

Návrh integrovaného bezpečnostního systému s využitím internetu věcí (IOT) pro vinařství

Bc. Ľuboš Veverka

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Luboš Veverka**
Osobní číslo: **A18398**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Návrh integrovaného bezpečnostního systému s využitím internetu věcí (IOT) pro vinařství.**
Téma práce anglicky: **The Design of an Integrated Security System Using the Internet of Things (IOT) for Viticulture**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte rešerši principů IOT sítí.
2. Popište IOT zařízení a jejich vlastnosti.
3. Proveďte rešerši využití IOT v poplachových a nepoplachových aplikacích v zemědělství.
4. Porovnejte produkt Inels Air s konkurenčními výrobky IOT.
5. Navrhněte integrovaný systém s využitím IOT pro zabezpečení a správu vinice.
6. Zrealizujte navrhovaný integrovaný systém.
7. Odhadněte další vývoj těchto systémů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. VALOUCH, Jan. Projektování integrovaných systémů. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015, 1 online zdroj (169 s.). ISBN 978-80-7454-557-3
2. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management II. Zlín: VeRBuM, 2012. ISBN 978-80-87500-19-4
3. LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. Bezpečnostní technologie, systémy a management III. Zlín: VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4
4. LAUCKÝ, Vladimír. Technologie komerční bezpečnosti II. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. 123 s. ISBN 978-80-7318-631-9
5. HWANG, Kai, Geoffrey C. FOX a J. J. DONGARRA, 2012. Distributed and cloud computing: from parallel processing to the Internet of things. Boston: Morgan Kaufmann. ISBN 978-012-3858-801.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Rudolf Drga, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: 9. prosince 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 29. května 2020



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan

Ing. Milan Navrátil, Ph.D.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 12. 8. 2020

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce řeší problematiku internetu věcí. Formou rešerše popisuje typy nejpo-
užívanějších IoT sítí a vysvětluje souvis s pojmem LWPA. Okrem základních vlastností jed-
notlivých zařízení internetu věcí se zaměřuje hlavně na sektor zemědělství. V tomto odvětví
opisuje poplachové a nepoplachové části integrovaného systému. Mezi praktické přínosy
téhle práce se řadí tvorba a aplikace hodnotícího procesu na IoT systémy vybraných společ-
ností. Zároveň práce poukazuje na fyzické zpracování návrhu integrovaného bezpečnostního
systému s využitím produktu iNELS Air. Mezi poslední přínosy práce se zařazuje predikce
možných scénářů vývoje internetu věcí.

Klíčová slova: IoT, Inteligentní vinice, Precizní zemědělství, LPWA, iNELS Air

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the issue of the Internet of Things. By research form, it de-
scribes the types of the most used IoT networks and explains the connection with the term
LWPA. In addition to the basic features of individual IoT devices, it focuses mainly on the
agricultural sector. In this industry, it describes the alarm and non-alarm parts of an inte-
grated system. The practical benefits of this work include the creation and application of an
evaluation process to IoT systems of selected companies. At the same time, the work points
to the physical processing of the design of an integrated security system using the product
iNELS Air. The last benefits of the work include prediction of possible scenarios for the
development of the Internet of Things.

Keywords: IoT, Smart Viticulture, Precision farming, LPWA, iNELS Air

Chcel by som týmto smerom poďakovať svojmu vedúcemu práce Ing. Rudolfovi Drgovi, Ph.D. za trpezlivosť a cenné rady pri vedení mojej diplomovej práce. Ďalej by som rád poďakoval svojej rodine za podporu a svojej priateľke za povzbudzovanie. Rovnako ďakujem za poskytnutú príležitosť a technické vybavenie firme ELKO EP.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 INTERNET VECÍ.....	10
1.1 DEFINÍCIE	10
1.2 RFID AKO POČIATOK NIEČOHO VEĽKÉHO	12
1.3 PRINCÍP RFID	13
1.3.1 Snímače a skenery	14
1.3.2 Antény.....	15
1.3.3 Štítok.....	15
1.3.4 Rozdelenie RFID.....	15
1.4 ZÁKLADNÉ PILIERE IOT	17
1.5 EKOSYSTÉM INTERNETU VECÍ	18
2 SÚČASNÝ STAV IOT SIETÍ.....	20
2.1 TRADIČNE MOBILNÉ SIETE	20
2.1.1 NB-IoT.....	21
2.1.2 EC-GSM	22
2.1.3 LTE-M.....	23
2.1.4 5G	25
2.2 NELICENCOVANÉ LPWA SIETE.....	26
2.2.1 LoRaWAN	27
2.2.2 Sigfox.....	28
2.3 SIETE S KRÁTKYM DOSAHO M	29
2.4 VYHODNOTENIE	30
3 VYUŽITIE IOT TECHNOLOGIÍ V POĽNOHOSPODÁRSTVE	31
3.1 POĽNOHOSPODÁRSTVO 4.0	31
3.2 POPLACHOVÉ APLIKÁCIE	32
3.2.1 Integrovaný bezpečnostný systém.....	32
3.3 NEPOPLACHOVÉ APLIKÁCIE	34
3.3.1 Monitoring a starostlivosť o plodiny	35
3.3.2 Vodné hospodárstvo a pôdne hospodárstvo.....	36
3.3.3 Autonómne systémy v poľnohospodárstve	37
3.3.4 Analýza dát – cloud computing.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
4 INELS AIR V POROVNANÍ S KONKURENCIOU.....	40
4.1 TVORBA BODOVACIEHO SYSTÉMU ZA ÚČELOM POROVNANIA IOT SYSTÉMOV	40
4.1.1 Konektivita.....	40
4.1.2 Škála zariadení	41
4.1.3 Spracovanie dát a ich vizualizácia.....	41
4.1.4 Integrácie.....	42
4.1.5 Management zariadení.....	42
4.1.6 Cenová dostupnosť	43

4.2	PREDSTAVENIE PRODUKTOVEJ RADY iNELS AIR.....	44
4.2.1	Portfólio iNELS Air.....	44
4.2.2	Hodnotenie	46
4.3	IOTSENS.....	46
4.4	ADEUNIS.....	48
4.5	ASCOEL	48
4.6	NETWOX.....	48
4.7	VYHODNOTENIE JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMOV	50
5	NÁVRH INTEGROVANÉHO SYSTÉMU PRE VINICU	51
5.1	PREDSTAVENIE OBJEKTU	51
5.2	POUŽITÉ ZARIADENIA	55
5.2.1	Senzory vlhkosti a teploty vzduchu – AirIM-100Nb a teplotný senzor – AirIM-100S	55
5.2.2	Senzor vlhkosti pôdy – AirSS-100L.....	57
5.2.3	Magnetický detektor AirWD-100L	57
5.2.4	Pohybový detektor – AirMD-100L	58
5.2.5	Záplavový detektor AirSF-100L	59
5.2.6	Senzor svietivosti a ovládania externých svietidiel AirSLC-100L	59
5.2.7	LoRaWAN gateway AirGTW.....	60
5.3	INTEGRÁCIA DO CLOUD PLATFORMY ELKO EP CLOUD	61
6	BUDÚCI VÝVOJ	69
	ZÁVĚR.....	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	75
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	78
	SEZNAM TABULEK	80

ÚVOD

Hoci je v dnešnej dobe internet vo väčšine domácností bežná vec, nie je tomu celkom tak aj na poliach a viniciach. Mnohý najmä menší agronómovia si predávajú svoje poznatky a techniky jednotlivých procesov z generácie na generáciu. Takýmto spôsobom sa síce udržuje kvalita ich produktov ale moderné techniky priemyslového inžinierstva už dnes dokázali, že procesy môžu byť optimalizované a výnosy väčšie a kvalitnejšie. Práve schopnosť produkovat' väčšie množstvo kvalitnejších plodín je otázkou, ktorá z narastajúcim počtom obyvateľstva čoraz viac rezonuje medzi spoločenstvami agronómov. Odpoveď ukrývajú informačné technológie s využívaním moderných trendov automatizácie a systémov internetu vecí. Táto diplomová práca sa zaoberá možným využitím takýchto technológií a ich budúcim smerovaním.

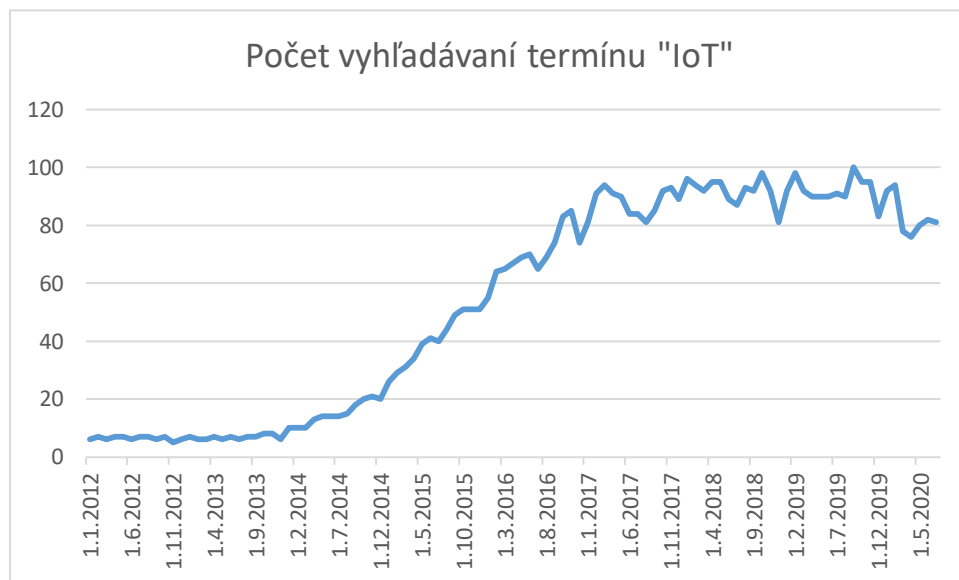
V dnešnej dobe je pojem internet vecí pre širšiu verejnosť známy, vďaka inteligentným zariadeniam pre domácnosti. Technologické spoločnosti vyvíjajú za účelom vyšších predajov častokrát nepotrebné ale moderné zariadenia, ktoré dokážu komunikovať s okolitým svetom a ostatnými zariadeniami prostredníctvom internetu. Nedá mi nespomenúť jeden z týchto produktov, ktorý je „inteligentná“ zubná kefka. Naozaj sú informácie o počasí také dôležité aby nám ich ráno čerstvo po zobudení musela zobrazovať zubná kefka? Podstatou takýchto technológií by malo byť zlepšovanie a zefektívňovanie každodenných procesov, zber informácií a ich analytické spracovanie. Práve takéto informácie by nám mali pomáhať šetriť čas. Ale akým spôsobom docieľiť aby nám bežné predmety rozumeli a zároveň zostali jednoduché? Odpoveďou na túto otázku sa zaoberajú technológie zahŕňajúce ideológiu LPWA. Jedná sa o spôsob akým každodenné predmety dokážu komunikovať na veľké vzdialenosti s udržaním si ich bezdrôtovej štruktúry. Dôležitým krokom bolo oslobodiť sa od nutnosti byť ich otrokom a namiesto toho zariadenia efektívnejšie využívať aj po niekoľko rokov bez nutnosti zložitejšej starostlivosti ako obyčajne. Jednotlivé spôsoby prepojenia ako aj samotnú filozofiu fungovania takýchto zariadení popisujú nasledujúce kapitoly tejto práce.

Ideológia SMART-X. Už len ťažko nájdete televíziu, ktorá by nebola označovaná ako inteligentná. Čo všetko ale môže byť inteligentné a ako v skutočnosti pomáhajú takéto systémy v oblasti poľnohospodárstva? S podporou produktovej rady iNELS Air od spoločnosti ELKO EP, práca názorne popisuje jednotlivé príklady použitia v oblasti vinárstva a zároveň poskytuje prehľad dostupných IoT systémov na trhu. V závislosti nad spôsobom použitia tak vyhodnotí výhody a nevýhody vybraných systémov v oblasti IoT.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 INTERNET VECÍ

Myšlienka že sa internet dostáva z digitálneho prostredia do fyzického a naberá na seba podobu každodenných predmetov - vecí, s ktorými sa človek dostáva do styku, odštartovala túto novodobú revolúciu. Práve vďaka rýchlo rastúcemu technologickému progresu je už dnes možné pripojiť a sledovať senzorické dáta nielen z jednoduchých ale aj z komplexných priemyselných zariadení bez nutnosti akejkoľvek kabeláže. Tento typ komunikácie dokáže včas upozorniť na blížiace sa problémy a častokrát ich v rámci systému aj sám vyriešiť. Ako môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku (pozn. Obr. 1), popularita internetu vecí (pozn. IoT – z angličtiny Internet of Things) za posledné roky vzrastá aj v komerčnej sfére. Veľké spoločnosti si tento nárast uvedomujú a investujú obrovské peniaze do vývoja ďalších produktov. Aj vďaka tomu je v dnešnej dobe tento fenomén taký obľúbený. [1]



Obr. 1. Vzostup vyhľadávania výrazu IoT na internete [Upravené z 2]

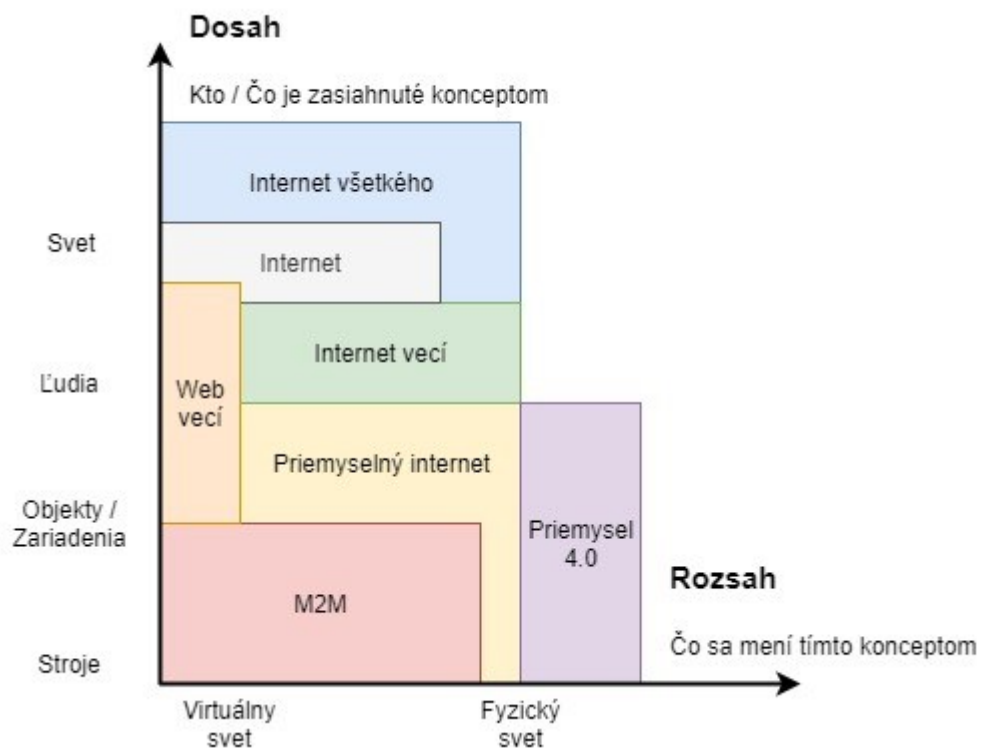
1.1 Definície

Aj keď má tento pojem stále väčšiu popularitu a vo vedeckej literatúre sa objavuje od roku 2005, IoT stále nemá v dnešnej dobe ustálenú definíciu. Namiesto toho, ho rôzne organizácie opisujú viacerými spôsobmi a v rôznych perspektívach. Medzi najčastejšie výrazy, používané v spojitosti s IoT sa dostali:

- internet všetkého (pozn. IoE – z angličtiny Internet of Everything) – Cisco terminológia,
- vstavaný internet (pozn. z angličtiny Embedded Internet),
- M2M (pozn. z angličtiny Machine to Machine, „Stroj stroju“),

- komunikácia webu vecí (pozn. z angličtiny Web of Things),
- priemysel 4.0,
- priemyselný internet,
- inteligentné systémy a pod.

Všetky tieto koncepty sú pritom prepojené do jedného celku ako môžeme vidieť na obrázku nižšie (pozn. Obr. 2) a navzájom sa ovplyvňujú. [3]



Obr. 2. Koncept vzťahov v súvislosti s IoT [Upravené z 3]

Podľa poprednej svetovej spoločnosti v oblasti poskytovania poradenstva a výskumných prác v telekomunikačných a informačných technológiách, Gartner, Inc., je IoT: „Sieť fyzických objektov, ktoré majú vstavané prostriedky pre komunikáciu, zber dát ale aj možnosti ovládať alebo byť ovládaný na základe vnútorných alebo vonkajších podnetov.“ [4]

Akademik a autor niekoľkých publikácií o IoT, Charith Perera, vo svojej práci uvádza ako jednu z definícií: „Internet vecí je fyzická sieť zariadení, automobilov, budov a ostatných predmetov so vstavanou elektronikou, softwarom, senzormi, aktormi a sieťovým pripojením, ktoré umožňujú týmto objektom zhromažďovať a vymieňať si dáta.“ [3]

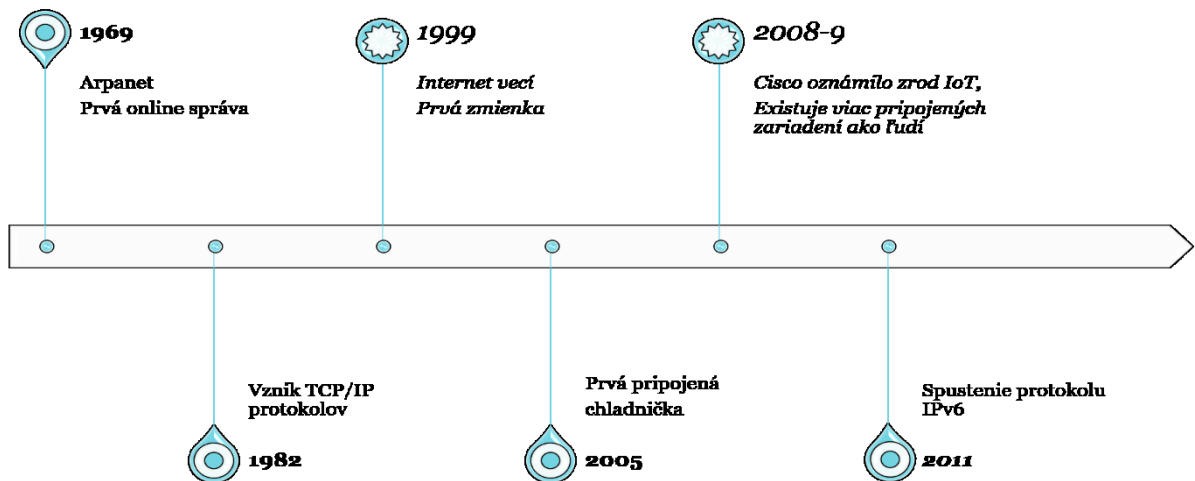
Iný svetový gigant v oblasti informačných technológií, Google, zase uvádza že IoT je: „Vývoj internetu, v ktorom majú každodenné objekty sieťové pripojenie, čo im umožňuje odosielať a prijímať údaje.“ [4]

1.2 RFID ako počiatok niečoho veľkého

Manželia Tofflerovci vo svojej publikácii „Nová civilizácia“ zaviedli pojem vlnovej teórie technologického pokroku, kde opisujú prvé tri vlny. Prvá začala už pred tisíckami rokov a spoločnosť sa zmenila pod ťarchou poľnohospodárskej revolúcie na feudálnu. Druhá vlna, priemyslová revolúcia, začiatkom 18. storočia opäť mení celý svet a rozvoj hromadnej výroby naberať na obrátkach. Od druhej polovice 20. storočia začala svet formovať informačná revolúcia založená na informáciách a znalostiach. [5]

Ako významný míľnik pre IoT je nutné uviesť rok 1969 v ktorom bola odoslaná úplne prvá správa v novom, digitálnom svete, prostredníctvom predchodcu internetu – ARPANET-u. Odosielanie a prijímanie informácií sa začína. Prvý patent pre pasívny rádio-frekvenčný štítk bol udelený v roku 1973, v tej dobe však technologické nedostatky neumožnili hromadnejšie využitie. O rok neskôr sa vďaka skupine obchodných združení potravinárskeho priemyslu ako prvýkrát v ostrej prevádzke použije čiernobiely kód s označením UPC (pozn. univerzálny produktový kód - z angličtiny Universal Product Code). Ten je považovaný za predchodcu EAN kódov, tzv. čiarových kódov. Ukladanie informácií na fyzické predmety tak dostáva jednoduchú podobu avšak stále nebolo možné zdieľať takéto informácie rovnako jednoduchou formou. Zmena však prichádza začiatkom 80. rokov, kedy sa začínajú formovať dnes už neodmysliteľne protokoly TCP/IP. Na komerčné využitie si však nejakú dobu musel počkať. Vďaka postupnému znižovaniu nákladov na prevádzku sa internet rozšíril koncom 80. rokov a keď sa v roku 1991 sprístupnil World Wide Web (WWW) internet sa okamžite stal obľúbeným nástrojom. Myšlienka prepojenia sveta fyzického a toho novo vzniknutého, digitálneho, na seba nenechala dlho čakať. Píše sa rok 1999 a Kevin Ashton predkladá vo svojej prezentácii pre vyšší management, nový návrh vylepšenia skladového hospodárstva. Vo svojej prezentácii, s názvom „Internet of Things“ (pozn. prvá zmienka o použití tohto výrazu) poukazuje na koncept RFID štítkov a odštartoval tak prvú vlnu internetu vecí. Ako sám neskôr poznamenal, je nutné sa začať pozeráť na zber informácií v odlišnom uhle. Internet a jeho obsah bol a ešte do dnešnej doby je primárne postavený na interakciách s človekom. Väčšina informácií, ktoré sa tu nachádzajú museli prejsť procesom zhromažďovania a digitalizáciou, čo sa mohlo uskutočňovať jedine za prítomnosti človeka. Čo ak ale tieto dáta dokážeme zbierať automaticky a jednotlivé senzory budú autonómne zhromažďovať a ukladať informácie na miesto, kde budú potom dostupné pre vyhodnocovanie a analýzu. K tomu mal ale ešte svet tesne pred vidinou nového milénia ďaleko. [3] [6]

Neustále zlepšovanie, zavádzanie mikro a nanotechnológie tak odštartovala ďalšiu revolúciu, ktorú by sme mohli označovať za štvrtú vlnu a to kybernetickú. Svet v ktorom je všetko prepojené so všetkým a to kdekoľvek a kedykoľvek. Každá z týchto vln spôsobila obrovské zmeny v kvalite ľudského života.

