

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**Operačné systémy a riešenia poskytujúce Edge computing**

**2020**

**Ing. Lukáš Beňo**

# Obsah

Úvod.....	1
1 Operačné systémy pre IoT .....	2
1.1 Linux.....	2
1.2 Windows IoT Core a Enterprise .....	2
1.3 Amazon FreeRTOS .....	3
2 Analýza súčasného stavu .....	5
2.1 Siemens MindSphere.....	5
2.2 Amazon Web Services IoT.....	6
2.3 Azure IoT.....	7
Záver.....	8
Zdroje .....	9

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Siemens MindSphere architektúra .....	5
Obr. 2 AWS IoT architektúra .....	6
Obr. 3 Azure IoT architektúra .....	7

## Zoznam tabuliek

Tab. 1 Porovnanie Windows 10 IoT Core a Enterprise .....	3
--	---

## Zoznam skratiek a značiek

<b>IoT</b>	Internet vecí ( <i>Internet of Things</i> )
<b>IIoT</b>	Primyslený internet vecí ( <i>Industrial Internet of Things</i> )

# Úvod

Rozmach informačných technológií preniesol aj veľké množstvo dát, ktoré je nutné preniesť a následne spracovať. So spracovaním dát nám pomáhajú technológie ako Cloud, Fog a Edge computing. Technológie Fog a Edge computing umožňujú spracovávať veľké množstvá informácií a vykonávať rozhodnutia bližšie ku koncovým zariadeniam. Naopak Cloud computing slúži na centrálné spracovanie informácií a zložitejšie operácie nad dátami. Medzi najväčších poskytovateľov daných technológií sa radia spoločnosti ako Microsoft, Amazon a Siemens. Práca sa venuje prehľadu súčasných systémov umožňujúcich Edge computing.

# 1 Operačné systémy pre IoT

Operačný systém je program, ktorý sa spúšťa pri štarte zariadenia a spravuje komunikáciu medzi vašim softvérom a hardvérom. Programy komunikujú s operačným systémom pomocou programového rozhrania API. Okrem toho môže používateľ priamo komunikovať s operačným systémom pomocou používateľského rozhrania. Pod pojmom používateľské rozhranie sa chápe príkazový riadok alebo grafické používateľské prostredie [1].

## 1.1 Linux

Linux je operačný systém, ktorý je distribuovaný pod licenciou open-source a je riadený štyrmi základnými pravidlami [1]:

- Sloboda spustiť program na akýkoľvek účel
- Sloboda sledovať ako program funguje, a zmeniť ho tak, aby urobil to, čo si prajete.
- Sloboda rozširovať kópie softvéru.
- Sloboda distribúcie kópií vášho softvéru upraveného iným používateľom.

Linux dokážeme bežať na počítačoch, serveroch, vstavaných systémoch, jednodoskových počítačoch a mnohých ďalších rôznych zariadeniach. Taktiež podporuje veľké množstvo architektúr, ako napríklad ARM, x64, x84 a Texas Instruments TMS320. Medzi najpopulárnejšie verzie Linuxu patrí [1]:

- Ubuntu Linux
- Fedora
- Debian
- Red Hat Enterprise Linux
- Ubuntu Server
- Ubuntu Mate

## 1.2 Windows IoT Core a Enterprise

Windows IoT Core je členom rodiny Windows 10, ktorá prináša výkon, bezpečnosť a manažovanie pre IoT. Ponúka možnosť využívať celý ekosystém vybudovaný okolo Windows 10, t. j. aj cloud konektivitu. Windows IoT Core je verzia operačného systému Windows10, ktorá je optimalizovaná pre menšie zariadenia a je bezplatná. Podporovaná architektúra je ARM a x86/x64 [1]. Microsoft taktiež ponúka aj priemyselnú verziu Windows

10 IoT, ktorá nesie názov Windows 10 IoT Enterprise. V nasledujúcej tabuľke je možné vidieť porovnanie medzi Windows 10 IoT Core a Enterprise [2].

