

Slovenská technická univerzita v Bratislave  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

# **Internet vecí a cloud**

**Učebný text**

2023

Ing. Filip Žemla, PhD.

# 1. Internet of Things - IoT

Internet of Things, alebo vo voľnom preklade Internet vecí, ďalej uvádzaný ako IoT, môžeme definovať ako vzájomné prepojenie digitálnych, výpočtových zariadení, či mechanických strojov, zvierat, ľudí a predmetov vybavených určitými identifikátormi (UID), ktoré však majú schopnosť prenosu dát bez potreby ľudskej interakcie [1, 2].

Vecou na IoT môžeme nazvať zviera s čipom, alebo osobu so srdcovým implantátom, teda v podstate čokoľvek čomu sa dá priradiť IP adresa so schopnosťou prenosu dát prostredníctvom siete [1, 2, 3].



Obr. 1 Štruktúra internetu vecí. Podľa [4]

Ekosystém internetu vecí je tvorený najmä z inteligentných zariadení, podporujúcich web a využívajúcich vstavané systémy z rôznych miest, ako sú napríklad senzory, procesory či hardvér určený na komunikáciu, zhromažďovanie a odosielanie údajov, Obr. 1. Spomínané zariadenia zdieľajú údaje zo senzorov a následne ich zhromažďujú vďaka pripojeniu, buď k bráne internetu vecí, alebo k inému zariadeniu a získané údaje tak odosielajú na cloud. Tieto zariadenia fungujú samostatne a na väčšiu časť práce nepotrebujú ľudský zásah. Ľudia však môžu naďalej so zariadením

interagovať, napríklad nastavovať ho a pristupovať k údajom. Komunikačné či sieťové protokoly a konektivita používaná s týmito zariadeniami závisí od konkrétnych aplikácií IoT. Internet vecí môže využívať umelú inteligenciu (AI) a strojové učenie, ktoré pomáha zjednodušiť proces zhromažďovania údajov. Poznáme viacero protokolov a technológií využívaných v IoT, napr. [1, 3]:

- **IPv6** je protokol sieťovej vrstvy (vrstva 3 modelu OSI) v rámci rodiny internetových protokolov, ktorý poskytuje 128-bitové adresovanie (IPv4 len 32-bitové adresy) príslušných sieťových prvkov (počítače alebo smerovače). Je to otvorený štandard definovaný organizáciou Internet Engineering Task Force (IETF). IPv6 má esenciálny význam pre očakávané obrovské množstvo pripojení uzlov v rámci rozvoja IoT. Umožní, aby každý uzol mal svoju jedinečnú globálnu adresu (princíp komunikácie end to end). Predpokladá sa, že IPv6 postupne nahradí IPv4.

#### *Štandardné protokoly pre výmenu dát v IoT: MQTT, CoAP, AMQP :*

Na komunikáciu medzi piatou a siedmou vrstvou v zásobníku OSI - alebo aplikačnou vrstvou v zásobníku TCP/IP - je v zásade vhodný protokol HTTP, ktorý je zavedený v štandardnom internete. Najmä z hľadiska energetickej účinnosti sú však vhodnejšie iné protokoly. V praxi sa v súčasnosti používajú najmä tieto protokoly:

- **Message Queuing Telemetry Transport (MQTT):** MQTT bol vytvorený v roku 1999 ako súčasť midlvéru IBM MQ a pevne sa etabloval ako prenosový protokol vo svete internetu vecí. Podporuje to aj fakt, že všetky bežné IoT platformy obsahujú rozhranie na prenos dát pomocou MQTT. Protokol je určený pre obmedzené zariadenia v nespoľahlivých sieťach s nízkou šírkou pásma a vysokou latenciou.
- **Constrained Application Protocol (CoAP)** je protokol navrhnutý IETF. Špecifikuje spôsob ako môžu zariadenia s nízkou spotrebou a obmedzenými výpočtovými prostriedkami fungovať na internete vecí. CoAP je technicky založený na HTTP, no vďaka subštruktúre UDP je okrem iného výrazne ľahší, a preto sa lepšie hodí pre IoT riešenia. Ako je bežné pri HTTP API, CoAP používa rozhrania a metódy podobné REST, ako sú GET a POST. CoAP podporuje synchronnú aj asynchronnú komunikáciu a umožňuje, aby boli externé zdroje informované o zmenách – porovnateľné s „Observer Pattern“ pri programovaní. Vďaka podpore multicastu je možné jednotlivé správy posielat' aj celým skupinám klientov.

