou k lepší efektivitě.“

Platforma Spanflug Technologies je zaměřena na součásti soustružené a frézované na strojích CNC. Pně automatizovaný nákup součástí začíná výpočtem ceny a končí nákupu-



Obr. 1. Nástroje Spanflug analyzují CAD model a technický výkres součásti a na základě zjištěných údajů za několik sekund vypočítají cenu (zdroj: Spanflug)

pem v režimu online. Zákazníkům je sdělena cena a dodací lhůta. „Náš software automaticky spočítá cenu založenou na modelech CAD a technických výkresech,“ vysvětlil Dr. Adrian Lewis, spoluzakladatel společnosti Spanflug. Jestliže se výkres změní, cena je okamžitě přepočítána. „V současné době jsme schopni automaticky vypočítat ceny více než

90 % komponent na trhu. To je založeno na cenovém algoritmu, který jsme sami vyvinuli a který neustále zdokonalujeme, abychom mohli automaticky zpracovávat ještě více komponent,“ doplnil.

Na platformě Spanflug si již nyní objednáva komponenty více než 1 000 zákazníků. Dosud byly takto vypočítány ceny pro více než 100 000 výrobních součástí. Platforma je napojena na rozsáhlou síť výrobních společností v Německu a v Rakousku. Celý postup objednávání se zkracuje ze dnů na několik minut, významně se usnadňuje hledání vhodných a kvalitních dodavatelů a zjednodušuje se i vzájemná komunikace.

Na uvedené platformě je založen i druhý nástroj společnosti Spanflug pro automatický výpočet ceny pro dodavatele dílů. Jedním kliknutím myši si mohou spočítat náklady a vygenerovat si příslušnou nabídku. To vede k automatickému výpočtu nákladů a generování přizpůsobených nabídek, a to jediným kliknutím myši. Automatický výpočet ceny využijí jak dodavatelé, tak i jejich zákazníci.

(ev)