

dr hab. Piotr Senkus

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

dr Adam Skrzypek

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

dr Miłosz Łuczak

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

dr Artur Malinowski

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Internet of Things: przeszość – terażniejszość – przyszłość Internet of Things: Past – Today – Future

Streszczenie: Stoimy w obliczu „nowej rewolucji”, a „Internet of Things” jest jednym z najważniejszych jej czynników. Jak w każdej rewolucji mamy do czynienia ze spontanicznym i wielośrodowiskowym ruchem. Jego skuteczność wymaga jednak ujednoczenia, aby miliony przedmiotów mogły się komunikować i rozumieć. Jednym z najbardziej spektakularnych awarii programów kosmicznych, był fakt, że urządzenie nie działa przestrzeń prawa, ponieważ niektóre czujniki zostały zaprogramowane w kontynentalne, niektóre w systemie metrycznym. Dlatego zrozumienie i wykorzystanie koncepcji „Internet of Things” może stanowić kluczowy czynnik funkcjonowania wielu organizacji.

Słowa kluczowe: Internet of Things, IoT, Internet przedmiotów, Internet rzeczy, Internet, rewolucja

Abstract: We are facing “the second industrial revolution”, and the „Internet of things” (IoT) along with 3D printing is one of the key enablers of that. Like any revolution it is a rather spontaneous and multi-environmental movement, and will remain so, but in order to work effectively it has to be somehow standardized in order that trillions of devices would cooperate and understand each other. One of the most spectacular failure of space programmes was the fact that space devices did not act correctly because some of the sensors were programmed in the continental, some in the metric system. Therefore, the understanding and use of the concept of the "Internet of Things" could be a key factor in the functioning of many organizations.

Keywords: Internet of Things, IoT, Internet, revolution

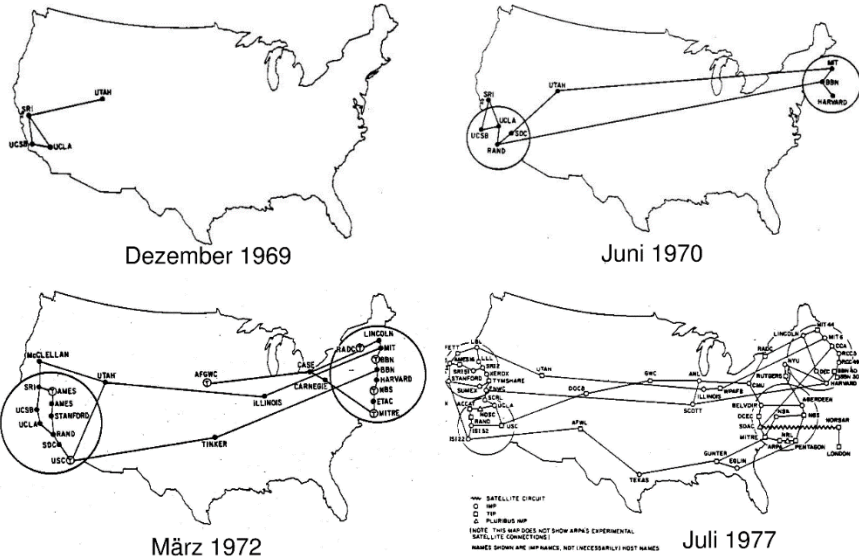
Wprowadzenie

Kiedy rzeczy mogą zarówno czuć, jak i komunikować się, stają się narzędziem do zrozumienia złożoności środowiska i reakcji na nie. Rewolucją jest fakt, że rzeczy w znacznym stopniu mogą działać bez ingerencji człowieka (...)

McKinsey Company, 2010¹

¹ Chui M., Loffler M., Roberts R., *The internet of things*, McKinsey and Company, 2010.

Internet ulega nieustannym transformacjom. Z akademickiej sieci stworzonej dla kilku naukowców stał się globalną siecią zorientowaną na konsumenta i rynek masowy.



