

VYUŽITÍ AUTOMATICKÉ IDENTIFIKACE A SBĚRU DAT PROSTŘEDNICTVÍM RADIOFREKVENČNÍCH TECHNOLOGIÍ V PROSTŘEDÍ PRŮMYSLU 4.0

USE OF AUTOMATIC IDENTIFICATION AND DATA CAPTURE BASED ON RADIO FREQUENCY TECHNOLOGIES IN THE ENVIRONMENT OF INDUSTRY 4.0

Martin Polívka¹, Lilia Dvořáková²

¹ Ing. Martin Polívka, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, polivkam@kfu.zcu.cz

² prof. Ing. Lilia Dvořáková, CSc., Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, ldvorako@kfu.zcu.cz

Abstract: This article presents results of research dealing with the usage of automatic identification and data capture based on the radio frequency identification technology in the environment of Industry 4.0. This topic is actual both for academic theory and for practical business, as in the current business environment there is the undeniable and rising need of fast, accurate and cost-effective acquirement of data for the purposes of process management and controlling. Technologies of automatic identification and data capture can be successfully used to fulfil such need, assuming the right technology is chosen. Results of conducted research show, that the radio frequency identification technology can be successfully used in particular components of Industry 4.0, such as big data, system integration and internet of things. The results also show, that only the ultra-high and high frequency variants of radio frequency identification technologies are suitable for the applications connected to the Industry 4.0 concept. The low frequency variant of this technology is too limited by its technical restriction, especially the low velocity and possible distance of reading, to be of any use for such applications.

Keywords: AIDC, Automatic identification and data capture, Industry 4.0, radio frequency identification, RFID

JEL Classification: M15

ÚVOD

Automatická identifikace a sběr dat (dále též AIDC z anglického „Automatic identification and data capture“) je soubor technologií, které umožňují identifikaci objektů a následné automatické získávání a ukládání dat o nich. Pro tyto účely je v současné době využívána celá řada technologií od čárových kódů až po počítačové rozpoznávání obrazu nebo hlasu. Jednou z těchto technologií je rovněž Radiofrekvenční identifikace (obvykle zkracovaná na RFID z anglického *Radio Frequency Identification*), která je postavena na principu přenosu informací prostřednictvím radiového vlnění.

Automatická identifikace a sběr dat (dále jen AIDC) prostřednictvím RFID hraje v současné době významnou roli v mnoha hospodářských odvětvích, kde je potřeba rychle a spolehlivě získávat data. Průkopníkem v této oblasti je odvětví obchodu, především pak firma Walmart, viz např. Freeman et al. (2011), kde jsou radiofrekvenční technologie používány pro vnitro- i mezipodnikovou logistiku. V současné době je však RFID široce rozšířena i v průmyslových provozech, kde často slouží ve skladové evidenci, nebo v zemědělství, kde se používá jak ke značení jednotlivých zvířat, tak pro zajištění (zákonem často vyžadované) traceability výsledných produktů - viz např. Ilie-Zudor et al. (2011) nebo Bibi et al. (2017).

Zároveň platí, že v důsledku aktuálního technologického vývoje ekonomika nyní prochází mnoha významnými změnami. Tyto změny jsou často souhrnně označovány za „čtvrtou průmyslovou revoluci,“

kteřá s sebou má nést disruptivní změnu nejen v produkčním procesu, ale v konečném důsledku i ve společnosti jako celku. V průmyslové oblasti se pro tento trend používá termín „Průmysl 4.0,“ který byl poprvé představen veřejnosti na veletrhu v Hannoveru v roce 2011 (Rojko, 2017), zatímco na širší úrovni se hovoří o „Společnosti 4.0.“ Budou-li změny v hospodářství skutečně tak dalekosáhlé, jak zastánci „čtvrté průmyslové revoluce“ věří, lze jistě předpokládat, že se změnami hospodářství jako takového se bude měnit i význam a využití AIDC v něm.

1. CÍLE A METODY VÝZKUMU

Cílem výzkumu bylo identifikovat, analyzovat a hodnotit roli automatické identifikace a sběru dat prostřednictvím RFID v prostředí Průmyslu 4.0. V jeho první části byl nejprve analyzován vlastní obsah konceptu Průmysl 4.0 a byly identifikovány ty jeho součásti, ve kterých hrají technologie AIDC významnou roli. Zároveň bylo analyzováno, jaké konkrétní požadavky na technologie AIDC v těchto jednotlivých součástech Průmyslu 4.0 vyvstávají. Tato část byla zpracována na základě analýzy sekundárních zdrojů, především vědeckých článků a dokumentů vytvořených orgány veřejného sektoru a státními institucemi, které se věnují definování a popisu současného stavu Průmyslu 4.0.

