

Michał Rudnicki, Krzysztof Borodako

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
e-mails: michal.rudnicki@uek.krakow.pl; borodako@uek.krakow.pl

INTERNET RZECZY W INFRASTRUKTURZE PORTU LOTNICZEGO JAKO ELEMENT USPRAWNINIENIA OBSŁUGI RUCHU TURYSTYCZNEGO

INTERNET OF THINGS IN THE AIRPORT INFRASTRUCTURE AS AN ELEMENT OF IMPROVEMENT IN TOURISM TRAFFIC OPERATIONS

DOI: 10.15611/pn.2017.473.45

JEL Classification: Z31, L93, O00

Streszczenie: Przedmiotem rozważań są zastosowania technologii Internetu rzeczy w transporcie lotniczym. Rozwiązania w ramach Internetu rzeczy wzbudzają od kilku lat coraz większe zainteresowanie, zwłaszcza że upatruje się w nim kolejnej rewolucji technologicznej porównywalnej z upowszechnieniem technologii mobilnych lub sieci społecznościowych. Celem pracy jest określenie możliwości zastosowania Internetu rzeczy w transporcie lotniczym oraz identyfikacja tego typu rozwiązań wdrożonych w zmodernizowanej infrastrukturze krakowskiego lotniska. W części teoretycznej przeprowadzono kwerendę literatury polskiej i anglojęzycznej poświęconej zagadnieniu Internetu rzeczy. Dla realizacji postawionych celów badawczych zastosowano metodę wywiadu oraz studium przypadku. Wyniki umożliwiają wyciągnięcie wniosków dotyczących przyszłości drugiego co do wielkości lotniska w Polsce oraz wskazanie obszarów potencjalnego wprowadzenia rozwiązań Internetu rzeczy w przyszłości.

Słowa kluczowe: Internet rzeczy, nowe technologie, transport lotniczy, Balice.

Summary: The subject of discussion is the use of Internet of things in air transport. Solutions within the Internet of things have been rising attention for a few years, especially since it is seen as the next technological revolution comparable to the spread of mobile technology and social networks. The aim of the study is to determine the applicability of the Internet of things in the air transport and the identification of this type of solutions implemented in the upgraded infrastructure of Cracow's airport. In the theoretical part a query was conducted of Polish and international literature dedicated to the issue of Internet of things. To achieve this goals of research there were used two methods: interview and case study. The presented results of the analysis allow to draw conclusions about the future of the second largest airport in Poland and an indication of potential solutions to the introduction of the Internet of things in the future.

Keywords: Internet of things, IoT, new technologies, air transport, Balice.

1. Wstęp

Internet rzeczy (*Internet of things*, IoT) uważany jest za swoisty ekosystem, w którym wyposażone w sensory przedmioty komunikują się z komputerami. Jest to technologia dynamicznie rozszerzająca zastosowania sieci – odmienia sposób komunikacji, przenosząc go z poziomu międzyludzkiego, komunikacji ludzi z urządzeniami w wymiar komunikacji między różnymi urządzeniami pozbawiony ingerencji człowieka. Internet rzeczy odnosi się bezpośrednio do rewolucji technologicznej w informatyce i telekomunikacji, która dotyka obecnie zarówno ogółu organizacji sektora biznesowego, rządowego, *non profit*, jak i życia prywatnego [Senkus i in. 2014].

Dynamiczny rozwój urządzeń posiadających dostęp do sieci spowodował, że idea ta stała się nie tylko realna, ale wskazywana jest jako jeden z kluczowych motorów rozwojowych światowej gospodarki przyszłości. Wywiera obecnie znaczący i niekwestionowany wpływ na zmianę paradygmatu rynku, produktu, oferty, zakresu komunikacji, a także szeroko pojętego biznesowego podejścia do zarządzania firmą [Tarabasz 2016, s. 325]. Z tego też tytułu osoby zarządzające obiektami przestrzeni publicznej, w tym zwłaszcza infrastruktury transportu lotniczego, winny dostrzec potencjał tej technologii i wdrożyć niektóre rozwiązania dla usprawnienia procesów zachodzących na lotnisku.