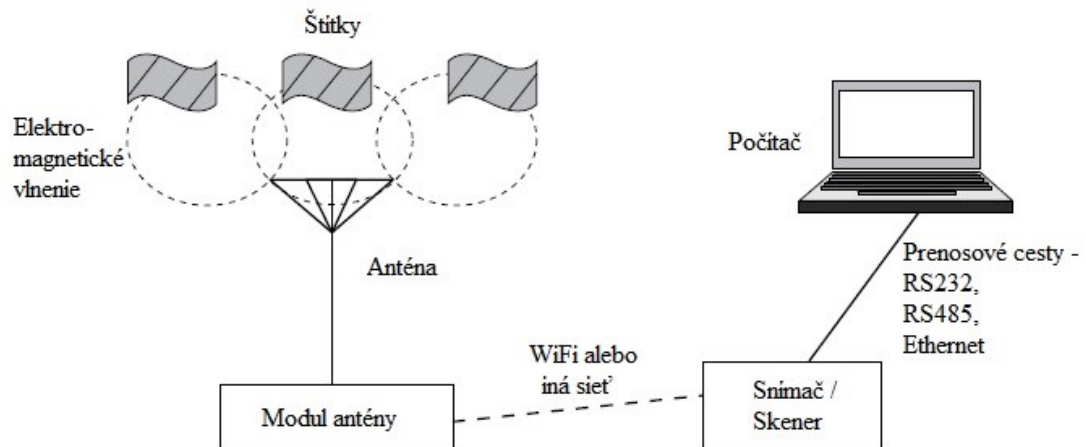


Obr. 3. Dôležité milníky IoT [Upravené z 4]

1.3 Princíp RFID

Rádiofrekvenčná identifikácia alebo po anglicky „Radio Frequency Identification“, začala svoju cestu už veľmi dávno ale ako už bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, prvý patent pochádza z roku 1973. Určite najväčšou výhodou sa stala schopnosť bezkontaktného načítania informácie, ktorá bola na takomto štítku uložená a to bez nutnosti priamej viditeľnosti. Vďaka tomu sa RFID technológia veľmi rýchlo rozšírila medzi obchodné reťazce ako logistická súčasť pre označovanie jednotlivých produktov. V dnešnej dobe je však možné aplikovanie RFID štítku na akýkoľvek objekt. Nemusí sa nutne používať len na neživé predmety ako je tovar v obchodoch či spotrebná elektronika. Dôsledkom neustáleho vývoja je možné RFID značky snímať z niekoľko desiatok až stoviek metrov. Pri takomto použití a aplikácií na zvieratá alebo ľudí sa RFID využíva vo vysokej miere hlavne na identifikáciu a sledovanie týchto objektov za pomoci využitia rádiových vln – RFID snímačov. [7]

Jednoduchý systém pre prevádzku RFID sa teda musí skladať z niekoľkých štítkov, jednej alebo viacerých antén a snímaču ako môžeme vidieť na obrázku nižšie (pozn. Obr. 4). Zozbierané dáta je v prípade identifikácie nutné porovnávať s databázou a verifikovať tak daného užívateľa. [8]



Obr. 4. Schéma prevádzky RFID technológie [Upravené z 7]

1.3.1 Snímače a skenery

RFID snímač je zariadenie, ktoré vytvára elektromagnetický signál. Za normálnych okolností, snímač prostredníctvom antény neustále vysiela tento signál za účelom hľadania štítkov a monitorovania ich signálov. Snímače môžu spolupracovať s jednou alebo viacerými anténami v závislosti na použití. Neodmysliteľnou súčasťou moderných RFID snímačov je aj podpora bezpečnostných kódov. Pri takejto architektúre je požadované od obsluhy snímaču zadanie bezpečnostného hesla, v inom prípade nebudú dáta zo štítku prijaté. Medzi



Obr. 5. Najrozšírenejší typ RFID snímaču [8]

najrozšírenejšie snímače patria jednoznačne terminály pre bezkontaktnú platbu (pozn. Obr. 5). [8]

1.3.2 Antény

Antény, ktoré bývajú vo väčšine prípadov súčasťou jedného celku spolu so snímačom vytvárajú okolo seba trojrozmerné elektromagnetické pole. V prípade že RFID štítok je v dosahu tohto poľa, anténa dokáže prenášať informácie zo štítkov na snímač alebo opačne. V súvislosti od požadovanej veľkosti a dosahu trojrozmerného poľa je nutné v závislosti na výkonnosti antény použiť požadované množstvo antén. [8]

1.3.3 Štítok

RFID štítok alebo „tag“ je malý kremíkový čip pripojený k anténe. Dnešné technológie umožňujú minimalizovať ich veľkosť na toľko, že je možné ich mať pod kožou (pozn. veľkosť zrnka ryže). Väčšina dostupných zariadení sa skladá minimálne z dvoch hlavných častí:

- integrovaný obvod – slúži na moduláciu rádiového signálu, ako aj na ukládanie a spracovanie informácií,
- anténa – zabezpečuje príjem a prenos rádiového signálu. [7]

1.3.4 Rozdelenie RFID

V závislosti od prostredia, kde sa RFID technológia využíva je možné deliť zariadenia podľa typu napájania, veľkosti, prevádzkovej frekvencie alebo spôsobov zapisovania či veľkosti dátového úložiska. Zatiaľ čo väčšie zariadenia so samostatným zdrojom majú tendenciu vytvárať väčšie operatívne pole, tie menšie nemusia obsahovať žiadny zdroj napájania. [7]

V závislosti na type napájania sa RFID rozdeľujú na tri základné skupiny:

- pasívne,
- aktívne a
- semi-pasívne.

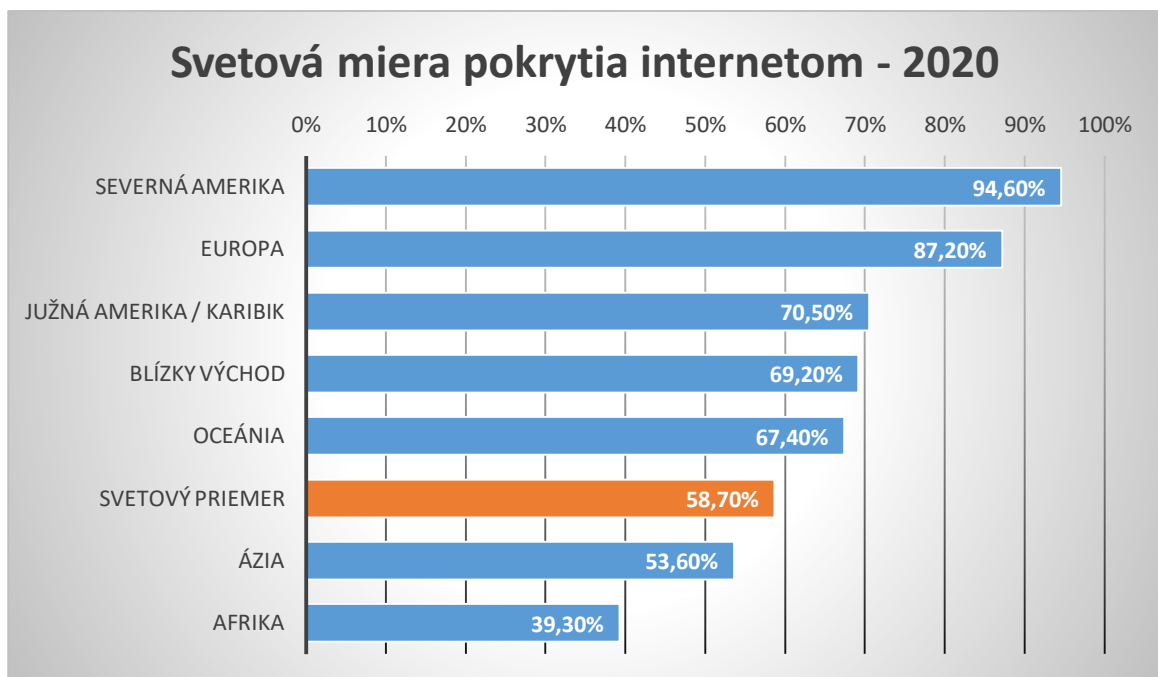
Pasívne patria medzi najvyhľadávanejšie a častokrát sa o nich hovorí ako o najperspektívnejšej ceste do budúcnosti. Vďaka elektromagnetickej energii, ktorú vytvára anténa pri skenovaní operatívneho poľa, je možné úplne odstrániť zdroj napájania. Využitím tohto spôsobu je možné dosiahnuť oveľa menších rozmerov a zároveň väčšiu životnosť oproti napájaným. Aktuálnym nedostatkom je aj vďaka tomu, nutnosť presnejšie a bližšie smerovať snímač

s anténou. Práve tie aktívne obsahujú na rozdiel od tých pasívnych vstavanú batériu. Tá im umožňuje napájať integrovaný obvod ako aj anténu. Dodatočné obvody k napájaniu ako aj samotná batéria robia s aktívnych štítkov síce rozmernejšie štítky no na druhú stranu, poskytujú oveľa väčší dosah. Takto komplexnejšie konštrukcie sú umiestňované do plastových puzdier a celková cena oproti pasívnym je o niečo väčšia. Spôsob akým tieto systémy poskytujú životnosť na niekoľko rokov je striedanie spánkového režimu s aktívnym, do ktorého štítko prejde v prítomnosti operatívneho poľa antény. Životnosť batérie teda priamo závisí od počtu týchto intervalov. Dôvodom využitia tohto typu je aj možnosť komplexnejších operácií a väčšieho množstva dát, ktoré dokážu uložiť. Časté je využitie s kombináciou GPS technológií a zabezpečiť tak možnosť lokalizácie týchto štítkov (pozn. takýto spôsob využívajú napr. prepravné spoločnosti). [8]

Za účelom zachovania výhod oboch typov, sa začali vyrábať aj semi-pasívne systémy. Rovnako ako aktívne obsahujú batériu, no za úplne iným účelom ako je napájanie antény a komunikácia. Tieto štítky väčšinou obsahujú senzory pre monitorovanie okolitých podmienok, ako sú teplota, vlhkosť alebo aj detekcia pohybu. Práve napájaním týchto senzorov sa venuje batéria, a samotná komunikácia prebieha ako u pasívnych systémov, prostredníctvom elektromagnetického poľa antény snímaču. Takéto typy sa väčšinou používajú na zabezpečenie prepravovaného nákladu a predchádzaniu škôd. [8]

1.4 Základné piliere IoT

V niektorých krajinách si ľudia nedokážu predstaviť každodenný život bez internetu – navigácie, sociálnych sietí a celkovo všeobecného zdroju informácií. Len veľmi ťažko dokážeme fungovať bez týchto vymožeností. Na druhú stranu svetový priemer pokrytia internetom (pozn. Obr. 6) poukazuje na stále nedostatočnú infraštruktúru.



Obr. 6. Svetová miera pokrytia internetom [Upravené z 9]

Práve tento faktor stojí za úspechom globálneho rozšírenia IoT technológií. Celý koncept IoT stojí na niekoľkých pilieroch, ktoré sú jeho neodmysliteľnou súčasťou. Medzi najpodstatnejšie z nich patria – komunikácia, bezpečnosť, management, služby, zariadenia, aplikácie a konektivita.

Komunikácia je základným stavebným blokom v oblasti internetu vecí. Práve narastajúce možnosti v oblasti telekomunikačných technológií zabezpečujú možnosti komunikovať nie len jednosmerne ale obojsmerne s dôležitými prvkami IoT. Jednotlivé zariadenia dokážu komunikovať medzi sebou a navzájom sa ovplyvňovať ako aj posielat' čiastočné údaje do riadiaceho centra, ktorý napokon vydá vyhovujúce povely. Tak ako je komunikácia nesmierne dôležitá pre ľudí, tak dokáže aj medzi „hlúpyimi“ senzormi vytvorit' inteligentný celok.

S prihliadnutím na komunikáciu na internete ale aj v iných komunikačných kanáloch je nesmierne dôležitá bezpečnosť. Pretože kto by mal záujem o zdieľanie dôležitých údajov s ostatnými. Medzi dôležité otázky ohľadne bezpečnosti sa radia pojmy ako:

- Autentifikácia (si kto tvrdíš že si?),
- Autorizácia (máš právo pre nasledujúcu činnosť?),
- Integrita (nemennosť dát).

Tie sa hlavne v posledných rokoch dostávajú do popredia nie len v IoT sfére ale pri celkovej digitálnej komunikácii.

Z pohľadu managementu je IoT systém nástroj, ako efektívne dokončiť jednotlivé pracovné úlohy. Okrem toho sa s IoT sférou spája správa účtov a zariadení prostredníctvom cloudových platforiem. Doplňuje informácie o používateľoch systému a určuje jednotlivé autorizačné vrstvy.

Služby takýchto systémov zahŕňajú niekoľko kategórií:

- Lokalizáciu zariadení – vďaka sieťovým technológiám IoT, je možné poskytovať prevažne presnú lokalizáciu jednotlivých zariadení, nie všetky technológie sú však tomuto aspektu otvorené.
- Prenos údajov – medzi základné výhody zariadení internetu vecí je automatické snímanie, ukladanie a prípadná vizualizácia týchto dát. Tá môže prebiehať vo forme štatistických reportov, exportu údajov do ďalších systémov alebo ich analytické vyhodnocovanie.
- Ovládanie zariadení – schopnosť ovládania jednotlivých zariadení vzdialene, patrí medzi základné princípy systémov internetu vecí. Z pohľadu domácej automatizácie sa jedná o veľký krok pre efektívnu správu domácností.

Kľúčovou vlastnosťou, ako už bolo spomínané je schopnosť vizualizovať nazbierané dáta a interaktívne reagovať na podnety prostredníctvom určitého rozhrania. Medzi základné druhy softwarových aplikácií patria webové služby a aplikácie mobilných zariadení. [10]

1.5 Ekosystém internetu vecí

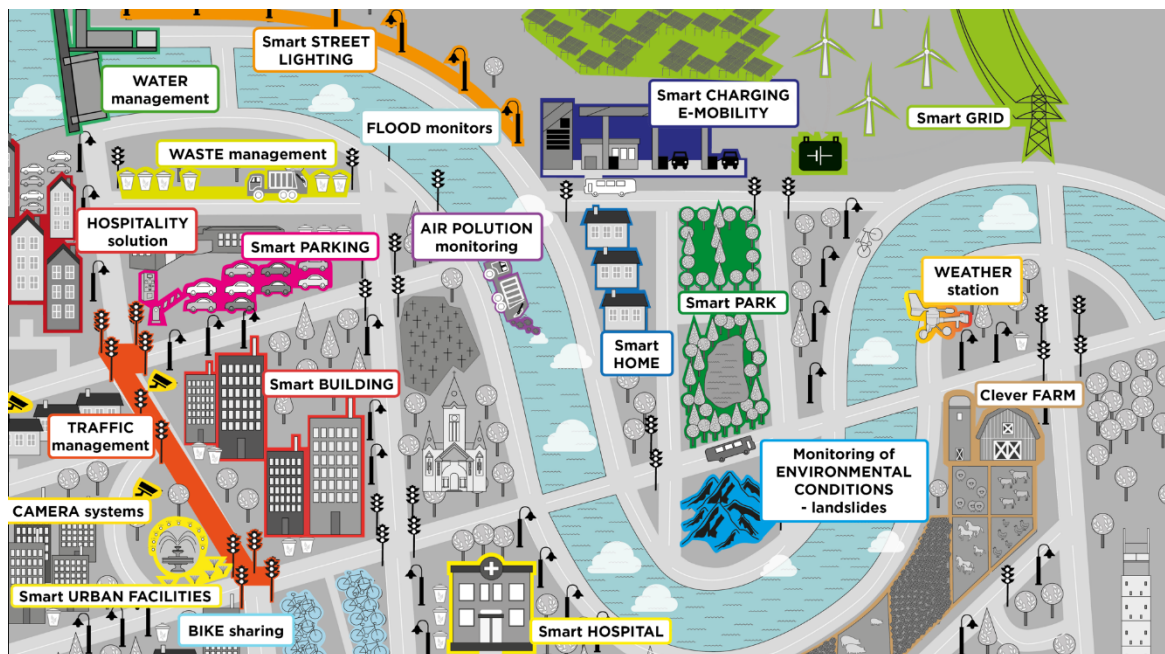
Základnou stavebnou jednotkou IoT je vec. Vec teda zariadenie, ktoré poskytuje snímanie, kontrolu, ovládanie alebo riadenie jednotlivých činností IoT. V podstate sa jedná o zhromaž-

ďovanie dát z okolitého prostredia a interakciou medzi ostatnými zariadeniami. IoT zariadenia sú špecifické svojou konektivitou. Nemusí sa však jednať len o pripojenie do internetu. Spracovanie týchto dát môže prebiehať lokálne alebo formou posielania dát na serverové časti systémov, ktoré vyhodnocujú a analyzujú takto nazbierané dáta. Medzi najrozšírenejšie však patrí vzdialená analýza formou cloudu.

Zariadenia môžu komunikovať medzi sebou a vedieť o jednotlivých stavoch ostatných zariadení poprípade komunikovať z centrálnou jednotkou, základňovou stanicou alebo bránou. Tieto centrálné jednotky môžu byť vybavené anténou pre príjem a odosielanie dát v jednotlivých IoT sieťach a zároveň obsahovať pripojenie do internetu, ktoré využívajú pre odosielanie dát do cloudu. V takých prípadoch hovoríme o najčastejšie využívaných topológiách IoT systémov- mesh alebo hviezda.

Dekády vývoja týchto systémov sa podpísali v desiatkach systémových celkov pre ktoré sú IoT zariadenia vhodné. Medzi hlavné sektory patria:

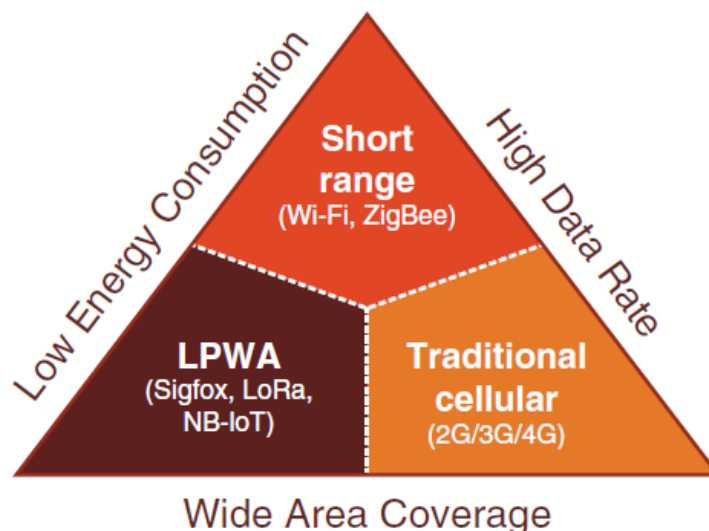
- priemyselná automatizácia,
- domáca automatizácia,
- zdravotníctvo,
- bezpečnostné technológie,
- poľnohospodárstvo,
- doprava alebo energetika. [11].



Obr. 7. Ekosystém internetu vecí [Interné zdroje]

2 SÚČASNÝ STAV IOT SIETÍ

S neustálym vývojom inteligentných zariadení je nutnosť rozvíjať prenosové cesty a držať tak krok s týmto tempom. Zatiaľ čo mobilné siete zvyšujú každou generáciou rýchlosť a rovnako tak aj výkonnosť informačných technológií, je potrebné sa zamerať aj na skutočnú životnosť bezdrôtových zariadení. Väčšina senzorických zariadení potrebuje pracovať na veľké vzdialenosti bez nutnosti trvalého napájania. Práve preto sa začali formovať energeticky nenáročné siete LPWA. Nasledujúca kapitola je nie len o týchto sieťach ale zahrňuje celú škálu „smart-x“ vecí a ich potrieb. Podľa obrázku nižšie (pozn. Obr. 8), vidno rozdelenie na tri kategórie – tradičné mobilné siete, siete s krátkym dosahom a už spomínané energeticky nenáročné LPWA siete. Zároveň sa kryštalizuje miera medzi energetickou nenáročnosťou, výškou rýchlosti prenosu dát a rozsahu pokrytia.



Obr. 8. Rozdelenie základných typov sietí a ich vzájomné prepojenie [1]

2.1 Tradične mobilné siete

Medzi tie najrozšírenejšie používané siete v IoT sfére určite patria mobilné siete, majú už vybudovanú infraštruktúru a sú podporované telekomunikačnými operátormi. Hoci tieto siete boli primárne vybudované na prenos hlasovej komunikácie, postupom času sa utvorili štandardy zastrešujúce IoT sféru. Licencované pásmo ponúka stredný až ďaleký dosah a široké frekvenčné spektrum, ktoré sa buduje už od roku 1980 a približne každých desať rokov vzniká nová generácia. Druhá generácia priniesla obrovské zmeny a preniesla mobilnú komunikáciu do digitálnej doby. V posledných rokoch sa do popredia začína dostávať piata generácia týchto sietí, ktorá už je IoT priateľská. [1] [11]

Tab. 1. Generácie mobilných sietí a ich vlastnosti [Upravené z 1, 12]

Charakteristika	1G	2G	3G	4G	5G
Obdobie	1980 - 1990	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 - 2020	2020 - súčasnosť
Pásmo	Analógový signál (30 kHz)	Digitálny signál (1,8 GHz)	1,6 - 2 GHz	2 – 8 GHz	< 6GHz, 24,2 – 52,6 GHz
Rýchlosť prenosu	2 Kb/s	64 Kb/s	144 Kb/s – 2 Mb/s	100 Mb/s – 1 Gb/s	100 Mb/s – 20 Gb/s
Technológia	Analóg	GSM	CDMA, UMTS, EDGE	LTE, WiFi	NR

2.1.1 NB-IoT

Celým označením „Narrow Band Internet of Things“, technicky tiež často označovaný ako LTE CAT-NB1 alebo LTE-M2. Hoci sa tento druh technológie vyvinul z klasického LTE, celkový systém je navrhnutý aby docielil zníženie spotreby energie a zároveň zvýšenie kapacity a dosahu. Tieto výhody boli docielené aj vďaka tomu že pracuje s veľmi „úzkou“ (pozn. narrow – z angličtiny úzky) šírkou pásma 180Hz. Zdieľanie pásma s ostatnými generáciami sietí (2G, 3G, 4G) má aj svoje výhody ale aj nevýhody. Aby sa docielili podmienky vhodné pre IoT, NB-IoT musí byť vo vyhradených spektrách alebo v chránenom pásme ako je vidieť na obrázku nižšie (pozn. Obr. 9 – z ľavej strany: využitie blokov LTE kanálu, ako samostatná služba, v chránenom pásme).



Obr. 9. Diagram nasadenia NB-IoT [13]

Asociácia telekomunikačných skupín 3GPP pre tieto účely už doposiaľ vyčlenila 25 pásiem po celom svete. Napríklad v Európe sa jedná o pásma:

- **B3** s vyhradeným pásmom pre uplink 1710 - 1785 MHz / downlink 1805 – 1880,
- **B8** s vyhradeným pásmom 880 - 915 MHz / 925 - 960 MHz
- **B20** s vyhradeným pásmom 832 - 862 MHz / 791 - 821 MHz.

Na druhú stranu vďaka tejto koexistencii získava veľmi dôležité vlastnosti, či už sa jedná o pohľad bezpečnosti ako zdieľanie autentifikačnej vrstvy a integrity dát alebo možnosť presnej lokalizácie. Jednotlivé prenosové cesty využívajú širokopásmovú moduláciu rovnako ako LTE a signál sa delí medzi viacerou vzájomne ortogonálnych frekvencií. Tento jav sa nazýva OFDM a NB-IoT ho využíva pre downlinkovú cestu, naopak pre uplink využíva SC-FDMA moduláciu. Tá využíva rovnaký princíp ako pri OFDM akurát v rozličnom poradí, s lineárnym prekódovaním. [11] [13]



Obr. 10. Narrowband IoT [13]

2.1.2 EC-GSM

Ako už z názvu vyplýva ďalšia sieť vyvinutá s ohľadmi na požiadavky IoT, EC-GSM (pozn. Rozšírenie Pokrytie – GSM z angličtiny „Extended Coverage – GSM“) vznikla rozšírením pôvodnej GSM siete a komerčné spustenie zaznamenali v roku 2017. Vzhľadom na to že GSM sa používa vo svete už od roku 1991 je zrejme že charakter siete je značne diferencovaný v rôznych kútoch sveta. Napríklad donedávna (pozn. v roku 2015) sa na blízkom východe ale aj po Africkom kontinente tento druh využíval v najväčšej miere, tvoril až 75% všetkých pripojení.

Okrem rozsiahlej historickej základne pre pokrytie, vďaka za úspechy táto sieť aj v počte frekvenčných pásiem v ktorých je nasadená. Aj keď samotná GSM podporuje širší rozsah pásiem, vývoj GSM/EDGE siete limitoval podporu pre štyri globálne pásma: 850, 900, 1800 a 1900MHz. Táto limitácia podstatne nahráva výrobcom zariadení, ktoré využívajú pripojenie prostredníctvom GSM. Menšie náklady pre rádiové frekvenčné komponenty pre celosve-

tové pokrytie a dostupnosť roamingu tak dostáva obrovskú výhodu pre zariadenia pohybujúce sa medzi krajinami (pozn. sledovacie RFID alebo iné IoT zariadenia v dopravnom priemysle). Využívanie súčasných sietí pre IoT nepožaduje žiadne komplexné zásahy a jedná sa iba o softwarové vylepšenie. EC-GSM rovnako ako jej materská technológia GSM, využíva kombináciu časového a frekvenčného delenia viacnásobného prístupu (pozn. TDMA, FDMA). Limitácia frekvenčného pásma ma ako už bolo vyššie spomínané určité výhody pre výrobcov. Samozrejme prináša so sebou aj druhú stránku. Vďaka týmto obmedzeniam je pre uplink a downlink vymedzené po 25 MHz. FDMA teda rozdelí 25 MHz do 124 nosných kanálov, ktoré majú šírku 200 kHz. Pomocou časového delenia (pozn. TDMA) sa tieto kanály rozdelia do 8 časových intervalov – tzv. slotov. Každému zariadeniu je tak pridelené v určitom kanále daný časový interval, v ktorom môže voľne vysielat'. Celý systém je hierarchicky štruktúrovaný na multirámec, superrámec a hyperrámec. V celkovej štruktúre rámca sa využíva časová presnosť hyperrámca, ktorá je približne 3.5 hodiny dlhá. Pri obmedzení komunikácie na niekoľko správ denne sa odhaduje životnosť batérie na približne desať rokov.