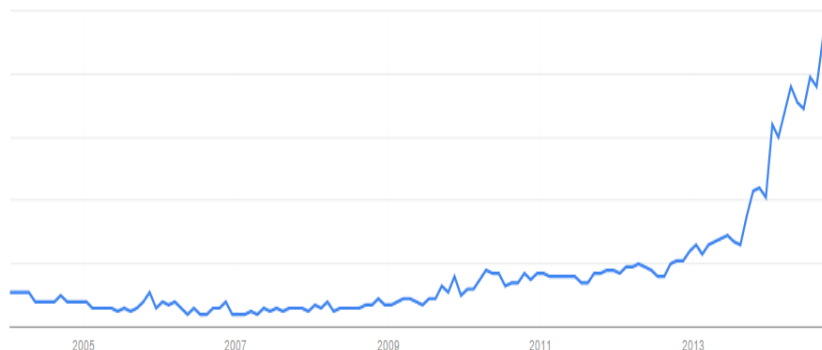
Rys. 1. Początki rozwoju sieci Internet (na początku Arpanet)

Źródło: <http://www.computerhistory.org/> (dostęp: 2014.10)

Fizyczna architektura internetowa, która początkowo zaprojektowana została jako narzędzie komunikacji, w toku rozwoju stała się wszechobecna, interaktywna, a przede wszystkim coraz bardziej inteligentna. Komunikacja w czasie rzeczywistym, związana dotąd z relacjami międzyludzkimi, zaczęła obejmować także przedmioty („things”). Nieograniczona czasem i przestrzenią wymiana informacji stała się podstawą tworzenia innowacyjnych aplikacji i usług, których celem jest wsparcie dla coraz bardziej efektywnego wykorzystywania zasobów i obniżania kosztów operacyjnych prowadzących do nowych możliwości w zakresie kreowania zysku, a także wzrostu jakości ludzkiego życia.

“Internet of Things” (IoT), znany w Polsce jako Internet rzeczy bądź internet przedmiotów, to termin odnoszący się bezpośrednio do rewolucji technologicznej w informatyce i telekomunikacji, która dotyczy zarówno ogół organizacji sektora biznesowego, rządowego, non-profit, jak i życia prywatnego. Rewolucyjny charakter tego fenomenu odzwierciedla zaprezentowana na rysunku 2 prosta analiza dokonana za pomocą narzędzia Google Trends. Analiza dynamiki wyszukiwania frazy “Internet of Things” wskazuje na olbrzymi wzrost zainteresowania tym terminem w ostatnich latach. Zdaniem J. Rifkin-a, ekonomisty i teoretyka społecznego, pisa-

rza, mówcy, doradcy politycznego i działacza, oraz wielu innych naukowców, konsultantów i praktyków, znaczenie "Internet of Things" jest tak wielkie, że można oznaczać zmniejszenie znaczenia bądź nawet upadek kapitalizmu².



Rys. 2. Dynamika zmian wyszukiwania frazy „Internet of things” w Google

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.google.pl/trends/> (dostęp 2014.10)

Rozważając geograficzne zróżnicowanie wyników poszukiwania frazy "Internet of Things", zaprezentowane na rysunku 3, można zauważyć, że największą popularnością cieszy się ona wśród wiodących gospodarek światowych³, takich jak: Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, Chiny, Japonia, Unia Europejska, ale także Indie, Australia i Południowa Afryka.



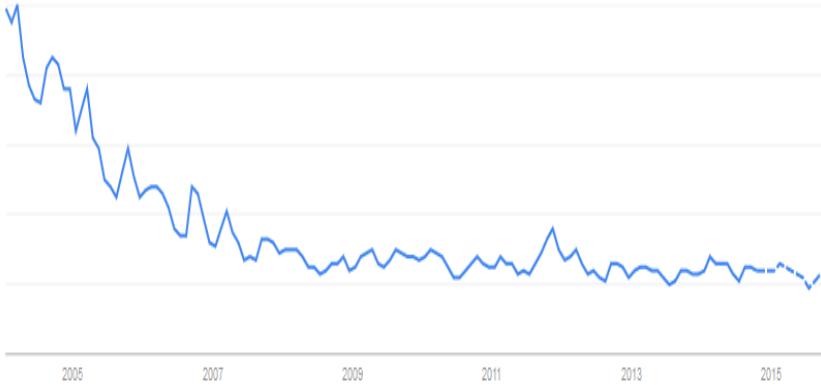
Rys. 3. Zróżnicowanie geograficzne wyszukiwania frazy „Internet of Things” w Google

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.google.pl/trends/> (dostęp 2014.10)

² Rifkin J., *The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*, 2014.