Ve druhé části výzkumu byly identifikované požadavky na technologie AIDC porovnány s technickými parametry a možnostmi technologie radiofrekvenční identifikace. Na základě této komparace byla poté zhodnocena vhodnost využití RFID v jednotlivých součástech Průmyslu 4.0.

2. VÝSLEDKY VÝZKUMU

2.1 Role AIDC v Průmyslu 4.0

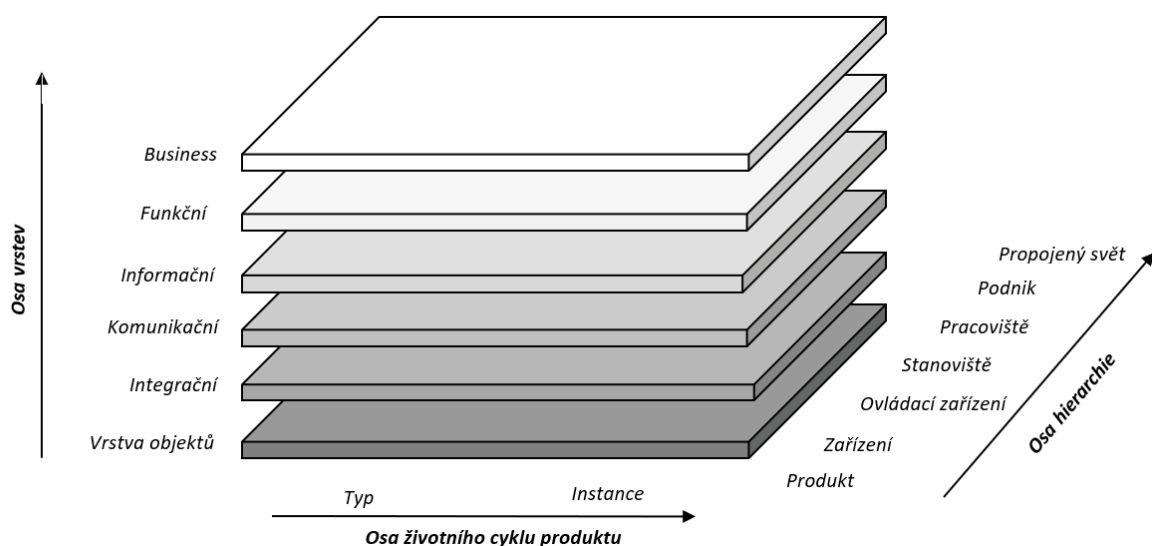
Koncept Průmyslu 4.0 je v současné době ve středu zájmu nejen akademických kruhů, ale i zástupců veřejného sektoru a především pak podnikové praxe. Na akademické půdě je tuto popularitu možné doložit především neustále rostoucím počtem odborných článků zabývajících se tímto tématem (viz např. Lu (2017)), v oblasti státu je patrná snaha tento vývoj podchytit a směřovat prostřednictvím různých národních iniciativ, jakými jsou například francouzská „Industrie du futur“, čínská „Made in China 2025“ nebo pravděpodobně nejznámější německá iniciativa „Industrie 4.0“ (Rojko, 2017; Mařík, 2018), která ostatně celému konceptu dala jméno. Tento trend se ostatně nevyhnul ani České republice, kde byla v gesci Ministerstva průmyslu a obchodu v roce 2015 zpracována „Národní iniciativa Průmysl 4.0.“ Rostoucí význam Průmyslu 4.0 v oblasti podnikové praxe lze potom nejlépe doložit tím, že se mu v současné době věnují jak nejvýznamnější hráči v oboru informačních technologií jako je Microsoft nebo Oracle, tak tradiční průmysloví giganti jakými jsou Siemens nebo Bosch.

I přes tuto evidentní popularitu nicméně dosud (snad kvůli rozsáhlosti předpokládaných změn) není obsah Průmysl 4.0 jednoznačně vymezen a neexistuje ani jeho jednoznačná definice (viz např. Hofmann (2017) nebo Lu (2017)). V odborné literatuře se tak Průmysl 4.0 obvykle namísto stručných definic vymezuje buď pomocí modelu Reference Architecture Model Industrie 4.0, nebo prostřednictvím výčtu jevů a použitých technologií (viz např. Mařík (2018, s. 26 – 27), Rojko (2017) nebo Herman (2016)). V této části výzkumu bylo proto analyzováno a hodnoceno postavení AIDC v jednotlivých komponentách tohoto modelu, resp. v rámci technologií Průmyslu 4.0.