Nadstavba EC-GSM má tak veľmi dobré predpoklady, no neustály rozvoj sietí tretej a štvrtej generácie a príchod piatej generácie začína postupne historické siete vytláčať do úzadia. A to nielen pomyselne, už pred niekoľkými rokmi sa začalo „recyklovať“ GSM pásmo v prospech novších generácií. Do budúcnosti sa hovorí aj o úplnom vypnutí tejto siete no lacné obstarávacie ceny sú veľmi výhodné pre M2M zariadenia, ktoré majú zazmluvnené kontrakty na niekoľko desaťročí dopredu a preto aktuálne odstaviť GSM nie je možné. [14] [15]



Obr. 11. EC-GSM-IoT [15]

2.1.3 LTE-M

Jedná sa o v podstate druhú generáciu LTE siete. Často krát sa technicky označuje ako LTE-M1 alebo CAT-M1. Jej názov je odvodený z pôvodného názvu LTE (pozn. Dlhá trvajúca evolúcia z angličtiny – „Long-Term Evolution“) v spojení so strojovou komunikáciou (pozn. stroj z angličtiny – „Machine“). Rovnako ako ostatné IoT siete bola navrhnutá

s cieľom dosiahnuť čo najväčšiu životnosť batérií spolu s nízkou obstarávacou cenou za zariadenie, vylepšené pokrytie a zachovanie vysokého počtu zariadení na jednu bunku rádiovkej siete.



Obr. 12. LTE-M IoT technológia

[16]

Hlavnou požiadavkou líšiacou sa od ostatných dosiaľ špecifikovaných sietí bola vyššia šírka pásma za účelom nasadenia v náročnejších aplikáciách, ako sú napríklad hlasové služby. Vďaka týmto schopnostiam sa s touto technológiou často stretávame napríklad vo výťahoch, kde v núdzových prípadoch dokáže kontaktovať servisné centrum. Zásadným krokom ako aj u ostatných IoT sietí je zachovať kompatibilitu na materskú sieť a možnosť tak využiť aktuálne vybudované LTE siete. Rovnako ako je tomu aj u EC-GSM, tento prechod je iba softwarový a finančná náročnosť sa nekladie na hardware. Keďže sa jedná len o nadstavbu, samotná LTE-M zdieľa celú schému prenosu dát pre uplink a downlink. Rovnako ako NB-IoT využíva OFDM pri downlinku a SC-FDMA pri uplinku. IoT zariadenia tak dokážu zdieľať aj rovnaký rámec ako klasické LTE zariadenia. Ak má poskytovateľ alokované široké spektrum pre LTE, znamená to že je dostupná rovnako veľká šírka pásma aj pre LTE-M. Toto dynamické zdieľanie tak dokáže napríklad šetriť pomocou plánovania prenosu komunikácie IoT zariadení, ktorým až tak nezáleží na presnom čase odoslania, na dobu kedy nie sú klasické LTE služby využívané vo veľkom rozsahu. [11] [14]

Tab. 2. Základné parametry tradičných mobilných sietí transformovaných pre použitie v IoT [Upravené z 11, 13, 15]

		NB-IoT	EC-GSM	LTE-M
Možnosti nasadenia		LTE pásmo, chránené pásmo, samostatne	GSM pásmo	LTE pásmo, samostatne
Šírka pásma		180 kHz	200 kHz pre kanál	1.08 MHz, 1.4 MHz
Duplex		HD, FDD	HD, FDD	FDD & TDD
Dátový tok	Uplink	50 Kb/s	240 Kb/s	1 Mb/s
	Downlink	50 Kb/s	240 Kb/s	1 Mb/s

2.1.4 5G

Piata generácie mobilných sietí alebo „NR“ (pozn. Nové Rádio z angličtiny „New Radio“) ako sa označuje, bola prvý krát špecifikovaná organizáciou 3GPP v Apríli minulého roku a jej hromadné nasadenie ešte stále nebolo dokončené. Výhoda tejto siete leží vo fundamentálnej podpore mobilných IoT sietí na rozdiel od základov predchádzajúcich generácií. Zatiaľ čo aktuálna situácia ohľadne Korona vírusu Covid-19 a politickému kritizovaniu spoločnosti Huawei (pozn. hlavný aktér vo vývoji 5G infraštruktúry) relatívne zbrzdila proces nasadenia v členských krajinách NATO, v Číne je aktuálne nainštalovaných 400-tisíc základňových staníc BTS. Prezident spoločnosti zároveň odhaduje že do konca aktuálneho roku sa tento počet zdvojnásobí a počet užívateľov sa vyšplhá na dvesto miliónov. Celosvetovo však ešte dlhú dobu bude trhu dominovať LTE sieť. [14] [17]

Pri vývoji piatej generácie siete panovalo všeobecne medzi vedcami a technikmi určité nadšenie a zároveň veľké očakávania z možností, ktoré by mala priniesť pre sektor internetu vecí. Úplne nové služby, ktoré s tým súvisia, môžu ovplyvniť mnoho nových trhových segmentov ako sú napríklad energetické siete alebo veľké priemyselné systémy. Avšak relatívne nedávno vydané prvé normy majú na následok že v komerčnej sfére IoT ešte táto technológia nebola využitá a neustále prebiehajú skúšobné procesy pre vyladenie. NR má vďaka svojim vlastnostiam ako flexibilita a väčší výkon v porovnaní z predchodcami veľkú pravdepodob-

nosť úspechu v tejto oblasti. Prínos pre IoT segment je hlavne v oblasti senzorov, ktoré vyžadujú obrazovú komunikáciu alebo naopak zariadenia využívajúce sa v bezpečnostnom priemysle. Je to najmä vďaka jej vyšším prenosovým rýchlostiam, spoľahlivosti a nižšej latencii oproti súčasným technológiám (údajne by nemala prekročiť 1 ms). No ako príklad je dôležité spomenúť vývoj štvrtej generácie. Jej norma bola síce prvýkrát špecifikovaná v roku 2008 no významné míľniky ju v podstate ešte len čakali a vyvíjala sa až do polovice roku 2018. 3GPP okrem toho súhlasila s tým že NR sa neplánuje masovo využívať pre strojovú komunikáciu IoT zariadení v prvých vydaniach. Motiváciou k nasadeniu tejto LPWA technológie je možné očakávať až v prípade že dosiahne výrazne lepšie vlastnosti ako doposiaľ vydané normy pre nadstavby predchádzajúcich generácií – LTE-M alebo NB-IoT. [14]

2.2 Nelicencované LPWA siete

Siete s nízkou energetickou náročnosťou a ďalekým dosahom - LPWA (pozn. z angličtiny „Low Power Wide Area“) sa pre podstatu batériového napájania zariadení Internetu vecí stali neodmysliteľnou súčasťou. Často krát sú spájané s nízkymi prenosovými rýchlosťami, no senzorické zariadenia, ktoré často krát pokrývajú v obrovskom počte celé mestá, posielajú nízko rozmerné správy len niekoľko krát za deň a preto je táto kombinácia úplne dokonalá. Technológie ako napríklad WiFi, Bluetooth alebo Zigbee neposkytovali pre jednotlivé riešenia dostatočný dosah a štandardné mobilné siete vyžadujú vysoké prevádzkové náklady. Dôležitým faktorom v počiatkoch vývoja, kedy ešte ostatné spomínané siete neboli dostatočne optimalizované, bola príliš nízka životnosť batérie. [11]

Jedno z rozdelení sietí je medzi licencované a nelicencované. Nelicencované siete oproti sieťam prevádzkovaným operátormi majú nespornú výhodu a to že sú bezplatné. Samozrejme poskytovatelia týchto sietí umožňujú pre používateľov „plug & play“ riešenia s masívnymi serverovými základňami a orientujú svoje výnosy smerom k PaaS (pozn. platforma ako služba z angličtiny - „Platform as a service“). Pokiaľ však nasadenie technológie vyžaduje bezchybný prenos a každá správa je dôležitá, nelicencované siete v takom prípade nie sú odporúčané. Jedná sa totiž o zdieľané pásmo pre ktoré sa viažu určité podmienky a šanca že sa vysielajúce zariadenie dostane do kolízie alebo ostane rušené je pravdepodobná. V prípade že sa zastrešuje parkovisko s 500 parkovacími miestami a denne vypadne informácia o dvoch príchodoch alebo odchodoch je irelevantná. [11] [14]

Ďalšou skutočnosťou, ktorá podnietila hromadné rozšírenie LPWA bola väčšia operatívna vzdialenosť. V zásade je pre dosiahnutie väčšieho dosahu siete využívaná rovnica – nižšia

frekvencia = vyšší dosah. Samozrejme je dosah ovplyvnený aj inými faktormi ako napríklad výkonom vysielacza. LPWA siete preto vo väčšine prípadoch pracujú na nízkych frekvenciách do 1 GHz. [11]

V priebehu posledných rokov sa formuje hneď niekoľko takýchto sietí ako napríklad:

- LoRaWAN,
- Sigfox,
- Ingenu alebo Weightless.

Ostatné mobilné siete, ktoré boli spomínané, takisto držia krok s dobou a transformujú sa aby prijali túto filozofiu.

2.2.1 LoRaWAN

Je sieť, ktorá je založená na protokole LoRa od spoločnosti Semtech a funguje na fyzickej vrstve siete s využitím čerpovej modulácie FM signálu. Pre rýchli rozmach tejto technológie bola založená skupina venujúca sa jej technickým špecifikáciám – Aliancia LoRa. Jedná sa o neziskovú organizáciu, ktorá vznikla spojením rôznych organizácií pre štandardizáciu. Pretože táto technológia pokrýva protokoly vyššej úrovne a umožňuje tím spoluprácu medzi jednotlivými predajcami modemov, brán (pozn. v zmysle „gateway“) alebo aplikačných a sieťových serverov, je nutné ich koordinovať. [11]

O nelicencovanom pásme je vo väčšine prípade známe, že sú využívané na krátke vzdialenosti. Pretože používanie dát v IoT sektore, je o správach s malým rozmerom je možné tento druh rádiovkej komunikácie upraviť pre väčšie vzdialenosti. A to tak že tento druh siete podporuje rôzne faktory šírenia a šírky pásma v závislosti na požadovaných rozsahoch pokrytia. Zvyšovanie faktorov šírenia vedie a väčším rozsahom resp. citlivosti prijímača ale zároveň nižším rýchlostiam prenosu. Takéto zvyšovanie má za následok rovnako aj znižovanie výdrže batérie, pretože senzory musia vysielat' dlhší čas. Rovnako ako faktor šírenia stanovila aliancia LoRa aj nastaviteľnú šírku pásma, ktorá je opäť závislá na optimálnom nastavení dosahu a výdrže batérie. LoRa pre tieto vlastnosti zahŕňa tri triedy zaradenia A, B a C. Kategória A a B je určená pre batériové zariadenia, s rozdielom viacerých slotov na určitý čas po prijatí správy pre druhý spomínaný typ. Znamená to, že zariadenie je aktívne pre downlink len počas času (súčasťou špecifikácie daného zariadenia) po odoslaní správy na server – uplinku. Kategória C patrí zariadeniam, ktoré sú trvalo napájané zo siete a dokážu tak

prijímat správy neustále. Typ C je určený prevažne pre zariadenia, ktoré majú väčšiu frekvenciu downlinkových správ (pozn. zo serveru na zariadenie), pretože okrem vyššej elektrickej náročnosti majú najnižšiu aj latenciu. Vďaka asynchrónnosti LoRaWAN technológie tak nemusia byť jednotlivé zariadenia neustále v spojení a prechádzajú do režimu spánku, čo má za následok väčšiu výdrž batérie. LoRaWAN sa vyskytuje v Európe na frekvenciách 867-869MHz. [1] [11] [14]

2.2.2 Sigfox

Ďalším z nelicencovaných riešení pre LPWA siete je Sigfox, ktorú vlastní francúzska spoločnosť s rovnomerným názvom a radí sa tak medzi proprietárne technológie. Princíp tejto siete je založený na využívaní úzkeho pásma kanálu (pozn. 200 kHz), podobne ako je tomu u NB-IoT. Ten poskytuje pri nízkych rýchlostiach len sto bitov za sekundu väčšie rozsahy a nižšiu úroveň rušenia šumom. Technológia Sigfox tak spadá do kategória z najmenším obnosom správ a pri navrhovaní systému je to potrebné brať do úvahy. V prípade uplinkovej správy je veľkosť ohraničená na dvanásť bajtov a aby mohlo zariadenie odvysielat celý rámec o rozmere dvadsaťšesť bajtov, musí vysielat aspoň dve sekundy.

Príjem downlinkových správ je založený v podstate na rovnakom princípe ako je tomu o zariadení LoRaWAN typ A alebo B. Sigfox však vďaka malému rámcu uplinkových správ posielat správu zvyčajne na troch rôznych kanáloch, ktoré sú náhodne zvolené. Zároveň základňové stanice BTS sledujú všetky kanály systému so zámerom vyhľadávania a dekódovania správ. Jednotlivé správy môže byť smerované na rozdielne BTS stanice. Server pri posielaní downlinku musí zvolit jednu z týchto staníc (pozn. obyčajne tú z najvyššou intenzitou signálu) z ktorých mu prišla správa a preposlat jej ju. Rovnako ako LoRaWAN zariadenia, senzory určitý čas po odvysielaní čakajú na príjem správy. V podstate ide o rovnaký hibernačný spôsob šetrenia batérie. [11] [14]

Tab. 3. Orientačné vlastnosti nelicencovaných sietí [upravené z 11]

		LoRaWAN	Sigfox
Šírka pásma		125-500 kHz	200 kHz pre kanál
Rýchlosť - uplink		50 Kb/s	100 b/s
Vzdialenosť	Rurálne oblasti	1-4 km	1-6 km
	Mestské oblasti	10-15 km	20-30km

2.3 Siete s krátkym dosahom

Hoci v prípade poľnohospodárstva siete s krátkym rozsahom nie sú až tak často využívané jedná sa o zaujímavú skupinu technológií. Z pohľadu batéριοvo nenáročných sietí sa jedná jednu z prvých skupín, ktoré boli vyvinuté pre IoT sféru. Medzi najpoužívanejšie siete založené na IP a otvorených protokoloch, ktoré majú budúcnosť v IoT sfére patria:

- Proprietárne technológie založené na štandarde 802.15.4,
- Bluetooth Low Energy,
- WiFi HaLow.

Štandard 802.15.4 sa uzákonil v roku 2003 v čase najväčšieho výskumu bezdrôtových sietí určených pre pokrytie sféry IoT. Siete tohto štandardu boli primárne určené pre domácu automatizáciu a niektoré prípade priemyselnej automatizácie. Patri medzi prvé štandardy využívajúce protokol IPv6 so zameraním na nízku energetickú náročnosť v oblasti personálnych sietí PAN. Takémuto označeniu sa hovorí 6LoWPAN a zahrňuje IP komunikáciu vo veľmi obmedzených bezdrôtových komunikačných technológiách. V súčasnosti z tohto štandardu ťaží niekoľko technológií – ZigBee, Thread alebo WirelessHART. V Európe pracuje tento štandard na frekvencií 868 MHz, poprípade na celosvetovej frekvencií 2.4 GHz. Väčšia z frekvencií obsahuje šesťnásť kanálov po 2 MHz šírke pásma. Približné rýchlosti dosahujú zhruba 250 Kb/s. Európske pásmo obsahuje jeden kanál o šírke 600 KHz a priemerná rýchlosť sa pohybuje približne na 20 Kb/s. [14]

Z počiatku vznikla technológia Bluetooth ako osobná sieť s krátkym dosahom – PAN. S príchodom Bluetooth 4.0 v roku 2010 však začala vznikať špecializácia vhodná pre IoT zariadenia, ktorá si adaptovala princíp zníženej spotreby energie. V porovnaní s klasickou verziou však ide o značnú zmenu. BLE ako je táto technológia v skratke označovaná, využíva ISM pásmo s frekvenciou 2.4 GHz. Jednotlivé spektrum sa delí na štyridsať kanálov pričom majú

každý veľkosť 2 MHz a iba tridsaťsedem z nich tvorí dátové kanály. BLE využíva pre moduláciu GFSK – kľúčovanie založené na Gaussovom frekvenčnom posune. Rýchlosť prenosu dát môže dosahovať 1 Mb/s. [14]

2.4 Vyhodnotenie

Z popisu jednotlivých sietí je jasné, že každá bude vhodná pre iné prípadové štúdie. Preto je pri voľbe IoT systému nutné dbať zvýšenú opatrnosť na poskytovanie rozličných sietí. Pre rýchle hodnotenie základných parametrov slúži nasledujúca tabuľka (pozn. Tab. 4).

Tab. 4. Porovnanie najpoužívanejších technológií v IoT [Upravené z 1]

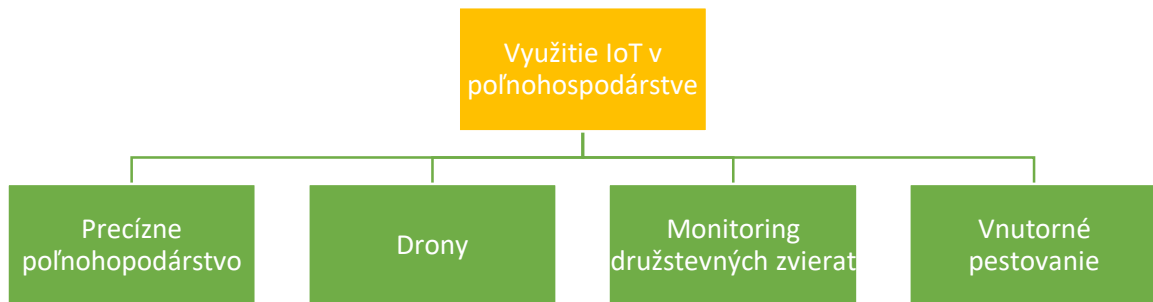
	Vonkajšie pokrytie	Vnútorne pokrytie	Pohyblivosť	Lokalizácia	Škálovateľnosť
2G	Yellow	Light Green	Green	Green	Light Green
3G	Yellow	Yellow	Green	Green	Light Green
4G	Yellow	Yellow	Green	Green	Light Green
LTE-M	Yellow	Yellow	Green	Green	Light Green
EC-GSM	Green	Light Green	Light Green	Green	Green
NB-IoT	Green	Light Green	Light Green	Yellow	Green
Sigfox	Green	Light Green	Red	Red	Light Green
LoRaWAN	Yellow	Light Green	Orange	Orange	Light Green
WiFi	Red	Green	Yellow	Green	Orange
ZigBee	Red	Yellow	Orange	Green	Orange
Bluetooth	Red	Red	Red	Green	Red

Legenda:

- Veľmi zlé
- Zlé
- Priemerné
- Dobré
- Výborné

3 VYUŽITIE IOT TECHNOLOGIÍ V POĽNOHOSPODÁRSTVE

Do roku 2050 by stále rastúca svetová populácia mala dosiahnuť približne 9,6 miliárd. S cieľom nakrmiť túto obrovskú populáciu musí teda poľnohospodárske odvetvie prijať nové, moderné technológie ako napríklad internet vecí. Dopyt po väčších množstvách potravín musí čeliť výzvam, ako je rastúca zmena klímy, extrémne klimatické podmienky a vplyv intenzívnych poľnohospodárskych postupov na životné prostredie. [18]



Obr. 13. Základné časti využitia IoT v poľnohospodárstve [Upravené z 18]

3.1 Poľnohospodárstvo 4.0

Ako už bolo v úvode spomínané, pre neustály nárast populácie a jej potreby je potrebné zdokonaľovať nie len výrobné procesy ale agrárne. Zatiaľ čo priemysel úspešne prechádza v posledných rokoch štvrtou priemyslovou revolúciou (pozn. Priemysel 4.0 z angličtiny „Industry 4.0“), agrárny priemysel si ešte stále len hľadá cestu k hromadnému využitiu. Prínos nových technológií ako sú internet vecí, umelá inteligencia, strojové učenie, robotika a automatizácia ale aj virtuálna realita mení celú spoločnosť. Problémy, ktoré často krát vyžadovali prítomnosť niekoľkých zamestnancov je možné odstrániť aplikovaním týchto technologických novínok. Rovnako ako si svetový lídri v technologickom priemysle pred niekoľkými rokmi kladli otázku ako prekročiť vtedajšie výrobné kapacity, si v dnešnej dobe kladú podobnú otázku agrárne spoločnosti. Poľnohospodárstvo je však stále vnímané ako dosť inovatívne na to aby sa dokázalo prispôbiť meniacim sa požiadavkám a novými konceptmi ako je aj „Poľnohospodárstvo 4.0“.

Technicky vyspelé poľnohospodárske spoločnosti už v dnešnej dobe nie sú len o pestovateľoch ale ide o kombináciu rokmi nazbieraných praktických vedomostí s informačnými technológiami. Takto sa tvoria divízie a externé spoločnosti, ktoré implementujú a realizujú ta-

kéto spolupráce. Práve tieto firmy sa snažia ukázať výhody, ktoré tento spôsob prináša. V reálnom čase je tak možné odchytiť príznaky negatívnych dopadov na výsledné plodiny. Získavanie dát so senzorov najčastejšie analyzuje:

- stav pôdy (teplota, vlhkosť, pH, obsah živín),
- dávkovanie a účinnosť hnojív,
- možný výskyt škodcov,
- správu plodín (zrelosť, veľkosť, ochorenia),
- analýza minulých, súčasných klimatických podmienok a ich predikcia,
- skladové hospodárstvo a logistika,
- zabezpečenie aktív (krádež alebo znehodnotenie plodín napr. zvieratami). [19] [20]

3.2 Poplachové aplikácie

Hoci sa pri poskytovaní bezpečnostných systémov kladú vysoké požiadavky na integritu a kvalitu dát či spojenia IoT sektor sa za posledné roky stáva obľúbenou súčasťou hlavne komerčnej sféry. V súčasnosti už existuje celá škála bezpečnostných detektorov aj v prevedení IoT. Nasledujúca kapitola preto opisuje základné rozdelenie bezpečnostných technológií a nevymedzuje len zariadenia z oblasti poplachových aplikáciách poľnohospodárstva.

3.2.1 Integrovaný bezpečnostný systém

Integrovaný bezpečnostný systém, je systém, ktorý pozostáva s množiny technologických procesov s jednotlivými podsystémami. Systém komunikuje a spracováva informácie z jednotlivých zariadení v reálnom čase a distribuuje tieto informácie medzi jednotlivé podsystémy. Takéto systémy teda nemôžeme chápať ako hotový výrobok pripravený na predaj. Naopak je nutné sa naň pozerat' ako na modifikovateľnú symbiózu technického a programového vybavenia, kde každá užívateľská inštancia vyžaduje iný prístup pre vytvorenie systému s dopredu nadefinovanými vlastnosťami. [21]

Medzi podsystémy sa najčastejšie zaraďujú:

- EPS – systémy elektrickej požiarnej signalizácie dokážu včasne odhaliť vznikajúci požiar, vyhlásiť požiarne poplach alebo autonómne zasiahne aj ostatnými potrebnými opatreniami. Základným prínosom je čas, ktorý získa včasnou detekciou požiaru

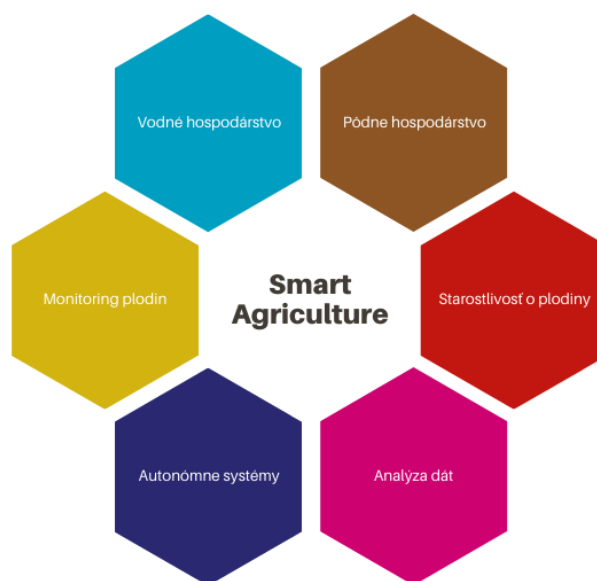
a vyhnúť sa možným katastrofickým následkom. Vďaka pohotovejšej evakuácii objektu a rýchlejšiemu privolaniu jednotiek požiarnej záchrany tak často krát podstatne minimalizuje finančné škody. [22]

- CCTV – kamerový systém (pozn. uzavretý televízny okruh z angličtiny – „closed-circuit television“) pozostáva zo základných komponentov ako sú – kamery, zobrazovacie zariadenia a prídavné zariadenia pre ukladanie, prenos, analýzu alebo obsluhu. V poslednom období sa do popredia v komerčnej sfére predierajú IP kamery. V podstate sa jedná o kamery, ktoré sú pripojené do siete. Na rozdiel od analógových kamier disponujú komunikačným rozhraním, čo im umožňuje pripojenie k internetu a vzdialenú kontrolu. Práve podstata toho že kamery majú vlastné IP adresy, web alebo FTP server, z nich robí dokonalú súčasť IoT. Kamerové systémy sa však vo vysokej miere podieľajú aj na implantáciách v poľnohospodárstve. Vďaka moderným softwarom na analýzu obrazu je dnes možné kontrolovať kvalitu plodín ako aj zabezpečovať poľnohospodárske objekt. [23]
- Access – prístupové systémy (pozn. prístup z angličtiny „access“) sa v bezpečnostných aplikáciách využívajú pre potreby rozdelenia užívateľských práv v objekte. Technológie kontroly vstupu zahrnujú hardware – čítačky kariet, otláčkov prstov, tváre a pod. ako aj softwarovú časť pozostávajúcu z databáz a programov porovnávajúcich jednotlivé záznamy. [21]
- PZTS - poplachový zabezpečovací a tiesňový systém často krát označovaný aj jeho anglickou formou „I&HAS“ (pozn. „intrusion and hold-up alarm system“). Jedná sa o kombináciu systémov určených k detekcií poplachov vyvolaných úmyselne – tiesňové a vyvolané nepovoleným vniknutím. Systémy môžu byť používané samostatne a rozdeľujú sa na dve kategórie – poplachové zabezpečovacie systémy a na poplachové tiesňové systémy s oddelenými možnosťami použitia.
 - Poplachový zabezpečovací systém - dokáže upozorniť pred nepovoleným vniknutím alebo pokusom o vniknutie do chráneného objektu a to formou akustickou alebo optickou signalizáciou. Často krát systémy prepojené na GSM brány alebo v dnešnej dobe už čoraz častejšie prostredníctvom IoT sietí posielajú notifikácie ako napríklad SMS správy alebo internetové správy či dokonca telefonáty. Tieto systémy bývajú často krát pripojené na dohľadové centrá a spolu z výjazdovou službou tak dokážu takéto upozornenia skontrolovať, prípadne chytiť narušiteľa.