Celem niniejszego artykułu jest określenie możliwości technologicznych zastosowania Internetu rzeczy w transporcie lotniczym, identyfikacja rozwiązań Internetu rzeczy wdrożonych w zmodernizowanej infrastrukturze krakowskiego lotniska oraz wskazanie obszarów potencjalnego wprowadzenia rozwiązań tej technologii w przyszłości. Dla realizacji postawionych celów badawczych zastosowano metodę wywiadu oraz studium przypadku. Zaprezentowane wyniki umożliwią wyciągnięcie wniosków dotyczących przyszłości drugiego co do wielkości lotniska w Polsce, zwłaszcza że zagadnienie Internetu rzeczy w branży lotniczej stanie się w najbliższym czasie jednym z wiodących trendów technologicznych. Jak wskazują wyniki ankiety przeprowadzonej w 2016 r. przez SITA, ponad 2/3 linii lotniczych (blisko 70%) wyraziło zainteresowanie technologiami Internetu rzeczy, deklarując jednocześnie zarezerwowanie budżetu na badania w tym zakresie w perspektywie trzech najbliższych lat [SITA 2016a].

2. Internet rzeczy – istota technologii i obszary zastosowań

Określenie „Internet rzeczy” po raz pierwszy zostało użyte w 1999 r. przez eksperta w dziedzinie innowacji cyfrowych K. Ashtona. Zatytułował on tym mianem swoje wystąpienie dla Procter&Gamble, wskazując, że Internet rzeczy posiada prawdopodobnie znacznie większy potencjał zrewolucjonizowania świata, aniżeli miało to miejsce w przypadku Internetu. Zaprezentował on wówczas ideę rzeczywistości jako system, w którym świat materialny komunikuje się z komputerami (wymienia dane) za pomocą wszechobecnych sensorów [Ashton 2009, s. 13].

Internet rzeczy postrzegany jest obecnie jako kolejny etap komputerowej i sieciowej rewolucji, charakteryzujący się rozproszeniem modułów sieciowych i samych informacji [Sánchez López i in. 2011]. Uwarunkowane to jest możliwością automatycznego łączenia się każdego obiektu w świecie rzeczywistym z siecią, możliwości jego pełnego uczestnictwa w Internecie oraz komunikacji z dowolnym innym modułem do niego podłączonym. Internet rzeczy składa się przede wszystkim z sieci M2M (*machine-to-machine*), w których zasadniczą rolę odgrywa komunikacja między urządzeniami [Rawat i in. 2016]. Obejmuje szereg technologii i obszarów badawczych, które mają na celu wykorzystanie i rozszerzenie istniejącej sieci Internet jako platformy komunikacyjnej również dla różnego typu obiektów, urządzeń i modułów występujących w otoczeniu człowieka [Miorandi i in. 2012].

Internet rzeczy zakłada połączenie w sieć niemal wszystkich rodzajów urządzeń. Koncepcja ta bazuje na trzech pojęciach: *zawsze (anytime)*, *wszędzie (anyplace)*, *z wszystkim (anything)*. Potencjał, jaki tkwi w tej technologii, powoduje, że Internet rzeczy określane jest także Internetem wszechrzeczy (*Internet of everything*) [Schatten i in. 2016]. W takim ujęciu system tworzą nie tylko przedmioty, ale także procesy, dane, ludzie, a nawet zwierzęta czy zjawiska atmosferyczne, innymi słowy: wszystko, co może zostać potraktowane jako zmienna [Kokot, Kolenda 2015]. Internet rzeczy stanowi zatem połączenie dwóch światów: urządzeń cyfrowych i świata fizycznego. Perspektywa kilku najbliższych lat pozwoli na obserwację fundamentalnych zmian, jakie dokonają się w zakresie wszystkich aspektów życia, a zwłaszcza tych integrujących obydwa ww. środowiska. Dziś, zgodnie z klasyfikacją przyjętą przez O. Vermesana oraz P. Friessa, wśród potencjalnych obszarów, w których można wykorzystać potencjał technologii Internetu rzeczy i w których prowadzone są liczne badania naukowe, wymieniane są [Vermesan, Friess 2014]:

- inteligentne środowisko [Zhang i in. 2016],
- inteligentna gospodarka wodna [Wong, Kerkez 2016],
- inteligentny przemysł [Laudien, Daxböck 2016],
- inteligentna produkcja [Qu i in. 2016],
- inteligentny transport [Vermesan i in. 2011],
- inteligentna energia [Yun, Yuxin 2010],
- inteligentne miasta [Vlacheas i in. 2013],
- inteligentne budynki [Schatten 2014],
- inteligentne mieszkanie [Lee i in., 2016],
- inteligentne zdrowie [Bui, Zorzi 2011; Moosavi 2016].

Przedstawiona powyżej klasyfikacja wyraźnie ukazuje różnorodność zastosowań Internetu rzeczy wraz z intensyfikacją rozważań prowadzonych w poszczególnych dziedzinach nauki. Podkreślić należy, że badania te podejmowane są zwłaszcza w ostatnich pięciu latach, co jest potwierdzeniem potencjału ukrytego w technologii Internetu rzeczy zarówno w aspekcie teoretycznym, jak i praktycznym. Z punktu widzenia głównego nurtu rozważań podjętych w niniejszym artykule na szczególną uwagę zasługuje fakt, że wśród wymienionych obszarów o największych możliwo-

ściach zastosowania tej technologii wymienia się transport (będący kluczowym elementem turystyki). Jak pokazują doświadczenia ostatnich dziesięcioleci, to właśnie podmioty zaangażowane w obsługę transportu lotniczego (np. linie lotnicze, infrastruktura naziemna) były pionierami wdrażania nowych technologii. Z tego też tytułu dalszą część rozważań poświęcono współczesnym uwarunkowaniom aplikacji rozwiązań Internetu rzeczy w transporcie lotniczym.

3. Rozwiązania techniczne Internetu rzeczy w infrastrukturze transportu lotniczego

Internet rzeczy postrzegany jest jako dalekosiężna wizja z jej technologicznymi i społecznymi konsekwencjami [Kwiatkowska 2014, s. 62]. Dlatego też wśród podstawowych przesłanek wdrażania Internetu rzeczy przez linie lotnicze wskazuje się optymalizację działania obsługi naziemnej, komunikację z pasażerami na lotnisku (np. nawigacja na lotniskach, przekazywanie informacji o czasie dojścia do bramki) czy też ułatwienia odnajdowania bagażu. Aspekty te pozwalają podmiotom zaangażowanym w świadczenie usług transportu lotniczego z jednej strony podnosić własną sprawność operacyjną, a z drugiej dbać o komfort podróży swoich klientów, co w konsekwencji przyczynia się do usprawnienia obsługi ruchu turystycznego.

Implementacja technologii Internetu rzeczy w infrastrukturze lotniskowej integruje różne obszary badawcze, jak choćby inteligentne budynki, inteligentną produkcję (w zakresie świadczenia usług dla pasażerów), inteligentne zarządzanie czy inteligentny transport. Analizując podróż jako proces wieloetapowy, zauważyć można, że najwięcej informacji, na podstawie których podejmowane są decyzje, pasażer potrzebuje w początkowym i końcowym etapie, tj. podczas pobytu na lotnisku. Dlatego wśród wiodących obszarów zastosowań technologii Internetu rzeczy wymienia się przede wszystkim komunikację z pasażerami na lotnisku (w tym zwłaszcza w zakresie nawigacji czy informacji o planowanym czasie dojścia do bramki lub planowanym czasie odprawy, uwzględniającym liczbę pasażerów oczekujących w kolejce), a także ułatwienia odnajdowania bagażu. Wśród pozostałych obszarów przyczyniających się do usprawnienia obsługi ruchu pasażerskiego (mających zarówno wpływ pośredni, jak i bezpośredni) wymienia się optymalizację działania obsługi naziemnej, automatyczną identyfikację pasażerów, systemy zarządzania stanem sprzętów na lotnisku, systemy śledzenia bagażu, systemy bezpieczeństwa oraz monitorowanie zużycia paliwa [SITA 2016b, s. 6].

