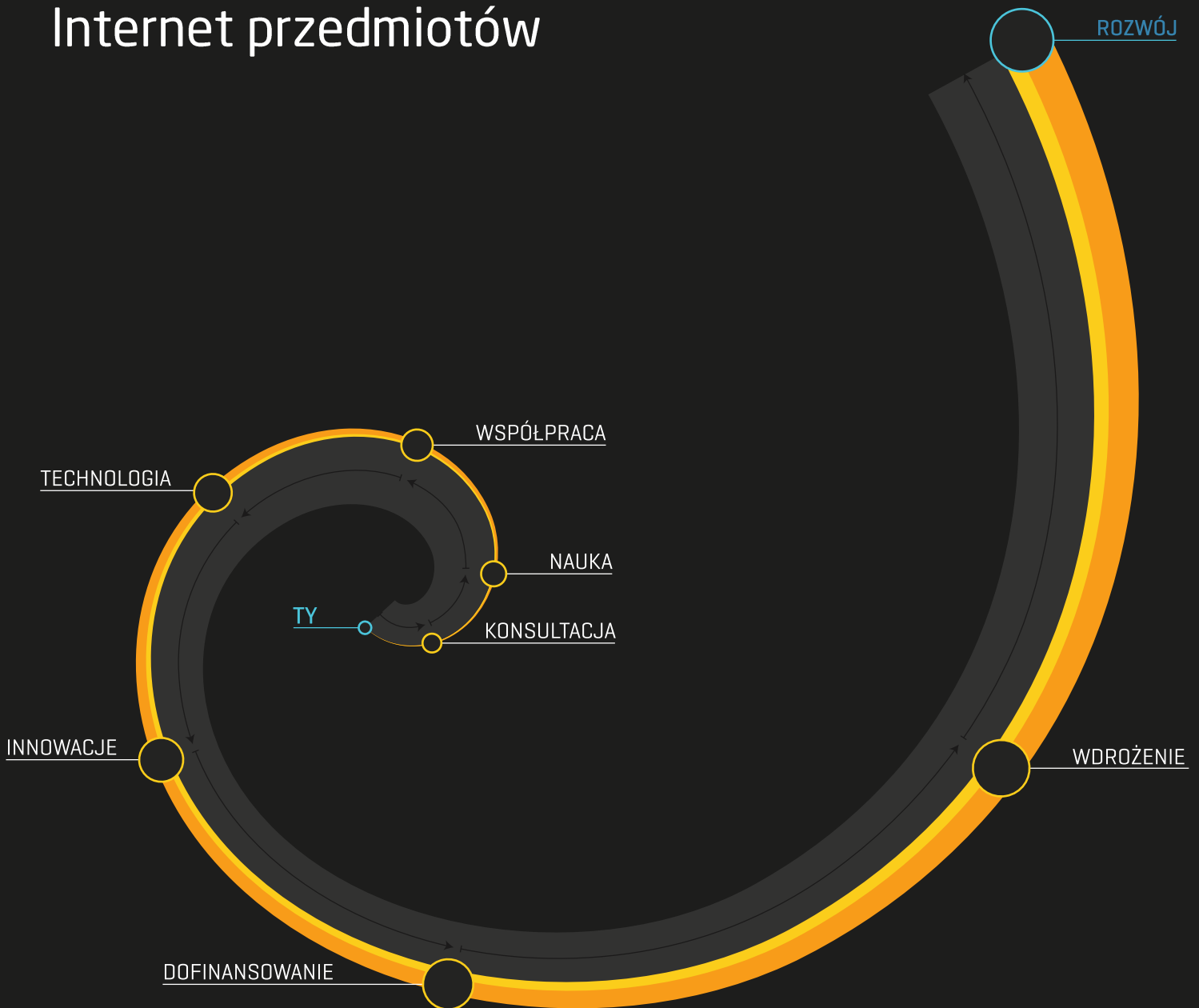


Raport Obserwatorium ICT

Internet przedmiotów



WWW.RIS.SLASKIE.PL

Internet przedmiotów

Autorka raportu

dr inż. Agnieszka Brachman

(Politechnika Śląska)

Publikacja współfinansowana przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach projektu systemowego „Zarządzanie, wdrażanie i monitorowanie Regionalnej Strategii Innowacji Województwa Śląskiego (3edycja)” (Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Poddziałanie 8.2.2)

Publikacja Bezpłatna

Poglądy i tezy przedstawione w publikacji nie muszą odzwierciedlać stanowiska Parku Naukowo-Technologicznym TECHNOPARK GLIWICE Sp. z o.o., a jedynie stanowisko Autora.