2.2 Postavení AIDC v modelu Reference Architecture Model Industrie 4.0

Reference Architecture Model Industrie 4.0, zkráceně RAMI 4.0, byl vyvinut ve spolupráci několika německých průmyslových organizací v čele s Verein Deutscher Ingenieure (VDI) a Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (Bordeleau et al., 2018). Cílem modelu je vytvořit strukturovanou pomůcku pro uchopení konceptu Průmysl 4.0, která bude rovněž využitelná při jeho implementaci (Alcácer, 2019). Model je zobrazen na Obr. 1.

Obr.1 Reference Architecture Model Industrie 4.0



Zdroj: vlastní zpracování dle VDI/VDE (2015)

Model RAMI 4.0 je trojrozměrný, přičemž obsahuje následující osy:

- **Osu životního cyklu produktu.** Tato osa principiálně rozlišuje mezi **typem**, jímž se rozumí předpis pro výrobu konkrétního produktu (tzn. např. technický výkres, vzor, prototyp), a **instancemi**, což jsou již konkrétní výskyty určitého typu (tzn. např. výrobky vyrobené dle výkresu). Ve fázi typu se tedy produkt nachází v průběhu předvýrobních etap, zatímco instance jsou již výsledkem běžné výroby.
- **Osa hierarchie** reprezentuje hierarchii produkčního procesu, a to dle následující logiky: v rámci produkčního procesu jsou vyráběny **produkty**. Jejich výroba je evidována, sledována a kontrolována prostřednictvím **zařízení** (v originále „Field Devices“), jimiž se rozumí různé senzory, readery, antény, apod. Informace z nich se dostávají do **ovládacích zařízení** („Control Devices“) jako jsou počítače nebo ovládací panely linek. Informace z těchto vrstev dále procházejí výše do úrovně **stanovišť** („Stations“), **pracovišť** („Work Centers“) až do úrovně **podniku** („Enterprise“), obvykle reprezentované ERP systémem. Poslední vrstva **propojeného světa** („Connected world“) potom reprezentuje odběratele, dodavatele a veškeré další stakeholdery podniku. Tuto hierarchii lze vnímat jako obousměrný tok informací, kdy vyšší úrovně od nižších získávají informace o průběhu produkčního cyklu, zatímco od vyšších k nižším tečou informace (a na vnitropodnikové úrovni rovněž pokyny) potřebné pro jeho řízení.
- **Osa vrstev** představuje především členění z pohledu IT technologií. Vrstva **objektů** („Assets“) reprezentuje fyzické objekty, jako jsou stroje, materiály, ale i pracovníci. **Integrační** vrstva zajišťuje sběr informací o objektech a jejich digitalizaci, je tedy reprezentována například senzory. **Komunikační** vrstva se skládá ze standardizovaných komunikačních protokolů a infrastruktury, která umožňuje vzájemnou komunikaci mezi jednotlivými prvky integrační vrstvy a mezi integrační a informační vrstvou. **Informační** vrstva zpracovává data získané z nižších vrstev na informace a případně je poskytuje vyšším vrstvám. **Funkcionální** vrstva je tvořena různými akcemi a rutinami, které mohou být v rámci informačního systému vykonány (přičemž některé z těchto akcí mohou mít vliv i na nejnižší vrstvy, funkce může například poslat příkaz až do vrstvy objektů a rozsvítit konkrétní kontrolku). **Business** vrstva potom představuje úroveň podnikových procesů a řízení.

Na základě uvedené deskripce modelu RAMI 4.0 byla provedena identifikace jeho komponent, jichž se technologie AIDC týkají:

- Z technického hlediska reprezentovaného osou vrstev se technologie AIDC nachází na dvou nejnižších vrstvách - vrstvě objektů, které jsou subjektem identifikace, a integrační vrstvě, která

obsahuje zařízení zajišťující tuto identifikaci. Z integrační vrstvy jsou získaná data následně posílána přes komunikační vrstvu do vyšších úrovní.