³ Bergmann A., *World's largest economies*, http://money.cnn.com/news/economy/world_economies_gdp/ (dostęp 2014.10).

Ciekawą zależność można zaobserwować analizując zmiany popularności fraz „Internet of Things” oraz „Artificial Intelligence” (sztuczna inteligencja). Rysunek 4 ukazuje silną negatywną korelację między tymi terminami. Jednakże z technicznego punktu widzenia, zdaniem autorów, są one ze sobą powiązane, a wzrost znaczenia IoT, wynikający z rosnącego znaczenia komunikacji między przedmiotami, (things) może stymulować rozwój sztucznej inteligencji.



Rys. 4. Dynamika zmian wyszukiwania frazy „Artificial Intelligence” w Google
Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.google.pl/trends/> (dostęp 2014.10)

Tak jak w przypadku każdego innego nowego trendu, w celu lepszego przygotowania się do nadchodzących zmian pojawia się silna presja dogłębnej analizy i systematyzacji pojęcia „Internet of Things”. Celem niniejszego artykułu jest prezentacja genezy tego zjawiska, oszacowanie stanu obecnego oraz prezentacja możliwych scenariuszy rozwoju.

Definicja i geneza „Internet of Things”

Termin „Internet of Things” generalnie związany jest z istnieniem globalnej sieci łączącej wiele urządzeń i czujników, które potrafią samodzielnie wymieniać się informacjami (najczęściej w postaci transmisji Internetowej). Rozwój koncepcji IoT jest ściśle związany z rozwojem Internetu oraz jego nowych zastosowań. Duże znaczenie IoT zostało zauważone w Stanach Zjednoczonych w ramach programu „small planet” oraz w Unii Europejskiej która „silnie wspiera rozwój IoT”^{4, 5}.

Pomimo jasnego i oczywistego związku IoT z wzajemnie połączonymi i komunikującymi się przedmiotami, brak jednoznacznej definicji tego zjawiska⁶. Ogól-

⁴ *Communication of the European Commission on Internet of Things – An action plan for Europe COM(2009) 278 final* http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/commiot2009.pdf, dostęp 2013.

⁵ *Communication of the European Commission on Internet of Things – An action plan for Europe COM(2009) 278 final* http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/commiot2009.pdf, dostęp 2013.

⁶ Van Kranenburg R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M., *The Internet of things. “1st Berlin Symposium on Internet and Society”* 2011.

nie za Wikipedią można przyjąć, że IoT stanowi ogół przedmiotów wraz z ich wirtualną reprezentacją połączonych w ramach globalnej sieci komunikacyjnej Internet. Idea IoT pojawiła się w artykule "The Computer for the 21st Century"⁷ autorstwa M. Weisera, lidera działu badań i rozwoju w firmie Xerox Parc. W swoich rozważaniach M. Weiser zauważa, że komputery od samego początku stworzone były nie dla pojedynczego użytkownika, a dla dużych korporacji. Dlatego istotnym zagadnieniem jest ich tzw. uspołecznienie (socialization) polegające na połączeniu w sieć i umożliwienie wzajemnej komunikacji.

Po raz pierwszy termin IoT pojawił się w prezentacji K. Ashtona dla koncernu Procter & Gamble (P&G) w 1999 roku⁸. Został on wtedy powiązany z nową koncepcją wykorzystania Radiowych Systemów Automatycznej Identyfikacji (Radio Frequency Identification RFID) w łańcuchach dostaw P&G. W swoich rozważaniach opublikowanych w artykule "That 'Internet of Things' Thing"⁹ zauważył, że ogrom danych dostępnych w Internecie (szacunkowo 50 petabajtów, petabajt to 1024 terabajty) jest efektem działania człowieka i wynika z pisania, robienia zdjęć, nagrywania audycji i innej działalności. Zauważył jednak, że ludzkie możliwości przechwytywania informacji o świecie rzeczywistym są ograniczone, co do czasu, zakresu poświęcanej uwagi czy dokładności co stanowi problem rozwoju Internetu. Ówczesne maszyny (komputery) bazowały głównie na danych wprowadzanych przez czynnik ludzki. Zdaniem K. Ashtona, umożliwienie maszynom samodzielnego pozyskiwania i wykorzystania danych mogłoby doprowadzić do sytuacji, w której będą one znaly lepiej otaczającą je rzeczywistość. Zatem zgodnie z koncepcją IoT można by ograniczyć marnotrawstwo, stratę i niepotrzebne koszty poprzez automatyzację większej liczby procesów. IoT może stać się podstawą zmiany świata, jaką dokonał Internet, a może nawet jeszcze większej¹⁰.

Koncepcja IoT wywodzi się od ludzi poszukujących nowych możliwości. Rozwój infrastruktury Internetu zaowocował nie tylko innowacjami technologicznymi, ale również przyniósł społeczne korzyści. Dla niektórych użytkowników wymiana e-maili, poszukiwanie treści i zdobywanie nowych kontaktów nie wystarczyło, zaczęli korzystać z Internetu jako medium do zdalnego sterowania różnymi obiektami. W tamtym czasie polecenia wysłania przez sieć Internet nie były bardzo skomplikowane: "włącz światło" lub "byłoby wspaniale, gdyby kubek mojej ulubionej herbaty czekał na mnie, kiedy wrócę do domu". Dziś te wszystkie pragnienia są możliwe do spełnienia i to bez udziału człowieka. Rozwój IoT nie zależy tylko od wspomnianego powyżej pragnienia doskonalenia świata, ale również od naturalnego antropologicznego ograniczenia człowieka - 150 osób, z którymi człowiek jest zdolny utrzymywać bezpośredni kontakt. Koncepcję tego antropologicznego limitu opracował R. Dunbar i opisał ją w książce „Grooming, gossip, and the evolution of language”, wydanej nakładem Harvard University Press¹¹.

⁷ Weiser M., *The computer for the 21st century*, "Scientific American" 1991, nr 265(3), s. 94-104.

⁸ Ashton K., *That 'Internet of Things' Thing*, "RFID Journal" 2009, nr 22, s. 97-114.

⁹ Tamże.

¹⁰ Tamże.

¹¹ Dunbar R., *Grooming, gossip, and the evolution of language*, Harvard University Press. 1998.

Choć sama koncepcja wykorzystania jest stosunkowo nowa, możliwa już jest identyfikacja pewnych „kamieni milowych” rozwoju IoT^{12, 13}. Można wyróżnić następujące fale:

- Pierwsza fala – świat jako biblioteka. Głównym zastosowaniem infrastruktury internetowej jest przygotowanie globalnego słownika obiektów z otoczenia rzeczywistego, na przykład: zabytków, muzeów itd. Oprócz położenia geograficznego można znaleźć wiele dodatkowych informacji, opisów, nagrań i zdjęć, brak jednak wzajemnej interakcji między obiektami. Dzięki takim technologiom, jak Augmented Reality, Geotagging czy GPS, powstało wiele popularnych serwisów, jak Google Earth, Google Maps, Wikitudei innych.
- Druga fala – świat on-line. Paczki lub przesyłki można śledzić on-line. Ruchome obiekty są identyfikowane przez kody kreskowe, RFID i QR, a także technologie identyfikacji wizualnej i NFC (Near Field Communication). Realizacja koncepcji "World Online" jest praktycznie nieograniczona: od wspierania wszelkiego rodzaju zawodów sportowych, poprzez produkcję, handel oraz wszystkie działania marketingowe nastawione na identyfikację odbiorcy po inne współczesne zastosowania Internetu w życiu społecznym.
- Trzecia fala – kontrola obiektów w świecie rzeczywistym. Wykorzystanie IoT umożliwia nie tylko śledzenie ale także poszukiwanie przedmiotów, wiele z nich ma wbudowaną możliwość określenia swojej pozycji i przekazania tej informacji. W tym podejściu, obiekty są stale lub czasowo związane na przykład z Internetem, i są w stanie wchodzić w interakcje z ludźmi. Zastosowanie tej fali może być szczególnie widoczne w koncepcji "inteligentnych budynków".
- Czwarta fala – komunikacja rzeczy pomiędzy sobą. W ramach koncepcji IoT rośliny mogą same się nawadnić, kiedy tego potrzebują. Oznacza to, że obiekty komunikują się ze sobą i w określonych warunkach podejmują działanie (Machine2Machine communication). Przykładem produktów wykorzystujących tę koncepcję i dostępnych na rynku są: iPhone+Nike, Pachube itp.
- Piąta fala – inteligentne obiekty. Nastawiony przez nas budzik odezwie się wcześniej, gdy jest zła pogoda, lub są korki w mieście. Jest to możliwe, gdy obiekty komunikują się poprzez, na przykład Internet, z różnymi źródłami informacji oraz dostosowują swoje działanie w odniesieniu do konkretnej sytuacji. Obiekty te wykorzystują technologie typu Object Generated Content (OGC). Dostępne na rynku rozwiązania wykorzystujące piątą falę to: WineM, Nike Human Race, GlowCap, Intelligent metres itp.

Jak już wspomniano, wykorzystanie "Internetu rzeczy" (Internet przedmiotów) daje nieograniczone możliwości, dlatego też nie jest łatwo przewidzieć przyszłość rozwoju tego sektora. Ze względu na doświadczenia w rozwoju komputerów i Internetu można tylko przypuszczać, że niemożliwe może stać się możliwe... nawet wcześniej, niż mogłoby się wydawać.

¹² Van Kranenburg R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M., *The Internet of things*. "1st Berlin Symposium on Internet and Society" 2011.

¹³ CasaleggioAssociati, *The evolution of internet of things. Relazione tecnica*, CasaleggioAssociatiRisorsa di Rete, 2011.

Można w tym miejscu przytoczyć słynne stwierdzenia znanych ludzi:

- T. Watson, prezes IBM, w roku 1943 stwierdził, że światu potrzeba co najwyżej pięciu komputerów,
- inżynier Advanced Computing Systems (oddział IBM) w roku 1968 komentując wynalezienie mikrochipu zapytał: „Do czego to może służyć?”,
- K. Olson, prezes i założyciel Digital Equipment Corp., w roku 1977 stwierdził że nie ma powodów, dla których komputery mogłyby być potrzebne w domu,
- czy wreszcie "640 kB pamięci powinno wystarczyć każdemu", stwierdzenie przypisywane B. Gatesowi, założycielowi firmy Microsoft Corp.

Dziś komputery i inne urządzenia generujące i przetwarzające informacje dostępne są we wszystkich sferach życia, w pracy i w domu, w każdym nowoczesnym sprzęcie używanym przez człowieka. Nieustannie przetwarzają nie 640 kB a petabajty danych.

Wykorzystanie „Internet of things”

Najbardziej wszechstronna i kompletna kategoryzacja wykorzystania "Internet of Things", w opinii autorów, została dokonana przez Beecham Research¹⁴. Koncepcja IoT może być wykorzystana w następujących sektorach:

- Sektor budownictwa - obejmujący budynki komercyjne, handlowe, biura i instytucje, hale produkcyjne i magazynowe, a także domy prywatne i wiele innych. Urządzenia, które mogą być podłączone do świadczenia usług dla użytkowników końcowych obejmują HVAC, kontrolę dostępu, zarządzanie oświetleniem, systemy bezpieczeństwa i inne. Ich celem jest automatyzacja reakcji na warunki środowiskowe.
- Sektor energetyki – w odniesieniu do:
 - wydobywania surowców – aplikacje i urządzenia stosowane do ekstrakcji i ich transportu,
 - poszukiwania alternatywnych, w tym odnawialnych źródeł energii, takich jak energia słoneczna, wiatrowa, pływy i inne,
 - generowanie podaży i zaspokajanie popytu – obejmuje urządzenia generujące i dostarczające prąd do ostatecznego użytkownika.
- Sektor konsumpcyjny (domowy) – jest bardzo zróżnicowany i szybko zmienia się. Zastosowanie IoT najbardziej widoczne jest w:
 - infrastrukturze – w tym instalacji, dostępie do sieci i zarządzaniu energią w domu,
 - świadomości / bezpieczeństwie – w tym bezpieczeństwie w domu: alarmy, monitorowanie osób starszych czy dzieci,
 - wygodzie / rozrywce – w tym kontroli klimatu, gospodarce oświetleniem i rozrywkę,