Przytaczając jedną z alternatywnych definicji Internetu rzeczy, jaką jest Internet inteligentnych obiektów (*Internet of smart objects*), należy sprecyzować, że obiekty włączane do globalnej sieci są urządzeniami inteligentnymi. Inteligencję tę należy przy tym rozumieć jako możliwość komunikowania się z innymi obiektami/przedmiotami, zbierania i analizowania danych przez nie dostarczanych oraz podejmowania na ich podstawie właściwych decyzji (procesów). Dlatego też, jak zauważa A. Ożadowicz, koncepcja funkcjonowania węzłów/obiektów sieciowych w ramach Internetu rzeczy opiera się na trzech podstawowych założeniach:

- zdolności wzajemnej identyfikacji (każdy obiekt odnajduje i identyfikuje inne obiekty w sieci);
- komunikacji każdy z każdym P2P (permanentna wymiana danych);
- interakcji i interoperacyjności (wszystkie obiekty mogą ze sobą współpracować) [Ożadowicz 2014, s. 88].

Adaptacja powyższej definicji w realia funkcjonowania współczesnych lotnisk sprawia, że do głównych priorytetów rozwoju technologicznego należą: wyposażanie wszelkich kluczowych elementów infrastruktury lotniskowej w czujniki, możliwość zapisywania danych w chmurze oraz integracja i automatyzacja procesów komunikacji za pośrednictwem sieci.

Wśród lotnisk całego świata prym we wdrażaniu technologii Internetu rzeczy wiodą lotniska chińskie – blisko 90% wprowadza te rozwiązania lub zamierza wprowadzić jako część kompleksowego programu w perspektywie najbliższych 3 lat. Najczęstszym miejscem instalacji wszechobecnych czujników na chińskich lotniskach jest ich rozmieszczenie na wczesnych etapach podróży, tj. odprawa bagażowa (33% lotnisk), odprawa biletowa (28%) i systemy bezpieczeństwa (26%) [SITA 2016b, s. 11].

Przykład londyńskiego lotniska Gatwick pokazuje potencjał drzemący w technologii Internetu rzeczy. Wykorzystując obecnie poniżej 10% rozmieszczonych czujników na lotnisku, każdego dnia gromadzą one ponad 20 GB danych wymagających analizy. Dzięki nim pozyskują informacje z systemów sterowania i zarządzania prądem, wodą, oświetleniem, pasami transmisyjnymi przewożącymi bagaże, Wi-Fi, punktami odprawy bagażowej, stanowiskami samodzielnej odprawy, czytnikami kart identyfikacyjnych oraz systemami punktów sprzedażowych ulokowanych na lotnisku [Howell 2016].

4. Wykorzystanie Internetu rzeczy na lotnisku Kraków Balice. Wyniki badań

Port lotniczy Kraków Balice jest największym lotniskiem regionalnym w Polsce, w 2015 r. obsłużył 4,2 mln pasażerów (rok wcześniej – 3,8 mln). Dynamika rozwoju liczby obsługiwanych podróźnych, w dużej części turystów odwiedzających Małopolskę, w tym Kraków, przekraczała poziom 10% w skali roku [ULC 2016], a wzrost liczby obsługiwanych podróźnych w latach 2010-2016 wyniósł aż 34% [ULC 2010, ULC 2016]. Porty lotnicze o charakterze regionalnym z punktu widzenia liczby obsługiwanych pasażerów w dalszej kolejności to odpowiednio Katowice Pyrzowice (3,0 mln), Wrocław Strachowice (2,3 mln) oraz Poznań Ławica (1,5 mln). Największym portem w Polsce jest lotnisko Chopina w Warszawie (11,2 mln pasażerów w 2015 r.) [ULC 2016].

Lotnisko Gatwick w Wielkiej Brytanii według danych za 2016 r. obsłużyło 43,1 mln pasażerów i miało 275 tys. operacji lotniczych. Natomiast w 2015 r. (zgodnie z rokiem podanym dla Krakowa – 4,2 mln) obsługiwało ponad 40 mln pasażerów

[Gatwick Airport 2017]. Informacja ta jest istotna z punktu widzenia dalszej prezentacji uzyskanych wyników.