	Windows 10 IoT Core	Windows 10 IoT Enterprise
<b>Užívateľská skúsenosť</b>	Jedna UWP aplikácia v popredí s podporou aplikácií a služieb na pozadí.	Tradičný Windows Shell s rozšírenými funkciami uzamknutia
<b>Softvér schopný pracovať na zariadení bez nutnosti grafického používateľského rozhrania.</b>	Áno	
<b>Podporovaná architektúra aplikácií</b>	Iba UWP UI	Plná podpora Windows UI (ako UWP, WinForms, atď.)
<b>Cortana</b>	Cortana SDK	Áno
<b>Manažment</b>	MDM	
<b>Technológie zabezpečenia zariadenia</b>	TPM, Secure Boot, BitLocker, Device Guard, a Device Health Attestation	
<b>Podporovaná architektúra CPU</b>	x86, x64, a ARM	x86 and x64
<b>Scenáre použitia</b>	Inteligentné budovy, IoT brány, HMI, inteligentné domy	Priemyselné riešenia, medicínske pomôcky, IoT brány, bankomaty

Tab. 1 Porovnanie Windows 10 IoT Core a Enterprise

### 1.3 Amazon FreeRTOS

FreeRTOS je otvorený operačný systém pre mikrokontroléry, ktorý uľahčuje programovanie, nasadenie, zabezpečenie, pripojenie a správu malých zariadení s nízkou spotrebou energie. FreeRTOS je distribuovaný voľne pod licenciou MIT open source, obsahuje jadro a rastúcu sadu softvérových knižníc vhodných na použitie v priemyselných odvetviach a aplikáciách. FreeRTOS zahŕňa bezpečné pripojenie zariadení s nízkou spotrebou energie k

cloudovým službám AWS, ako je AWS IoT Core alebo k výkonnejším Edge zariadeniam so systémom AWS IoT Greengrass. FreeRTOS je postavený s dôrazom na spoľahlivosť a ľahké použitie [3].

Ďalšie operačné systémy pre IoT sú:

- Apache Mynewt
- Contiki
- Nucleus RTOS
- TinyOS
- Android Things
- Siemens MindSphere