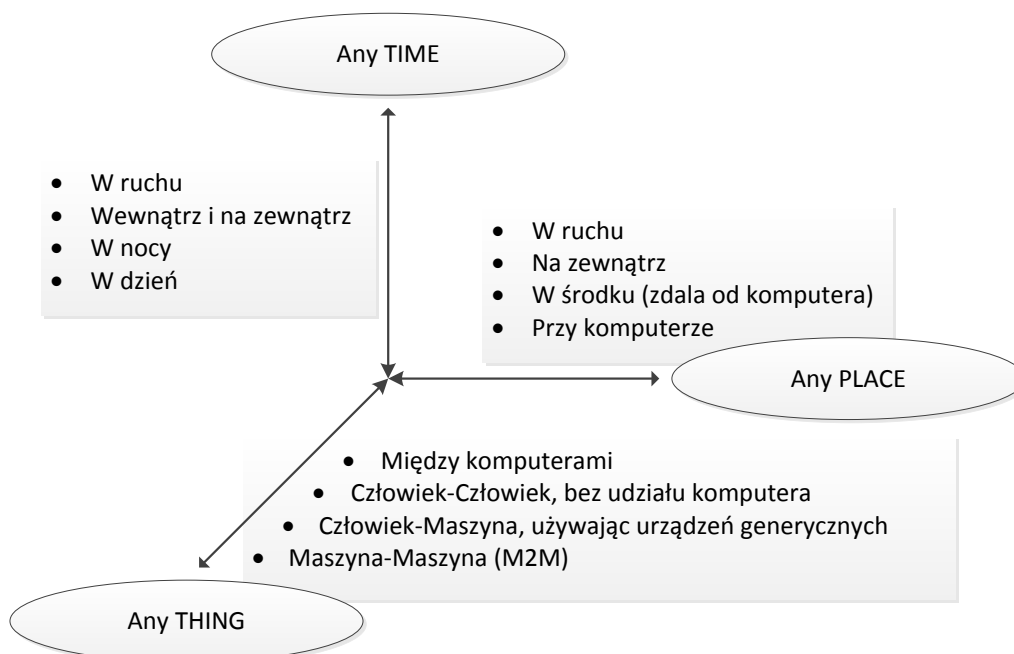
Spis treści

| | |
|---|-----------|
| Opis koncepcji Internetu rzeczy | 5 |
| Obecny stan i przyszłe kierunki rozwoju | 9 |
| Obszary zastosowań | 9 |
| Technologie powiązane z IoT | 14 |
| Infrastruktura..... | 16 |
| Główne kierunki rozwoju | 19 |
| Przykłady wdrożeń koncepcji, dobre praktyki w świecie | 21 |
| Stan wdrożenia IoT w woj. śląskim | 22 |
| Potencjalne korzyści i zastosowania wdrożenia IoT w woj. śląskim | 23 |
| Zasoby mogące pomóc wprowadzić koncepcję IoT w woj. śląskim | 26 |
| Bariery potencjalnie utrudniające wdrożenie IoT | 27 |
| Bariery technologiczne..... | 27 |
| Bariery społeczne..... | 29 |
| Bariery prawne..... | 30 |
| Literatura uzupełniająca:..... | 31 |

Opis koncepcji Internetu rzeczy

Internet przedmiotów, Internet rzeczy (ang. *Internet of Things, IoT*) zakłada połączenie w sieć niemalże wszystkich rodzajów urządzeń. Za tym pojęciem kryje się wizja przyszłego świata, w którym cyfrowe i fizyczne urządzenia czy przedmioty codziennego użytku, są połączone odpowiednią infrastrukturą, w celu dostarczenia całej gamy nowych aplikacji i usług. Internet rzeczy to połączenie dwóch znanych nam światów i w ciągu nadchodzących lat, będziemy mieli okazję obserwować jak fundamentalnie zmienia się sposób, w jaki korzystamy i współdziałamy zarówno z otaczającym nas światem urządzeń cyfrowych jak i światem fizycznym.