- Co se týče osy hierarchie, zde se technologie AIDC fyzicky nacházejí na úrovni produktů, které jsou identifikovány, a úroveň zařízení, která slouží k získávání dat. Data načtená pomocí fyzických zařízení potom mohou být využívána na libovolných vyšších úrovních v závislosti na konkrétní aplikaci – údaje mohou být zobrazovány na úrovni ovládacích zařízení a sloužit k operativnímu řízení výroby nebo logistiky, posílány na pozadí na úroveň podniku do serverové databáze ERP systému a zde být uloženy za účelem evidence a následné kontroly, nebo použity pro potřeby mezipodnikové integrace na úrovni propojeného světa.
- Z pohledu osy životního cyklu produktu se AIDC týká fáze instance - konkrétního výrobku, který je identifikován.

Při pohledu na koncept Průmyslu 4.0 prisma model RAMI 4.0 lze konstatovat, že v něm technologie AIDC jsou přítomny, a že mohou prostupovat celou hierarchií produkčního procesu, od nejnižší úrovně vlastního produktu až po nejvyšší úroveň propojení se zbytkem světa.

2.3 Postavení AIDC v Průmyslu 4.0

Vzhledem k nejednoznačnému obsahovému vymezení Průmyslu 4.0 je do něj možné zahrnout různé technologie. Panuje obecná shoda, že základními technologiemi Průmyslu 4.0 jsou především Kyber-fyzické systémy a Internet věcí a služeb. Různí autoři ale k těmto základním prvkům přidávají další, případně tyto základní prvky jemněji člení. Ve snaze poskytnout, co nejširší přehled technologií Průmyslu 4.0 vycházíme z konceptu devíti hlavních technologií Průmyslu 4.0, které jsou někdy označovány za „9 pilířů Průmyslu 4.0“ (Vaidya et al., 2018). Jedná se o:

1. **Big data**, přičemž tímto termínem se rozumí velké objemy různorodých dat, jejichž objem v čase rychle roste. Tato data je nutné získávat, ukládat, zabezpečit a především analyzovat.
2. **Autonomní roboty**, tedy stroje, které budou schopny do značné míry samostatného fungování. Důležitá je rovněž schopnost těchto robotů spolupracovat s lidmi.
3. **Simulace**, využívané nejen pro vývoj a virtuální prototypování, ale i jako nástroj pro plánování ergonomie pracovišť, objemu a průběhu výroby apod.
4. **Systémová integrace**, která se v Průmyslu 4.0 bude vyskytovat v podobách:
 - a. **Horizontální integrace** napříč dodavatelsko-odběratelským řetězcem (například v podobě integrovaného plánování výroby).
 - b. **Vertikálních integrace** jednotlivých činností firmy.
 - c. **End-to-end integrace** přes celý životní cyklus produktu.
5. **Internet věcí** (často též IoT z anglického „Internet of Things“), tedy připojení běžných předmětů k internetu a jejich komunikace (ať už vzájemná nebo s podnikovým informačním systémem) prostřednictvím standardních protokolů. V průmyslové podobě se někdy hovoří o Průmyslovém internetu věcí (IIoT).
6. **Kyber-fyzické systémy** (často se uvádí ve zkratce CPS z anglického „Cyber-Physical Systems“). Tímto termínem se rozumí systémy těsně propojující skutečný svět (reprezentovaný lidmi, výrobními stroji, materiálem atd.) a svět virtuální (reprezentovaný řídicími a kontrolními algoritmy, umělou inteligencí a dalšími prvky).
7. **Cloudové technologie**, tzn. přesun datových úložišť i výpočetních kapacit z lokálních serverů jednotlivých firem do datových center nebo clusterů.
8. **Aditivní výroba**, tedy výroba postavená na bázi 3D tisku (ať už z plastové hmoty nebo z kovového prášku), která umožňuje s přijatelnými náklady a v přijatelném čase vyrábět malé série nebo i jednotlivé kusy.
9. **Rozšířená realita**, která umožní přes chytré brýle nebo mobilní telefony promítat virtuální schémata, pracovní postupy nebo například skladové umístění konkrétních položek přímo „na“ obraz reálného světa.

V uvedeném obsahovém vymezení Průmyslu 4.0 jakožto výčtu technologií tedy AIDC zcela chybí. Pokud nicméně podrobíme výše uvedené technologie zevrubnější analýze, je zřejmé, že některé z nich by bez využívání automatické identifikace a sběru dat mohly jen stěží fungovat. Jedná se o:

1. **Big data**, kde je nezastupitelná role AIDC při získávání prvotních vstupů. Data mohou do podnikového informačního systému samozřejmě plynout z různých zdrojů, zamýšlí-li nicméně podnik analyzovat velké objemy dat ze svého provozu (ať už z oblasti výroby, logistiky nebo prodeje), představuje AIDC přirozenou (a v řadě případů i jedinou smysluplnou) volbu, jak vstupní data získat. Akvizice těchto dat z provozu na rutinní úrovni totiž musí probíhat rychle, levně a v neposlední řadě s dostatečnou spolehlivostí – ze všech těchto důvodů je vhodné v jejich získávání nahradit manuální vstupy automatickou technologií.