Analizy dotyczące zastosowania Internetu rzeczy na lotnisku przeprowadzono w oparciu o dwie kluczowe metody badawcze: metodę uproszczonego studium przypadku wykorzystującego przede wszystkim metodę ustrukturyzowanego pogłębionego wywiadu (IDI). Wywiad przeprowadzono z kierownikiem działu informatycznego portu lotniczego Kraków Balice w oparciu o przygotowany wcześniej scenariusz, przy czym pytania traktowane były jako punkt wyjścia do pogłębionych rozważań merytorycznych. Wywiad trwał 38 minut i pozwolił na uzyskanie kluczowych informacji dotyczących specyfiki Internetu rzeczy w portach lotniczych.

Problematykę Internetu rzeczy na lotniskach należy odnieść do obszarów potencjalnego wdrożenia i ostatecznego beneficjenta. Beneficjentami mogą być podróżni, linia lotnicza, a także port lotniczy. Dla zrozumienia tego należy dokonać rozróżnienia faktycznych podmiotów działających na „lotnisku”. W ramach tego terminu wyróżnia się trzy elementy:

- operator portu lotniczego (zarządca obiektu dbający o sprawy techniczne, porządkowe i bezpieczeństwa),
- dostawcy usług (firmy świadczące usługi związane z operacjami lotniczymi, czyli usługi dla linii lotniczych, ale także dostawcy usług dla pasażerów na terminalu – punkty handlowo-usługowe),
- przewoźnicy lotniczy, którzy korzystają z usług dwóch pozostałych grup (partnerów).

To rozróżnienie pozwala wskazać główną rolę zarządcy portu lotniczego w inicjowaniu, projektowaniu oraz wdrażaniu Internetu rzeczy na lotniskach.

Rozwiązania wdrożone na lotnisku w Krakowie dotyczyły przede wszystkim zbudowania infrastruktury sieci internetowej dla pasażerów. Mogą oni obecnie za pomocą komunikacji między swoimi urządzeniami a zasobami przechowywanymi w bazach portu lotniczego (a obsługiwanych i uaktualnianych przez przewoźników lotniczych) uzyskiwać kluczowe informacje o godzinach przylotów, odlotów czy zmianach bram wejścia (*gate*) na pokład. Wymiana informacji między urządzeniem mobilnym pasażera a systemem na lotnisku odbywa się za pomocą specjalnej aplikacji portowej udostępnianej na dwa najważniejsze systemy – IOS oraz Android. Pasażer lecący z określonej destynacji może w aplikacji zaznaczyć swój lot i w przypadku zmian (np. bramki wyjściowej) otrzymuje na swoje urządzenie wiadomość typu *push* o tej zmianie. Działanie to jest następstwem komunikacji między urządzeniem podróżnego a bazami lotniska oraz systemem CDM (Wspólnego Podejmowania Decyzji, *Collaborative Decission Making*) działającymi na lotnisku.

Drugim rozwiązaniem z obszaru nowych technologii zaliczanych do Internetu rzeczy jest wprowadzenie przez operatora portu lotniczego sensorycznych bramek do strefy bezpieczeństwa. Wprowadzanie tego rozwiązania pozwala na wdrożenie w przyszłości systemu monitorowania bieżącego przepływu pasażerów w poszczególnych obszarach lotniska. Pozwoli to także na bieżące reagowanie na zatory w ob-

řebie strefy kontroli bezpieczeñstwa. Stany te będa r6wnie¿ eliminowane poprzez analizy danych historycznych dotyczacych okres6w du¿ego i małego nasilenia ruchu pasażer6w w cyklu dobowym i tygodniowym.