- Poplachový tiesňový systém – ako už názov naznačuje, tiesňové systémy sú určené k úmyselnému vyvolaniu poplachového stavu v prípade že sa používateľ takéhoto systému ocitne v stave núdze. [24]

3.3 Nepoplachové aplikácie

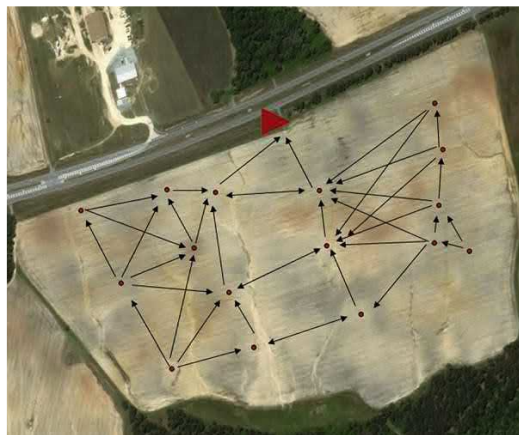
Zber a následná analýza dát dokáže pestovateľom ukázať detailný pohľad na aktuálny stav ako aj automatizovane vykonávať činnosti ako je zavlažovanie, hnojenie alebo postrekovanie. Takéto systémy nielen že dokážu šetriť čas a peniaze ale v čase pohotovosti sa už pestovatelia nemusia obávať nedostatku pracovníkov.



Obr. 14. Rozdelenie nepoplachových aplikácií inteligentného poľnohospodárstva [Vlastná tvorba]

3.3.1 Monitoring a starostlivosť o plodiny

Inštaláciou dostatočného počtu senzorov je možné doceliť ucelený pohľad na pole ako aj analýzu kritických častí. Práve zber dát z jednotlivých senzorov je najdôležitejšou súčasťou inteligentného poľnohospodárstva. Na obrázku (pozn. Obr. 15.) je zobrazený príklad rozloženia jednotlivých senzorov s bezdrôtovou meshovou sieťou. Červený trojuholník reprezentuje gateway, ktorá prijíma správy so senzorov a preposiela ich do cloudu pre následnú analýzu a uskladnenie.



Obr. 15. Príklad rozloženia senzorov s meshovou štruktúrou [20]

Vďaka tejto stratégii je docielená vysoká úspešnosť prenosu správ. Každý senzor komunikuje s ostatnými aby sa zabezpečil transfer až ku gateway. Zrejmá výhoda takejto štruktúry je v okamžitom hlásení chybného senzoru, systém zatiaľ prekonfiguruje trasu signálu a užívateľ má možnosť senzor vymeniť bez prerušenia prevádzky. Naopak nevýhoda takejto implementácie, keď senzory fungujú ako opakovač signálu sú prebudené zo spánkového režimu, čo vedie k väčšej spotrebe a menšej životnosti batérie. [19] [20]

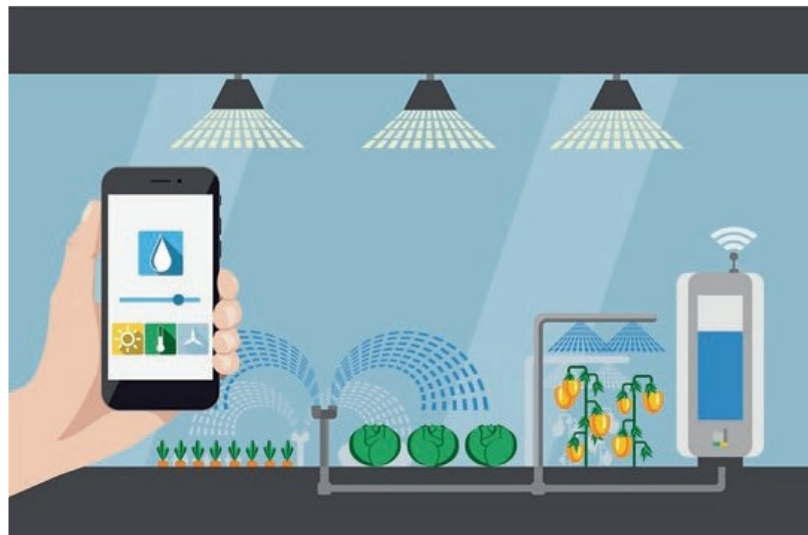
Medzi najčastejšie využívané senzory patria:

- Senzor kvality vzduchu – sníma vzdušnú vlhkosť, teplotu a obsah oxidu uhličitého vo vzduchu (CO_2). Jednotlivé údaje sú dôležité pre následnú analýzu a výpočet rosného bodu.
- Senzor ovlhčenia listov – citlivý senzor dokáže upozorniť pred nadmernou vlhkosťou, ktorá by mohla smerovať k plesňovým onemocneniam. Ďalej sníma elektrickú vodivosť a dokáže tiež varovať pred námrazami.
- Senzor osvetlenia – zbiera dáta o svetelných podmienkach.

- **Meteostanice** – na trhu je už v dnešnej dobe veľký počet lacných a kvalitných meteostaníc, ktoré dokážu zbierať viac údajov naraz (poveternostné podmienky ako smer vetra alebo rýchlosť, teplotu a vlhkosť vzduchu, počet zrážok alebo obsah ultrafialového žiarenia).

3.3.2 Vodné hospodárstvo a pôdne hospodárstvo

Vodné hospodárstvo je ďalšou dôležitou sekciovou časťou pre udržateľné a šetrné hospodárstvo. Monitorovaním pH vody a pôdy sa zabezpečuje, že rastliny alebo plodiny budú mať optimálne podmienky pre správny rast. Inteligentné siete pre zber dažďovej vody alebo zavlažovanie optimalizujú nielen náklady ale vďaka aktuálnym podmienkam dokážu navrhnúť správne množstvo pre závlahu, hnojenie či postrekovanie proti škodcom. [19]



Obr. 16. Inteligentné zavlažovacie systémy za použitia IoT [18]

IoT senzory a aktory navrhnuté pre správu vody a pôdy:

- **Kombinovaný pôdny senzor** – dokáže merať dôležité pôdne vlastnosti ako je obsah soli, pôdna vlhkosť, teplota, pH. Zariadenie je zostavené z variabilného počtu senzorov pre zber dát v jednotlivých hĺbkach pôdy.
- **Hladinový senzor** – sníma aktuálnu hladinu a upozorňuje na nedostatočnú úroveň. Senzor zároveň poskytuje informácie o kvalite vody ako je napríklad jej pH.
- **Senzor tlaku** – snímaním tlaku v zavlažovacích systémoch dokáže predchádzať poruchám.
- **Relé aktor** – na základe užívateľskej interakcie alebo vyhodnotením systému určuje prietok vody v systéme.

3.3.3 Autonómne systémy v poľnohospodárstve

Medzi najrevolučnejšie technologické prostriedky v oblasti precízneho poľnohospodárstva patria jednoznačne drony. V súčasnosti je práve poľnohospodárstvo jedno z najväčších odvetví v ktorom si našli využitie. Pre poľnohospodárske využitie existujú dva typy – pozemné a letecké. V tomto sektore si našli obrovské množstvo využiteľností či už sa jedná o skenovanie rastlín za účelom analýzy zdravotného stavu, presné mapovanie povrchu a jeho analýza alebo zavlažovanie, výsadba, chemické postrekovanie či odstraňovanie buriny. Počas letu dron zhromažďuje fotografické údaje, ktoré môžu byť rôzneho druhu – termálne, multispektrálne alebo vizuálne. Na základe analytického spracovania obrazu tak dokážu pestovatelia získať napríklad počet plodín alebo výšku rastlín a následnú kalkuláciu možných výnosov.

Medzi najväčšie výhody ich využitia patria:

- Jednoduchosť použitia – na základe analytického spracovania dokáže systém vytvoriť presné trasy a spôsoby aplikácie jednotlivých postrekov. Variabilná výška letu sa prispôsobí pre čo najprecíznejšie aplikovanie.
- Rýchlosť – nahradzovanie ľudských pracovníkov, takouto technológiu dokáže masívne skrátiť jednotlivé procesy a to nie len časovo ale aj finančne.
- Variabilita – možnosť prekonfigurovať si jednotlivé zariadenia na základe využitia (postrek, monitorovanie, sadenie).

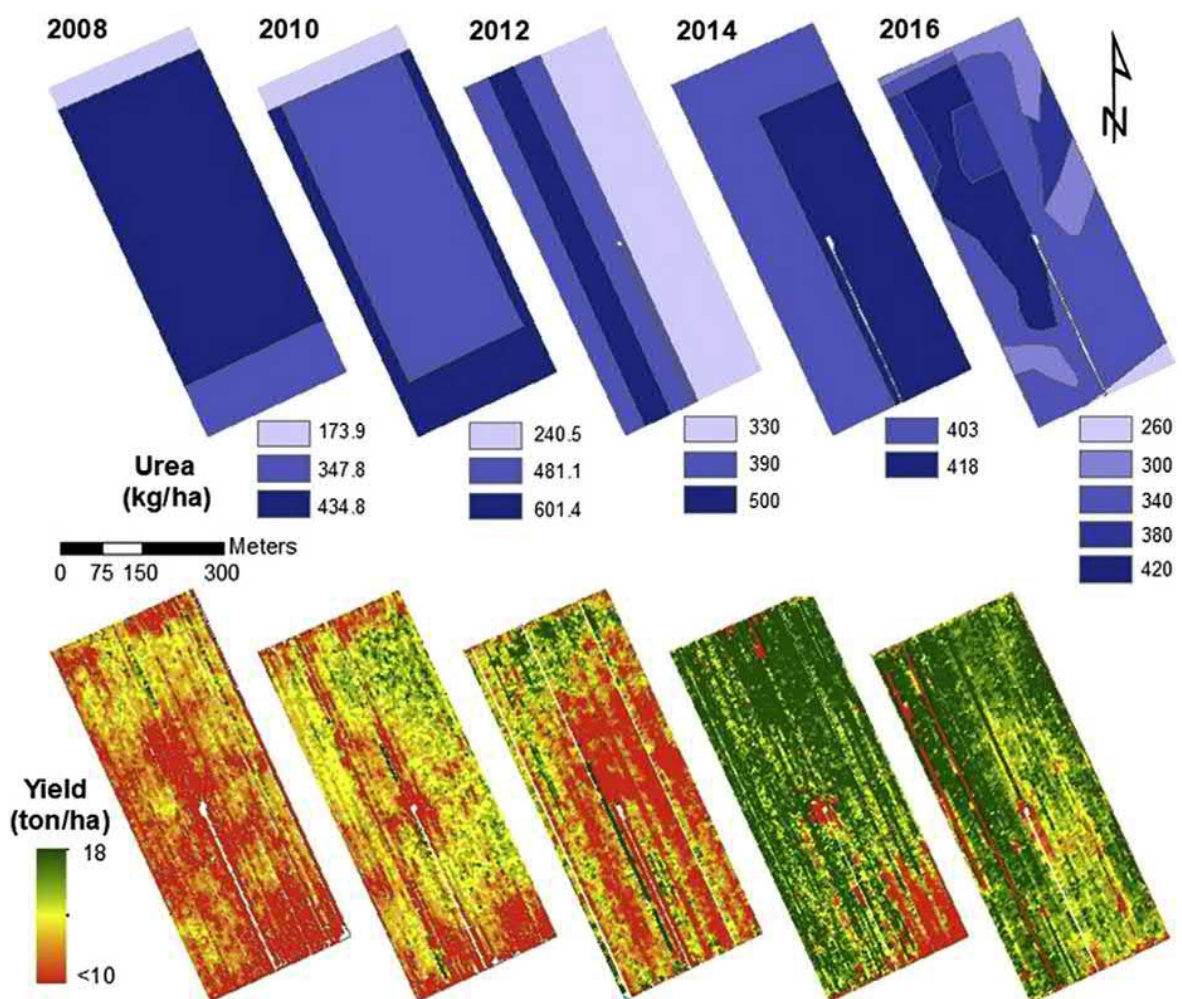
Samozrejme z pohľadu autonómnosti sa nemusí jednáť len o drony. Dnešná technológia poskytuje množstvo ďalších zariadení, ktoré dokážu optimalizovať náklady a šetriť prírodu. Napríklad traktory už dnes nemusia prechádzať celé pole a postrekovať rovnakým množstvom celú plochu. Cloudové systémy dokážu po analýze dát generovať súbory, ktoré je potom možné nahráť do traktoru a presne vie, ktoré miesto je postihnuté viac a ktoré menej. To šetrí nielen náklady na chemický materiál alebo naftu ale aj samotné plodiny, ktoré takýmto spôsobom získavajú len nutnú dávku živín alebo chemických postrekov proti škodcom. [18]

3.3.4 Analýza dát – cloud computing

Hoci sa v poslednej dobe stále viac rozomáha trend vzdialeného spracovania a výpočtov dát prostredníctvom cloudových služieb niektorí zákazníci si stále vyžadujú privátnu infraštruktúru. To samozrejme vedie k väčšiemu súkromiu dát no aj väčším finančným nákladom na

chod vlastných serverov, pretože veľký hráči v prostredí cloudových technológií dnes ponúkajú tieto služby doslova za pár korún.

Medzi najčastejšie spôsoby využitia týchto služieb patrí analytické spracovanie obrazového materiálu, ktoré môže zaznamenávané pomocou vlastných zariadení ako sú drony alebo naopak skúmaním družicových záberov v oblasti dôležitej pre užívateľa. Tieto údaje sa vyhodnocujú v nadväznosti na reálne namerané dáta zo senzorov a následne vytvárajú predikcie environmentálnych vlastností ako sú suchá, mrazy alebo zdravotného stavu jednotlivých plodín a prípadné nedostatky v hnojení či postrekovaní. Medzi častý jav v poľnohospodárskom priemysle tak patrí mapovanie poľa a zobrazovanie dôležitých filtrov. [11] [19]



Obr. 17. Názorná ukážka satelitných snímok účinnosti hnojenia kukuričného poľa [19]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 INELS AIR V POROVNANÍ S KONKURENCIOU

Nasledujúca kapitola má za úlohu porovnať populárne IoT systémy. V začiatkoch kapitoly sa zameriavam na spôsob porovnávanía za účelom dosiahnutia čo najlepšieho výsledku. Kde vytýčim najdôležitejšie body takýchto riešení. Následne začnem s opisom produktovej skupiny iNELS Air firmy ELKO EP a začnem s hodnotiacim procesom pre vybrané kategórie.

4.1 Tvorba bodovacieho systému za účelom porovnania IoT systémov

Pre čo najdôraznejšie porovnanie nasledujúcich systémov som si pre ich komplexnú povahu vytvoril maticový systém, ktorý bude aplikovaný na základné sledovaných vlastností. Medzi najdôležitejšie aspekty patria:

- konektivita,
- škála zariadení,
- spracovanie dát a ich vizualizácia,
- integrácie,
- management zariadení,
- a v poslednom rade cenová dostupnosť.

Tab. 5. Hodnotiaca matica pre jednotlivé vlastnosti IoT systémov [Vlastná tvorba]

ZLÉ	PRIEMERNÉ	DOBŘÉ
0b	1b	2b

Jednotlivé aspekty vybraných IoT systémov sú v stručnosti opísané v ďalších kapitolách kde je presne vysvetlený spôsob hodnotenia. Nevyhovujúce získava v celkovom hodnotení nula bodov, priemerné hodnotenie jeden bod a systém, ktorý bude v danom aspekte excelovať dostane dva body.

4.1.1 Konektivita

Jedným z dôležitých parametrov pri výbere správneho výrobcu je určiť dostupnosť a variabilitu rôznych sietí. Pretože v rôznych prípadoch použitia je nutné dbať na rôzne parametre jednotlivých sietí. Niektoré prípady vyžadujú pre široké pole pôsobnosti veľký dosah, niektoré vyžadujú obojsmernú komunikáciu a niekto zase vyžaduje kvalitu spojenia. Nemô-

žeme preto porovnávať technológie zvolené pre zdravotníctvo a technológie pre poľnohospodárstvo. Zatiaľ čo každý sektor môže vyžadovať senzor rovnakého typu, každý má iné nároky na používanie. Medzi prvé porovnávané parametre bude teda zaradená variabilita jednotlivých prvkov z pohľadu dostupnosti sieťových prevedení. Systémy, ktoré v tomto ohľade nepodporujú rôznorodosť IoT sietí a sú zamerané iba na jednu v tomto aspekte nevyhovujú. Pokiaľ má užívateľ možnosť vybrať si aspoň z dvoch sietí bude mu udelený jeden bod a ak budú systémy podporovať viac ako dve siete získajú dva body.

4.1.2 Škála zariadení

Ďalším dôležitým aspektom z pohľadu nasadenia IoT systému je škála senzorov, ktoré daný výrobca podporuje. Z pohľadu poľnohospodárstva sa tak jedná o senzory, ktoré merajú hlavne klimatické vlastnosti alebo sú zamerané na podporu rastu plodín. Jednotlivé senzory by mali byť prispôsobené používaniu v exteriéri a odolné voči klimatickým výkyvom, ako sú vysoké teploty, mrazy alebo aj prašnosť či odolnosť voči vode. Výhodou pre jednotlivé systémy bude možnosť nasadenia bezpečnostných technológií PZTS. V hodnotení teda systémy nevyhovujú pokiaľ budú mať malé množstvo senzorov a získajú tak nula bodov. Pokiaľ splnia prvú časť a teda budú mať senzory merajúce klimatické, pôdne vlastnosti alebo senzory merajúce vhodné podmienky pre rast plodín ako je napríklad senzor ovlhčenia listov získajú jeden bod. Ako už bolo spomenuté systémy rozšírené o bezpečnostné detektory spolu s predchádzajúcimi tak získajú plný počet bodov.

4.1.3 Spracovanie dát a ich vizualizácia

Síce je v dnešnej dobe dostupná obrovská paleta cloudových platforiem, ktoré podporujú IoT zariadenia rôznych výrobcov, pre zákazníka môže byť chaotické zorientovať sa v tomto sektore. Pre to je veľkou výhodou ak spoločnosť dokáže pre zákazníka takúto integráciu zabezpečiť, či už do vlastnej alebo externej platformy. Úroveň spracovania dát v daných platformách bude ďalším predmetom skúmania pre hodnotiace kritérium. Medzi základne schopnosti IoT platforiem býva zobrazenie pomocou „dashboardu“. Ide o akúsi šachovnicu, kde je možné umiestniť si jednotlivé senzory a sledovať ich aktuálny stav. Pokiaľ majú zákazníci dostupné možnosti sledovania historických stavov v grafoch, poprípade si dokážu nastaviť prahové hodnoty pre jednotlivé senzory a merané parametre môže ísť o obrovskú výhodu pre pestovateľov. Medzi pokročilé vlastnosti platforiem potom zaradíme autonómne vyhodnocovanie stavov podľa definovaných prahových hodnôt a spôsob interakcie

s ostatnými zariadeniami v systéme. Systém bude hodnotený ako nevyhovujúci pokiaľ zákazníkovi nedokáže poskytnúť platformu alebo sa jedná iba o vyčítanie aktuálnych stavov. Jeden bod tak získajú systémy, ktoré ukladajú namerané hodnoty do databázy a poskytujú zákazníkovi aj historický náhľad formou grafov. Pokiaľ sa jedná o platformu, ktorá zákazníkovi dokáže poskytnúť možnosť nadefinovať si pravidlá a akcie, ktoré sa majú vykonať po splnení týchto pravidiel, systém získa najlepšie hodnotenie. Medzi takéto inteligentné akcie sa najčastejšie zaradujú notifikácie či už mailovou formou alebo SMS, poprípade sa môže jednať a spínanie ďalších aktorov v systéme ako je osvetlenie alebo zavlažovanie.

4.1.4 Integrácie

Systémy jednotlivých výrobcov sú často krát navrhované pre automatickú použiteľnosť s ďalšími systémami a ich spoločná komunikácia je tak nesmierne dôležitá. Prístupnosť informačných kanálov na ktorých dané výrobky pracujú a spôsob akým komunikujú je pre „integrátorov“ zásadná. Integrátori sú v podstate veľké často krát len softwarové spoločnosti, ktoré sa venujú vývoji platforiem a zahrnujú tak spoločnú koexistenciu zariadení rôznych výrobcov. Zákazníci často krát hľadajú riešenia, ktoré sú pre nich cenovo výhodné a následne sa stretávajú s tým, že rozdielne systémy spolu nedokážu pracovať. Takéto nedostatky sa snažia riešiť integrátori. Medzi ďalšie užitočné funkcie patria napríklad schopnosť systému spolupracovať s hlasovými asistentami ako sú napríklad Google Home, Siri od spoločnosti Apple alebo Alexa od spoločnosti Amazon. Výrobcovia často krát ponúkajú zákazníkovi možnosť využitia iných softwarových platforiem ako sú tie ich vlastné, preto môže byť pre zákazníka táto variabilita rovnako dôležitá. V hodnotení tak neuspjú spoločnosti, ktoré nemajú prístupnú API (pozn. programovateľne rozhranie z angličtiny – „Application programming interface“) pre možnosti ďalšej integrácie s inými systémami. Medzi priemerné sa radia spoločnosti, ktoré síce takúto možnosť poskytujú ale sami neponúkajú systémy s už zaintegrovanou API. Spoločnosti ktoré spĺňajú všetky podmienky tak získajú najväčší počet bodov a to tri.

