

## Oponentský posudok

**Téma dizertačnej práce:** Návrh a implementace univerzální architektury pro sběr senzorických dat a automatizaci

**Doktorand:** Ing. Jan Štěpán

**Školitel:** doc. Ing. Vladimír Soběslav, Ph.D.

**Oponent:** doc. Ing. Zoltán Balogh, PhD.

Oponentský posudok je vypracovaný na základe požiadania dekanátu Fakulty informatiky a managementu Univerzity Hradec Králové. Predmetná práca je dizertačnou prácou v doktorskom študijnom programe Aplikovaná informatika. Predložená dizertačná práca Ing. Jana Štěpána je spracovaná na 150 stranách vrátane zoznamu použitých bibliografických odkazov a príloh. Predmetná práca je dizertačnou prácou, ktorá sa zaoberá vysoko aktuálnou témou Internetom vecí (IoT) a návrhom open-source architektúry IoT pre zber senzorických dát a automatizáciou v kontexte riešenej problematiky.

Práca je dobre čitateľná a chronologicky usporiadaná. Práca je členená do deviatich kapitol a v závere sa nachádzajú bibliografické odkazy, zoznam obrázkov a tabuliek a súčasťou práce je aj príloha s konkrétnymi návrhmi schém a obrázkov nodov.

V druhej kapitole si autor dizertačnej práce stanovil hlavný cieľ, ako aj parciálne ciele práce. Hlavným cieľom dizertačnej práce je navrhnúť open-source architektúru nového IoT riešenia pre zber senzorických dát a automatizáciu, ktorá pridáva oproti existujúcim systémom špecifické funkcionality. V dizertačnej práci sa detailne zamerá na šesť výskumných problémov v oblasti IoT, menovite podpore off-line pravidiel a logovaniu udalostí v bráne, synchronizácii času medzi IoTIM a bránami, získavaniu dát v reálnom čase, edge computingu a perzistencii dát z externých zdrojov. Autor správne nastavil a vytvoril výskumné ciele, ako aj vytvorenie podrobnej metodiky výskumu dizertačnej práce.

V tretej kapitole sa autor venuje literárnej rešerši a sa zamerá hlavne na analýzu súčasných IoT platforiem, definuje základné pojmy a poukazuje na rôzne možnosti v oblasti IoT v kontexte riešených výskumných problémov. Veľmi pozitívne hodnotím množstvo použitej odbornej literatúry, viac ako 200 zdrojov domácej a zahraničnej literatúry. Napriek tomu,

autor v analýze súčasného stavu v niektorých častiach opisoval iba lexikálne znalosti z danej oblasti a nerozpracoval respektíve neurobil analýzu súčasného stavu s renomovanými autormi pôsobiacimi v danej oblasti, neurobil kritický rozbor a porovnanie súvisiacich tém. Oceňujem rozpracovanie výskumných problémov v oblasti IoT a analýzu existujúcich riešení z hľadiska výskumných problémov na komerčnej báze ako aj open-source.

V ďalších kapitolách dizertačnej práce sa autor venuje komplexnému návrhu nového riešenia fyzickej architektúry, dátovým modelom, návrhu IoTIM, návrhu subsystému, nodov ako aj licenčným podmienkam aplikácií. Následne aplikuje a implementuje IoT middleware, nový subsystém a nody, ktoré sú koncové hardvérové prvky (senzory, aktuátory) najnižšou vrstvou nového riešenia. Oceňujem množstvo vytvorených dielčích prác, ktoré zapadajú a tvoria komplexný systém IoT riešenia pre zber senzorických dát. Výsledky výskumu a splnenie cieľov dizertačnej práce potvrdzujú aj úspešné nasadenia a implementácie riešení vo výskumných projektoch (Smart Furniture, Healthy Aging in Industrial Environment, GAMA2 Covid, SmartLab, CHOPN, atď.). Na výsledky výskumu poukazuje aj tabuľka 8.1, kde sú jasne zobrazené vlastnosti rôznych IoT platforiem a vlastného riešenia. V diskusii a v závere autor zhrnul výsledky jeho výskumu, vyhodnotil jednotlivé experimenty a vyhodnotil závery k stanoveným cieľom. Ciele dizertačnej práce boli splnené v plnej miere.

Po formálnej stránke je práca precízne spracovaná, obsahuje iba menej závažné chyby, preklepy, ktoré ale neznižujú celkovú úroveň predkladanej práce.

Kladne hodnotím autorovu publikačnú a projektovú činnosť. Vytvoril 12 indexovaných publikácií a prezentoval na rôznych medzinárodných konferenciách indexovaných v databáze WoS a Scopus z danej problematiky. Autorovi sa podarilo odpublikovať svoje výsledky v časopiseckom výstupe s nenulovým impaktfaktorom (IF: 3.275), čo hodnotím veľmi pozitívne. Autor má v indexovaných databázach WoS 9 záznamov s 3 citáciami (bez autocitácií) a v Scopuse 11 záznamov s 5 citáciami (bez autocitácií). Výskumná činnosť autora bola podporená 17 projektmi, kde bol spoluriešiteľom.

#### **Otázky:**

1. Pri prenose dát je veľmi dôležitá ich bezpečnosť. Ako je zabezpečená bezpečnosť dát pri vašom navrhovanom systéme?
2. Pri automatickom (autonómnom) riadení pomocou spätnej väzby je veľmi dôležitá odozva a rýchlosť spracovania nameraných dát zo sensorov. Aká musí byť vzorkovacia frekvencia, rýchlosť a spracovanie nameraných dát pri meraní rôznych fyzikálnych veličín?

3. V kapitole 8.3.2 na str. 122 spomínate výskum so smart náramkami (FitBit) a spracovanie surových dát. Akým spôsobom ste získavali dáta zo smart náramkov a ako ste ich spracovávali (real-time) ?

**Záver:**

Predložená dizertačná práca je aktuálna a náročnosť zadanej témy nie je triviálna. Autor dizertačnej práce definoval ciele svojej práce a zorientoval sa v danej problematike predovšetkým použitím veľkého množstva domácich a zahraničných bibliografických zdrojov. Vhodne zvolil a spracoval jednotlivé metódy riešenej problematiky. Ciele dizertačnej práce boli naformulované zreteľne a konštatujem, že boli splnené v plnej miere. Rozsah a úroveň dosiahnutých výsledkov je na vysokej úrovni. Navrhnuté riešenia je možné použiť aj v odbornej praxi.

Prínos dizertačnej práce vidím v návrhu a implementácii architektúry nového riešenia IoT platformy, ktorá rieši synchronizáciu času v systémoch, protokolovanie brán, poskytovanie dát v reálnom čase, edge computing, atď.

Dizertačná práca svojim obsahom a formou spracovania spĺňa podmienky kladené na tento druh práce a v tomto zmysle prácu

**odporúčam**

k obhajobe a po jej úspešnom priebehu navrhujem, aby Ing. Janovi Štěpánovi bola udelená vedecko-akademická hodnosť „philosophiae doctor“ Ph.D., v študijnom programe doktorandského štúdia Aplikovaná informatika, Katedry informačných technológií, Fakulty informatiky a managementu UHK v Hradci Králové.



Doc. Ing. Zoltán Balogh, PhD.

V Nitre, 14.06. 2021

Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre