

Mobilné siete

Mobilné siete sú dnes základom modernej komunikácie, umožňujú nám bezdrôtové pripojenie na internet a komunikáciu kdekoľvek na svete. Ich história sa začína s prvou generáciou (1G) v 80. rokoch, keď boli mobilné telefóny schopné len jednoduchých hovorov. 2G priniesla digitalizáciu a nové možnosti ako SMS správy a lepšiu kvalitu hovorov. Následne 3G sprístupnilo mobilný internet, umožňujúc multimediálne funkcie ako streamovanie a pripojenie na internet. S 4G sa rýchlosti dátových prenosov výrazne zvýšili, čo umožnilo rýchlejšie sťahovanie a plynulé streamovanie videí vo vysokom rozlíšení. Najnovšia generácia, 5G, je momentálne implementovaná po celom svete a prináša výrazné zlepšenia, ako nízku latenciu a vysokú kapacitu na podporu aplikácií internetu vecí (IoT), autonómnych vozidiel a inteligentných miest.

Začiatok vývoja rádiotechniky a prvých bezdrôtových prenosov začal na prelome 19. storočia. Zaslúžili sa o to mnohí bádatelia, vedci a priekopníci, ktorí postupne teóriu elektromagnetizmu (M. Faraday) v rokoch 1831-1840 a teóriu elektromagnetického poľa (J.C. Maxwell) z roku 1864 preniesli postupne do praxe. Prvé pokusy prenosu rádiových vln uskutočnil pravdepodobne M. Loomis v r.1865 v USA, neskôr v roku 1879 anglický bádateľ E. Hughes, ktorý vyslal a prijal signály pomocou rádiových vln a v roku 1888 nemecký vedec H. Hertz, ktorý vykonal dôležité pokusy dokazujúce existenciu elektromagnetických vln. O prvenstvo rádiových prenosov a tým súvisiaceho aj vynálezu rádia sa uchádzalo mnoho ďalších tvorcov. Mnohí z nich vynášali dôležité rádiotechnické prvky. Boli to vedci ako T.C. Onesti, O. Dodge, E. Branly a mnohí ďalší vedci a bádatelia, ktorí prispeli k vývoju rádiovej techniky a bezdrôtových prenosov. Veľkú zásluhu na praktickom využití rádiových prenosov mal vynálezca G. Marconi, ktorý v roku 1901, ktorý uskutočnil prenos rádiového signálu cez Atlantický oceán. Významný prelom vývoja rádiových sietí nastal v roku 1905, keď vynálezca J. Murgaš, rodák zo Slovenska, uskutočnil v USA rádiový prenos modulovaného signálu a reči prostredníctvom svojho vynálezu Tón-Systému. Vývoj sa však nezastavil, prišla éra elektronických prvkov akými bola dióda, trióda a ďalšie prvky. Neskôr prišla éra polovodičových prvkov, tranzistorov, integrovaných obvodov. Z analógovej doby sme sa prekopili do digitálnej. To všetko malo vplyv na rozvoj rádiových prístupových sietí a mobilných sietí.

Stručný prehľad vývoja rádiových prenosov

Elektromechanická éra

- **1896 A. S. Popov** – 1. bezdrôtový prenos Morseových signálov na 200 m, Petrohrad
- **1896 N. Tesla** – 1. bezdrôtový prenos energie v USA nad zemou na vzdialenosť 48 km
- **1896 A. Slaby-Arco** -1.rádiová linka nad zemou v Nemecku na vzdialenosť 21 km
- **1900 G. Marconi** – 1. bezdrôtové telegramy z lodí USA, (Anglicko r.1897 prvý rádiový prenos signálu nad morom 14 km)

- **1905 J. Murgaš** – 1. bezdrôtový prenos správ nad zemou prostredníctvom Tón systému (modulovaný signál- patent) a modulovaný prenos signálu ľudskej reči v USA (nepatentovaný)