Technologie AIDC, které mají sloužit jako zdroj dat pro big data, tedy musí umožňovat především rychlé a spolehlivé čtení s minimálním vstupem lidského faktoru, v ideálním případě zcela bez něj. Zároveň je vzhledem k obvykle poměrně značeným objemům toku zboží či výrobků nutné, aby byly jednotkové náklady na identifikaci každého kusu (např. v podobě ceny identifikátoru) nízké, přinejmenším relativně v poměru k vlastní ceně daného kusu.

2. **Systémovou integraci**, a to především v její horizontální a end-to-end podobě. Pro horizontální integraci napříč dodavatelsko-odběratelským řetězcem je obvykle důležitá možnost jednoznačně identifikovat zboží nebo výrobky, které řetězcem protékají (to byl ostatně důvod pilotního nasazení RFID identifikace společností Walmart), v případě end-to-end integrace je zase důležité, aby si s sebou předmět během celého životního cyklu nesl určitou sadu informací, čehož je možné dosáhnout jejich zapsáním do jednoznačného identifikátoru.

Co se týče stěžejních parametrů, které musí technologie AIDC pro úspěšné nasazení v horizontální či end-to-end integraci splňovat, jedná se nepochybně o mechanickou odolnost identifikátoru, který musí v případě horizontální integrace přečkat logistický proces mezi odběratelem a dodavatelem, v případě end-to-end integrace pak v ideálním případě celou životnost označeného produktu – v případě tohoto typu integrace je tak důležitá i jeho časová trvanlivost. Pro potřeby integrace je rovněž vhodné, aby daná technologie AIDC fungovala na základě obecně přijímaných průmyslových standardů, aby tak jednotlivým článkům dodavatelsko-odběratelského řetězce odpadla nutnost implementovat různá proprietární řešení. Stejně jako v případě vstupů do big data je i v případě systémové integrace nutné počítat s tím, že značených objektů (např. výrobků) bude velké množství, důležitým kritériem je tedy výše jednotkových nákladů na identifikaci. U horizontální integrace (např. v podobě sledování toku zboží napříč logistickým řetězcem) je rovněž důležitá automatizace řešení.

3. **Kyber-fyzické systémy a Internet věcí** - v případě obou těchto technologií mohou být využity technologie AIDC využity pro vzájemnou komunikaci jednotlivých komponent CPS nebo IoT.

Pro tyto účely je nutné, aby použitá technologie AIDC umožňovala plně automatické fungování (tedy aby spolu mohly jednotlivé prvky CPS nebo IoT rutinně komunikovat na pozadí své běžné činnosti). Další podmínkou je, aby čtení informací z jednotlivých objektů zapojených do CPS nebo IoT nemuselo probíhat na kontaktní bázi (aby tak bylo možné např. sledovat pohyb a stav jednotlivých strojů zapojených do CPS bez nutnosti se ke každému z nich fyzicky přiblížit). Zejména v případě CPS je rovněž vhodné, aby bylo prostřednictvím využití technologie AIDC možné online sledovat lokalizaci identifikovaného objektu (např. okamžitou polohu materiálu, stroje nebo pracovníka). Vzhledem k tomu, že se od jednotlivých objektů v rámci CPS a IoT očekává dlouhodobá komunikace, je potom nutná i mechanická odolnost a časová trvanlivost identifikátorů

Přestože tedy automatická identifikace a sběr dat v současné době nebývají v odborné literatuře uváděny mezi technologiemi, které tvoří základ Průmyslu 4.0, v některých z nich hraje AIDC významnou roli. V případě technologií Big Data a horizontální integrace pak můžeme AIDC označit za kritickou podmínku pro jejich fungování, neboť využití AIDC je nezbytné pro získávání některých vstupních dat do Big Data, respektive pro identifikaci objektů napříč integrovaným dodavatelsko-odběratelským řetězcem.