- **Advanced Message Queuing Protocol (AMQP)** je open source publikovaný protokol pre asynchrónne posielanie správ po drôte. AMQP umožňuje šifrované a interoperabilné zasielanie správ medzi organizáciami a aplikáciami. Protokol sa využíva najmä pri odosielaní správ vo vzťahu klient-server a pri správe zariadení internetu vecí. AMQP je asynchrónny protokol frontu správ, ktorý je teraz certifikovaný ISO (ISO 19464). V porovnaní s už spomínanými protokolmi je výrazne zložitejší

***Bezdrôtové protokoly: LoRaWAN, ZigBee, Sigfox, LTE-M, WiFi HaLow***

- **Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)** je protokol určený pre siete LP WAN a navrhnutý na podporu veľkých sietí, ako sú napríklad inteligentné mestá, s miliónmi zariadení a nízkou spotrebou energie.
- **ZigBee** je technológia pre bezdrôtovú sieť s nízkou spotrebou energie a nízkou rýchlosťou prenosu dát. Využíva sa hlavne v priemyselnom prostredí a je založená na štandarde Inštitútu elektrických a elektronických inžinierov (IEEE) 802.15.4.A

***A ďalšie:***

- **LiteOS** je operačný systém (OS), ktorý je podobný Unixu pre jeho bezdrôtové senzorové siete. LiteOS podporuje smartfóny, nositeľné zariadenia, inteligentné výrobné aplikácie, inteligentné domácnosti a internet vozidiel (IoV).
- **OneM2M** je servisná vrstva stroj-stroj. Môže byť zabudovaná do softvéru a hardvéru na pripojenie zariadení.

Ktorý protokol je vhodný pre príslušný projekt? Pri výbere sa berú do úvahy rôzne kritériá. Systémy internetu vecí sú o vyvážení požiadaviek na zdroje na jednej strane a spoľahlivosti, latencie a šírky pásma na strane druhej. Aj keď rozdielne protokoly na jednotlivom zariadení spôsobujú len malý rozdiel v spotrebe energie, úspory sú zreteľne viditeľné, keď sú v systéme tisíce alebo dokonca desaťtisíce prenosových bodov.

Internet vecí považujeme v dnešnej dobe za veľmi rozsiahly a neustále rastie. Vo svete však existuje viacero internetom prepojených vecí než ľudí. V tabuľke je možné pozorovať vývoj internetu vecí v rozmedzí troch rokov. Analytici zo spoločnosti International Data Corporation predpokladajú, že v roku 2025 celkovo pripojených zariadení dosiahne až 41,6 miliárd [1, 5].

Segment	2018	2019	2020
Komunálne zariadenia	0.98	1.17	1.37
Vláda	0.4	0.53	0.7
Automatizácia budov	0.23	0.31	0.44
Bezpečnosť	0.83	0.95	1.09
Výroba a prírodné zdroje	0.33	0.4	0.49
Automobily	0.27	0.36	0.47
Zdravotníctvo	0.21	0.28	0.36
Odvetvie predaja	0.29	0.36	0.44
Informačné technológie	0.37	0.37	0.37
Doprava	0.06	0.07	0.08
Spolu	3.96	4.81	5.81