4.1.5 Management zariadení

Dôležitou súčasťou spoločností ponúkajúce IoT systémy je aj služba zákazníkov spojená s managementom jednotlivých zariadení. Nie každý zákazník musí byť expert v oblasti informačných technológií, poprípade spoločnosti využívajúce tieto systémy nemusia mať vlastné IT oddelenie. Preto je dôležité zákazníkovi predstaviť celý priebeh inštalácie, s čím

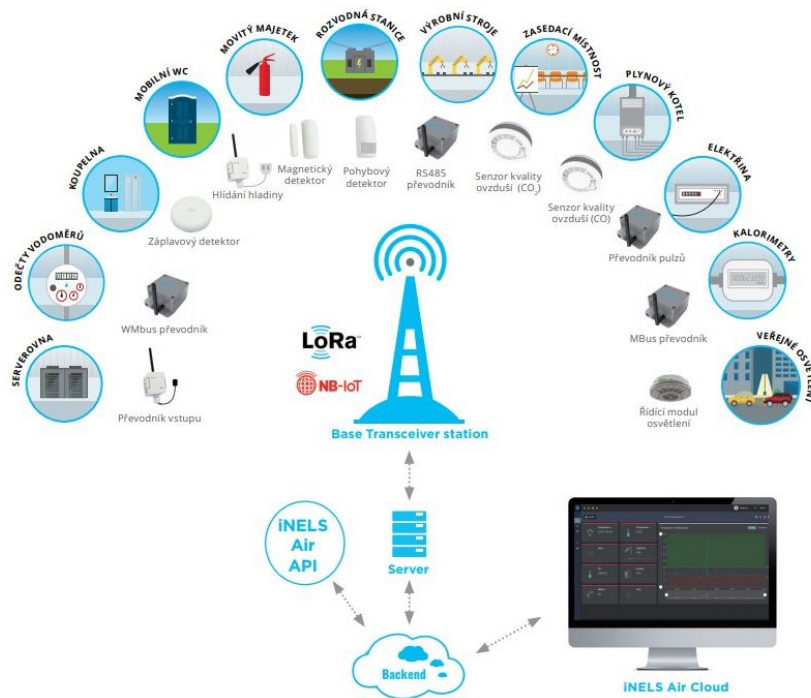
býva spojený správny výber sietí a zariadení. Veľa spoločností zanedbáva krok spojený s prvým zapojením týchto zariadení a pripojení ich do IoT siete. Každá spoločnosť ma inak nastavenú politiku podnikania. Pre niekoho je dôležitá výroba zariadení a nezáleží mu na tom ako ich zákazník používa. Možnosti využívania sú rôzne, niektoré spoločnosti fungujú na systéme platforma ako riešenie (pozn. PaaS) a zákazník mesačne platí za využívanie celého systému. Spoločnosť si tak sama spracúva kontrakty spojené s používaním jednotlivých sietí a zákazník má od prvého dňa kúpy aktívne zariadenia vo svojom účte. Iné spoločnosti zase nechávajú takéto kontrakty na zákazníka a poskytujú mu podporu s nasledovným prepojením zariadení do ich platformy. V tomto aspekte je ďalšia dôležitá úloha v poskytovaní privátneho riešenia celého systému spojené s vlastnou sieťou, kde má možnosť zákazník si zabezpečiť BTS (pozn. základňová stanica z angličtiny – „Base transceiver station“) a jeho dáta budú oddelené od ostatných a uložené na dedikovanom serveri. Management zariadení sa rovnako spája aj s pravidelnou starostlivosťou o zariadení ako sú aktualizácie a systémové nastavenia. Existuje veľa interaktívnych aplikácií, ktoré sú vytvorené špeciálne pre tento prípad a dovoľujú tento management zabezpečiť vzdialene – tzv. OTA (pozn. cez vzduch z angličtiny – „Over The Air“) za použitia IoT sietí. Spoločnosti, ktoré neposkytujú žiadnu podporu v tomto ohľade tak získajú v tomto hodnotenú nula bodov. Technická podpora či už zmluvne zabezpečená ale poskytovaná súčasťou štartovacích balíčkov získa v jeden bod. Poskytovanie privátnych riešenie spolu s celkovou podporou nastavenia celého systému tak získajú plný počet bodov.

4.1.6 Cenová dostupnosť

Cenová dostupnosť takýchto riešení je pre mnoho zákazníkov jedným z najdôležitejších aspektov. Pre mnohých agronómov je obstarávacia cena takýchto systémov príliš drahá a napriek tomu že jednotlivé merania alebo celé procesy spojené s logistikou a uskladnením uskutočňujú stále papierovou formou a časová náročnosť je pre nich častokrát vyčerpávajúca, nedokážu benefit z týchto systémov finančne využiť. Ako už bolo spomínané v predchádzajúcich kapitolách, jednotlivé spoločnosti majú odlišný prístup k poskytovaniu týchto služieb a hodnotenie na základe cenovej kalkulácie tak v mojom hodnotení stráca význam. Väčšina spoločností dokonca neuvádza cenovú politiku ich systémov a dokážu ich vyhodnotiť až na základe jednotlivých prípadoch použitia. Práve pre tieto skutočnosti som sa rozhodol cenovú dostupnosť nevyhodnocovať.

4.2 Predstavenie produktovej rady iNELS Air

Spoločnosť ELKO EP po úspechoch v oblasti domácej automatizácie s produktovými radami iNELS RF a iNELS BUS, ktoré sú založené na bezdrôtovom protokole RFIO2 a zbernicovom systéme, rozširuje svoje portfólio o priemyslovú radu iNELS Air. Ide o reakciu na neustále sa rozvíjajúce sieťové technológie internetu vecí a LPWA filozofiu. Produktová skupina zahŕňa senzory a aktory komunikujúce prostredníctvom sietí Sigfox, LoRaWAN a NB-IoT ale aj Wireless Modbus. Prepojenie senzorov s „ELKO Cloudom“ mu dodáva chýbajúce prepojenie medzi jednotlivými produktovými radami a zároveň sprístupňuje technológie tretích strán ako sú napríklad hlasový asistenti Google Home alebo Alexa. Ako vidieť na obrázku nižšie (pozn. Obr. 18), produktová rada má so svojou variabilitou veľmi široké uplatnenie.




Obr. 18. Produktová rada iNELS Air [Interní zdroje]

4.2.1 Portfólio iNELS Air

Produktová rada iNELS Air je navrhnutá pre variabilné používanie a väčšina zariadení dokáže komunikovať prostredníctvom sietí LoRaWAN, NB-IoT alebo Sigfox. Jedná sa o batériové zariadenia, ktoré dokáže byť napájané aj z externého zdroja a batériu v tom prípade využívajú ako záložný zdroj. Batéria v týchto zariadeniach je veľmi podobná ako článok typu AA z rozdielom že má 3.6V. Ide o typ Li-SOCl₂ (pozn. lithium-thionylchlorid), ktoré boli zvolené pre ich super odolnosť voči teplotným podmienkam a dlhú výdrž. V závislosti

na použitej technológií a počtu odoslaných správ za deň, dokáže fungovať po dobu desiatich rokov (pozn. v prípade technológie LoRaWAN, pri odosielaní jednej správy za deň). Zariadenia sú vyrobené pre optimálny chod v exteriérových podmienkach a spĺňajú ochranu typu IP65 – sú prachotesné a chránené pred tryskajúcou vodou, takže žiadne počasie ani prostredie im nezabrání vo fungovaní. Na nasledujúcom obrázku (pozn. Obr. 19) sú zobrazené jednotlivé zariadenia.

				
	AirIM-100 Převodník vstupu	 AirIM-100S	 AirIM-100L	 AirIM-100NB
	AirTM-100M Převodník pulzů	 AirTM-100S	 AirTM-100L	 AirTM-100NB
	AirIM-100/M Převodník vstupu (modulový, pro DIN lištu)	 AirIM-100S/M	 AirSF-100L/M	
	AirMD-100 Pohybový detektor	 AirMD-100S	 AirMD-100L	 AirMD-100NB
	AirSF-100 Záplavový detektor	 AirSF-100S	 AirSF-100L	 AirSF-100NB
	AirWD-100 Magnetický detektor (vnitřní)	 AirWD-100S	 AirWD-100L	 AirWD-100NB
	AirWD-101 Magnetický detektor (venkovní)	 AirWD-101S	 AirWD-101L	 AirWD-101NB
	AirSD-100 Kouřový detektor	 AirSD-100S	 AirSD-100L	 AirSD-100NB
	AirQS-100 Senzor kvality ovzduší (CO ₂)	 AirQS-100S	 AirQS-100L	 AirQS-100NB
	AirQS-101 Senzor kvality ovzduší (CO)	 AirQS-101S	 AirQS-101L	 AirQS-101NB
	AirSLC-100/LWES Řídicí modul osvětlení pro patiči LUMAWISE		 AirSLC-100L/LWES	 AirSLC-100NB/LWES
	AirSLC-100/NEMA Řídicí modul osvětlení pro patiči NEMA		 AirSLC-100L/NEMA	 AirSLC-100NB/NEMA
	AirSLC-100 Řídicí modul osvětlení DALI		 AirSOU-SLC/DALI	
	AirSOU-100 Senzor intenzity osvětlení	 AirSOU-100S	 AirSOU-100L	 AirSOU-100NB
	AirPD-100 Parkovací detektor	 AirPD-100S	 AirPD-100L	 AirPD-100NB
	AirWS-100 Ultrazvukový senzor zaplnění	 AirWS-100S	 AirWS-100L	 AirWS-100NB

Obr. 19. Portfólio produktov iNELS Air [Interné zdroje]

4.2.2 Hodnotenie

Ako už bolo spomínané, produktová rada iNELS Air poskytuje široké spektrum IoT zariadení určené pre domácnosť ale aj priemyselné využitie. Z pohľadu konektivity boli vybrané pre prípadové štúdie jednotlivých senzorov najpoužívanejšie IoT siete, takže vysielanie v rurálnom alebo mestskom prostredí nie je problém. Medzi jednotlivé prípadové štúdie by sme tak mohli zaradiť:

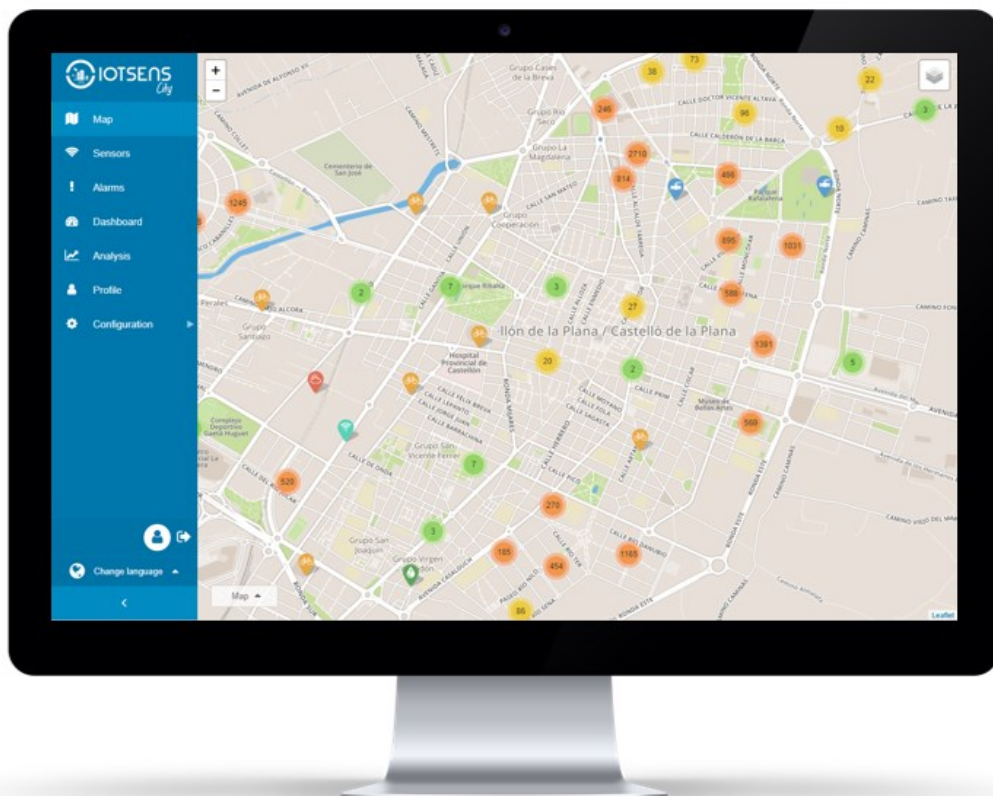
- domácu automatizáciu,
- inteligentné mestá (parkovanie, verejné osvetlenie, kontrola environmentálneho prostredia alebo energetická náročnosť budov),
- priemyselnú automatizáciu,
- poľnohospodárstvo.

Pre tieto vlastnosti by systém firmy ELKO EP získal po dva body z aspektu konektivity a škály zariadení. V oblasti spracovania dát, ktorá je bližšie špecifikovaná v neskoršej kapitole (pozn. kapitola 5.3), je obrovskou výhodou poskytovanie vlastnej platformy. Tá zastrešuje monitorovanie aktuálnych stavov ako aj ovládanie aktorov, no poskytuje aj historický náhľad na jednotlivé dáta. Vďaka prepojeniu s ostatnými systémami spomínanej spoločnosti a určitou mierou automatizácie tak dokáže poskytovať vysokú mieru efektívnosti z pohľadu spracovania dát. Do dokonalosti jej však chýbajú momentálne nevyriešené matematické modely umelej inteligencie, ktorá by mala zákazníkom napomáhať lepšie viesť referenčne objekty. Spoločnosť poskytuje túto platformu ako benefit pre zákazníkov, ktorý si zakúpili jej systémy ale nezastrešuje spôsoby pripojenia jednotlivých zariadení do IoT siete. Zatiaľ čo poskytuje privátne riešenie pripojenia prostredníctvom siete LoRaWAN formou AirGTW (pozn. kapitola 5.2.7) nedisponuje dedikovanou serverovou časťou. Z pohľadu hodnotenia tak získava dva body za efektívnosť pri spracovaní dát, no horšie hodnotenie – jeden bod – z aspektu celkového managementu zariadení. Vďaka prístupnej a neustále sa rozvíjajúcej API, integrátormi ako sú napríklad spoločnosť „Flowbox“ – zastrešujúca priemyslové riešenia alebo „CleverFarm“ – poskytujúca širokú škálu funkcií z pohľadu poľnohospodárstva tak dostáva iNELS Air dva body.

4.3 IOTSENS

Španielska spoločnosť IOTSENS ponúka dlhoročné skúsenosti a obsiahle riešenia pre sektor internetu vecí. Každoročne si získava priazeň poslucháčov pri predstavovaní noviniek na

výstavách ohľadne inteligentných riešení a je vedúcou spoločnosťou s pohľadom technologických inovácií. Z pohľadu konektivity spoločnosť ponúka pestrú paletu dostupných sietí ako sú napríklad – LoRaWAN, Sigfox, NB-IoT, GPRS či WiFi. Medzi jej dominantné pole pôsobnosti patria sektory inteligentných miest, priemyselných riešení alebo sektor vodného hospodárstva. Jednotlivé riešenia poskytujú detailné spracovanie softwarového segmentu s vlastnou cloudovou platformou a otvoreným programovateľným rozhraním API. To zahŕňa ukladanie historických dát, nastavovanie prahových hodnôt pre voliteľné možnosti upozornení a v nesplodenom rade umelú inteligenciu, ktorá užívateľovi poskytuje rozsiahle množstvo analytických funkcií. Okrem širokého spektra vlastných zariadení, spoločnosť poskytuje návrhy riešení pre aktualizáciu zákazníkových „hlúpych“ zariadení pre komunikáciu s platformou. Zároveň ponúkajú dedikované riešenia pre celkový systém, vďaka čomu zákazník dostáva dostatočné súkromie a bezpečnosť dát. Vďaka výbornému pokrytiu všetkých aspektov navrhnutého hodnotenia spoločnosť IOTSENS získava plný počet bodov.



Obr. 20. Názorná ukážka platformy od spoločnosti IOTSENS a jej mapový podklad mesta [25]

4.4 ADEUNIS

Spoločnosť ADEUNIS je na trhu s informačnými technológiami už takmer dvadsať rokov a za túto dobu si dokázala vybudovať vysoké hodnotenie v bezdrôtových riešeniach ako sú aj tie IoT. Táto francúzska spoločnosť implementuje svoje zariadenia prostredníctvom sietí Sigfox, LoraWAN a Wireless Modbus kde poskytujú verejné ako aj privátne riešenia. Z pohľadu konektivity tak získala v nastavenom hodnotení plný počet bodov. V závislosti na jednotlivých zariadeniach, ktoré sú vhodné pre priemyselné riešenia, inteligentné budovy alebo mestá poskytuje bezpečnostné riešenia ako aj meranie environmentálnych vlastností. Za túto variabilitu systém získal tiež dva body. Spoločnosť sa však zameriava hlavne na hardwarovú časť segmentu IoT a zákazníkom neposkytuje vlastné riešenie ale odporúča systémových integrátorov s ktorými spolupracuje poprípade necháva toto riešenie pre zákazníkov otvorené vďaka zdokumentovaným protokolom jednotlivých zariadení. Z tohto dôvodu získava v aspektoch spracovania dát a možností integrácií iba po jednom bode. Naopak ako už bolo spomenuté, spoločnosť disponuje širokou škálou poradenstva v oblasti využívaných sietí a dokáže poskytovať aj privátne riešenie, poprípade vďaka uzatvoreným zmluvám s poskytovateľmi týchto sietí poskytujú zvýhodnené kontrakty za čo získavajú v hodnotení plný počet bodov v oblasti administratívy zariadení.

4.5 Ascoel

Táto talianska spoločnosť na rozdiel od ostatných spomínaných, sa venuje už viac ako dvadsaťpäť rokov čisto hardwarovému vývoju. Vďaka tejto skutočnosti má silnú základňu praktických IoT zariadení, ktoré spadajú hlavne do kategórie priemysel a čiastočne pokrývajú aj poľnohospodárstvo. Medzi jednotlivé zariadenia spadajú bezpečnostné detektory ako aj environmentálne čidlá. Z pohľadu variability jednotlivých IoT sietí však neprinášajú žiadnu revolúciu a sú orientovaný priamo na produkciu LoRaWAN zariadení. Hoci produkujú kvalitné zariadenia, neposkytujú žiadnu podporu v oblasti managementu zariadení alebo následnom spracúvaní dát. Na základe týchto skutočností získava spoločnosť jediné dva body za spomínanú kvalitu a variabilitu výrobkov. Nič viac však z pohľadu navrhnutého bodovacieho systému nie je možné vyzdvihnúť.

4.6 Netwox

Pre doplnenie širokej škály spoločností som si vybral jedného ázijského tigra, ktorý v posledných rokoch silne expanduje so svojimi zariadeniami aj do Európy. Čínsko-Taiwanská

spoločnosť Netwox má podobne ako ostatné spoločnosti už pevné základy na trhu s IoT systémami a s odberateľmi ako Huawei, Intel alebo Foxconn si vybudovali silnú trhovú hodnotu. Netwox vďaka svojej dlhoročnej skúsenosti podporuje veľký počet technológií a vďaka svojej otvorenosti dokáže poskytovať verejné ako aj privátne spôsoby pripojenia sietí ako sú:

- ZigBee,
- LoRaWAN,
- Bluetooth,
- WiFi alebo
- Thread (meshová sieť založená na LPWA filozofii).

Medzi primárne sektory sa riadia domáca a priemyslová automatizácia ako aj poľnohospodárstvo či zdravotníctvo. Vo všetkých spomínaných sektoroch dominujú obrovským spektrom variabilných bezpečnostných alebo environmentálnych zariadení. Z pohľadu politiky vizualizácie dát či integrácie prináša spoločnosť opäť niekoľko spôsobov prepojenia. Zatiaľ čo aplikačná stránka je úzko lokalizovaná na ázijský trh, užívateľovi ponúkajú využívanie analytických funkcií s možnosťou zaintegrovania vlastnej platformy na základe dostupnej API. Tieto funkcie prináša na základe vlastného cloudového riešenia alebo privátneho nasadenia u zákazníka. Európsky trh však stále čaká na rozšírenie aplikácií (pozn. mobilné, webové, PC aplikácie) aj pre mutáciu s latinským textom. Zhodnotením týchto faktorov získava spoločnosť za jednotlivé aspekty dva body až na poslednú kategóriu, management zariadení. Tu spoločnosť necháva voľný priestor pre zákazníka a len odporúča jednotlivých poskytovateľov z pohľadu tretích strán.

4.7 Vyhodnotenie jednotlivých systémov

Pre názorné porovnanie jednotlivých IoT systémov som zvolil bodové hodnotenie závislé na predchádzajúcom popise. Jednotlivé aspekty som bodovo zaznačil do tabuľky (pozn. Tab. 5). Hoci kritéria boli úzko špecifikované za účelom čo najlepšieho výsledku pre poskytnutie celého balíku služieb, nechcem takýmto spôsobom kritizovať zúčastnené spoločnosti. Naopak moje hodnotenie má za úlohu poukázať na jednotlivé spôsoby riešenia. Na poslednom, štvrtom mieste, skončila v tomto hodnotení firma Ascoel aj vďaka jej úzkemu špecializovaní sa na hardware. Na tretom mieste sa vzájomne umiestnili spoločnosti ADEUNIS a Netwox aj keď každá majú nedostatky v iných smeroch. Druhé miesto získala spoločnosť ELKO EP s jej produktom iNELS Air a stratila tak na víťaza hodnotenia, pre nedostatočnú formu pokrytia služieb v aspekte managementu zariadení. Tento nedostatok rieši spoločnosť IOTSENS s jej návrhom riešenia PaaS, ktorý zákazníkovi poskytuje celú škálu služieb.

Tab. 6. Výsledné dáta pre porovnanie IoT systémov rôznych spoločností [Vlastná tvorba]

	iNELS Air	IOTSENS	ADEUNIS	Ascoel	Netwox
Konektivita	2	2	2	0	2
Škála zariadení	2	2	2	2	2
Práca s dátami	2	2	1	0	1
Integrácie	2	2	1	0	2
Management zariadení	1	2	2	0	1
Výsledok	9	10	8	2	8
Umiestnenie	2.	1.	3.	4.	3.

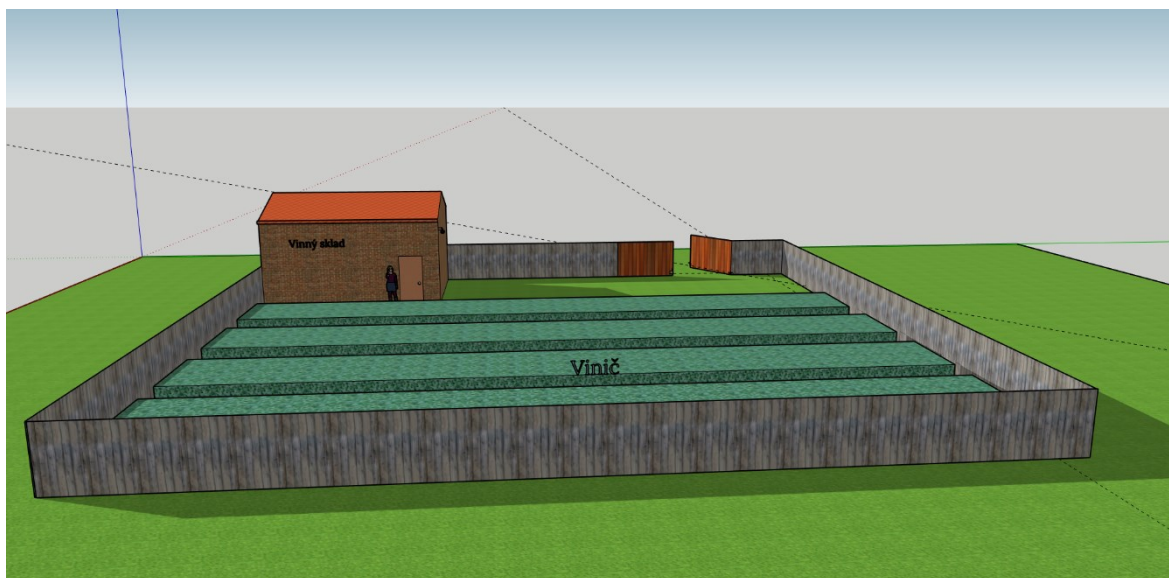
5 NÁVRH INTEGROVANÉHO SYSTÉMU PRE VINICU

Nasledujúca kapitola sa zaoberá návrhom integrovaného systému vinárstva za použitia IoT technológie. Na začiatku je spracovaný vizuálny návrh pripravovaného panelu v programe SketchUp a na jednotlivých obrázkoch predstavený objekt pôsobnosti. Ďalšia kapitola opisuje jednotlivé IoT zariadenia, ktoré boli na tento projekt využité. Záver kapitoly znázorňuje vizuálne zobrazenie jednotlivých zariadení v prostredí ELKO Cloudu a opisuje možné spôsoby interakcie ako notifikácie, inteligentné akcie alebo ovládanie daných senzorov.

5.1 Predstavenie objektu

Vybraný objekt, ktorý som sa rozhodol zabezpečiť IoT integrovaným systémom, je minimalistická verzia vinice. Využívanie zariadení internetu vecí v tomto sektore je veľmi užitočné nie len z pohľadu finančného hľadiska ale aj z pohľadu kvality výsledného produktu. Referenčný model, ktorý v tejto kapitole uvádzam je základným príkladom ako docieľiť takéhoto výsledku. Nasledujúci obrázok (pozn. Obr. 21) znázorňuje vinicu, ktorá pozostáva z troch hlavných častí:

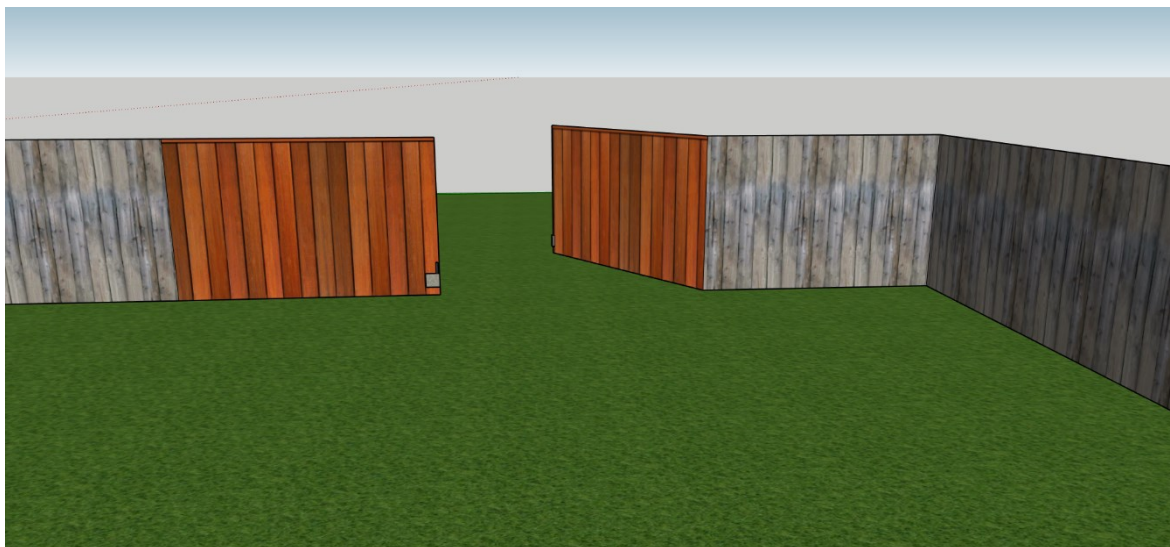
- perimenter objektu,
- skladové priestory,
- vinič.



Obr. 21. Modelové zobrazenie objektu vinice, návrh v programe SketchUP [Vlastná tvorba]

Perimeter objektu chráni nie len pred nepovoleným vstupom ľudí ale zároveň zabraňuje zvieratám pred možným znehodnotením viniču. Vstup do objektu je zároveň zabezpečený

magnetickým detektorom (pozn. Obr. 22 zobrazuje umiestnenie detektoru), ktorý signalizuje otvorenie brány. Pre jednoduchosť prezentácie som si zároveň v systéme ELKO Cloud nakonfiguroval inteligentnú akciu, ktorá nadväzuje na svetelné panely medzi jednotlivými radami viniča. Táto inteligentná akcia sleduje stav otvorenia brány a reguluje osvetlenie. V reálnej inštalácii by však senzor vodného potenciálu mohol zaznamenávať pokles pôdnej vlhkosti a na základe toho riadiť inteligentné zavlažovanie v danom mieste.

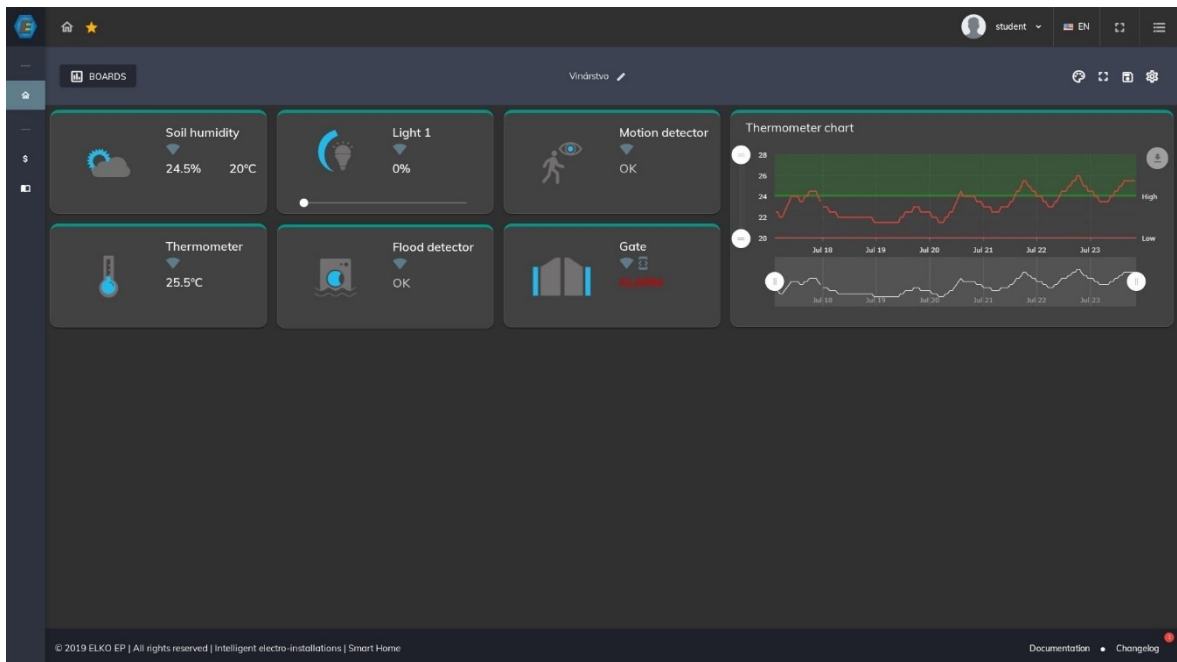


Obr. 22. Detailný náhľad na magnetický detektor AirWD-101 použitý pre inteligentnú akciu [Vlastná tvorba]

Z bezpečnostného hľadiska je objekt ďalej vybavený detektorom pohybu, ktorý je umiestnený na plášti budovy a smeruje do priestoru pred bránou. Takýmto spôsobom je možné minimalizovať počet neadekvátnych poplachov vyvolaných magnetickým detektorom a užívateľ má možnosť nastaviť si posielanie upozorňujúcich SMS správ iba v prípade že oba detektory zároveň vyhlásia poplach. Aj keď hlavným prínosom využitia internetu vecí nie je bezpečnosť, no dostupnosť týchto zariadení užívateľom prináša výhodu sledovania jednotlivých stavov na jednom mieste.

Okrem plášťu budovy skladu som vybavil vnútorné priestory záplavovým detektorom, ktorý v prípade zatopenia objektu dokáže upozorniť užívateľa v dostatočnom predstihu na to aby dokázal zabrániť znehodnoteniu skladovaných aktív. Nespornou výhodou IoT systému je možnosť využitia RFID technológie na uskladnené sudy vína, ktoré obsahujú základné informácie o druhu či ročníku zberu daného sudu. Väčšina vinárov ešte stále v dnešnej dobe využíva papierovú formu takýchto informácií čo môže viesť k pomýleniu. Tí modernejší možno využívajú digitálnu formu informácií, ktorú je ale nutné zdĺhavo vkladať do systému.

Pomocou RFID štítkov by bolo možné jednoducho exportovať dáta a následne uložiť napríklad vo forme tabuľky do systému čo uľahčuje následné logistické operácie. Zároveň tento štítok dokáže monitorovať vnútorné podmienky a pri výkyvoch teploty riadiť teplotu priestorov a zabrániť tak poškodeniu. Na nasledujúcom obrázku (pozn. Obr. 23) je zobrazený výstup IoT senzorov, ich aktuálne ale aj historické dáta formou grafu. V grafe užívateľ prehľadne vidí prekročenie stanovených prahových hodnôt na ktoré môže následne reagovať.



Obr. 23. Ukážka zariadení s aktuálnymi a historickými dátami z referenčného objektu [Vlastná tvorba]

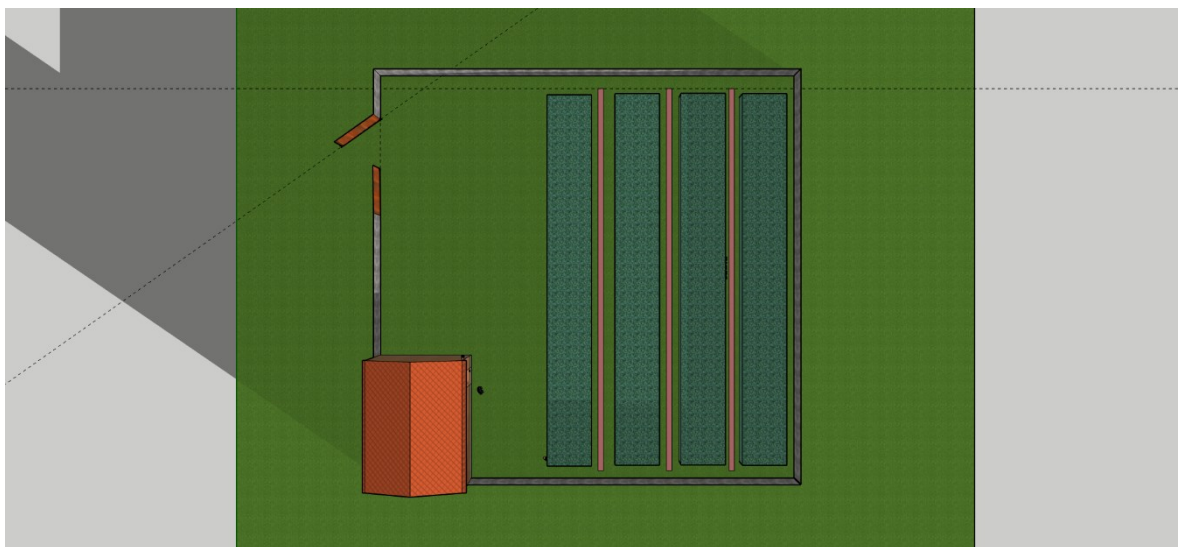
V reálnych viniciach sú často krát administratívne budovy vzdialené od viníc aj niekoľko kilometrov. Sledovanie aktuálnych podmienok na jednotlivých častiach vinohradu tak umožní manažérovi efektívne plánovať každodenné procesy. Zároveň zaznamenávanie týchto údajov uľahčuje prácu, ktorú vinári poctivo vykonávajú každý deň a umožňuje im generovať reporty meraných hodnôt ako sú napríklad:

- denný súhrn zrážok,
- teplota alebo vlhkosť ovzdušia,
- intenzitu slnečného osvetlenia,
- alebo zdravotný stav jednotlivých plodín.

Na základe týchto dát je možné variabilne upravovať množstvo hnojív alebo naopak postrekov proti škodcom, čím dosiahneme kvalitnejšie a zdravšie hrozna a zároveň optimalizujeme

náklady na tieto chemické látky. Pretože už nemusí preventívne aplikovať takéto prostriedky na celý sad.

Nasledujúci obrázok (pozn. Obr. 24) zobrazuje pohľad na objekt z vtáčej perspektívy, kde je možné vidieť symbolické umiestnenie svetelných panelov medzi jednotlivými radmi viniča. V priestore viniča sú zároveň rozmiestnené senzory, ktoré monitorujú vodný stĺpec obsiahnutý v zemi ako aj jej teplotu alebo teplotu a vlhkosť vzduchu. Pre správny rast je dôležité udržiavať optimálne podmienky, ktoré má užívateľ k dispozícii online aj keď momentálne nemusí byť vo vinohrade. Zaznamenávanie teploty má okrem iného dôležitú funkciu aj pri produkcii ľadového vína. V takomto prípade vinár dôkladne sleduje jednotlivé teplotné výkyvy aby bol včas pripravený úrodu pozbierať. Pri manuálnej kontrole, ktorú vinári zaznamenávajú v priebehu dňa môže často krát dôjsť k odchýlke a celá úroda by takýmto spôsobom mohla utrpieť škody. Pri použití IoT systémov má možnosť užívateľ nastaviť si počet meraní za deň a optimalizovať tak životnosť batérií týchto zariadení. V dôležitých fázach pestovania tak môže zbierať dáta z variabilnou agregáciou. V prípade zberu ľadového vína má tak možnosť sledovať teplotu počas celého dňa a získavať reporty týchto



Obr. 24. Nadhľad na vinicu s integrovaným bezpečnostným systémom za pomoci technológie IoT [Vlastná tvorba]

záznamov.

Veľmi časté tiež býva používanie domácich meteostaníc. Tie bývajú často krát predražené a vinár musí koniec koncov pravidelne dáta z meteostaníc sťahovať do počítača a to v lepšom prípade. Tí viac klasickejší stále využívajú analógové merania zrážok napríklad formou odmerky, ktorú je nutné pravidelne vyprázdňovať a údaje o nazbieraných zrážkach poctivo

zapisovať buď papierovou alebo modernejšie digitálnou podobou do tabuliek alebo iných informačných systémov. Vďaka využívaniu IoT technológie je takýmto spôsobom pestovateľovi poskytnuté veľké množstvo ušetréného času, ktorý môže využívať praktickejšie.

Vďaka cloudovým službám, ktoré zhromažďujú jednotlivé dáta so senzorov je možné využiť rôzne matematické modely, ktoré dokážu kombináciou viacerých vstupov predikovať možné scenáre. V závislosti na plodine alebo typu použitia je tak možné nastaviť presne výpočty, ktoré môžu vďaka drobným zmenám teploty alebo vlhkosti zaslať informácie o možnom výskytu škodcov ale rôznych fungicídnych ochorení. Vďaka výpočtu rosného bodu z nameraných hodnôt je možné pestovateľa upozorniť až šesť hodín dopredu na možný výskyt ranej námrazy.

Snímanie skladovacích podmienok najmä na konci sezóny, kedy bývajú sklady plne plodín môže dôjsť veľmi rýchlo k v podstate o stratu celoročnej práce. Pestovatelia v tomto období nevnímajú víkendy ani večery, proste sa venujú pravidelnému meraniu. Ako už bolo zmienené IoT systémy neprinášajú len finančne šetrenie ale aj kvalitatívne, kvantitatívne a vďaka pohodlnosti a vzdialenej kontroly nameraných vlastností šetrí hlavne pestovateľ čas.

5.2 Použité zariadenia

V nasledujúcich kapitolách sú popísané základné vlastnosti IoT zariadení od firmy ELKO EP, ktoré som si vybral pre efektívnu ukážku využitia IoT vo vinárstve.

5.2.1 Sensory vlhkosti a teploty vzduchu – AirIM-100Nb a teplotný senzor – AirIM-100S

Senzor AirIM-100 je univerzálny senzor, ktorý vďaka svojim schopnostiam prevádzať impulzné, analógové alebo binárne vstupy na digitálny výstup. Tento senzor zahrňuje sedem funkcií, ktoré sa líšia na základe použitého čidla. Medzi jeho základné funkcie patria snímanie:

- hladiny vody,
- teploty,
- teploty a vlhkosti,
- spotreby elektriny, plynu alebo vody,
- napätia,
- prúdu,

- alebo detekcia otvorenia dverí ako magnetický detektor.

Senzor je vyrábaný v niekoľkých prevedeniach pre rôzne siete. V mojom prípade som si vybral senzory využívajúce siete NB-IoT a Sigfox, ktoré merajú teplotu vzduchu a duálny senzor meria teplotu a vlhkosť vzduchu.



Obr. 25. AirIM-100 univerzálny prevodník vstupov s čidlom merania teploty a vlhkosti vzduchu [Interné zdroje]

5.2.2 Senzor vlhkosti pôdy – AirSS-100L

Senzor vlhkosti pôdy bol vyvinutý v spolupráci so spoločnosťou CleverFarm, ktorý poskytujú služby agrovidencie a precízneho poľnohospodárstva. Tento pôdny senzor zaznamenáva vlhkosť a teplotu v rôznych hĺbkach v závislosti od zasunutia. Senzor je možné rozšíriť o viacero čidiel a takýmto spôsobom je možné merať pôdnu vlhkosť vo viacerých leveloch pôdy. Pre meranie vodného potenciálu pôdy sa v tomto senzore využilo čidlo, ktoré absorbuje vlhkosť a eliminuje takýmto spôsobom nutnosť kalibrovať ho na základe typov a chemického zloženia pôdy. V kombinácii s meraním vzdušnej vlhkosti a teploty je možné nastaviť optimalizované množstvo závlahy alebo optimálnu dobu vhodnú pre výsadbu.



Obr. 26. AirSS.100 senzor pre meranie pôdnej vlhkosti a teploty [Interné zdroje]

5.2.3 Magnetický detektor AirWD-100L

Magnetický detektor slúži na signalizáciu otvorenia okien alebo dverí. Tento bezdrôtový detektor je v mojom prípade využitý v prevedení s technológiou LoRaWAN. Detektor je vybavený drobnou sirénou určenou pre akustickú signalizáciu, ktorú je v prípade potreby možné deaktivovať. Senzor odosiela na server základné stavy ako je stav magnetického kontaktu, stav tampéru chrániaci pred nepovoleným otvorením zariadenia alebo v prípade slabej batérie. Nasledujúce informácie je možné automaticky preposielať formou SMS užívateľovi

na mobil vďaka cloudovej služby ELKO EP. Tento detektor je disponuje obojsmernou komunikáciou, čo mu umožňuje v prípade potreby deaktivovať alarm alebo detekciu otvorenia.



Obr. 27. AirWD-101 Magnetický detektor [Interné zdroje]

5.2.4 Pohybový detektor – AirMD-100L

Ďalší detektor z produktovej rady iNELS Air slúži na detekciu nevyžiadaného pohybu. Podobne ako predchádzajúci magnetický detektor som si zvolil verziu s využitím siete LoRaWAN vďaka jej neobmedzenému zasielaniu správ. Pokiaľ by sa však jednalo o vyššiu úroveň zabezpečenia bolo by vhodnejšie využitie licencovanej siete NB-IoT pre jej zaručenú integritu správ. Rovnako ako ostatné produkty, aj pohybový detektor je vybavený anti-sabotážnou funkciou – tampérom, ktorý pri aktiváciu okamžite vysielá správu o neoprávnenom narušení krytu detektoru. Pohybový detektor rovnako ako magnetický podporuje obojsmernú komunikáciu pre možnosti konfigurácie alebo aktivácií / deaktivácií detekcie pohybu. Detektor je možné využívať aj z bezdrôtovou kľúčenkou „RF Key“, ktorá má štyri tlačidlá s voliteľnými funkciami.



Obr. 28. Pohybový detektor AirMD-100 [Interné zdroje]

5.2.5 Záplavový detektor AirSF-100L

AirSF je ďalším detektorom z rodiny iNELS Air, ktorý slúži na detekciu úniku vody. Detektor je so spodnej strany vybavený kontaktmi, ktoré v momente zaplavenia aktivujú alarm. Ten pozostáva z akustickej a optickej signalizácie, rovnako ako s okamžitým vysielaním správy na server. Okrem signalizácie záplavy, detektor disponuje snímačom pohybu, ktorý dokáže upozorniť na neoprávnenú manipuláciu z detektorom. Rovnako ako predchádzajúce detektory, je aj záplavový detektor možné nakonfigurovať aby nevykonával signalizácie ale iba odosielať správy.



Obr. 29. AirSF-100
Záplavový detektor [Interné
zdroje]

5.2.6 Senzor svietivosti a ovládania externých svietidiel AirSLC-100L

Medzi najúspešnejšie zariadenia v oblasti inteligentného mesta, patrí určite aktor pre inteligentné osvetlenie. Využívanie LED technológie osvetlenia spolu s aktorm AirSLC-100, dokážu efektívne napomáhať šetreniu finančných nákladov a prispievať k ekologickejším mestám. Zariadenia disponuje vstavaným sensorom vonkajšieho osvetlenia a vďaka inteligentnému automatickému režimu umožňuje regulovať intenzitu osvetlenia a stmievať tak svetlá podľa aktuálnej potreby. Okrem automatického režimu disponuje zariadenie režimom manuálnej kontroly osvetlenia alebo možnosť uložiť priamo do zariadenia časový plán spínania. Zariadenia je možné párovať do skupín pre účinnejšie riadenie jednotlivých ulíc. Zariadenie je schopné bez problémov pracovať v prostredí od -30°C až 70°C . V prípade priblíženia sa k týmto prahovým teplotám má zariadenia integrované teplotné čidlo osadené priamo na doske, ktoré tak včas varuje pred možno poruchou. Okrem teplotnej signalizácií dokáže zariadenie automaticky ohlasovať poruchu na predradníku osvetlenia čo vedie k efektívnej správe mestského osvetlenia. Samozrejme zariadenie je vďaka svojim vlastnostiam schopné poskytovať účinnú pomoc aj v iných aplikáciách. Pripojením umelého svetla

so špecifickým spektrom žiarenia je možné dosiahnuť oveľa väčšej efektívnosti rastu plodín, než je tomu na slnku.



Obr. 30. AirSLC-100 aktor pre inteligentné osvetlenie [Interné zdroje]

5.2.7 LoRaWAN gateway AirGTW

Z dôvodu poskytnutia prívratných sietí IoT, poskytuje produktová rada iNELS Air aj základnú stanicu BTS pre LoRaWAN siete. Stanica pracuje na princípe „packet forwarder“, v podstate ide o preposielanie jednotlivých dát prijatých so senzorov prostredníctvom IoT siete a následné posielanie na miesto určenia – server, alebo opačne server - zariadenie. Stanica pozostáva z jednodoskového počítača, ktorý umožňuje napájanie zo zdroja – 48V alebo prostredníctvom technológie PoE (pozn. sila ethernetu z angličtiny „Power of Ethernet“),

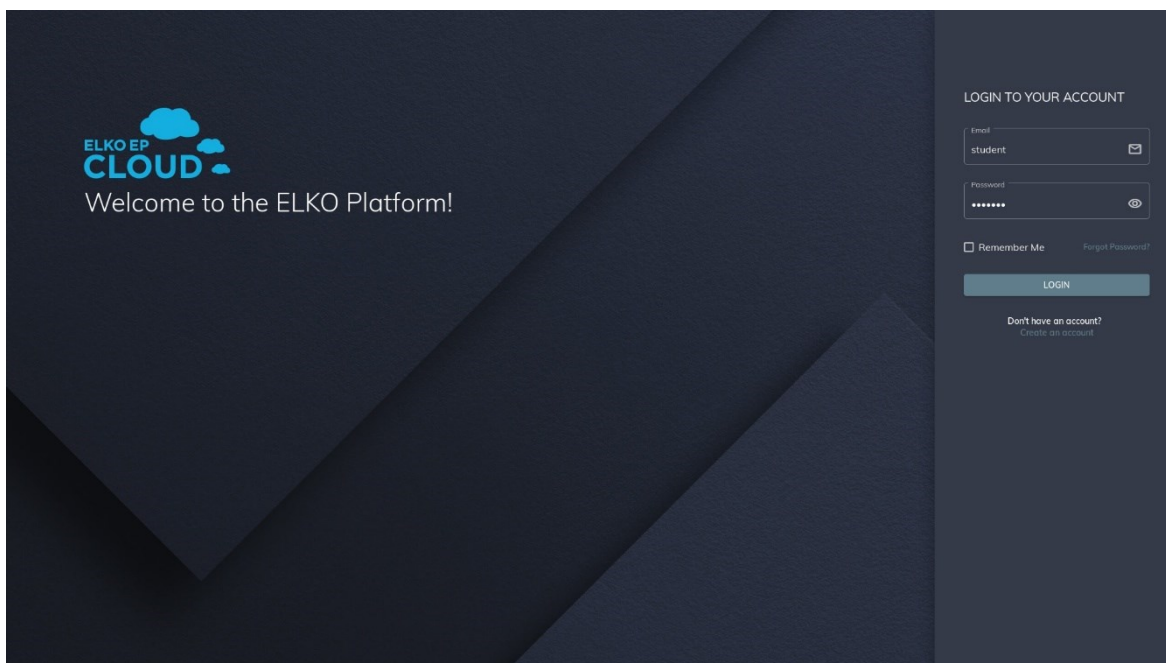


Obr. 31. AirGTW brána pre odosielanie a príjem správ v sieti LoRaWAN [Interné zdroje]

ktorá vedie napájanie prostredníctvom krútenej dvojlinky. Na tomto počítači je možné nastaviť cieľovú destináciu serveru pomocou zabezpečeného kanálu. Zároveň je počítač pripojený k čipu Semtech SX-1301, ktorý spracúva LoRaWAN signál. Vďaka osem decibelovej anténe je možné pokryť územie v rozsahu desať kilometrov od stanice a takýmto spôsobom je možné pokryť až tisíce pripojených IoT zariadení.

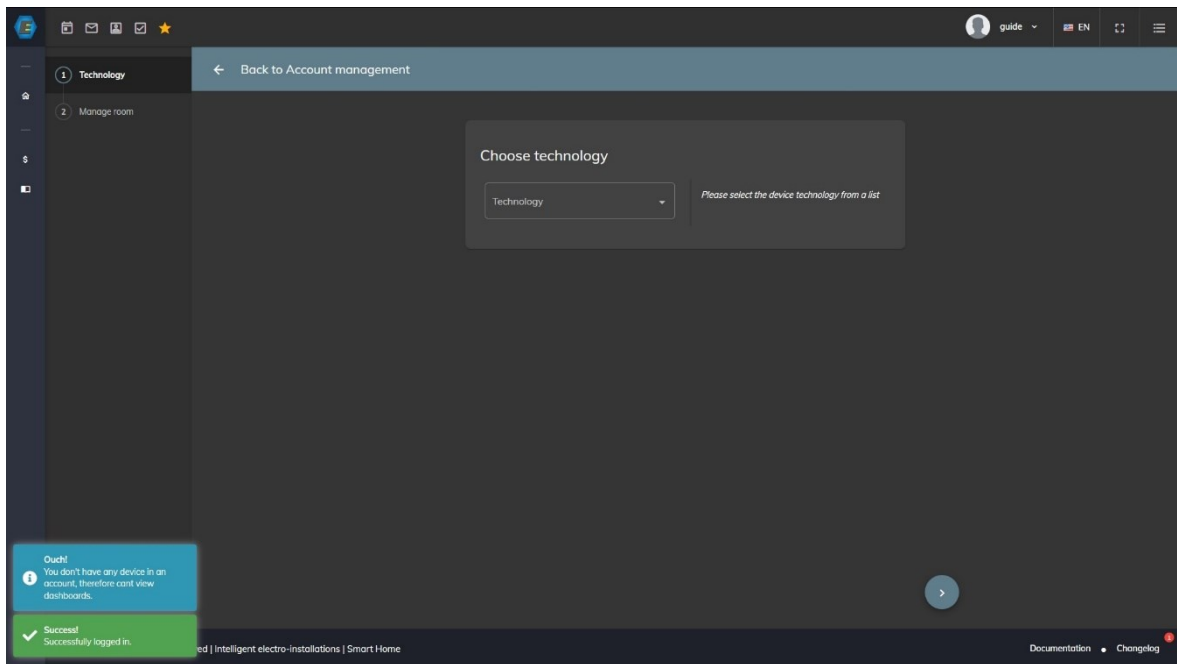
5.3 Integrácia do cloud platformy ELKO EP Cloud

Pri prvom spustení cloudovej platformy of firmy ELKO EP je nutné sa registrovať alebo si po zakúpení jednotlivých produktov prikúpiť balíček podpory, ktorá v spolupráci z užívateľom nastaví potrebné záležitosti ako je tvorba účtu alebo pridanie jednotlivých zariadení.



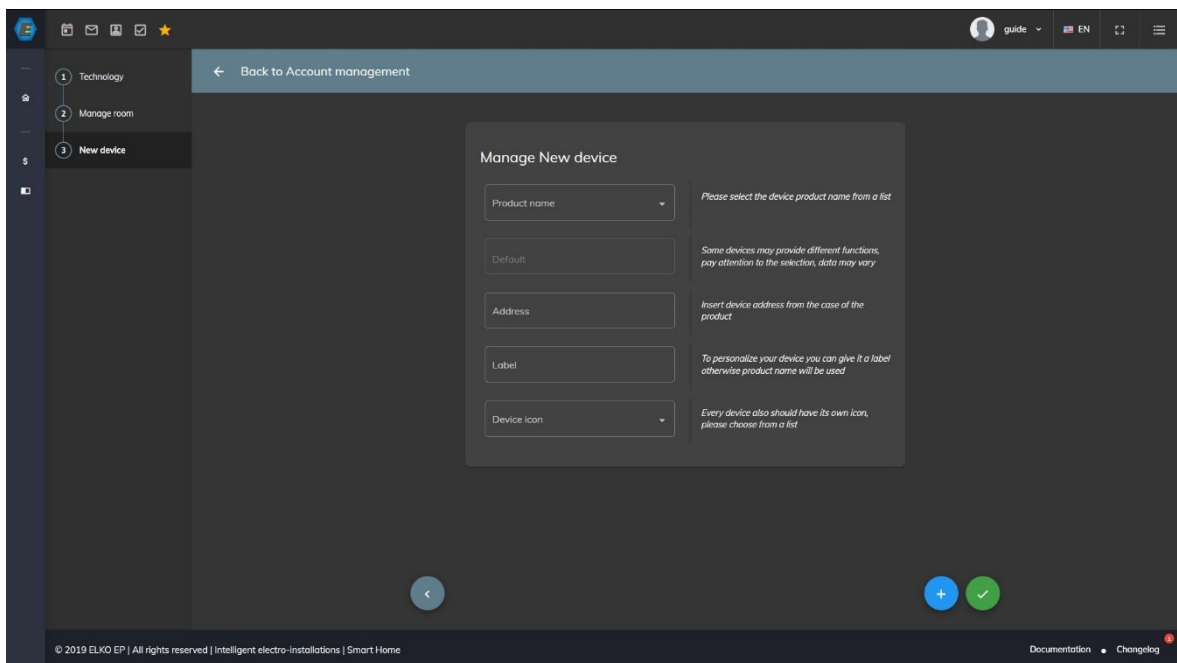
Obr. 32. Úvodná stránka do cloudovej platformy ELKO EP [Vlastná tvorba]

Používanie tejto platformy je veľmi intuitívne pretože vychádza z konceptu „Material Design“, ktorý vytvorila spoločnosť Google a pravidelne ho aktualizuje. Po úspešnej registrácii a prihlásení je užívateľ automaticky presmerovaný na stránku vytvorenú pre management zariadení (pozn. Obr. 33) v prípade že si do účtu nepridal žiadne zariadenie.



Obr. 33. Prvá obrazovka po prihlásení nového užívateľa [Vlastná tvorba]

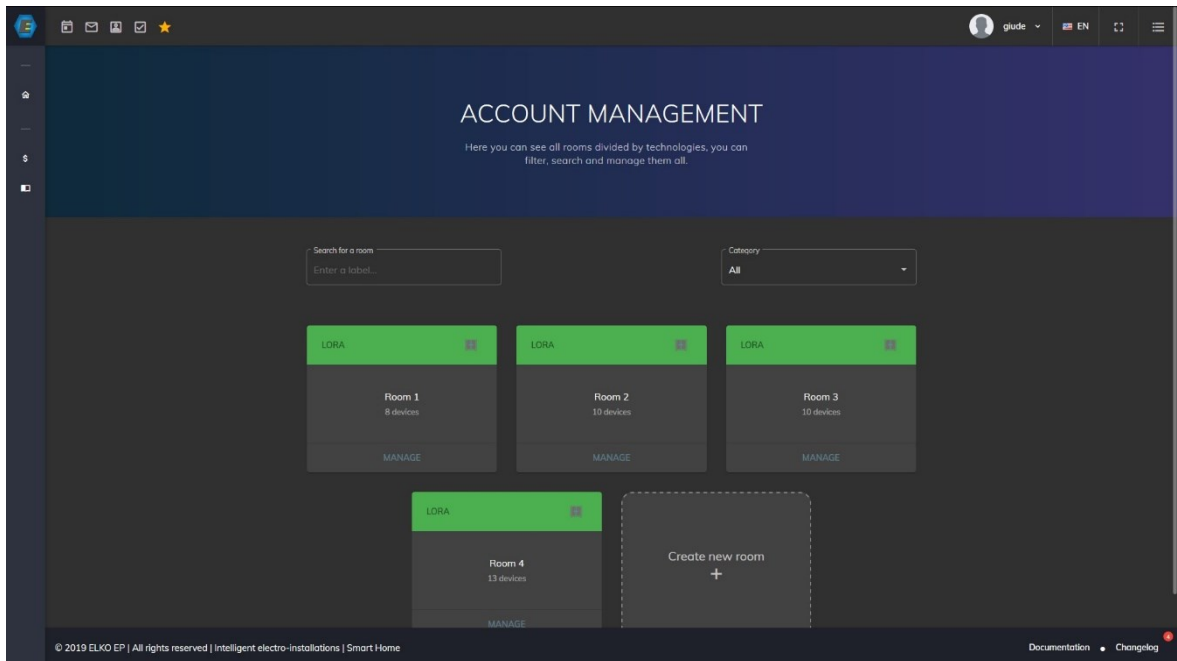
Užívateľa tu čaká nastavenie zariadení, kde si krok za krokom vyberie sieť pridávaného prvku, tvorba virtuálnej skupiny zariadení pre neskoršie rozlišovanie a samotné pridávanie zariadení (pozn. Obr. 34).



Obr. 34. Pridávanie zariadenia [Vlastná tvorba]

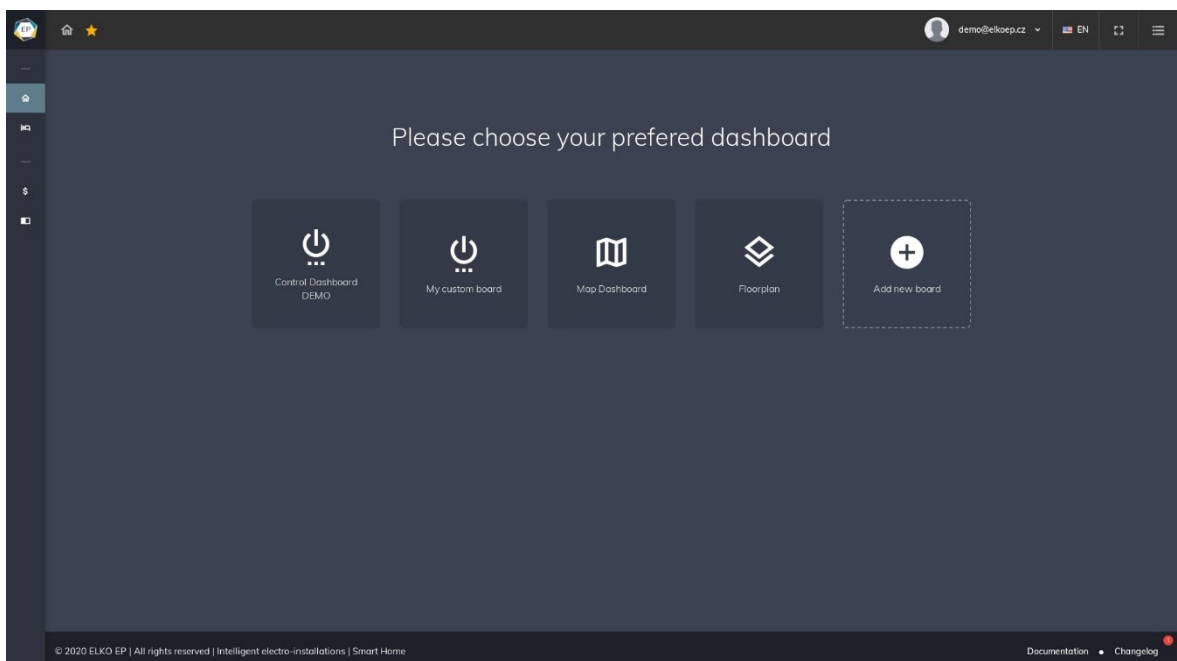
Po základnej konfigurácii účtu má užívateľ možnosť kedykoľvek zmeniť názov zariadenia alebo jeho adresu, poprípade u niektorých zariadení ako AirIM-100 aj zvolenú funkciu. Jed-

notlivé virtuálne skupiny zariadení je po uložení možné vidieť práve na stránke tohto managementu (pozn. Obr. 35), kde má užívateľ možnosť filtrovať a prehľadávať miestnosti na základe viacerých parametrov.



Obr. 35. Názorná ukážka stránky pre management virtuálnych skupín [Vlastná tvorba]

Po úspešnom nakonfigurovaní účtu a pridaní jednotlivých zariadení je pre užívateľa hlavná stránka, ktorá zobrazuje jednotlivé možnosti vizualizácie dát – „dashboardsy“ (Obr. 36).

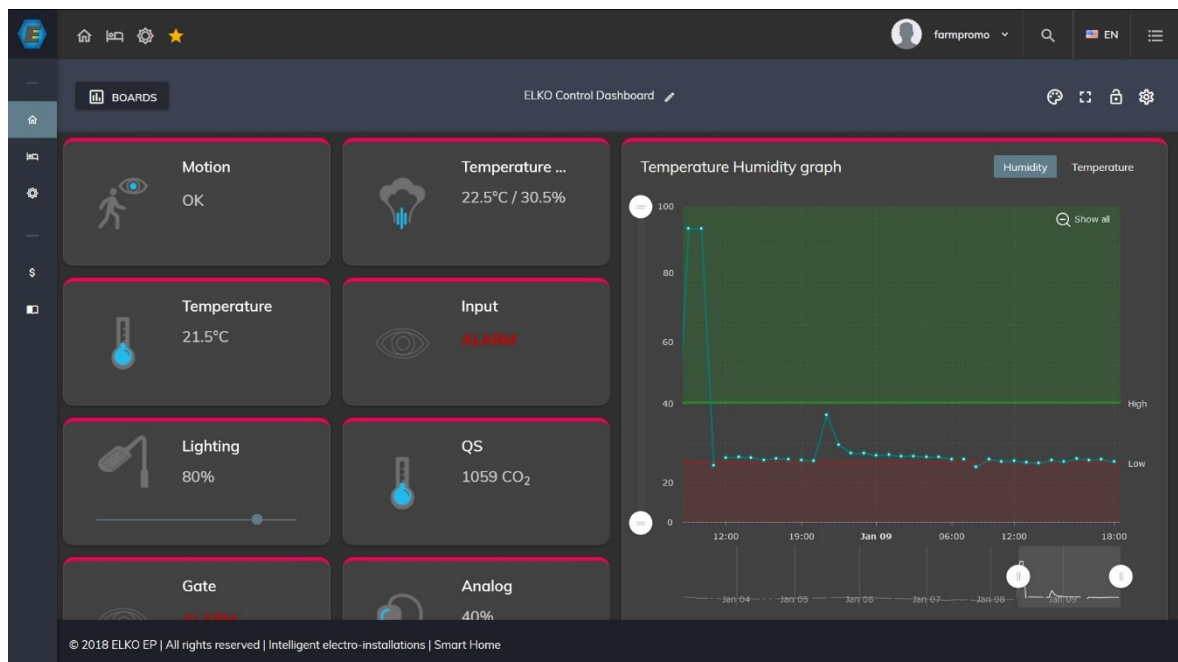


Obr. 36. Jednotlivé možnosti vizualizácie dát - dashboardy [Vlastná tvorba]

Uživatel má na výber z troch typov:

- Control Dashboard – pole dlaždíc symbolizujúcich jednotlivé zariadenia, ktoré zobrazujú aktuálne stav. Uživateľ má na výber z rôznych predefinovaných dlaždíc ako sú napríklad grafy, tabuľky alebo dlaždice pre skupinové ovládanie
- Map Dashboard – interaktívne zobrazenie zariadení v mape, ktoré má užívateľ možnosť si presne nastaviť podľa umiestnenia a formou ikon vidí či jednotlivé miesta na poli sú v súlade s nastavenými prahovými hodnotami.
- Floorplan – tento druh zobrazenia využíva obrázkové zobrazenie jednotlivých plánov poschodia, kde má užívateľ možnosť umiestniť si zariadenia a interaktívne pracovať s ich vlastnosťami.

Každý užívateľ alebo typ použitia si vyžaduje iné zobrazenie dát. Kým pre poľnohospodárstvo je dôležité prehľadne zobrazenie v mape, pre rýchli prehľad stavov v priemyselnej inštalácii je dôležitý súhrn zariadení formou Control Dashboardu no a napríklad pre oblasť inteligentnej domácnosti sa často vyžaduje zobrazenie pomocou floorplanov.

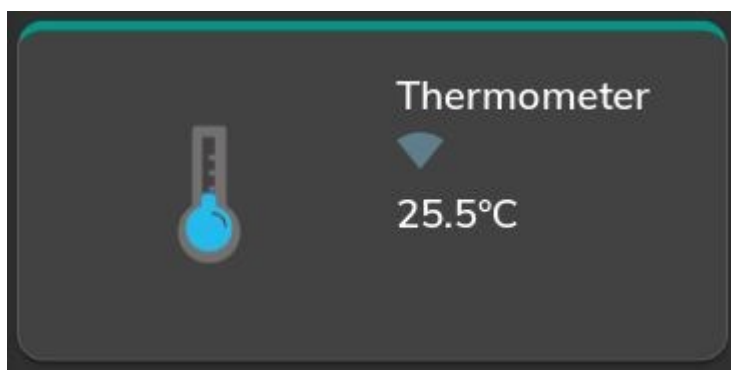


Obr. 37. Vizualizácia IoT zariadení prostredníctvom Control Dashboardu [Vlastná tvorba]

Zariadenia zobrazované formou Control Dashboardu majú špeciálne vytvorenú dlaždicu za účelom čo najrýchlejšieho rozpoznania aktuálneho stavu. V tomto type však môžu byť zariadenia vizualizované rôznymi spôsobmi a pre užívateľa sú plne konfigurovateľné. Vďaka polohovaciemu systému si dokáže nadefinovať presne pozície jednotlivých zariadení pre

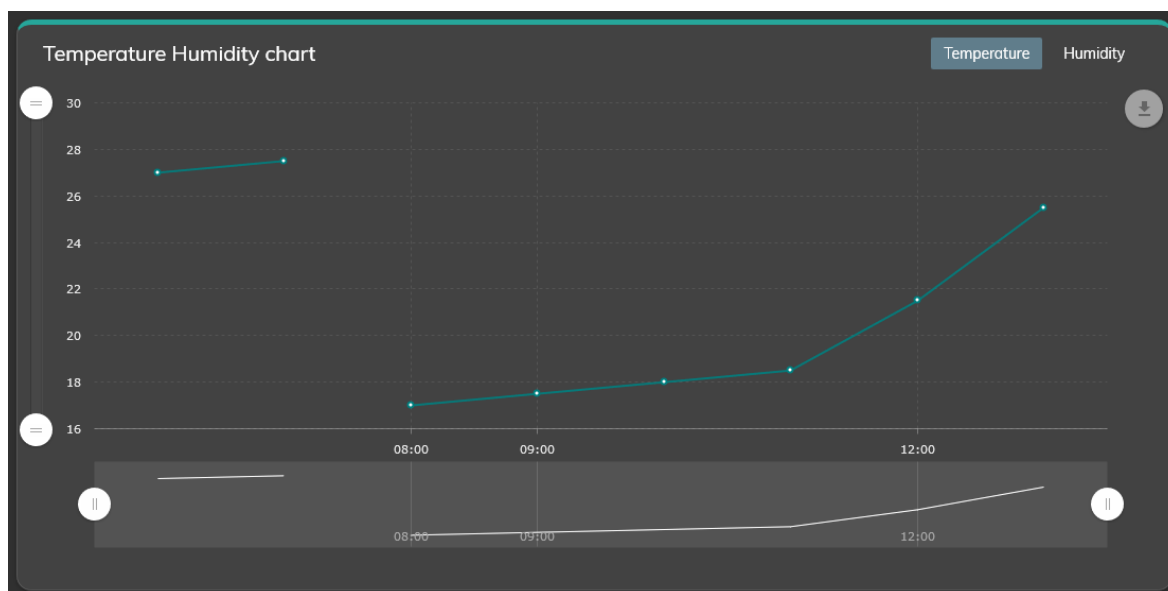
rýchlejšie zorientovanie. Obrázok (pozn. Obr. 38) znázorňuje tento typ zobrazenia. Medzi základne prvky Control Dashboardu patria nasledujúce dlaždice:

- Control widget – interaktívna dlaždica na vizualizáciu aktuálnych stavov zariadenia a prípadných ovládacích prvkov. Jednotlivé zariadenia môžu zahrňovať primárne alebo sekundárne stavy či funkcie.



Obr. 38. Konfigurovateľný widget pre zobrazenie aktuálnych stavov alebo ovládania [Vlastná tvorba]

- Chart widget – graf historických dát, ktorý môže byť vo forme jednotného grafu alebo kombinovaného. Základné vlastnosti grafu ako sú farba, typ, rozsah dát alebo agregácia sú voliteľné položky.



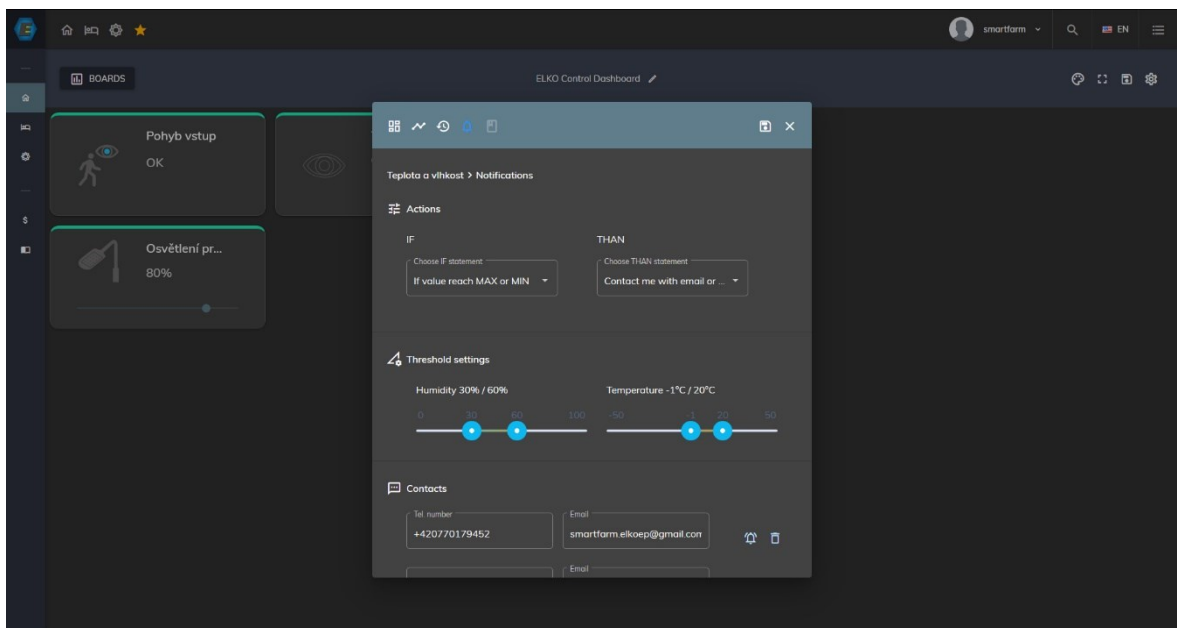
Obr. 39. Základný spôsob vizualizácie historických dát – graf [Vlastná tvorba]

- dlaždica pro kameru – slúži iba pre online zobrazenie sledovaných priestorov.



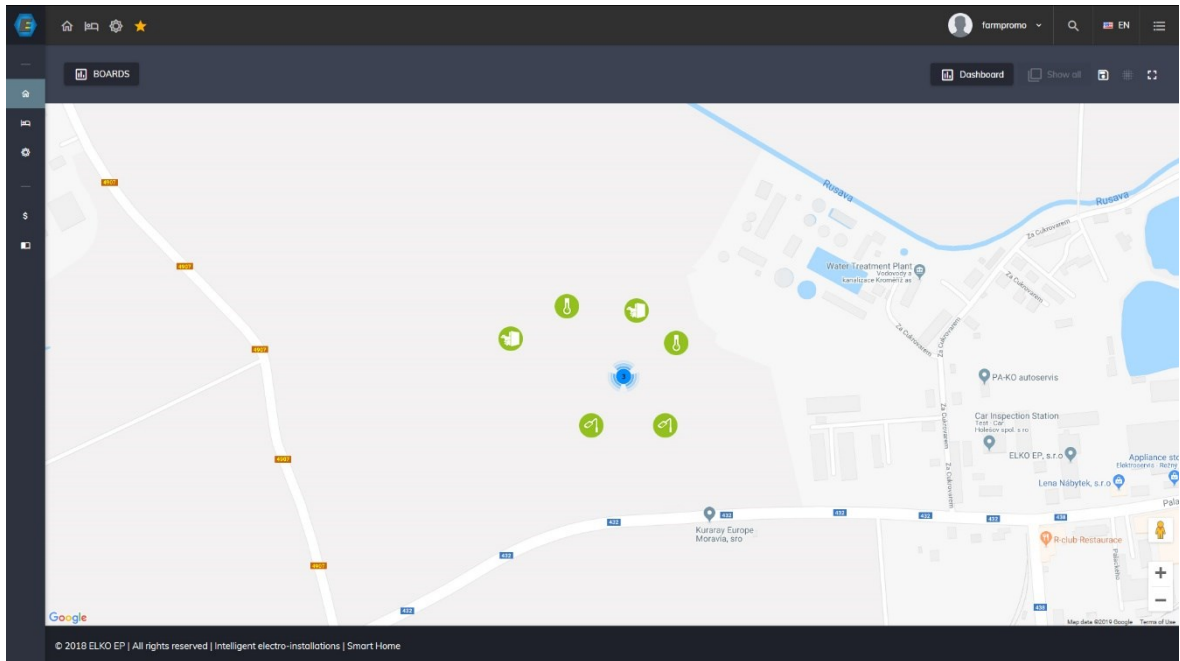
Obr. 40. Zobrazenie online kamerového záznamu [Vlastná tvorba]

Jednotlivé zariadenia ponúkajú rôznu škálu nastavení. Medzi základné dostupne pre všetky zariadenia však patri nastavovanie prahových hodnôt a konfigurovanie inteligentných akcií ako je zobrazené na ďalšom obrázku (pozn. Obr. 41).