Ať už je tedy Průmysl 4.0 definován teoreticky pomocí modelu RAMI 4.0 nebo z praktického hlediska výčtem konkrétních technologií, je zřejmé, že využívání AIDC je jeho důležitou součástí.

2.4 Technologie radiofrekvenční identifikace v prostředí Průmyslu 4.0

V předchozí kapitole bylo analyzováno postavení AIDC v konceptu Průmyslu 4.0, přičemž byly identifikovány konkrétní technologie Průmyslu 4.0, v nichž hraje AIDC významnou roli, a diskutovány požadavky, které musí AIDC pro smysluplné nasazení v rámci těchto technologií splnit. Cílem této subkapitoly je zhodnotit, nakolik těmto požadavkům odpovídá technologie radiofrekvenční identifikace, a zda je tedy tato technologie pro nasazení v prostředí Průmyslu 4.0 vhodná.

Počátek technologie RFID je sice některými autory (např. Sarac et al., 2010) ztotožňován s vynálezem radaru a datován do období druhé světové války, k jeho reálnému využití ve firemním prostředí však dochází až v posledních přibližně 15 letech. Podobně jako u řady jiných technologií automatické identifikace, i zde byla průkopníkem firma Walmart, která v roce 2003 zahájila rozsáhlý projekt na integraci RFID do svého dodavatelského řetězce (Kaplan, 2018). Přestože se tento projekt zpočátku nedal označit za jednoznačně úspěšný (více např. Vowels, 2006), využití RFID se od té doby široce rozvinulo nejen v oblasti obchodu, ale i v celé řadě jiných odvětví. S rozvojem RFID šla ruku v ruce i standardizace, kdy je v současné době tato technologie upravena několika všeobecně respektovanými standardy v podobě norem ISO a EPCglobal.

V technologii RFID jsou informace uloženy do elektronické paměti čipu (též se používá výraz tag nebo transpondér), který je následně vysílá na určitém radiovém pásmu. Vysílané vlnění je poté zachytáváno anténou a informace z něj jsou čteny readerem, který načtená data posílá k dalšímu zpracování do informačního systému. Pásmo, na kterém komunikace probíhá, přitom zásadně ovlivňuje její parametry. Z tohoto hlediska se obvykle rozlišují tři typy RFID technologie, přičemž konkrétní typ ovlivňuje čtecí vzdálenost, rychlost a přesnost čtení a související charakteristiky:

- **Nízkofrekvenční** (označované obvykle zkratkou **LF** z anglického Low Frequency), operující na pásmu 30 – 300 kHz. Tato technologie se vyznačuje velmi malou čtecí vzdáleností, která se pohybuje pouze v jednotkách centimetrů. Míra automatizace čtení je z tohoto důvodu omezená, neboť v řadě případů je zapotřebí lidská obsluha, která zajišťuje dostatečné přiblížení očipovaného objektu ke čtečce. Příliš vysoká není ani rychlost čtení, která činí jednotky čipů za sekundu. Z důvodu malé čtecí vzdálenosti není LF technologii možné použít ani k online lokalizaci označeného objektu. Naopak výhodou technologie LF je vysoká přesnost čtení - pokud se čip vyskytne ve čtecí vzdálenosti od čtečky, je jeho identifikace spolehlivá, a zároveň díky nízké čtecí vzdálenosti nehrozí nežádoucí načtení vzdálených tagů.
- **Vysokofrekvenční** (označované též **HF** z anglického High Frequency), pracující na pásmu 30 – 300 MHz. Čtecí vzdálenost této technologie je vyšší než v případě LF, dosahuje desítek centimetrů. Rovněž rychlost čtení je vyšší, je možné číst až nižší desítky čipů za sekundu. Díky těmto parametrům je možné při jejím využití dosáhnout větší míry automatizace. Čtecí vzdálenost v řádu desítek centimetrů nicméně neumožňuje použít tuto technologii pro lokalizace objektů. Podobně jako v případě LF technologie, i u HF je velmi dobrá přesnost čtení, kdy je možné se spolehnout, že ve vzdálenosti desítek centimetrů od antény budou načteny veškeré označené objekty, a naopak nebude docházet k nežádoucímu čtení objektů vzdálenějších.
- **Ultravysokofrekvenční** (označované obvykle **UHF** z anglického Ultra-High Frequency) fungující na pásmu 300 MHz – 3 GHz. V případě UHF je čtecí vzdálenost nejvyšší, při využití vhodných čipů a dostatečně výkonného čtecího zařízení může dosahovat až desítek metrů. Vysoká je i rychlost čtení, která dosahuje stovek čipů za sekundu. Díky těmto parametrům je možné dosáhnout při využití UHF velmi vysoké míry automatizace, kdy lze např. antény umístit