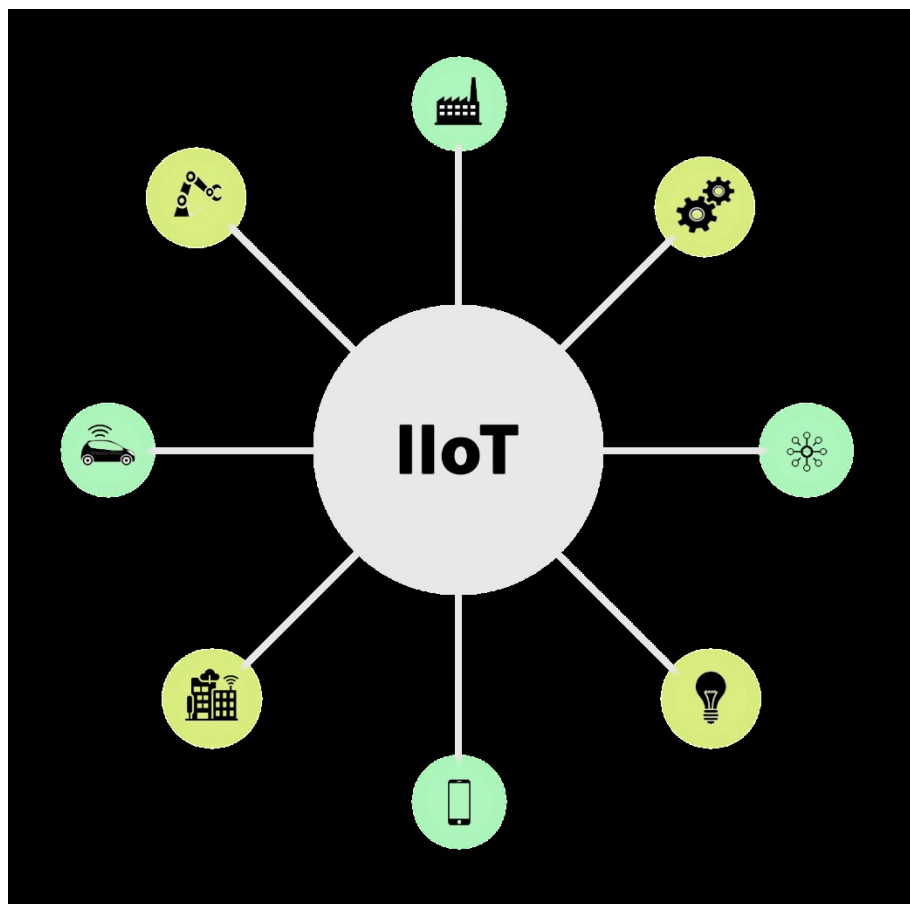
Tabuľka 1 Počet IoT zariadení v jednotlivých rokoch v miliardách [5]

Internet of Things sa v dnešnej dobe používa, ako veľmi široký pojem a zahŕňa veľa technológií v rôznych odvetviach s rozdielnym účelom. IoT je možné rozdeliť do dvoch kategórií na základe použitia rôznych typov zariadení, aplikácií a použitých technológií. Ďalej uvedieme rozdelenie IoT podľa [6]:

- Industrial Internet of Things (IIoT) – priemyselný internet vecí,
- Consumer Internet of Things (CIoT) – spotrebiteľský internet vecí.

## Priemyselný IoT

Zahŕňa prepojenie všetkých inteligentných zariadení, ako napríklad senzory a akčné členy vo výrobnom procese k internetovej sieti, Obr. 2. Zariadenia v takejto sieti dokážu nielen komunikovať medzi sebou v reálnom čase, ale aj zbierať a ukladať dáta, pričom ich analyzujú. Predovšetkým vďaka týmto vlastnostiam je možné využiť vlastnosti IIoT pre zvýšenie efektivity najmä vo výrobe pri zlepšovaní kontroly kvality či ekologickejších postupov, alebo zvýšenie produkcie a zníženie energetickej záťaže [6, 7].