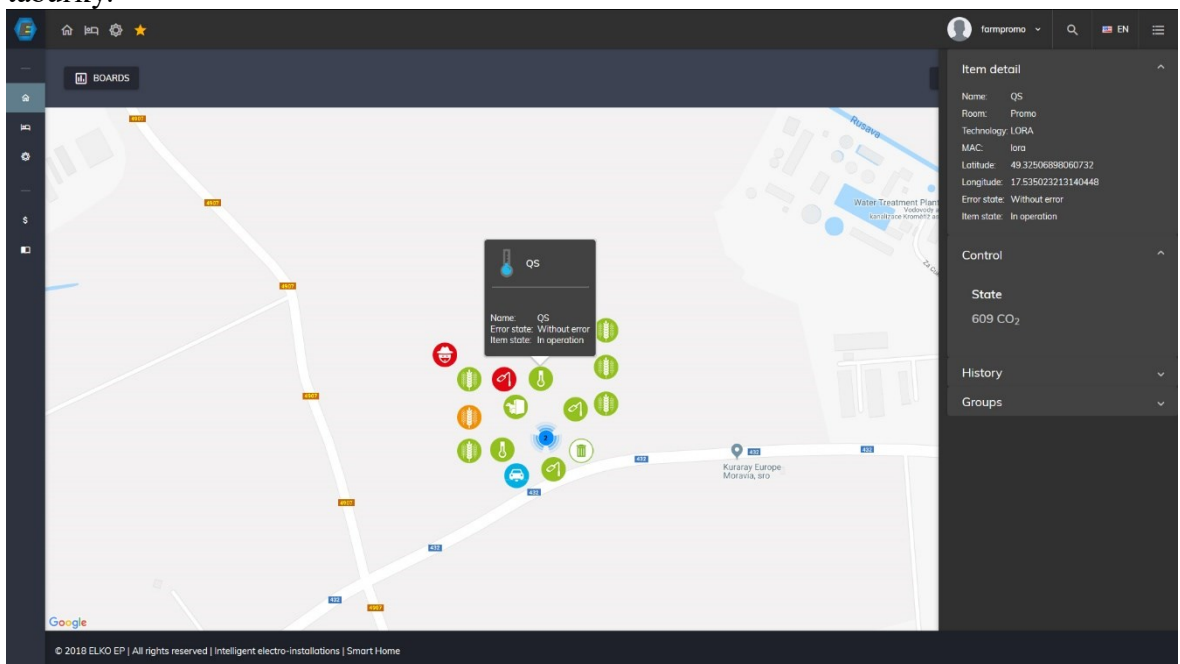
Obr. 41. Nastavovanie inteligentných akcií a prahových hodnôt zariadenia [Vlastná tvorba]

Ďalším spôsobom, ktorým je možné sledovať zariadenia je prostredníctvom mapy. Užívateľ ma možnosť umiestniť si interaktívne ikony do mapy na presné miesto umiestnenia senzoru. Využívanie GPS súradníc, získaných z technológie LoRaWAN je síce nepresné ale ušetrí užívateľovi zbytočný management. Jednotlivé zariadenia na prvý pohľad signalizujú možné chybové hlášky alebo prekročenie extrémne hodnoty červeným sfarbením ikony.



Obr. 42. Zobrazenie zariadení v mape [Vlastná tvorba]

Zariadenia po rozkliknutí zobrazujú aktuálne stavy ako aj historické zobrazenie dát formou tabuľky.



Obr. 43. Zobrazenie aktuálneho stavu vybraného zariadenia [Vlastná tvorba]

V priebehu vývoja sme vystriedali viacero druhov zobrazenia od tabuľkového zobrazenia jednotlivých zariadení s možnosťami filtrovania a radenia po zobrazenie v už spomínaných floorplánoch. Medzi najosvedčenejšie z pohľadu zákazníckej spokojnosti sa ale vždy javili Control Dashboardy. Užívateľ má možnosť pridávať si viacero takýchto dashboardov a každý môže byť jedinečný. Medzi základné rozlišovacie schopnosti patria podfarbovanie dlaždíc na základe priradenej farby virtuálnej skupiny, ktoré je možné nastaviť v device manageri.

6 BUDÚCI VÝVOJ

Exponenciálny nárast výkonu zariadení informačných technológií a jej neustále znižovanie hrá obrovskú rolu pri zvyšovaní počtu nie len IoT zariadení. To samozrejme nahráva aj kybernetickým zločincom a dostávajú tak väčší priestor akým sa dokážu dostať k našej najcennejšej informácii – súkromiu. Podľa [26] pribudne každou sekundou 127 nových zariadení pripojených do internetu. Ak by sme mali odhadnúť koľko z nich poskytuje naozaj silnú bezpečnostnú politiku, mohli by sme ostať veľmi sklamaný. Krádež digitálnych dát, ktoré domáca automatizácia prináša a zároveň prístup k fyzickým veciam len na základe získania týchto informácií je veľkým strašiacom z pohľadu trendov internetu vecí. Pokiaľ sa ale budeme pozeráť na tieto technológie len z negatívneho hľadiska nikde by sme sa nedostali.

Kontroverzný americký podnikateľ Elon Musk, ktorý sa zaoberá elektromobilitou a cestovaním do vesmíru je zároveň veľkým kritikom umelej inteligencie. Preto bolo veľkým prekvapením keď sa rozozprával o projekte, ktorý by mohol zmeniť formu akou si medzi sebou vymieňame údaje. Jeho tím pracuje na mikropočítači, ktorý by mal byť zavedený do ľudskeho mozgu a prepojením s nervovou sústavou by tak dokázal nie len čítať ale aj zapisovať priamo do mozgu. Musk takýmto vynálezom cieľi k efektívnejšiemu využívaniu informačných systémov v zdravotníctve. Aj keď je jeho hlavnou víziou pomáhať pacientom s rôznymi ochoreniami spojenými s nervovou sústavou ako sú napríklad Alzheimerova choroba, alebo poruchy pohybového aparátu, sám priznal že pri priaznivom vývoji sa človek stane takýmto spôsobom jednou z „vecí“ v prostredí internetu. Opisuje ako človek evolučne stagnuje a nedokáže držať krok s informačnými technológiami. Za predpokladu využívania takýchto systémov by tak ľudský mozog v spojitosti s cloudovými systémami dokázal efektívne narábať s informáciami. Spomienky by viac nemuseli byť len zahmlené ale stali by sa momentálnou skutočnosťou a dokázali by sme si vybaviť každý drobný detail. Rovnako hovorí aj o nepodstatnosti medziľudskej komunikácie ako ju chápeme dnes. Myšlienky, ktoré máme uložené v hlave by tak nemuseli strácať na informačnej hodnote a dokázali by sme ich jednoducho zdieľať našim poslucháčom v celistvej podobe. Aj keď je toto smerovanie určite zaujímavé je potrebné dôkladne si rozmyslieť aké by to mohlo mať následky. Len rozvoj kyber šikany v posledných rokoch dokazuje že na niečo podobné ešte stále nie sme pripravený.

Z pohľadu poľnohospodárskeho rozvoja pri určovaní predikcie je nutné inšpirovať sa sektormi, ktoré sú v tejto oblasti popredu. Tak napríklad implementácia Priemyslu 4.0 trvá už niekoľko rokov a stále sa nedá hovoriť o globálnej adaptácii. Môžeme teda očakávať že

nasedenie systémov internetu vecí sa v poľnohospodárskom sektore potiahne ešte dlhé roky. Napriek tomu však budú popredné firmy v oblasti poľnohospodárskej produkcie predstavovať spôsoby, ktorými sa to robiť dá. Príchod piatej generácie mobilných sietí, by jednotlivé procesy integrovania IoT systémov mal len zrýchliť. Medzi najzaujímavejšie trendy patria jednoznačne využívanie dronov a sálové pestovanie plodín. Využívaním presného dávkovania rôznych svetelných frekvencií v jednotlivých fázach rastu a použitím hydroponie (pozn. pestovanie plodín vo vodnom prostredí) je možné maximalizovať produkované množstvo, zrýchliť čas a hlavne znížiť tak náklady na pestovanie. Jednoznačnými lídrami v oblasti nasadzovania IoT systémov sú ázijské štáty, ktoré v tomto prostredí udávajú trend.

Medzi ďalšie rozvíjajúce služby patrí aj satelitné snímkovanie. Európska únia v posledných rokoch pravidelne vysiela do vesmíru družice, ktoré zastrešujú projekt rozvoja Sentinel zameraný na zaznamenávanie podmienok povrchu krajiny. Aktuálne ide o druhú verziu, ktorá pozostáva z dvoch satelitov cestujúcich po orbite. Vďaka ich prevrátenej pozícií o 180° je možné pri vhodných podmienkach získavať snímky každé dva až tri dni. Satelity sú vybavené špeciálnou optickou sústavou, ktorá dokáže zaznamenávať dôležité spektrálne vlastnosti zeme. Pokračovanie v tomto trende a verejná dostupnosť týchto dát dokáže so správnym IoT cloudovým systémom priniesť užívateľovi zaujímavé poznatky.

ZÁVĚR

Cieľom tejto diplomovej práce bolo oboznámiť čitateľov nielen o histórii či vzniku internetu vecí ale aj vytýčiť základné stavebné prvky tejto technológie a poukázať na aplikovateľné prostredia využitia. Zo začiatku je definovaný vývoj IoT, prvý dôležitý míľnik vzniku nového trendu – RFID štítku. Ďalej sa práca venovala problematike jednotlivých kľúčových vlastností čo zahrňovalo aj rešerš princípov najpoužívanejších IoT sietí.

Ďalšia kapitola opisovala moderné prostriedky integrovaných systémov so zameraním na poľnohospodárstvo. Vysvetlila pojem precízneho hospodárstva alebo ako sa často táto štvrtá vlna pokroku nazýva – Poľnohospodárstvo 4.0. Jednotlivé využitia IoT zariadení boli v práci systematicky rozdelené medzi poplachové a nepoplachové aplikácie. Práca popísala najmodernejšie technológie, ktoré pomohli formovať inteligentné farmy a zároveň priniesť farmárom vytúžené plody ich úsilia. Na záver teoretickej časti práca pojednáva o možnej budúcnosti týchto systémov a v porovnaní s aktuálne prebiehajúcou štvrtou vlnou v oblasti priemyslu predikuje možnosti vývoja.

Diplomová práca v praktickej časti stanovila aspekty, ktoré hrali dôležitú rolu pri hodnotení IoT systému ako celku. Zároveň pridelila jednotlivým aspektom bodové ohodnotenie podľa stanovenej hodnotiacej matice. Aplikovaním týchto skutočností, bolo docielené objektívne hodnotenie vybraných systémov.

V ďalšej fáze bol v stručnosti predstavený objekt vinice, na ktorom boli aplikované poznatky a skúsenosti z prostredia implementácie IoT systému iNELS Air. Zároveň nasledovalo názorne vysvetlenie jednotlivých krokov managementu zariadení a integrácie cloudovej platformy. V poslednom rade boli navrhnuté možné scenáre budúcnosti IoT systémov a ich využitia.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JAN, Mian Ahmad, Fazlullah KHAN a Muhammad ALAM, ed., 2019. *Recent Trends and Advances in Wireless and IoT-enabled Networks*. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland. ISBN 978-3-319-99965-4.
- [2] IoT. In: Google Trends [online]. Google [cit. 2020-04-21]. Dostupné z: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2012-01-01%202020-07-20&q=IoT>
- [3] PERERA, Charith, 2018. *Sensing as a Service for Internet of Things: A Roadmap*. Version 1.1. Victoria, Canada: Leanpub Publishers. ISBN 978-13-2692-464-5.
- [4] FROST, Sandra L., 2015. *Internet of Things*. DOE Control System Security [online]. Los Alamos, New Mexico, United States: Los Alamos National Laboratory, 2015, 66. Dostupné z: <https://permalink.lanl.gov/object/tr?what=info:lanl-repo/lareport/LA-UR-15-23789>
- [5] VALOUCH, Jan a Martin HROMADA. *Bezpečnostní futurologie* [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016, 147 s. ISBN 978-80-7454-621-1. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/handle/10563/36771>
- [6] ASHTON, Kevin, 2009. *That 'Internet of Things' Thing: In the real world, things matter more than ideas*. RFID Journal [online]. New York, USA: Emerald X, LLC., 2009(1), 2 [cit. 2020-04-22]. Dostupné z: <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>
- [7] HWANG, Kai, Geoffrey C. FOX a J. J. DONGARRA, 2012. *Distributed and cloud computing: from parallel processing to the Internet of things*. Boston: Morgan Kaufmann. ISBN 978-012-3858-801
- [8] JONES, Erick C. a Christopher A. CHUNG, 2008. *RFID in LOGISTICS: A Practical Introduction*. 1. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press. ISBN 978-0-8493-8526-1
- [9] *Internet World Penetration Rates by Geographic Regions: 2020 Q1, 2020*. In: Internet World Stats [online]. Miniwatts Marketing Group, s. 2 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- [10] PENG, Sheng-Lung, Souvik PAL a Lianfen HUANG, 2020. *Principles of Internet of Things (IoT) Ecosystem: Insight Paradigm*. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland. ISBN 978-3-030-33595-3.

- [11] DAVIES, John a Carolina FORTUNA, 2020. *The Internet of Things: From Data to Insight*. Hoboken, USA: John Wiley. ISBN 9781119545262.
- [12] CRAVEN, Connor, 2020. *What is the 5G Spectrum?: Definition*. SDX Central [online]. Denver: SDxCentral, 2020, 2 [cit. 2020-05-23]. Dostupné z: <https://www.sdx-central.com/5g/definitions/what-is-5g-spectrum/>
- [13] *IoT Networks: NB-IoT (LTE Cat-NB1)*, 2019. Halberd Bastion radiofrequency technologies [online]. Paddington, Austrálie: Halberd Bastion [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://halberdbastion.com/technology/iot/iot-protocols/nb-iot-lte-cat-nb1>
- [14] LIBERG, Olof et al., 2020. *Cellular Internet of Things: From massive deployments to critical 5g applications*. 2nd ed. Oxford, United Kingdom: Elsevier. ISBN 978-0-08-102902-2.
- [15] *IoT Networks: EC-GSM-IoT*, 2019. Halberd Bastion radiofrequency technologies [online]. Paddington, Austrálie: Halberd Bastion [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://halberdbastion.com/technology/iot/iot-protocols/ec-gsm-iot>
- [16] *IoT Networks: eMTC (LTE Cat-M1)*, 2019. Halberd Bastion radiofrequency technologies [online]. Paddington, Austrálie: Halberd Bastion Pty [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <https://halberdbastion.com/technology/iot/iot-protocols/emtc-lte-cat-m1>
- [17] TOMÁS, Juan Pedro, 2020. *China to reach 200m 5G users, 800,000 5G sites by end-2020: Huawei*. RCR Wireless News: Intelligence on all things wireless [online]. 2020(1), 1 [cit. 2020-08-8]. Dostupné z: <https://www.rcrwireless.com/20200807/5g/china-reach-200-5g-users-800000-5g-sites-end-year-huawei>
- [18] JAMALI, Mohammad Ali Jabraeil et al., 2020. *Towards the Internet of Things: Architectures, Security, and Applications*. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland. ISBN 978-3-030-18467-4.
- [19] CASTRIGNANÒ, Annamaria et al., 2020. *Agricultural Internet of Things and decision support for Precision Smart Farming*. Oxford, United Kingdom: Academic Press. ISBN 978-0-12-818373-1.

- [20] PATTNAIK, Prasant Kumar, Raghvendra KUMAR a Souvik PAL, 2020. *Internet of Things and Analytics for Agriculture: Volume 2*. Singapore, Singapore: Springer Nature Singapore Pte. ISBN 978-981-15-0662-8.
- [21] LAUCKÝ, Vladimír. *Technologie komerční bezpečnosti II*. Vyd. 2. Zlín :Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. 123 s. ISBN 978-80-7318-631-9
- [22] LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. Zlín: VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4
- [23] LUKÁŠ, Luděk a kolektiv. *Bezpečnostní technologie, systémy a management II*. Zlín: VeRBuM, 2012. ISBN 978-80-87500-19-4
- [24] VALOUCH, Jan. *Projektování integrovaných systémů*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015, 1 online zdroj (169 s.). ISBN 978-80-7454-557-3
- [25] *Platform features: Map*, 2020. In: IOTSENS [online]. Spain, Castellón: IOTSENS Grupo GIMENO IoT Division [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.iot-sens.com/wp-content/uploads/2019/01/1.-Maps.png>
- [26] GYARMATHY, Kaylie, 2020. Comprehensive Guide to IoT Statistics You Need to Know in 2020. *VXchnge [online]*. Tampa, Florida: vXchnge, 2020(1), 3 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: <https://www.vxchnge.com/blog/iot-statistics>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

LPWA	Low-Power Wide-Area.
IoT	Internet vecí
Pozn.	Poznámka
Obr.	Obrázok
IoE	Internet všetkého
M2M	Machine to machine
Inc.	Incorporated
RFID	Rádio frekvenčná identifikácia
GPS	Globálny pozičný systém
UPC	Univerzálny produktový kód
EAN	European Aviation Network
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
WWW	World Wide Web
Napr.	Napríklad
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project
kHz	Kilohertz
GHz	Gigahertz
Kb/s	Kilobit za sekundu
Mb/s	Megabit za sekundu
Gb/s	Gigabit za sekundu
GSM	Globálny systém mobilných komunikácií
CDMA	Code division multiple access
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
EDGE	Enhanced Data for Global Evolution

LTE	Long Term Evolution
WiFi	Wireless Fidelity
NR	New Radio
Hz	Hertz
2G	Druhá generácia mobilných sietí
3G	Tretia generácia mobilných sietí
4G	Štvrtá generácia mobilných sietí
NB-IoT	Narrow Band – internet of things
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
SC-FDMA	Single Carrier – Frequency Division Multiple Access
MHz	Megahertz
EC-GSM	Extended coverage Groupe Spécial Mobile
FDMA	Frequency Division Multiple Access
TDMA	Time Division Multiple Access
Tzv.	Takzvané
NATO	Organizácia Severoatlantickej zmluvy
BTS	Base Tranceiver Station
PaaS	Platforma ako služba
FM	Frekvenčná modulácia
LoRa	Long Range
LoRaWAN	Long Range Wide Area Network
b/s	Bit za sekundu
Km	Kilometer
IP	Internetový protokol
PAN	Personal Area Network
6LoWPAN	Internet protocol version 6 - Low power Wireless Personal Area Networks

BLE	Bluetooth Low Energy
EPS	Elektrické požiarne systémy
CCTV	Uzavretý televízny okruk
FTP	File TransferProtovol
PZTS	Poplachové zabezpečovacie a tiesňové systémy
I&HAS	Intrusion and Hold-up Alarm Systems
CO ₂	Oxid uhličitý
SMS	Krátka textová správa
API	Application programming interface
IT	Informačne technológie
OTA	Over The Air

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vzostup vyhľadávania výrazu IoT na internete [Upravené z 2]	10
Obr. 2. Koncept vzťahov v súvislosti s IoT [Upravené z 3]	11
Obr. 3. Dôležité milníky IoT [Upravené z 4]	13
Obr. 4. Schéma prevádzky RFID technológie [Upravené z 7]	14
Obr. 5. Najrozšírenejší typ RFID snímaču [8]	14
Obr. 6. Svetová miera pokrytia internetom [Upravené z 9]	17
Obr. 7. Ekosystém internetu vecí [Interné zdroje]	19
Obr. 8. Rozdelenie základných typov sietí a ich vzájomné prepojenie [1]	20
Obr. 9. Diagram nasadenia NB-IoT [13]	21
Obr. 10. Narrowband IoT [13]	22
Obr. 11. EC-GSM-IoT [15]	23
Obr. 12. LTE-M IoT technológia [16]	24
Obr. 13. Základné časti využitia IoT v poľnohospodárstve [Upravené z 18]	31
Obr. 14. Rozdelenie nepoplachových aplikácií inteligentného poľnohospodárstva [Vlastná tvorba]	34
Obr. 15. Príklad rozloženia senzorov s meshovou štruktúrou [20]	35
Obr. 16. Inteligentné zavlažovacie systémy za použitia IoT [18]	36
Obr. 17. Názorná ukážka satelitných snímkov účinnosti hnojenia kukuričného poľa [19]	38
Obr. 18. Produktová rada iNELS Air [Interní zdroje]	44
Obr. 19. Portfólio produktov iNELS Air [Interné zdroje]	45
Obr. 20. Názorná ukážka platformy od spoločnosti IOTSENS a jej mapový podklad mesta [25]	47
Obr. 21. Modelové zobrazenie objektu vinice, návrh v programe SketchUP [Vlastná tvorba]	51
Obr. 22. Detailný náhľad na magnetický detektor AirWD-101 použitý pre inteligentnú akciu [Vlastná tvorba]	52
Obr. 23. Ukážka zariadení s aktuálnymi a historickými dátami z referenčného objektu [Vlastná tvorba]	53
Obr. 24. Nadhľad na vinicu s integrovaným bezpečnostným systémom za pomoci technológie IoT [Vlastná tvorba]	54

Obr. 25. AirIM-100 univerzálny prevodník vstupov s čidlom merania teploty a vlhkosti vzduchu [Interné zdroje].....	56
Obr. 26. AirSS.100 senzor pre meranie pôdnej vlhkosti a teploty [Interné zdroje]..	57
Obr. 27. AirWD-101 Magnetický detektor [Interné zdroje].....	58
Obr. 28. Pohybový detektor AirMD-100 [Interné zdroje].....	58
Obr. 29. AirSF-100 Záplavový detektor [Interné zdroje].....	59
Obr. 30. AirSLC-100 aktor pre inteligentné osvetlenie [Interné zdroje]	60
Obr. 31. AirGTW brána pre odosielanie a príjem správ v sieti LoRaWAN [Interné zdroje].....	60
Obr. 32. Úvodná stránka do cloudovej platformy ELKO EP [Vlastná tvorba]	61
Obr. 33. Prvá obrazovka po prihlásení nového užívateľa [Vlastná tvorba]	62
Obr. 34. Pridávanie zariadenia [Vlastná tvorba].....	62
Obr. 35. Názorná ukážka stránky pre management virtuálnych skupín [Vlastná tvorba]	63
Obr. 36. Jednotlivé možnosti vizualizácie dát - dashboardy [Vlastná tvorba]	63
Obr. 37. Vizualizácia IoT zariadení prostredníctvom Control Dashboardu [Vlastná tvorba].....	64
Obr. 38. Konfigurovateľný widget pre zobrazenie aktuálnych stavov alebo ovládania [Vlastná tvorba].....	65
Obr. 39. Základný spôsob vizualizácie historických dát – graf [Vlastná tvorba] .	65
Obr. 40. Zobrazenie online kamerového záznamu [Vlastná tvorba].....	66
Obr. 41. Nastavovanie inteligentných akcií a prahových hodnôt zariadenia [Vlastná tvorba].....	66
Obr. 42. Zobrazenie zariadení v mape [Vlastná tvorba].....	67
Obr. 43. Zobrazenie aktuálneho stavu vybraného zariadenia [Vlastná tvorba]	67

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Generácie mobilných sietí a ich vlastnosti [Upravené z 1, 12].....	21
Tab. 2. Základné parametry tradičných mobilných sietí transformovaných pre použitie v IoT [Upravené z 11, 13, 15].....	25
Tab. 3. Orientačné vlastnosti nelicencovaných sietí [upravené z 11]	29
Tab. 4. Porovnanie najpoužívanějších technológií v IoT [Upravené z 1]	30
Tab. 5. Hodnotiacia matica pre jednotlivé vlastnosti IoT systémov [Vlastná tvorba]	40
Tab. 6. Výsledné dáta pre porovnanie IoT systémov rôznych spoločností [Vlastná tvorba].....	50