nad pásový dopravník a automaticky číst veškeré objekty, které po dopravníku jedou, zcela bez nutnosti lidského zásahu. Zároveň je díky vysoké čtecí vzdálenosti možné UHF technologii používat i pro potřeby online lokalizace objektů, kdy určování polohy čipů probíhá na základě měření síly signálu, které lze navíc v případě existence více antén zpřesnit doplněním o triangulaci. Určitý problém nicméně u této technologie nastává s přesností čtení, kdy jednak kvůli vysokým čtecím vzdálenostem, jednak kvůli fyzikálním charakteristikám vln na této frekvenci není možné stoprocentně určit hranici dosahu této technologie. Může tak nastat situace, kdy je nějaký čip přečten i tehdy, když se nachází mimo designovanou oblast čtení.

Čipy se dále rozlišují na aktivní, které mají vlastní zdroj energie a mohou tedy vysílat své informace neustále, a pasivní, které vlastní zdroj nemají a vysílají tedy pouze tehdy, pokud jsou z vnějšku nabitý prostřednictvím elektromagnetického pole. Toto rozlišení teoreticky nezávisí na frekvenci, na níž čipy operují, neboť technicky samozřejmě může existovat např. aktivní LF tag. V praxi se ovšem aktivní čipy vyskytují téměř výhradně v provedení UHF. To, zda se jedná o pasivní nebo aktivní čipy, má kromě jiného zásadní vliv na jejich cenu, která se u pasivních čipů pohybuje v jednotkách CZK, zatímco u aktivních je o řád vyšší (konkrétní cena v případě obou technologií je nicméně dále ovlivňována konkrétním provedením daného čipu). Otázka aktivity a pasivity má rovněž vliv na časovou trvanlivost, resp. bezúdržbovost daného řešení – v případě aktivních čipů je třeba počítat s omezenou životností baterií (a případnými časovými a finančními náklady na jejich průběžnou výměnu), zatímco u pasivních čipů tento problém odpadá. Na druhou stranu jsou aktivní čipy, vzhledem k tomu, že vysílají neustále, vhodnější pro potřeby online lokalizace.

Co se týče mechanické odolnosti tagů, ta závisí na fyzickém provedení pouzdra konkrétního čipu. Obecně může být velmi vysoká (existují např. tagy v podobě hřebíků, které se využívají k zatlučení do palet, tagy odolné vůči extrémně nízkým teplotám používané v mrazírnách a spermabankách apod.), s požadovanou odolností ovšem vzrůstá cena.

Na základě předešlé analýzy technologie RFID bylo provedeno porovnání jejich vlastností s požadavky kladenými na AIDC v Průmyslu 4.0. Toto porovnání obsahuje Tab. 1.

Tab. 1: Komparace vlastností technologií RFID s požadavky na AIDC

Parametry technologie AIDC		Typ RFID technologie		
Parametr technologie	Stěžejní pro součást Průmyslu 4.0	LF	HF	UHF
Rychlost čtení	Big data	Nízká - jednotky čipů za sekundu	Střední – nižší desítky čipů za sekundu	Vysoká - stovky čipů za sekundu
Přesnost čtení	Big data	Vysoká	Vysoká	Může nastávat problém s nežádoucím čtením čipů mimo stanovenou oblast, například vlivem odrazů vlnění od kovových ploch
Možnost automatizace	Big data, CSP a IoT, Systémová integrace	Nízká	Střední	Vysoká
Jednotková cena identifikace	Big data, Systémová integrace	Závislá na provedení konkrétního čipu, obecně jednotky CZK	Závislá na provedení konkrétního čipu, obecně jednotky CZK	Závislá na provedení konkrétního čipu, obecně jednotky CZK u pasivních čipů, desítky CZK u aktivních

Mechanická odolnost identifikátorů	Systémová integrace, CSP a IoT	Závislá na konkrétním provedení, obecně může být značná	Závislá na konkrétním provedení, obecně může být značná	Závislá na konkrétním provedení, obecně může být značná
Časová trvanlivost a bezúdržbovost identifikátorů	Systémová integrace	Vysoká	Vysoká	Vysoká u pasivních čipů, u aktivních čipů nutnost pravidelné výměny baterií
Průmyslová standardizace	Systémová integrace	Ano	Ano	Ano
Čtecí vzdálenost	CSP a IoT	Jednotky centimetrů	Desítky centimetrů	Až desítky metrů
Využitelnost pro online lokalizaci	CSP a IoT	Ne	Ne	Ano, zejména při využití aktivních čipů