Elektronická analógová éra

- **Predcelulárna éra** 1921, Detroit -USA, 1 jednosmerný kanál, nosná frekvencia 2 MHz, r = 30 km
- **Celulárna éra** Bell System Lab. r. 1946 , St. Luis -USA, 3 kanály vo frekvenčnom pásme 150 MHz, obojsmerné kanály v rozsahu 30-40 MHz,
- **0G** - IMTS r.1965, Improved Mobile Telephone Services s jedným vysoko výkonovým vysielačom, ktorý pokrýval určité územie vo frekvenčnom pásme 800 MHz v USA
- **1G** 1981 - NMT - Nordic Mobile Telephone, NMT 450, FDMA, AMPS, vytvorenie bunkových sietí, analogový systém na prenos reči , nosná frekvencia 450 MHz

Digitálna éra

- **2G** 1990 - GSM - Global System for Mobile, TDMA/FDM, IS54, časový multiplex pre 8 slotov, reč + data vo frekv. pásme 900 MHz; GSM 900, f= 1800 MHz ako GSM 1800, alebo f=1900 MHz ako GSM 1900
- **3G** 2000 - UMTS - Universal Mobile Telecommunications System, W-CDMA/HSPA, EDGE, reč + data + video vo frekvenčnom pásme 1900-1980 MHz a 2170 -2200 MHz.
- LTE sa označuje ako 3.75G alebo 3.9G pretože nespĺňa požiadavky na "4G" sieť.
- **4G** 2010 - LTE -Long Term Evolution dodržiava koncept NGN, kompletne založený na protokole IP, OFDM, reč + multimédia + rýchle data do 300 Mbit/s, latencia 10ms vo frekvenčnom pásme 800 MHz, 1800 MHz a 2600 MHz. Požiadavky na sieť 4G sú splnené až v LTE-A a LTE-A Pro.
- **5G** 2017 –technológia 5G New Radio, architektúra NSA – Non Stand Alone Architecture je technológia ako pokračovanie 4G sietí (LTE-A), v r.2018 SA- Stand Alone Architecture , ktorá obsahuje aj technológiu NX sietí a ktorá využíva zdokonalený systém antén MIMO, veľmi rýchle data 1 až 10Gbit/s, komunikácia M2M (IoT, Tal, WSN), s latenciou 1 ms; Network slicing - vrstvená architektúra siete; 5G siete môžu pracovať vo frekvenčnom pásme 700 MHz, 3,4 -3,8 GHz, 24,25 -27,50 GHz, 31,80-33,40GHz, 40,50-43,50 GHz.

Základná architektúra mobilnej siete

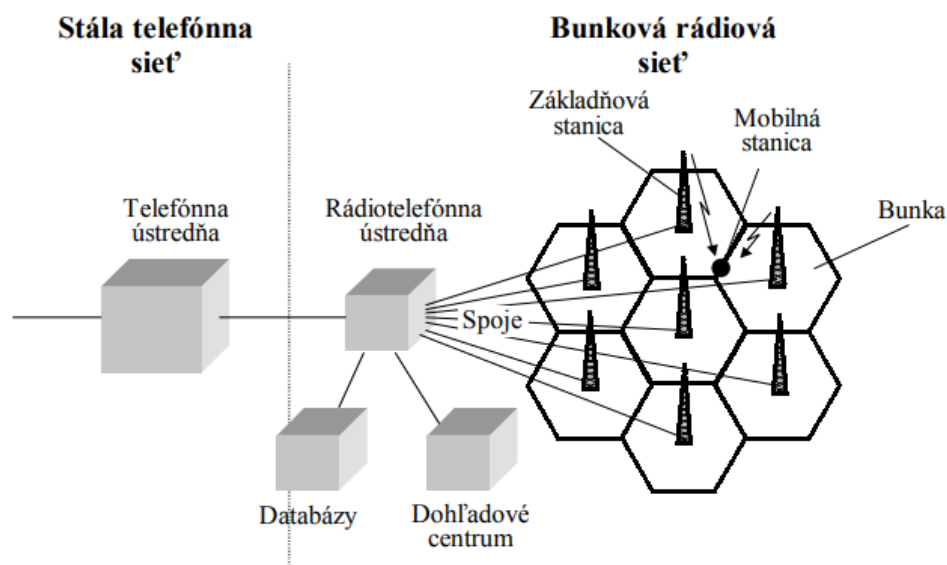
Architektúra mobilnej siete sa skladá z viacerých hlavných častí:

- **Rádiová prístupová sieť (RAN):** Táto časť siete zahŕňa základňové stanice, ktoré komunikujú s mobilnými zariadeniami používateľov v jednotlivých bunkách. Každá bunka pokrýva určitú oblasť a spája zariadenia s jadrom siete.
- **Jadro siete (Core Network):** Je to centrálna časť mobilnej siete, ktorá riadi prepájanie hovorov, dáta, roaming a ďalšie služby. Jadro siete je zodpovedné aj za autentifikáciu a bezpečnostné opatrenia, ktoré chránia používateľské dáta.
- **Spektrum a frekvencie:** Mobilné siete sú prísne regulované, pokiaľ ide o frekvencie, ktoré môžu používať. Frekvenčné pásma sú pridelené každému poskytovateľovi, aby sa zabezpečila kvalitná a bezpečná komunikácia bez rušenia.

Architektúra mobilnej siete musí byť robustná a flexibilná, aby zvládala milióny pripojených zariadení a vysoký objem dátových prenosov.

Architektúra bunkovej rádiovkej siete

- Mobilná stanica – skladá sa z riadiacej časti, vysielača, prijímača, antény a zdroja.
- Základňová stanica – zabezpečuje spojenie medzi rádiatelefnou ústredňou a mobilnými stanicami. Skladá sa z riadiacej jednotky, zo zariadení jednotlivých rádiových kanálov, antén, napájacieho systému a dátových terminálov.
- Rádiatelefná ústredňa – centrálny koordinačný prvok celej bunkovej siete (všetkých základňových staníc) a obsahuje bunkový procesor a prepojovacu časť. Zabezpečuje prepojenie bunkovej siete s pevnou telefónnou sieťou, ovláda obsluhu hovorov, zabezpečuje účtovanie...
- Databázy – slúžia na evidenciu mobilných staníc, registráciu predplatených služieb a prevádzkových oblastí a predstavujú základný informačný prvok pri lokalizácii účastníka.
- Dohľadové centrum – realizuje technický a organizačný dozor nad sieťou.
- Spoje bunkovej siete – rádiové a vysokorychlostné dátové spoje prepojujú vyššie uvedené zložky bunkovej siete.



Ako funguje hovor

- Počas hovoru mobil vyhľadá anténu príslušného operátora, ktorá je k nemu najbližšie, a nadviaže s ňou rádiové spojenie.
- Pri prijímaní hovoru je princíp rovnaký. Jediným rozdielom je, že o nadviazanie spojenia žiada anténa.
- Na zabezpečenie komunikácie musí operátor v takom prípade vedieť, v ktorej bunke siete sa nachádza príjemca hovoru.
- Keď sú preto mobily zapnuté, no nepoužívajú sa na telefonovanie, v pravidelných intervaloch si „signalizujú“ sieť alebo aktualizujú aplikácie (v prípade smartfónov).

Telefonovanie v pohybe: „odovzdanie hovoru“

- Najväčšou výhodou tohto typu komunikácie je možnosť pohybovať sa pri telefonovaní z miesta na miesto.
- Keď prejdeme niekoľko metrov vnútri bunky, ku ktorej sme práve pripojení, nie je to žiaden problém.
- Keď sa však od antény vzdialime, signál sa oslabí a spojenie sa môže prerušiť.
- Na zabránenie tejto situácii mobil neustále meria kvalitu okolitých signálov.
- Keď pri telefonovaní signál klesne pod určitú úroveň, spojenie dokáže automaticky prepnúť na inú anténu operátora, ktorá je bližšie alebo je menej vyťažená.
- Prechod z bunky do bunky sa nazýva „odovzdanie hovoru“ alebo „medzibunkové odovzdávanie“.

Ďalšie technológie pre prácu s mobilmi

- **DECT** (z angličtiny „Digital Enhanced Cordless Telecommunications“ skrátené na DECT1, čo doslova znamená „vylepšený digitálny bezdrôtový telefón“), predtým známy pod názvom Digital European Cordless Telephone, je štandardný digitálny bezdrôtový telefónny určený pre domácnosti a podniky s frekvenčným rozsahom 1 880 až 1 920 MHz. Hoci bol navrhnutý na širokú škálu použití, dnes sa používa hlavne v oblasti hlasovej komunikácie.
- **Technológia Bluetooth** je komunikačný štandard pre obojsmernú výmenu údajov na veľmi krátke vzdialenosti pomocou rádiových vln UHF vo frekvenčnom pásme 2,4 GHz. Jej účelom je zjednodušiť prepojenie medzi elektronickými zariadeniami odstránením káblových spojení. Nahrádza napr. káble medzi počítačmi, tabletmi, reproduktormi, mobilnými telefónmi navzájom alebo tlačiarňami, skenermi, klávesnicami, myšami, ovládačmi videohier, mobilnými telefónmi, PDA, systémami „handsfree“ pre mikrofóny alebo slúchadlá., autorádiami, digitálnymi fotoaparátmi, snímačmi čiarových kódov a interaktívnymi reklamnými kioskmi.
- **NFC** (Near Field Communication) patrí medzi technológie bezkontaktné komunikácie, ktoré umožňujú výmenu informácií na veľmi krátke vzdialenosti (maximálne niekoľko centimetrov) medzi mobilným zariadením (po overení používateľa) a prijímačom. Niektoré modely mobilných telefónov už teraz umožňujú vykonávanie platieb či overovanie cestovných lístkov a v budúcnosti by mohli nahradiť bankové karty.
- **RFID** (Radio Frequency Identification) je ďalšou bezkontaktnou technológiou, ktorá využíva rádiové frekvencie. Umožňuje automatickú detekciu, keďže čítanie je možné na väčšie vzdialenosti ako pri technológii NFC.
- Poslednou je technológia **Wi-Fi**, ktorú je tiež možné použiť na pripojenie mobilu k internetovej sieti.
- **LoRa** je technológia diaľkovej siete, ktorá umožňuje nízkorýchlostnú komunikáciu medzi pripojenými objektmi. Podobne ako siete 3G/4G, umožňuje protokol LoRa prenos na dlhšie vzdialenosti v interiéri alebo exteriéri. Veľkou výhodou siete LoRa v porovnaní s konvenčnou mobilnou sieťou je výdrž prijímačov a náklady na používanie.
- Sieť **LTE-M** umožňuje výmenu obohatených údajov (dáta, hlas, SMS) pomocou objektov, ktoré sú v pohybe, v budovách alebo v podzemných priestoroch. Táto technológia je vhodná na monitorovanie v logistike, telemonitorovanie a vzdialenú zdravotnú pomoc alebo správu vozového parku.

Technológie a služby 5G

5G prináša viaceré inovácie, ktoré menia možnosti mobilnej komunikácie:

- **Vysoká rýchlosť:** Prenosové rýchlosti 5G môžu dosahovať až 10 Gbps, čo umožňuje sťahovanie veľkých súborov v sekundách a bezproblémové sledovanie 4K videí.
- **Nízka latencia:** Latencia sa znižuje pod 1 ms, čo je ideálne pre kritické aplikácie, ako sú autonómne vozidlá, operácie na diaľku a rozšírená realita.
- **Vysoká kapacita:** 5G umožňuje pripojenie miliónov zariadení na kilometer štvorcový, čo je nevyhnutné pre internet vecí a inteligentné mestá.

Tieto vlastnosti robia 5G ideálnou technológiou pre nové aplikácie, ako sú inteligentné mestá, automatizované továrne, pokročilé zdravotnícke systémy a sieť autonómnych vozidiel. Zároveň však prinášajú aj výzvy, napríklad vysoké náklady na infraštruktúru a bezpečnostné riziká spojené so zložitejšou sieťou.

Výhody 5G sietí

Viac pripojených zariadení - 5G umožňuje väčšiu kapacitu siete, čo znamená, že môže naraz pripojiť oveľa viac zariadení než predchádzajúce generácie. To je kľúčové pre rozvoj internetu vecí (IoT), kde sa očakáva, že množstvo zariadení bude medzi sebou komunikovať a zdieľať údaje bez akýchkoľvek problémov.

Vyššia spoľahlivosť - 5G siete sú menej náchylné na prerušenia a interferencie, čo zaručí spoľahlivú komunikáciu a pripojenie. To je dôležité pre aplikácie, ktoré sa používajú na ovládanie autonómnych vozidiel, pre lekárske zariadenia alebo priemyselné aplikácie.

Nízka odozva - 5G sa môže pochváliť odozvou (latenciou) na úrovni jednotiek milisekúnd, čo je nevyhnutné pri interaktívnych aplikáciách, virtuálnej a rozšírenej realite, online hrách a priemyselných automatizovaných procesoch.

Vylepšený streaming a rozlíšenie - vďaka vysokým rýchlostiam 5G bude streamovanie videa a hudby bezproblémové a v ultravysokom rozlíšení (UHD), 4K či 8K kvalite. To znamená, že si budete môcť vychutnávať obsah vo vyššej kvalite bez oneskorení.

Virtuálna a rozšírená realita - 5G umožňuje ďalší rozmach virtuálnej a rozšírenej reality, kde môžu užívatelia v reálnom čase komunikovať s virtuálnymi objektmi a prostredím. Táto technológia prinesie nové spôsoby zábavy, vzdelávania a pracovných aplikácií.

Nevýhody 5G sietí

Kybernetická bezpečnosť - Aj keď sú algoritmy 5G ešte komplexnejšie ako jeho predchodcovia, používatelia sú stále zraniteľní voči kybernetickým útokom. Jednou z oblastí záujmu je šifrovanie. Zatiaľ čo aplikácie v sieťach 5G sú šifrované, štandard 5G NR nemá šifrovanie typu end-to-end, takže je otvorený pre určité druhy útokov.

Rozdelenie siete - Pri vytváraní virtuálnej siete pre konkrétnu funkciu je softvér 5G vystavený hackerom, malvéru a iným potenciálnym narušeniam. Keď už dôjde k

narušení, malvér alebo spyware sa môžu šíriť cez infraštruktúru operátora alebo sieťové zariadenia, čo spôsobuje problémy v celých podnikoch.

Infraštruktúra - Ak chcú podniky presunúť služby a funkcie do siete 5G, musia zväžiť náklady a čas potrebný na modernizáciu svojich zariadení tak, aby boli kompatibilné s 5G. To môže byť časovo náročné aj drahé.

Medzery v pokrytí - S celosvetovým zavedením technológie 5G má teraz mnoho veľkých mestských oblastí pokrytie 5G. Je však dôležité poznamenať, že 5G stále nie je všade a ešte dlho nebude. Mnohé vzdialené oblasti napríklad nemajú pripojenie 5G alebo ponúkajú len obmedzené pokrytie.

Penetrácia - Vysokofrekvenčné rádiové vlny, ktorými sa šíria signály 5G, sú ľahko blokované bežnými objektmi, ako sú budovy a/alebo stromy, takže zabezpečenie bezproblémových trás pre vlny môže byť problémom.

5G a zdraviuškodlivosť

- Na základe dostupných vedeckých dôkazov a štúdií, neexistujú presvedčivé dôkazy o tom, že by mohla byť 5G sieť zdraviu škodlivá.
- 5G technológia, rovnako ako predchádzajúce generácie mobilných sietí, používa elektromagnetické žiarenie na prenos dát medzi mobilnými zariadeniami a mobilnými vežami.
- Elektromagnetické žiarenie, ktoré sa používa v mobilných sieťach, je známe ako rádiové frekvenčné žiarenie alebo rádiové vlny.
- Odborníci z organizácií, ako Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) a Medzinárodná agentúra pre výskum rakoviny (IARC) tvrdia, že rádiové frekvenčné žiarenie používané v mobilných sieťach, vrátane 5G, je naďalej na bezpečnej úrovni, ktorá nespôsobuje škodlivé účinky na ľudské zdravie.
- Štúdie vykonávané na túto tému nepreukázali žiadne zdravotné riziká v súvislosti s 5G technológiou.

Bezpečnosť mobilných sietí

Typické hrozby v mobilných sieťach:

- **Eavesdropping:** Odpočúvanie a sledovanie komunikácie – vzťahuje sa na všetky typy konverzácií.
- **Spoofing a phishing:** Falošné identity a útoky na používateľov - označenie pre širokú škálu kybernetických útokov, pri ktorých podvodníci falšujú svoju identitu a vydávajú sa za niekoho, kým nie sú. Pomocou manipulácie sa snažia získať

neoprávnený prístup k systémom, dátam alebo službám, ktoré im majú pomôcť získať naše peniaze alebo hodnotné informácie.

- **DDoS (Distribovaný útok odmietnutia služby) útoky:** Preťaženie siete a narušenie služieb - typ kybernetického útoku, pri ktorom sa páchatelia snažia narušiť alebo znefunkčniť webovú stránku, sieť či inú online službu tým, že ju preťažia veľkým množstvom falošných alebo nevyžiadaných požiadaviek.

Bezpečnostné opatrenia

- Šifrovanie dát: Ochrana osobných údajov a komunikácie.
- Autentifikácia: Overenie používateľa a zariadenia.
- Pravidelná aktualizácia: Prevencia voči zraniteľnostiam v systéme.

Aplikácie mobilných sietí v reálnom svete

Mobilné siete umožňujú množstvo inovatívnych aplikácií:

- **Internet vecí (IoT):** Mobilné siete, najmä 5G, podporujú množstvo zariadení v smart domácnostiach a inteligentných mestách. Patria sem senzory, ktoré sledujú spotrebu energií, bezpečnostné systémy a prístroje na monitorovanie zdravotného stavu.
- **Inteligentné mestá:** Využitie mobilných sietí na monitorovanie dopravy, bezpečnosť a efektívne riadenie zdrojov. Mobilné siete umožňujú monitorovať hladinu znečistenia, využívať inteligentné parkovanie a spravovať odpad efektívnejšie.
- **Rozšírená realita (AR) a virtuálna realita (VR):** Technológie, ako sú AR a VR, vyžadujú vysoké rýchlosti a nízku latenciu, ktoré poskytuje 5G. To umožňuje ich využitie napríklad pri simuláciách a hrách, ale aj pri výcviku a vzdelávaní.

Tieto aplikácie zlepšujú kvalitu života a prinášajú nové možnosti v rôznych oblastiach, od zábavy cez zdravotníctvo až po verejné služby.

Internet vecí

Internet vecí je sieť vecí, ktoré sa spájajú a vymieňajú si údaje. Tieto zariadenia môžu obsahovať akýkoľvek fyzický objekt pripojený k internetu a komunikovať s inými zariadeniami. IoT je vyvíjajúca sa technológia, ktorá ovplyvňuje náš každodenný život. Ako sa pripája viac zariadení, internet vecí sa neustále vyvíja a pridáva nové vrstvy zdieľania údajov a automatizácie. Aplikácie siahajú od nositeľných fitness trackerov až po autonómne vozidlá. Tieto aplikácie sú čoraz bežnejšie a rozšírenejšie, čo umožňuje vytváranie rôznych nových produktov a služieb. Internet vecí (IoT) popisuje fyzické objekty so softvérom, senzormi a schopnosťami spracovania. Tieto zariadenia sú v podstate pripojené k internetu, čo im umožňuje komunikovať.