Do najbardziej powszechnych produktów w tym sektorze należą: elektroniczne czytniki (eReaders), elektroniczne ramki do zdjęć, konsole do gier, a także inteligentny sprzęt AGD i inne.

¹⁴ <http://www.beechamresearch.com/article.aspx?id=4>, access 2014.

- Sektor opieki zdrowotnej i nauk przyrodniczych - obejmuje takie obszary, jak telemedycyna, zarządzanie aktywami i optymalizacja łańcucha dostaw dotyczące kosztów i leczenia w szpitalach / klinikach, gabinetach lekarskich, domach opieki, w tym zdalnego monitorowania (np. monitoring osób starszych lub osób z wszczepionymi rozrusznikami serca). Wykorzystanie IoT może pomóc zarówno pacjentom, jak i lekarzom. Popularne produkty obejmują: wirówki, inkubatory, zamrażarki i sprzęt do badań krwi. Obszary w których może być wykorzystane, obejmują:
 - opiekę zdrowotną,
 - domowe systemy monitoringu pacjentów,
 - badania i rozwój nowych leków i sprzętu medycznego.
- Sektor przemysłowy – obejmuje monitorowanie i śledzenie aktywów przemysłowych, włączając dyskretną kontrolę aktywów lub urządzeń, aby zapewnić wydajność, kontrolę serii produktów i analizę lokalizacji dla szerokiej gamy procesów fabrycznych.
- Sektor transportu – podzielony jest na trzy główne segmenty:
 - zarządzanie flotą pojazdów ich namierzanie i śledzenie. Efektem są skomplikowane systemy nawigacji, poszukiwania zaginionych pojazdów czy zarządzanie systemem dystrybucji. Dotyczy to zarówno pojazdów drogowych jak i innych np. rolnych;
 - zarządzanie pozostałymi środkami transport lotniczego, kolejowego morskiego i innych;
 - rozwiązania systemowe obejmujące: systemy informacji dla pasażerów, systemy płatności za korzystanie z infrastruktury transportowej, parkingowej i inne.
- Sektor detaliczny – obejmujący systemy sieciowe i urządzenia umożliwiające zwiększanie widoczności łańcucha dostaw, zarządzanie informacją o produktach i konsumentach, zarządzanie zapasami, redukcję zużycia energii i innych zasobów czy wreszcie śledzenie dostępu i zapewnienie bezpieczeństwa. Najbardziej powszechnie stosowane rozwiązania obejmują: maszyny sprzedające (żywność, napoje, papierosy, produkty o wyższej wartości takie, jak płyty CD), parkometry, urządzenia usługowe (stacje benzynowe, pralki i suszarki, lodówki, myjnie samochodowe), urządzenia rozrywkowe (automaty do gier, systemy dźwiękowe) urządzenia wyświetlające (billboardy, wyświetlacze, punkty informacyjne) oraz systemy RFID (oznaczanie i identyfikacja elektroniczna przedmiotów). Szczegółowe obszary zastosowania obejmują:
 - sklepy, supermarkety, centra handlowe, jak i pojedyncze sklepy i centra dystrybucji,
 - hotele, restauracje, bary, kawiarnie i kluby,
 - i inne, jak: stacje paliw, gier, kręgielnie, kina, dyskoteki, a także szczególnie wydarzenia, takie jak koncerty, wyścigi, wystawy i kongresy.
- Sektor bezpieczeństwa publicznego – obejmuje:
 - służby ratownicze, policję, pożar, usługi pogotowia ratunkowego, jak również usługi regulacyjne, takie jak bezpieczeństwo wewnętrzne. Obejmuje personel oraz wyposażenie stałe i ruchome,