Koncepcja Internetu rzeczy bazuje na trzech pojęciach: zawsze (anytime), wszędzie (anyplace), z wszystkim (anything) – Rys. 1.



Rys. 1 Komunikacja w Internecie rzeczy, źródło ITU-T

Definicja Internetu rzeczy oparta jest na trzech filarach odnoszących się do cech inteligentnych obiektów: umożliwić identyfikację siebie (wszystko jest w stanie się

Internet przedmiotów

przedstawić), zapewnić komunikację (wszystko może się komunikować) i współdziałać (wszystko może wzajemnie na siebie oddziaływać).

Wdrożenia koncepcji Internetu rzeczy możemy obserwować na co dzień. Systemy zdalnego odczytywania liczników, monitorowania zużycia zasobów czy warunków środowiskowych, monitorowanie stanu zdrowia, to tylko niektóre z nich. To, co obserwujemy dzisiaj to dopiero początek, a spektrum potencjalnych zastosowań wydaje się być nieograniczone.

W chwili obecnej z Internetu korzysta ponad dwa miliardy ludzi na całym świecie: przeglądając strony internetowe, odbierając i wysyłając wiadomości e-mail, przeglądając różnego rodzaju treści multimedialne, grając, używając portali społecznościowych i wiele innych¹. Oprócz tego, że liczba osób mających dostęp do globalnej sieci będzie się zwiększać, to za chwilę będziemy świadkami dużego skoku technologicznego, kiedy Internet będzie nie tylko globalną platformą dla użytkowników, ale również dla maszyn, czujników, inteligentnych obiektów, które będą w stanie komunikować się ze sobą, wymieniać informacje, liczyć i inicjować szereg różnego rodzaju działań. Mówi się, że najszybciej rosnącą grupą „użytkowników” Internetu są właśnie przedmioty. Według szacunków, w 2015 roku 75%, czyli ok. 5 miliardów ludzi na całym świecie, będzie miało dostęp do Internetu². W tym samym czasie liczba urządzeń połączonych do globalnej sieci ma być równa 25 miliardom³. Gwałtowny wzrost liczby podłączonych urządzeń nastąpił między latami 2008 a 2009 (Rys. 2), wraz z upowszechnieniem się tabletów i smartphonów. Przyjmuje się, że jest to również początek istnienia Internetu rzeczy.

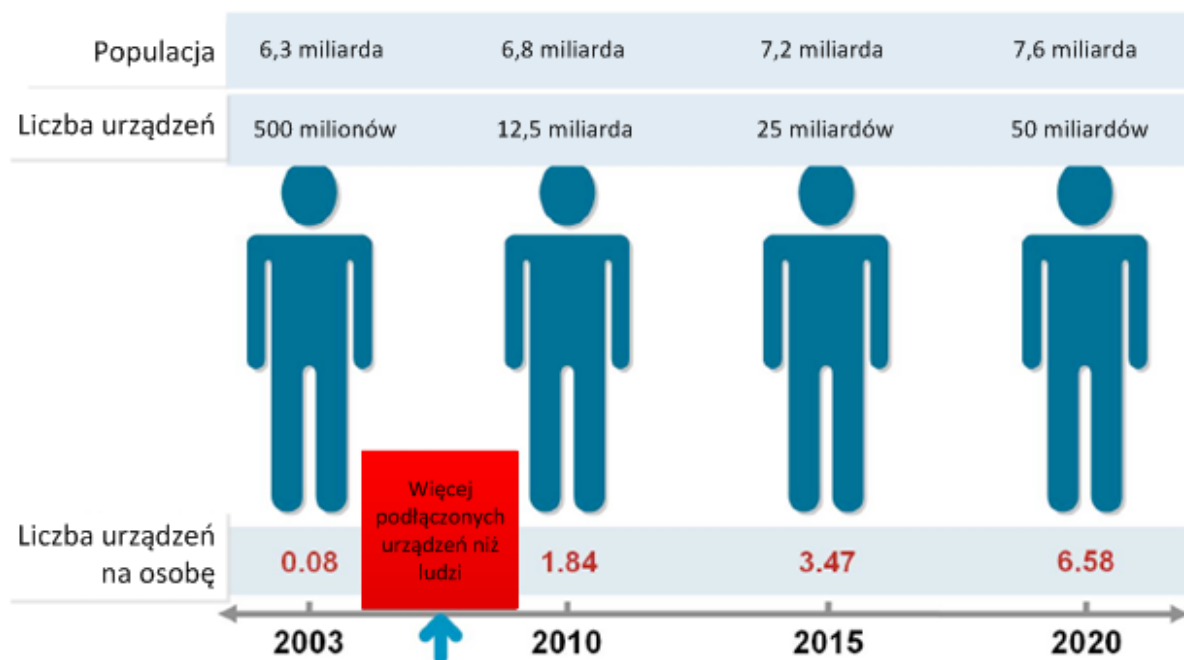
Jedną z alternatywnych definicji Internetu rzeczy jest Internet inteligentnych obiektów (ang. *Internet of Smart Objects*), która precyzuje, że włączane do globalnej sieci urządzenia są inteligentne. Swoją inteligencję zawdzięczają one możliwościom komunikowania się z innymi obiektami oraz zbierania i analizowania danych przez niedostarczanych, a następnie, na ich podstawie, podejmowania decyzji. Przykładowo: budzik może uruchomić się wcześniej w przypadku większego niż zazwyczaj natężenia ruchu, rośliny informują spryskiwacze, kiedy jest idealny moment na ich podlanie czy nawożenie, buty do biegania monitorują czas, prędkość i dystans, co pozwala oceniać postępy, ale też rywalizować z innym biegaczem