Inteligentné mestá

Ide o vyspelú mestskú oblasť, ktorá vytvára udržateľný hospodársky rozvoj a vysokú kvalitu života tým, že vyniká vo viacerých kľúčových oblastiach; ekonomike, mobilite, životnom prostredí, obyvateľoch a v živote v meste.“

Projekty inteligentného mesta tiež zdieľajú tri spoločné technologické základy – senzory IoT, konektivitu a údaje. Snímače sú reprezentované akýmkoľvek pripojeným zariadením, ktoré dodáva informácie do siete, konektivita sa poskytuje prostredníctvom pevných alebo bezdrôtových sietí a dáta predstavujú ukladanie, analýzu a prezentáciu údajov v reálnom čase s historickými údajmi. Spojením týchto troch základných kameňov je mestám poskytovaná silná platforma pre nové a účinnejšie spôsoby vytvárania väčšieho počtu obývatel'ných miest. To dokazujú tieto prípady inteligentného mestského využitia.

- Inteligentné odpadové hospodárstvo. Kontajnery na odpadky sú vybavené snímačmi, ktoré umožňujú inkasnej spoločnosti vedieť, ako sú plné. Zberné trasy sú automaticky optimalizované na základe skutočných potrieb.
- Inteligentné parkovacie riešenia, kde snímače sledujú dostupné parkovacie miesta. Dostupné možnosti parkovania sú prezentované vodičom buď prostredníctvom digitálnych značiek pozdĺž ciest, alebo prostredníctvom mobilných aplikácií, takže ľahko nájdú a navigujú na najlepšiu možnosť parkovania.
- Systémy inteligentnej automatizácie budov, ktoré môžu napr. automaticky prispôbiť vykurovanie a vetranie na úroveň obsadenosti a zabezpečiť vypnutie svetla, keď nikto nie je v miestnosti.
- Inteligentné verejné bezpečnostné a ochranné riešenia, kde rôzne snímače a pripojené kamery umožňujú orgánom činným v trestnom konaní a ostatným prvým reagujúcim, aby efektívne reagovali, reagovali a riešili incidenty a mimoriadne situácie.

Rozšírená realita (AR) a virtuálna realita (VR)

Virtuálna realita (VR) prináša možnosť úplného ponorenia sa do virtuálneho sveta. Užívateľ opúšťa prostredie bežného sveta a pomocou VR headsetu sa preniesie do výhradne digitálneho prostredia.

Rozšírená realita (AR) pridáva obrazom skutočného sveta, ako ho bežne vnímame, digitálnu vrstvu s relevantným informačným obsahom prostredníctvom smartfónu, tabletu, priehľadného displeja, či AR okuliarov.

Zmiešaná realita (MR) poskytuje príležitosť digitálne objekty manipulovať a tie po tejto interakcii reagujú podobne ako reálne, hmotné objekty.

Autonómne vozidlá

Ide o vozidlá s označením level 5. Sú schopné vykonávať jazdné úkony bez potreby vodiča, ktorý nemusí byť ani v prítomnosti vozidla. Auto je schopné samo pridať plyn, zastaviť či zaparkovať. Dokáže rozlišovať aj dopravné značenie a správať sa na ceste tak, aby nikomu nebola spôsobená škoda. Deje sa to za pomoci naprogramovaných asistentov a umelej inteligencie.

- Level 0: vozidlo bez automatizácie – všetko musí ovládať vodič
- Level 1: asistencia vodiča – systém dokáže pomôcť vodičovi, napríklad automatickým brzdením
- Level 2: čiastočná automatizácia – vozidlo má dve alebo viac automatizovaných funkcií
- Level 3: podmienená automatizácia – vozidlo dokáže fungovať automaticky, ale stále potrebuje podporu vodiča
- Level 4: vysoká automatizácia – za určitých podmienok vozidlo dokáže fungovať samostatne
- Level 5: plná automatizácia – vozidlo môže byť plne automatizované bez nutnosti vodiča v aute.