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky komparace demonstrovány v Tab.1 ukazují, že pro získávání vstupních dat do big data se jako vhodná technologie AIDC jeví RFID ve verzi HF, respektive UHF s pasivními čipy. Druhá jmenovaná technologie umožňuje dosáhnout vyšší rychlosti čtení a vyšší míry automatizace, při její implementaci je ale nutné vyřešit problém nežádoucího čtení např. pomocí odstínění čtecího prostoru. Obdobně situace nastává i v případě systémové integrace, i zde jsou využitelné především HF a pasivní UHF čipy. Co se týče CSP a IoT, pro tyto účely se z technologií radiofrekvenční identifikace jeví jako nejvhodnější UHF tagy, ideálně v aktivní formě, které vysílají nepřetržitě, jsou čitelné na delší vzdálenost a využitelné pro online lokalizaci označeného objektu.

Naopak LF verze RFID technologie evidentně není pro nasazení v prostředí Průmyslu 4.0 vhodná, jejím hlavním problémem je nízká vzdálenost i rychlost čtení, které omezují její využití v automatizovaných systémech.

DISKUZE A ZÁVĚR

Přestože se odborné dokumenty pojednávající o Průmyslu 4.0 problematice AIDC příliš nevěnují, provedený výzkum ukazuje, že se jedná o důležitou součást tohoto konceptu po teoretické i praktické stránce. Z hlediska teorie je AIDC možné zahrnout do některých komponent modelu RAMI 4.0, z praktického pohledu je potom automatická identifikace a sběr dat nutnou podmínkou pro fungování některých základních technologií Průmyslu 4.0. Dle autorů tohoto článku je potom možné diskutovat i o tom, zda by AIDC neměla být chápána přímo jako jedna ze základních technologií Průmyslu 4.0.

Jednou z v současnosti široce rozšířených technologií AIDC je radiofrekvenční identifikace, která se vyskytuje ve třech formách v závislosti na použité frekvenci. Na základě analýzy a hodnocení této technologie je možné tvrdit, že v prostředí Průmyslu 4.0 je možné využít RFID ve variantě HF a UHF. Naopak technologie LF pro Průmysl 4.0 vhodná není, vzhledem ke svým omezením je využitelná spíše pro jednodušší aplikace, jako jsou například docházkové systémy nebo systémy kontroly vstupu.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci Programu ÉTA Technologické agentury ČR, projekt TL02000136 Adaptace sektoru znalostně náročných služeb na podmínky Společnosti 4.0.

ZDROJE

- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22, 899-919.
- Bibi F., Guillaume, C., Gontard, N., & Sorli, B. (2017). A review: RFID technology having sensing aptitudes for food industry and their contribution to tracking and monitoring of food products. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 91-103.
- Bordeleu, F., Mosconi, E., & De Santa-Eulalia, L. A. (2018). Business Intelligence in Industry 4.0: State of the art and research opportunities. In *Proceedings of the 2018 51st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. Washington DC: IEEE Computer Society. 3944-3953.
- Freeman, R. B., Nakamura, A. O., Nakamura, L. I., Prud'homme, M., & Pyman, A. (2011). Wal-Mart innovation and productivity: a viewpoint. *The Canadian Journal of Economics*, 44(2), 486-508.
- Herman, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In *Proceedings of the 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. Washington DC: IEEE Computer Society. 3928-3937.
- Hofmann, E., & Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34.
- Ilie-Zudor, E., Kemény, Z., van Blommestein, F., Monostori, L., & van der Meulen, A. (2011). A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques. *Computers in Industry*, 62, 227-252.
- Kaplan, D. A. (2018). The rise, fall and return of RFID. Dostupné 2019-11-04 z: <<https://www.supplychaindive.com/news/RFID-rise-fall-and-return-retail/530608/>>.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Mařík, V. et al. (2016). *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 77-90.
- Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *Int. J. Production Economics*, 128, 77-95.
- Status Report: Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0). (2015). VDI/VDE Society Measurement and Automatic Control (GMA)
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.
- Vowels, S. A. (2006). A Strategic Case for RFID: An Examination of Wal-Mart and its Supply-Chain. In *Proceedings of the 2006 Southern Association for Information Systems Conference*. Association for Information Systems. 147-152.