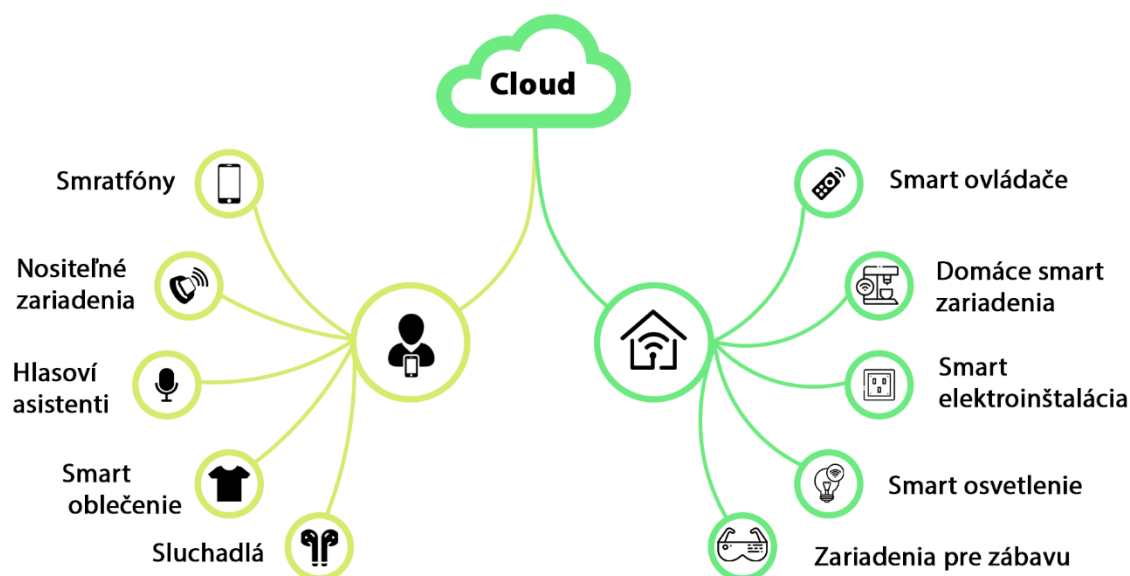
Obr. 2 Odvetvia a aplikácie Industrial IoT [7]

## Spotrebiteľský IoT

Spotrebiteľský internet vecí (CIoT) je možné vidieť v bežnej rutine ľudského života, významnú úlohu tu zohráva využitie smartfónov, pomocou ktorých je možné prostredníctvom aplikácií jednoducho ovládať smart zariadenia. Na rozdiel od IIoT sa veľký dôraz kladie predovšetkým na jednoduchú a rýchlu obsluhu zariadení. CIoT má

spravidla funkcie, ako vzdialené ovládanie zariadení, či sledovanie zdravotných funkcií ľudí alebo automatické ovládanie zariadení, vytvorenie smart domácnosti, využitie hlasového asistenta, sledovanie spotreby zariadení a mnoho ďalších. CIoT môžeme rozdeliť do dvoch kategórií , Obr. 3:

- Osobný internet vecí – smart hodinky, smart okuliare, smartfóny, smart oblečenie
- Smart Home IoT – smart domáce spotrebiče a svietidlá, smart zabezpečenie



Obr. 3 Rozdelenie aplikácií Consumer IoT na osobné (vľavo) a zariadenia pre domácnosť (vpravo)