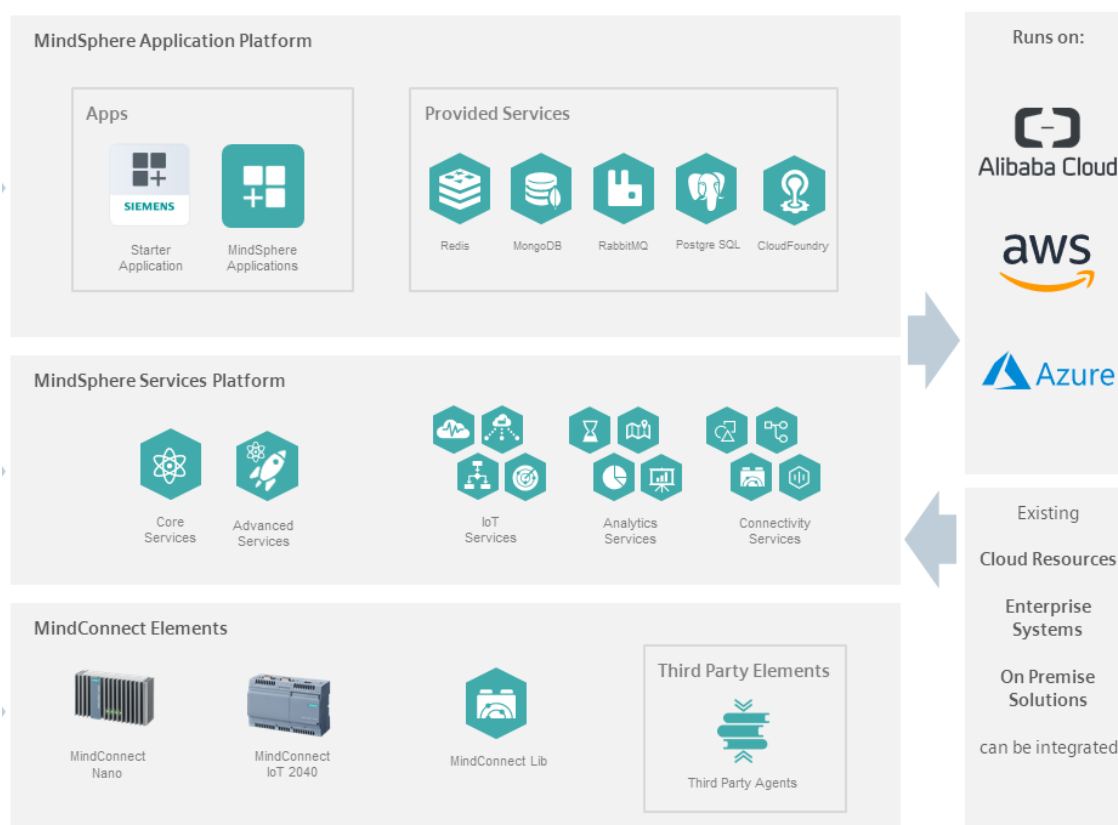
## 2 Analýza súčasného stavu

Nasledujúca kapitola ponúka prehľad vybraných riešení využívajúcich technológiu Edge computing-u.

### 2.1 Siemens MindSphere

MindSphere je otvorený operačný systém pre IoT založený na cloud-e vytvorený spoločnosťou Siemens. Umožňuje zbierať údaje v reálnom čase a pristupovať k nim prostredníctvom ľubovoľného webového prehľadávača. Jeho jadro tvoria tri základne vrstvy (Obr. 1) [4]:

- *Aplikačná platforma MindSphere (MindSphere Application Platform)* – poskytuje možnosť na hostovanie vytvorených aplikácií užívateľmi, odkiaľ si ich zákazníci môžu stiahnuť. Jej súčasťou sú aj aplikácie dodávané spoločnosťou Siemens. MindSphere využíva cloud-ové platformy ako AWS, Azure a Alibaba.



Obr. 1 Siemens MindSphere architektúra

- *Platforma služieb MindSphere (MindSphere Services Platform)* – ponúka rôzne IoT a analytické služby, ktoré sú dostupné zvonka pre užívateľov prostredníctvom APIs. Vďaka tomu je ich možné využiť aj v riešeníach, ktoré už existujú.

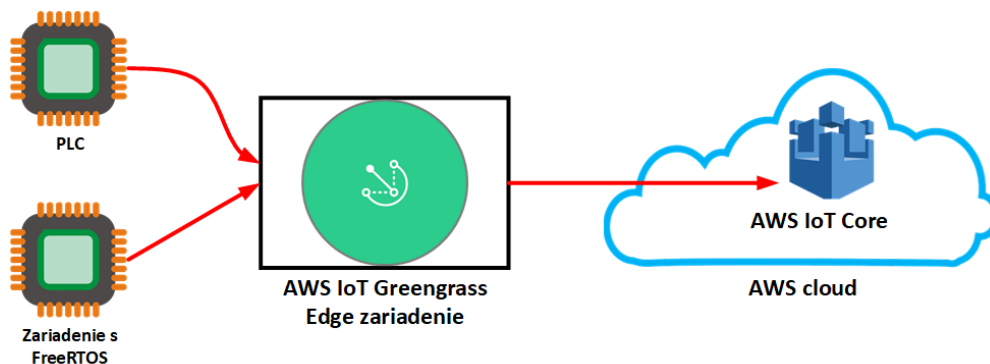


- *MindConnect* – je hardvér typu „*plug and play*“, do ktorého je možné pripojiť zariadenia, ktoré následne dokážu potom komunikovať s MindSphere. Hardvér, kde je nasadený MindConnect, môže byť doplnený o *Industrial Edge Runtime*. Industrial Edge Runtime, ako už názov napovedá, prináša Edge computing na koncové zariadenie. Industrial Edge runtime využíva operačný systém Linux, je plne kontajnerizovaný a umožňuje nasadzovanie rôznych aplikácií z MindSphere priamo na koncové zariadenie, t.j. odpadá nutnosť posielat’ údaje na spracovanie do cloud-u [5].

## 2.2 Amazon Web Services IoT

Amazon Web Services IoT ponúka služby pre priemyselné, spotrebiteľské a komerčné riešenia. AWS IoT je postavený na bezpečnej a overenej cloudovej infraštruktúre a medzi jeho hlavné IoT prvky (Obr. 2) možno zaradiť [6]:

- *FreeRTOS* - je operačný systém pre mikrokontroléry, ktorý uľahčuje programovanie, nasadenie, zabezpečenie, pripojenie a správu malých zariadení s nízkou spotrebou energie. Vid’ viac v kapitole o Amazon FreeRTOS.
- *AWS IoT Greengrass* - je softvér, ktorý prináša AWS na Edge zariadenia. Umožňuje lokálne vykonávať rôzne výpočty, simulácie, preposielat’ správy medzi jednotlivými pripojenými zariadeniami. Pri AWS IoT Greengrass je potrebné spomenúť aj podporu pre Docker image od konca minulého roka [7]. V
- *AWS IoT Core* - je platforma, ktorá umožňuje pripojiť IoT zariadenia ku službám v AWS cloud-e, a zároveň umožňuje komunikáciu s inými pripojenými zariadeniami do cloud-u.
- *AWS IoT Device Management* - zabezpečuje organizáciu, monitorovanie a vzdialenú správu IoT zariadení.

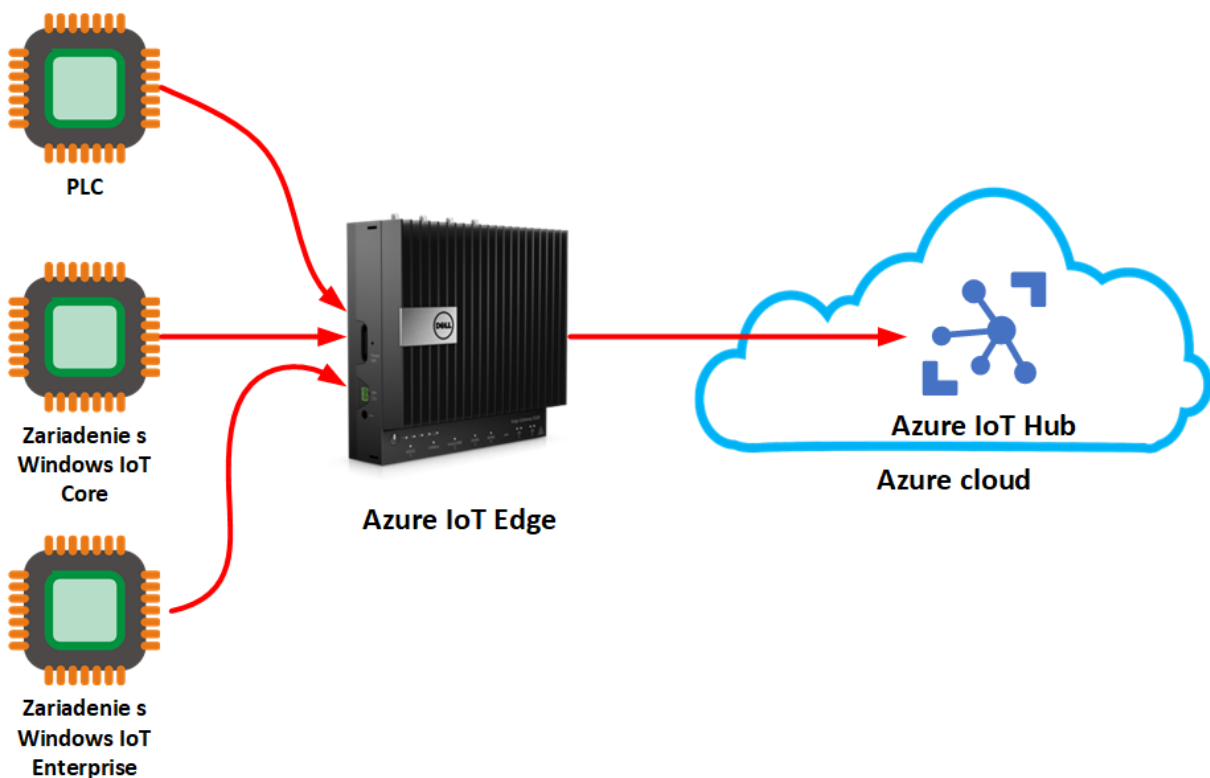


Obr. 2 AWS IoT architektúra

## 2.3 Azure IoT

Komplexné portfólio služieb Azure IoT ponúka rýchle vytváranie a nasadenie bezpečných a škálovateľných aplikácií internetu vecí. Azure IoT si našlo uplatnenie v oblastiach automobilového priemyslu, doprave, logistike, maloobchodoch, zdravotnej starostlivosti, energetickom priemysle a diskrétnych výrobných procesoch. Jeho podstatu tvoria nasledovné komponenty (Obr. 3):