¹ D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini, and Imrich Chlamtac. 2012. Survey Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Netw.* 10, 7 (September 2012), 1497-1516.

² Stefan Ferber, Jak Internet rzeczy wpływa na naszą rzeczywistość, artykuł dostępny online pod adresem: <http://www.hbrp.pl/news.php?id=1073>

³ Dave Evans, The Internet of things, How the next evolution of the internet is changing everything. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)

Internet przedmiotów



Rys. 2 Przewidywany wzrost liczby podłączonych do sieci urządzeń, źródło Cisco IBSG

z dowolnego miejsca na ziemi, pojemnik na lekarstwa może sygnalizować, że nie przyjęto leku.

Inteligentne obiekty, to małe urządzenia elektroniczne, które składają się z jednostki transmisyjnej – zazwyczaj radia niskiej mocy, a także mikroprocesora i sensora (ang. *sensor*) lub urządzenia wykonawczego (ang. *actuator*). Sensory pozwalają inteligentnym obiektom zbierać informacje o otaczającym świecie, natomiast moduły wykonawcze umożliwiają im sterowanie, czyli wprowadzanie zmian do fizycznego świata. Inteligentne obiekty mogą być wbudowane niemalże w każdy rodzaj urządzenia jak licznik, sprzęt przemysłowy, sprzęt domowy, przełączniki świateł, silniki i wiele innych. A to z kolei otwiera drogę do niezliczonych aplikacji w przemyśle, biznesie, w domu – wszędzie. Internet rzeczy to przede wszystkim sieci M2M, czyli Machine-To-Machine, w których zasadniczą rolę pełni komunikacja między urządzeniami i ich wiedza, dzięki której są zdolne do samodzielnego podejmowania decyzji.

Architektura sieciowa i rozwiązania technologiczne dla inteligentnych obiektów, czy też ogólnie – dla urządzeń włączanych w globalną sieć Internet, muszą być niezwykle elastyczne, gdyż nie sposób przewidzieć w chwili obecnej wszystkich kierunków rozwoju. Pierwotnie tworzone systemy, zazwyczaj optymalizowane pod kątem specyficznych aplikacji i zastosowań, są trudne do adaptacji w innych scenariuszach, przede wszystkim ze względu na brak mechanizmów współdziałania i integracji z obecnymi mechanizmami sieciowymi. Obecne kierunki rozwoju i standaryzacji dążą do uzupełnienia tej luki i zapewnienia