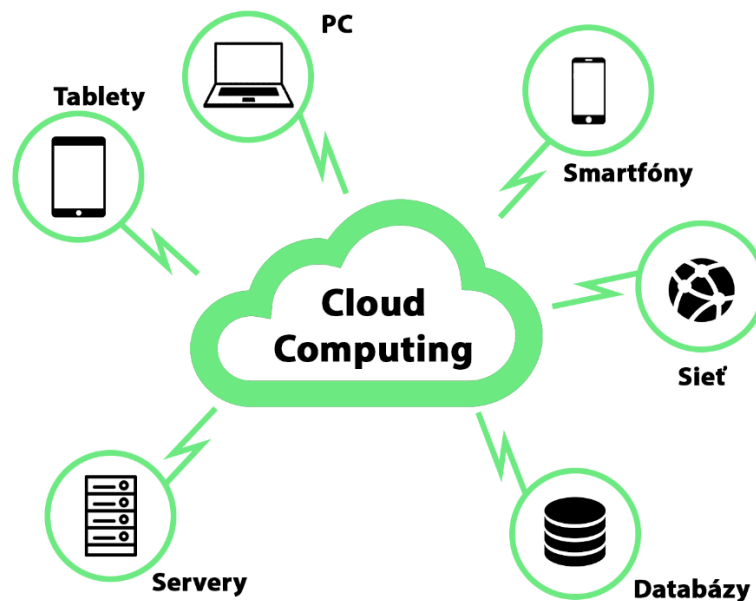
## 2. Cloud computing

Jedna z kľúčových vlastností Industry 4.0 je využitie technológie cloud computing. Ide o technológiu, ktorá využíva internet na ukladanie a spravovanie údajov na vzdialených serveroch. Pomocou tejto technológie sa prístup k údajom poskytuje prostredníctvom internetového pripojenia.

Používatelia cloud computingu však nie sú vlastníkami fyzickej infraštruktúry, len si prenajímajú používanie prostriedkov od tretej strany. Cloudové služby je možné charakterizovať, ako druh samoobsluhy, či široký sieťový prístup s rýchlou elasticitou.

Cloud computing je veľmi úspešný aj vďaka jednoduchosti jeho použitia. Predstavuje nákladovo efektívne riešenie a disponuje funkciami ako napríklad optimálne využitie servera, dynamická škálovateľnosť či virtualizačné techniky a cloudové služby na požiadanie.

Jedným z takýchto príkladov je aj cloud od spoločnosti Google. Ide v podstate o súbor verejných cloudových služieb, ktoré ponúka spoločnosť Google. Vývoj aplikácií sa odohráva na hardvéri Googlu. Medzi takéto aplikácie patrí aj Google Compute Engine, Google Cloud Storage, Google Container Engine a App Engine [10, 11], Obr. 4.



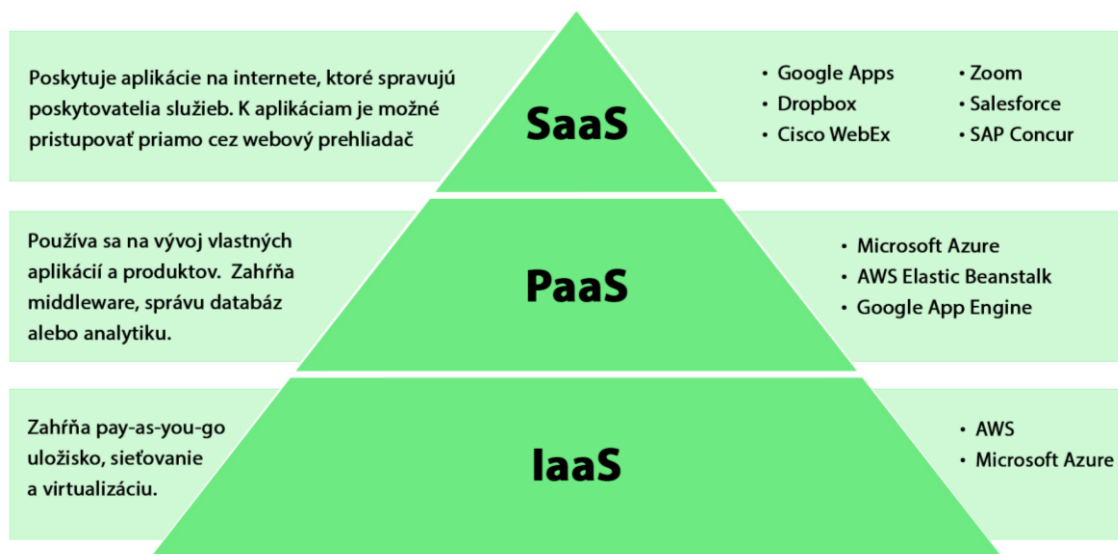
Obr. 4 Cloud computing. [11]