- *Azure IoT Hub* - je otvorená cloud-ová platforma, ktorá umožňuje pripojenie, monitorovanie, autentifikáciu a automatizáciu prakticky akéhokoľvek IoT zariadení. Azure IoT Hub ponúka bezpečnú a spoľahlivú komunikáciu medzi IoT aplikáciami a zariadeniami, ktoré spravuje. Taktiež ponúka prístup k službám (Strojové učenie, databázy, kognitívnych funkcie a mnoho iného) ktoré sa nachádzajú v Azure cloud-e [8].
- *Azure IoT Edge* - prináša inteligenciu z cloud-u na Edge zariadenia. Vid' viac v kapitole o Azure IoT Edge.
- *Windows IoT Core a Enterprise* – sú verzie operačného systému Windows10 optimalizované pre menšie zariadenia – mikrokontroléry. Vid' viac v kapitole o Windows IoT Core a Enterprise.



Obr. 3 Azure IoT architektúra

## Záver

Popularita IoT a IIoT narastá a v budúcnosti bude musieť čeliť tejto výzve väčšina spoločností. Prvá časť práce opisovala operačné systémy, ktoré je možné nasadiť na Edge zariadenia, kde by mohol následne prebiehať Edge computing. Ako najperspektívnejší operačný systém sa javí Linux, ktorý je už vo veľkom využitý v priemyselnom prostredí, a ponúka stabilitu a veľkú komunitu za ním.

Druhá časť práce je venovaná IoT riešeniam, ktoré prinášajú Edge computing na koncové zariadenia. Medzi najväčších poskytovateľov patrí Microsoft s Azure IoT, Siemens s MindSphere and Amazon s Amazon Web Services IoT. Na základe analýzy a osobnej skúsenosti sa javí riešenie Azure IoT ako najvhodnejšie, nakoľko Microsoft ponúka vlastný operačný systém, vývojový framework .NET Core a vývoje nástroje pre tvorbu IoT aplikácií pre Edge zariadenia. Taktiež aj v cloud-e ponúka veľké množstvo kognitívnych servisov, ako je napríklad servis pre prevod reči na text, ktorý je možné nasadiť na koncové Edge zariadenie. Súčasťou cloud-u je aj veľký počet knižníc strojového učenia, ktoré je možné využiť na hľadanie chýb a anomálií v dátach zo zariadenia a predikovať, či nehrozí chyba v zariadení. Riešenie Azure IoT využíva kontajneri pre beh aplikácií na Edge zariadení.

## Zdroje

- [1] L. Beno. (*Aplikácia pre Internet of Things*), Diplomová práca, Fakulta elektrotechniky a informačných technológií, Slovenská technická univerzita., Bratislava, 2018.
- [2] Docs.microsoft.com, '*An overview of Windows 10 IoT*'. [on-line]. [cit: 2019-17-8]. Dostupné na: <<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/iot-core/windows-iot>>
- [3] Aws.amazon.com, '*FreeRTOS*'. [on-line]. [cit: 2019-17-9]. Dostupné na: <<https://aws.amazon.com/freertos>>
- [4] Developer.mindsphere.io, '*MindSphere Architecture*'. [on-line]. [cit: 2020-20-4]. Dostupné na: <<https://developer.mindsphere.io/concepts/concept-architecture.html>>
- [5] Developer.mindsphere.io, '*Industrial Edge, the SIEMENS Edge Computing Platform*'. [on-line]. [cit: 2020-20-4]. Dostupné na: <<https://documentation.mindsphere.io/resources/html/industrial-edge/en-US/user-docu/industrialedge.html>>
- [6] Aws.amazon.com, '*AWS IoT*'. [on-line]. [cit: 2020-25-4]. Dostupné na: <<https://aws.amazon.com/iot/>>
- [7] Aws.amazon.com, '*AWS IoT Greengrass 1.10 provides support for Docker containers and management of data streams*'. [on-line]. [cit: 2020-25-4]. Dostupné na: <<https://aws.amazon.com/about-aws/whats-new/2019/11/aws-iot-greengrass-supports-docker-containers-management-data-streams/>>
- [8] Azure.microsoft.com, '*Azure IoT Hub*'. [on-line]. [cit: 2020-10-5]. Dostupné na: <<https://azure.microsoft.com/en-us/services/iot-hub/>>