Internet przedmiotów

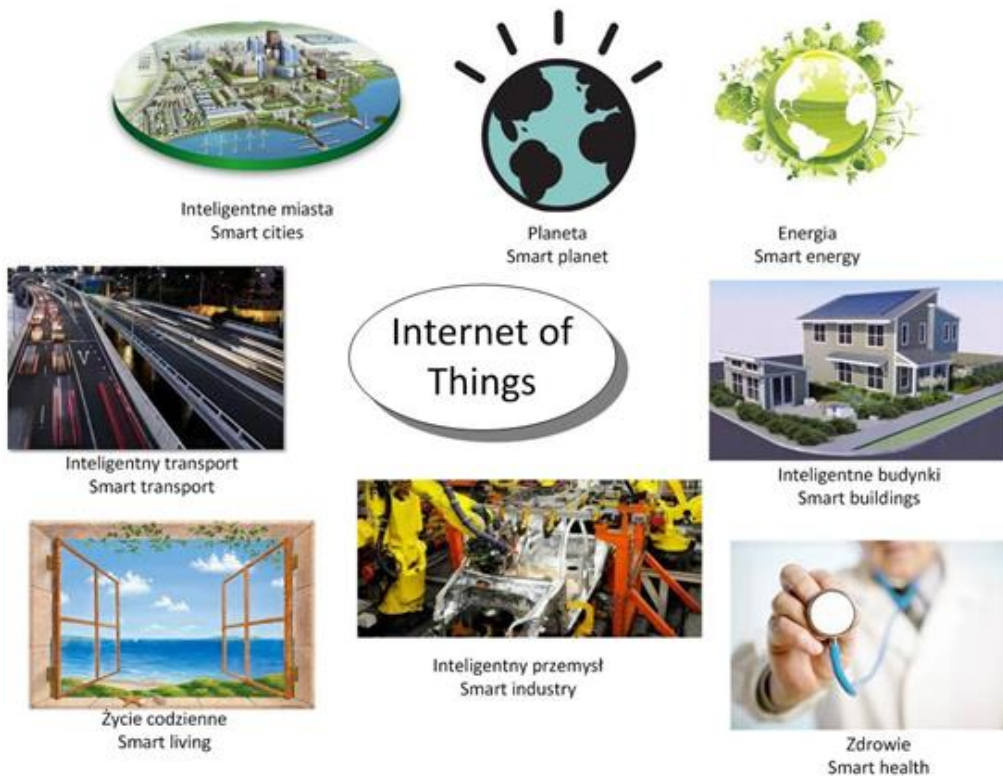
odpowiednich wytycznych dla projektowania nowych rozwiązań. Rozszerzenie Internetu tak, aby było możliwe dołączenie praktycznie dowolnego urządzenia, wymaga wypracowania nowych standardów komunikacyjnych, mechanizmów zabezpieczeń i prywatności, przejścia na protokół IPv6, aby zapewnić wystarczającą przestrzeń adresową oraz zdecentralizowanej struktury zarządzania czy dostarczania danych oraz usług. Rozwiązania, które umożliwią realizację IoT bazują przede wszystkim na technologiach bezprzewodowych.

Kluczowe cechy Internetu rzeczy:

- Heterogeniczność urządzeń – Duża liczba urządzeń wiąże się z ich dużym zróżnicowaniem ze względu na możliwości obliczeniowe i komunikacyjne. Wsparcie dla heterogeniczności Internetu rzeczy muszą zapewniać architektura i protokoły.
- Skalowalność – w strukturę Internetu będzie włączane co raz więcej urządzeń codziennego użytku, problem skalowalności dotyczy: adresacji i nazewnictwa, wzajemnej łączności, tj. liczby połączeń między poszczególnymi elementami sieci, ilości danych, zarządzania informacją i dostarczeniem odpowiednich usług.
- Wszechobecna wymiana danych z wykorzystaniem technologii bezprzewodowych – problemy w realizacji tego wymagania dotyczą ograniczeń transmisji radiowej, ze względu na prędkość i opóźnienia transmisji.
- Rozwiązania optymalne energetycznie – ze względu na wszechobecność rozwiązań Internetu rzeczy i ilość transmitowanych danych, optymalizacja zużycia energii jest niezwykle istotna.
- Lokalizacja i śledzenie położenia – ponieważ każde urządzenie w Internecie rzeczy jest w jakiś sposób identyfikowane, to jest możliwe śledzenie jego położenia, a to tworzy całkiem nowe możliwości dla logistyki i łańcucha dostaw.
- Możliwości samoorganizacji – ze względu na liczbę, ale też złożoność systemów konieczne jest zapewnienie mechanizmów samoorganizacji, samo konfiguracji, aby zminimalizować ingerencję człowieka.
- Zarządzanie danymi – w Internecie rzeczy istotą jest wymiana i analiza danych. Konieczna będzie wykorzystanie odpowiednich modeli danych i semantycznego opisu ich zawartości, użycia odpowiedniego języka i formatu.
- Wbudowane bezpieczeństwo i ochrona prywatności – ze względu na swoje ścisłe powiązanie z rzeczywistym światem, technologie Internetu rzeczy muszą zapewniać odpowiedni poziom bezpieczeństwa i prywatności.