Keďže ide o škálovateľnú službu, je možné rozdeliť ju na tieto základné modely, ktoré ďalej opíšeme, Obr. 5:

**Softvér ako služba (SaaS)**, tiež známy ako cloudové aplikačné služby, je najčastejšie využívanou možnosťou pre podniky na cloudovom trhu. Na poskytovanie aplikácií využíva internet. Tieto aplikácie sú spravované dodávateľom tretej strany. Väčšia časť aplikácií SaaS beží prostredníctvom webového prehliadača. Tieto aplikácie nevyžadujú sťahovanie a ani inštaláciu zo strany klienta, vďaka čomu sa eliminuje potreba sťahovania a inštalovania aplikácií do jednotlivých počítačov. Vďaka SaaS sú predajcovia schopní riešiť potenciálne technické problémy, ako sú napr. dáta, middleware, servery a úložisko, čo dopomáha k zjednodušenej údržbe a podpore pre podnikanie [12, 13]. Príklady SaaS:

- Google Workspace (predtým GSuite)
- Dropbox
- Salesforce
- Cisco WebEx
- SAP Concur





Obr. 5 Cloud computing modely [12]

**Platforma ako služba**, tiež známa aj ako Platform as a Service (**PaaS**). Danému softvéru poskytuje cloudové komponenty, ktoré sú používané najmä pre aplikácie. PaaS zároveň poskytuje vývojárom určitý rámec, na ktorom môžu následne stavať a využívať ho na vytváranie aplikácií prispôbených podľa svojich potrieb. Servery, úložiská a siete je možné spravovať podnikom, alebo poskytovateľom tretej strany, pričom vývojári môžu spravovať samotné aplikácie. Model PaaS je podobný ako SaaS, ale namiesto doručovania softvéru prostredníctvom internetu poskytuje platformu na vytváranie softvéru. Platforma je dodávaná prostredníctvom webu, čo teda vývojárom dáva slobodu v sústredení sa na vytváranie softvéru a nemusia sa zaoberať operačnými systémami, aktualizáciami, úložiskom či infraštruktúrou. Model PaaS umožňuje podnikom navrhovať a vytvárať aplikácie, už vopred zabudované pomocou softvérových komponentov. Takéto aplikácie, nazývané aj ako middleware, sú škálovateľné a vysoko dostupné, keďže preberajú určité cloudové charakteristiky [12, 13].

Výhody:

- Jednoduchý, nákladovo efektívny vývoj a nasadenie aplikácií
- Škálovateľnosť
- Vysoko dostupné
- Vývojári môžu prispôsobiť aplikácie bez starostí s údržbou softvéru
- Výrazné zníženie množstva potrebného kódovania

- Automatizácia obchodnej politiky
- Jednoduchá migrácia na hybridný model

**Infraštruktúra ako služba**, z angl. Infrastructure as a Service (**IaaS**), je zložená z vysoko škálovateľných a automatizovaných výpočtových zdrojov. Ide o plne samoobslužný systém monitorovania a prístupu počítačov, sietí, úložiska a ďalších služieb. IaaS tiež umožňuje nakupovať zdroje podľa potreby bez toho, aby podniky museli kupovať hardvér priamou cestou. IaaS poskytuje infraštruktúru cloud computingu vrátane serverov, operačných systémov, siete a úložiska vďaka virtualizačným technológiám. Cloudové servery sa poskytujú prostredníctvom dashboardu, alebo rozhrania API, vďaka čomu klienti IaaS získajú úplnú kontrolu nad celou infraštruktúrou [12, 13].

IaaS poskytuje rovnaké technológie a možnosti ako tradičné dátové centrum, ale bez fyzického udržiavania a spravovania. Klienti IaaS sú zodpovední za správu rôznych aspektov, ako sú aplikácie, runtime, OS, middleware a údaje, na rozdiel od SaaS a PaaS kde k tomuto klienti prístup nemajú. Poskytovatelia IaaS však spravujú servery, pevné disky, siete, virtualizáciu a úložisko [12, 13].