- infrastruktura publiczna, obejmujące monitorowanie środowiska – w tym terenów zalewowych, oczyszczalni ścieków, a także związane z klimatem i meteorologiczne,
- śledzenie ludzi i zwierząt, przesyłek, żywności, opakowań czy bagażu,
- wyposażenia w postaci sprzętu wojskowego, ratowniczego, statków, samolotów i innych,
- nadzoru, w tym stałego nadzoru (CCTV, fotoradary), jak również bezpieczeństwa militarnego, wykorzystanie radarów i systemów satelitarnych.
- Sektor IT – który obejmuje:
 - sieci przedsiębiorstw, obejmujące urządzenia biurowe, takie jak kserokopiarki, drukarki, maszyny do frankowania, a także zdalne monitorowanie PBX, IT / komponenty centrum danych i komponenty sieci prywatnych,
 - sieci publiczne, obejmujące infrastrukturę transmisji mobilnej, publiczne centra danych, systemy utrzymania energii i klimatyzacyjne.

Podsumowanie

Internet ulega nieustannym transformacjom. Fizyczna architektura internetowa, która początkowo zaprojektowana została, jako narzędzie komunikacji, w toku rozwoju stała się wszechobecna, interaktywna a przede wszystkim coraz bardziej inteligentna. Nieograniczona czasem i przestrzenią wymiana informacji stała się podstawą tworzenia innowacyjnych aplikacji i usług, których celem jest wsparcie dla coraz bardziej efektywnego wykorzystywania zasobów i obniżania kosztów operacyjnych prowadzących do nowych możliwości w zakresie kreowania zysku, a także wzrostu jakości ludzkiego życia. Zaprezentowana analiza wskazuje, że "Internet of Things" może być wykorzystany praktycznie wszędzie. Wykorzystanie „Internetu rzeczy” daje nieograniczone możliwości, dlatego też nie jest łatwo przewidzieć przyszłość rozwoju tego sektora.

Bibliografia

- Ashton K., *That 'Internet of Things' Thing*, RFID Journal, 2009, nr 22.
- Casaleggio Associati, *The evolution of internet of things*. Relazionetecnica, CasaleggioAssociatiRisorse di Rete, 2011.
- Chui M., Loffler M., Robets R., *The internet of things*, McKinsey and Company, 2010.
- Communication of the European Commission on Internet of Things – An action plan for Europe* COM(2009) 278 final http://ec.europa.eu/information_society/policy/rtid/documents/commiot2009.pdf, (dostęp 2013).
- Dunbar R., *Grooming, gossip, and the evolution of language*, Harvard University Press, 1998.
- European Commission, *Internet of Things 2020–Roadmap For The Future*, European Commission, 2008.

- Federacja Polskich Banków Żywności, <http://www.niemarnuje.pl/marnowanie-zywnosci.html> (dostęp 2013)
- ITU, *The Internet of Things*, ITU Internet Reports, 2005, http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/InternetofThings_summary.pdf, (dostęp 2013).
- Kranenburg R., Anzelmo E., Bassi A., Caprio D., Dodson S., Ratto M., *The Internet of things*. 1st Berlin Symposium on Internet and Society, 2011.
- Lei Y., Ma P., Zhao L., *The Internet of Things Brings New Wave of the Information Industry*, International Journal of Computer Science and Network Security, 2011, nr 11(5).
- Magrassi P., Berg T., *M-commerce key to ubiquitous Internet*, Computerworld, 2001.
- Magrassi P., Panarella A., Deighton N., Johnson G., *Computers to acquire control of the physical world*, Gartner, 2001.
- National Intelligence Council, *Six Technologies with Potential Impacts on US Interests Out to 2025*, ConferenceReport, 2008, nr 07/2008.
- Senkus P., *Zarządzanie i Dowodzenie z Wykorzystaniem Orientacji Procesowej*. Difin, 2013.
- Weiser M., *The computer for the 21st century*, Scientific American, 1991, nr 265(3).