Internet przedmiotów

Internet rzeczy jest uważany za kluczowy komponent Internetu nowej generacji. Tak naprawdę koncepcja IoT wyznacza kierunek rozwoju Internetu i będzie stanowiła olbrzymi przeskok społeczno-technologiczny, który zmieni nasz sposób postrzegania świata i korzystania z jego zasobów (Rys. 3).



Rys. 3 Realizacje Internetu Rzeczy

Obecny stan i przyszłe kierunki rozwoju

Podstawowym celem Internetu rzeczy jest stworzenie inteligentnych przestrzeni tj. inteligentnych miast, transportu, produktów, budynków, systemów energetycznych, systemów zdrowia czy związanych z życiem codziennym. Podstawą rozwoju inteligentnych przestrzeni jest dostarczenie technologii, która zapewni ich realizację.

a) Obszary zastosowań

Systemy realizacji Internetu rzeczy są praktycznie nieograniczone i obejmują m.in.:

- Inteligentne domy, inteligentne budynki
- Inteligentne miasta

Internet przedmiotów

- Inteligentne sieci zdrowia
- Inteligentne przedsiębiorstwa, inteligentny przemysł
- Inteligentne systemy energetyczne
- Inteligentne systemy pomiarowe
- Monitorowanie środowiska, monitorowanie zagrożeń

Inteligentne domy, Inteligentne budynki

Sieci szerokopasmowe oraz zaawansowane usługi sieciowe mogą zostać wykorzystane w codziennym otoczeniu człowieka. Ich funkcjonalność obejmuje inteligentne zarządzanie urządzeniami powszechnego użytku, inteligentne domy, telemetrię i nawigację; interfejsy nowej generacji umożliwiające migrację otoczenia człowieka z pasywnych urządzeń na inteligentne aktywne środowisko usług, zapewniające ciągły dostęp do usług i zasobów.

Inteligentne miasta

Zaawansowane usługi sieciowe mają umożliwić optymalizację użycia infrastruktury miejskiej (dróg, sieci energetycznej). Informacje dotyczące natężenia i charakteru ruchu mogą zostać wykorzystane do lepszego sterowania ruchem (światła) lub kierowania użytkowników przez miejsca mniej zatłoczone. Monitoring wolnych miejsc parkingowych można wykorzystać do kierowania użytkowników tam, gdzie wolne miejsca są. Sieć czujników można również wykorzystać również do: wykrywania przestępstw i aktów wandalizmu, sterowania oświetleniem w zależności od pory dnia, pogody i obecności użytkowników, wykrywania poziomu zapełnienia kontenerów na śmieci, aby optymalizować trasę i czas ich odbierania, monitorowania wibracji i stanu zużycia materiałów budowlanych, mostów czy obiektów historycznych.

Inteligentne sieci zdrowia

W przyszłości, dzięki lepszemu opiece medycznej, średnia długość życia będzie znacznie wyższa. W połączeniu z niskim przyrostem naturalnym będzie to skutkowało starzeniem się społeczeństwa. W konsekwencji będzie duża presja na wdrożenie rozwiązań, które osobom starszym zapewnią samowystarczalność, a także prawidłową opiekę. Rezultaty demograficznego i socjoekonomicznego rozwoju będą następujące⁴:

⁴ G. Van Den Broek, F. Cavallo, C. Wehrmann, Ambient Assisted Living Roadmap, AALIANCE.

Internet przedmiotów

- Zwiększająca się liczba starszych ludzi, którzy żyją sami i potrzebują opieki, w tym intensywnej opieki.
- Zwiększająca się liczba starszych ludzi, którym brak jest zasobów finansowych i socjalnych, którzy będą mieli trudności w otrzymaniu minimalnych świadczeń opieki zdrowotnej.
- Zwiększająca się liczba starszych ludzi, których stan majątkowy jest wystarczający, aby przeznaczać pieniądze na inwestowanie w swoje bezpieczeństwo, zdrowie i rozrywkę.
- Zmieniające się relacje rodzinne i mieszkaniowe, wzrost średniej odległości między członkami rodziny, które będą miały wpływ na możliwości udzielania sobie wzajemnej pomocy.
- Starzenie się społeczeństwa pracującego, potrzeba utrzymania aktywności osób starszych w społeczeństwie i pracy.