Výhody:

- Najflexibilnejší model cloud computingu
- Jednoduchá automatizácia nasadenia úložiska, siete, serverov a výpočtového výkonu
- Prostriedky je možné zakúpiť podľa potreby
- Klienti si ponechajú úplnú kontrolu nad svojou infraštruktúrou
- Vysoko škálovateľné

### 3. Cloudové platformy

Pojem cloudová platforma označuje balík aplikácií, služieb, hardvéru a operačného systému servera v internetovom dátovom centre. Cloudová platforma umožňuje organizáciám vytvárať, spravovať, testovať a zálohovať produkty, taktiež ponúka funkciu analýz údajov, prípadne streamovať video a zvuk [14].

V posledných rokoch zaznamenávame zvýšený záujem o cloudové platformy a nárast ich využitia. Vďaka vysokému záujmu vzniklo veľké množstvo cloud platforiem, z ktorých uvádzame 3 najväčšie a najpoužívanejšie.

#### Amazon AWS

Titul lídra cloudových platforiem si zaslúžene privlastnil Amazon Web Services, Obr. 6. AWS bol spustený v roku 2006 ako jedna z prvých služieb na princípe pay-as-you-go, čo je spôsob platby za prenajímanie cloud služieb účtovaných podľa objemu použitia. Amazon Web Services ponúka viac ako 100 služieb v 190 krajinách. Poskytnuté služby môžeme zahrnúť do kategórií [15]:

- Analytický výpočet
- Úložné databázy
- Správa údajov
- Migrácia
- Hybridný cloud
- Tvorba sietí
- Vývojové nástroje
  
- Monitorovanie
- Bezpečnosť
- Riadenie
- Správa veľkých dát
- Analytika
- Umelá inteligencia
- Vývoj mobilných zariadení



Obr. 6 AWS logo [16]

### Microsoft Azure

V poradí druhou cloudovou platformou je Microsoft Azure, poskytovaná gigantom v IT priemysle, Microsoftom, Obr. 7. Hlavným cieľom Azure je pomôcť podnikom zvládať aktuálne technologické výzvy a ľahšie plniť ich organizačné ciele. Ponúka veľké množstvo nástrojov na podporu viacerých odvetví najmä e-obchodu a finančného sektora. Je taktiež kompatibilná s open-source technológiami, čo poskytuje užívateľom flexibilitu pri výbere preferovaných nástrojov a technológií. Microsoft účtuje poplatky podobne ako AWS, teda užívatelia platia za to, čo používajú. Azure sa používa na prenájom výpočtovej sily, hostovanie servera, hostovanie databáz, zálohovanie dát, využitie umelej inteligencie, zdieľanie a testovanie kódu, zabezpečenie serverov a veľa ďalších [17].



Obr. 7 Microsoft Azure logo [18]

### Google Cloud

Tretie miesto obsadzuje Google Cloud od Google, Obr. 8. Google Cloud Platforma ponúka služby pre výpočtovú techniku, úložisko, siete, veľké dáta, strojové učenie a internet vecí, ako aj cloudovú správu, bezpečnosť a nástroje pre vývojárov. Medzi hlavné produkty cloud computingu v rámci platformy Google Cloud Platform patria [19]:

- **Google Compute Engine** je služba, ktorá používateľom poskytuje virtuálne stroje na hostovanie pracovného zaťaženia.

- **Google App Engine** je platforma ako služba, ktorá poskytuje vývojárom softvéru prístup k škálovateľnému hostingu Google. Vývojári môžu tiež použiť súpravu pre vývojárov softvéru ( SDK ) na vývoj softvérových produktov, ktoré bežia na App Engine.
- **Google Cloud Storage** je platforma cloudového úložiska určená na ukladanie veľkých, neštruktúrovaných súborov údajov. Google ponúka možnosť vytvorenia databáz vrátane cloudového úložiska dát pre nerelačné úložisko NoSQL, relačné úložisko Cloud SQL pre MySQL a natívnej databázy Cloud Bigtable od Googlu.
- **Google Container Engine**, čo je systém správy a orchestrácie pre kontajnery Docker, ktorý beží v rámci verejného cloudu Google.