Trzecim rozwiązaniem opartym na idei Internetu rzeczy jest wprowadzenie nowoczesnego systemu kontroli baga¿u połączanego z sortowniã odlotowã baga¿u, systemem transportu baga¿u przylotowego oraz najwy¿szej klasy urzãdzeniami – w tym tomografami (standardu 3). Urzãdzenia te komunikujã siã z sobã na poziomie systemu, dajãc zar6wno gwarancjã szybkości i niezawodności, jak i wysokiego bezpieczeñstwa (np. w przypadku wykrycia srodka wybuchowego w baga¿u pozwalajã na szybkie umieszczenie go w specjalnym pojemniku, bardzo odpornym na siłę wybuchu bomby).

Ostatnim obszarem wykorzystania Internetu rzeczy jest zarzãdzanie zasobami wlasnej infrastruktury, w szczeg6lności geolokalizacja niezbędnycy urzãdzeñ i sprzët. Z uwagi na du¿ã powierzchnię lotniska zachodzi potrzeba wykorzystywania r6wnych urzãdzeñ lub sprzët6w, których poło¿enie jest nieznane lub znane w jednej z kilku mo¿liwych lokalizacji. W takich przypadkach wykorzystanie systemu informujãcego, w jakim miejscu obecnie dane urzãdzenie lub sprzët jest przechowywany, pozwoli znacznie zaoszczędzić czas. Tego typu rozwiązanie jest planowane w najbli¿szej przyszłości. Podobnie w najbli¿szej przyszłości jest planowane wykorzystanie Internetu rzeczy w gospodarce odpadami na terenie lotniska. Polegać to ma na monitorowaniu poziomu zapełnienia koszy na śmieci, by pracownicy służby porzãdkowej wiedzieli, kiedy nale¿y opr6żnić kosze i wymienić worki. Te i podobne rozwiązania pozwolã na ograniczenie koszt6w, usprawnienie działania obiektu oraz w konsekwencji zapewnienie wy¿szego poziomu świadczenia usług dla podr6żnych.

5. Zakoñczenie

Podsumowujãc kwestie zastosowania Internetu rzeczy na lotniskach, mo¿na stwierdzić, że rozwój tego rozwiązania jest wymuszony przede wszystkim skalã portu i tym samym liczbã obsługiwanych pasażer6w, najczęściej reprezentujãcych sektor turystyczny. Du¿e porty lotnicze o charakterze hub6w lub port6w centralnych muszã pomagać pasażerom trafić wygodnie i szybko do stref bezpieczeñstwa, do wlasnych bram wejścia na pokład. Natomiast, jak to ma miejsce w przypadku portu Krak6w Balice, w porcie regionalnym z jednym terminalem w ruchu międzynarodowym, o nieskomplikowanej budowie i stosunkowo prostej ście¿ce ruchu pasażera, tego typu rozwiązania dłu¿o nie będa racjonalne (z punktu widzenia kosztowego i organizacyjnego).

Literatura

- Ashton K., 2009, *That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas*, RFID Journal, 22.06.2009.
- Bui N., Zorzi M., 2011, *Health care applications: a solution based on the internet of things*, Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, ACM, s. 131.
- Gatwick Airport, 2017, *Key stats 2016*, <http://www.gatwickairport.com> (20.01.2017).
- Howell Ch., 2016, *Case studies in airport management Big Data: Does it add to the bottom line?*, Journal of Airport Management, vol. 10, no. 4, s. 326-333.
- Kokot W., Kolenda P., 2015, *IAB Polska, Raport: Internet rzeczy w Polsce*, <http://iab.org.pl/wp-content/uploads/2015/09/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf> (16.01.2017).
- Kwiatkowska E.M., 2014, *Rozwój Internetu rzeczy – szanse i zagrożenia*, Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny, nr 8 (3), s. 62.
- Laudien S.M., Daxböck B., 2016, *The Influence of the Industrial Internet of Things on Business Model Design: A Qualitative-Empirical Analysis*, International Journal of Innovation Management, vol. 20, no. 8, s. 1-28.
- Lee W., Cho S., Chu P., Vu H., Helal S., Song W., Jeong Y-S., Cho K., 2016, *Automatic agent generation for IoT-based smart house simulator*, Neurocomputing, vol. 209, s. 14-24.
- Miorandi D., Sicari S., De Pellegrini F., Chlamtac I., 2012, *Internet of things: Vision, applications and research challenges*, Ad Hoc Networks, vol. 10, no. 7, s. 1497-1516.
- Moosavi S.R., Gia T.N., Nigussie E., Rahmani A.M., Virtanen S., Tenhunen H., Isoaho J., 2016, *End-to-end security scheme for mobility enabled healthcare Internet of Things*, Future Generation Computer Systems, vol. 64, s. 108-124.
- Ożadowicz A., 2014, *Internet rzeczy w systemach automatyki budynkowej*, Napędy i Sterowanie, nr 12, s. 88-93.
- Qu T., Lei S., Wang Z., Nie D., Chen X., Huang G., 2016, *IoT-based real-time production logistics synchronization system under smart cloud manufacturing*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 84, no. 1, s. 147-164.
- Rawat P., Singh K.D., Bonnin J.M., 2016, *Cognitive radio for M2M and Internet of Things: A survey*, Computer Communications, vol. 94, s. 1-29.
- Sánchez López T., Ranasinghe D.C., Harrison M., McFarlane D., 2011, *Adding sense to the Internet of Things*, Pers. Ubiquitous Comput., vol. 16, no. 3, s. 291-308.
- Schatten M., 2014, *Smart residential buildings as learning agent organizations in the internet of things*, Business System Research Journal, vol. 5 no. 1, s. 34-46.
- Schatten M., Ševa J., Tomičić I., 2016, *A roadmap for scalable agent organizations in the Internet of Everything*, Journal of Systems & Software, vol. 115, s. 31-41.
- Senkus P., Skrzypek A., Łuczak M., Malinowski A., 2014, *Internet of Things: przeszłość – teraźniejszość – przyszłość*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, nr 103, s. 163-172.
- SITA, 2016a, *The Airline IT Trends Survey*, <http://www.sita.aero/resources/type/surveys-reports/airline-it-trends-survey-2016> (18.10.2016).
- SITA, 2016b, *Airport IT Trends Survey*, <https://www.sita.aero/resources/type/surveys-reports/airport-it-trends-survey-2016>, (18.10.2016).
- Tarabasz A., 2016, *The Internet of Things – Digital Revolution in Offline Market. Opportunity or Threat?*, Handel Wewnętrzny, vol. 62, nr 4 (363), s. 325-337.
- Vermesan O., Friess P., 2014, *Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment*, River Publishers, Aalborg.

- Vermesan O., Friess P., Guillemin P., Gusmeroli S., Sundmaeker H., Bassi A. (eds.), 2011, *Internet of Things: Global Technological and Societal Trends*, The Cluster of European Research Projects, s. 9-52.
- Vlacheas P., Giaffreda R., Stavroulaki V., Kelaidonis D., Foteinos V., Poullos G., Demestichas P., Somov A., Biswas A.R., Moessner K., 2013, *Enabling smart cities through a cognitive management framework for the internet of things*, Communications Magazine, vol. 51, no. 6, s. 102-111.
- ULC, 2016, *Liczba obsługiwanych pasażerów oraz wykonanych operacji w ruchu krajowym i międzynarodowym – regularnym i czarterowym w latach 2013-2015*, www.ulc.gov.pl (12.01.2017).
- ULC, 2010, *Liczba obsługiwanych pasażerów oraz wykonanych operacji w ruchu krajowym i międzynarodowym – regularnym i czarterowym w latach 2010-2012*, www.ulc.gov.pl (19.04.2017).
- Wong B.P., Kerkez B., 2016, *Real-time environmental sensor data: An application to water quality using web services*, Environmental Modelling & Software, vol. 84, s. 505-517.
- Yun M., Yuxin B., 2010, *Research on the architecture and key technology of internet of things (IoT) applied on smart grid*, Proceedings of the International Conference on Advances in Energy Engineering (ICAEE), s. 69-72.
- Zhang F., Xu Y., Chou J., 2016, *A Novel Petri Nets-Based Modeling Method for the Interaction between the Sensor and the Geographic Environment in Emerging Sensor Networks*, Sensors, vol. 16, no. 10, DOI: 10.3390/s16101571.