Obr. 8 Google cloud logo [20]

## Zoznam použitej literatúry

- [1] Oracle, *What is IoT?* [online]. Dostupné z: <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/>
- [2] Steve Ranger, *What is the IoT? Everything you need to know about the Internet of Things right now* [online]. Dostupné z: <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/>
- [3] Alexander S. Gillis, *What is internet of things (IoT)?* [online]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>
- [4] Ovgu, *Structure of Internet of Things image* [online]. Dostupné z: [https://www.i40.ovgu.de/i40\\_media/I40\\_Medien/031-height-668-width-1189.png](https://www.i40.ovgu.de/i40_media/I40_Medien/031-height-668-width-1189.png)
- [5] i-scoop, *IoT endpoints: the industries and use cases driving growth* [online], Dostupné z: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/iot-endpoints-2020/>
- [6] i-SCOOP, *Introduction to the Consumer Internet of Things (CIoT)* [online]. Dostupné z: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/what-is-consumer-internet-of-things-ciot/>
- [7] Brien Posey, Linda Rosencrance, Sharon Shea, *Industrial internet of things (IIoT)* [online]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>
- [8] Amantya, *Consumer IoT* [online]. Dostupné z: <https://amantiatech.com/consumer-iot-what-it-is-prominent-use-cases/>
- [9] Reply, *What is Consumer IoT?* [online]. Dostupné z: <https://www.reply.com/en/topics/internet-of-things/the-evolution-of-the-consumer-internet-of-things>
- [10] Educba, *Cloud Computing Tutorial* [online]. Dostupné z: <https://www.educba.com/data-science/data-science-tutorials/cloud-computing-tutorial/>
- [11] Cxoworldwide, *Cloud Computing in Enterprises – What’s the Reality?* [online]. Dostupné z: <https://cxoworldwide.com/cloud-computing-in-enterprises-whats-the-reality/>
- [12] James Edmondson, *SaaS vs PaaS vs IaaS: Which cloud service is right for your business?* [online]. Dostupné z: <https://www.businesstechweekly.com/operational-efficiency/cloud-computing/saas-vs-paas-vs-iaas/>
- [13] Stephen Watts, Muhammad Raza, *SaaS vs PaaS vs IaaS: What’s The Difference & How To Choose* [online]. Dostupné z: <https://www.bmc.com/blogs/saas-vs-paas-vs-iaas-whats-the-difference-and-how-to-choose/#ref1>
- [14] Corine Bernstein, Kate Brush, Alexander S. Gillis, *MQTT (MQ Telemetry Transport)* [online]. Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/MQTT-MQ-Telemetry-Transport>
- [15] Robotyka.net.pl, *MQTT protocol image* [online]. Dostupné z: [https://www.robotyka.net.pl/wp-content/uploads/mqtt\\_en.png](https://www.robotyka.net.pl/wp-content/uploads/mqtt_en.png)
- [16] Alexander S. Gillis, *Amazon Web Services (AWS)* [online]. Dostupné z: <https://searchaws.techtarget.com/definition/Amazon-Web-Services>
- [17] Zaratech, *AWS logo* [online]. Dostupné z: <https://www.zarantech.com/blog/wp-content/uploads/2019/03/aws-logo.png>
- [18] Stephen J. Bigelow, *Microsoft Azure* [online]. Dostupné z: <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Windows-Azure>
- [19] Switchautomation, *Microsoft Azure logo* [online]. Dostupné z: [https://www.switchautomation.com/wp-content/uploads/2021/06/Microsoft\\_Azure-Logo.wine\\_.png](https://www.switchautomation.com/wp-content/uploads/2021/06/Microsoft_Azure-Logo.wine_.png)
- [20] Stephen J. Bigelow, *Google Cloud Platform (GCP)* [online]. Dostupné z: <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/Google-Cloud-Platform>