W sektorze zdrowia liczba potencjalnych realizacji Internetu rzeczy jest ogromna. Podstawowym przykładem są wszelkie sieci telemedyczne, które pozwalają na monitorowanie stanu pacjenta, śledzenie wybranych parametrów i sygnałów fizjologicznych, tj. temperatury, ciśnienia krwi, czynności oddechowych. Druga grupa czujników pozwoli zbierać dane dotyczące aktywności. Dane te następnie będą agregowane i wysyłane do centrów medycznych, w których systemy analizy tych danych będą natychmiast podejmować decyzję w momencie wystąpienia anomalii zagrażającej życiu. Dane te będą mogły również być wykorzystane w innych systemach, które miałyby na celu wspieranie zmian stylu życia, nawyków żywieniowych, które poprawiałyby jakość życia, a także w systemach prognozowania stanu zdrowia czy systemach medycyny zapobiegawczej. W ten zakres wchodzi również sieci pozwalające na monitorowanie życia osób starszych czy niesamodzielnych. Systemy pozwolą sprawdzić czy osoba zjada odpowiednią liczbę posiłków, czy przyjmuje leki, czy wykonuje podstawowe zabiegi higieniczne i przypominać jej o tym lub powiadomić osobę sprawującą opiekę. Pozwolą także reagować w sytuacji zagrożenia – po upadku lub zbyt długim pobycie w jednym miejscu mieszkania.

Internet rzeczy zmieni również życie osób niepełnosprawnych⁵. Nowa generacja czujników, neurosensorów, neurochipów pozwoli w znaczący sposób zmienić życie osób niewidomych, niesłyszących i niepełnosprawnych ruchowo.

⁵ Mari Carmen Domingo, An overview of the Internet of Things for people with disabilities, Journal of Network and Computer Applications, Volume 35, Issue 2, March 2012, Pages 584-596, ISSN 1084-8045.

Internet przedmiotów

Inteligentne przedsiębiorstwa, inteligentny przemysł

Technologie radiowych identyfikatorów (RFID) już znajdują zastosowanie w wielu przedsiębiorstwach, dla których sterowanie łańcuchem dostaw jest podstawą ich funkcjonowania. Jednakże na tą chwilę elektroniczne etykiety są wykorzystywane jedynie do monitorowania lokalizacji obiektów w danej chwili. W przyszłości możliwe będzie zapewnienie współdziałania różnego rodzaju aplikacji odpowiedzialnych za tworzenie produktu na poszczególnych etapach jego życia. Technologia może być też wykorzystana do dostarczenia użytkownikowi informacji na temat kupionego produktu – instrukcji obsługi, daty ważności, aktualnego stanu i wielu innych. Identyfikacja obiektów ma również zastosowanie w systemach zapobiegania kradzieżom czy w walce z podróbkami.

Biosensory i bioidentyfikatory mają zastosowanie w procesie produkcji do kontroli prawidłowego przebiegu całego procesu, jakości końcowego produktu i jego kontroli w procesie sprzedaży. Jednym z zastosowań może być monitorowanie jakości produktów spożywczych – zmian temperatury, przebiegu procesów gnilnych, aby móc w odpowiednim momencie wycofać je ze sprzedaży.

Zastosowania Internetu rzeczy w przemyśle obejmują inteligentne maszyny, które wyposażone w zestaw czujników same wiedzą, w jakim są stanie i kiedy poszczególne podzespoły wymagają konserwacji czy wymiany.

Inteligentne systemy energetyczne

Ze wzrostem liczby i stopnia wykorzystania urządzeń rośnie zapotrzebowanie na energię, wg danych firmy Siemens wzrost ten wynosi 2,2% rocznie. Optymalizacja systemów energetycznych obejmuje: zwiększenie udziału źródeł odnawialnych, magazynowanie nadwyżek produkcyjnych, efektywniejszy transport. Rozwiązaniem mają być inteligentne systemy energetyczne lub elektroenergetyczne (ang. *smart grid*, *smart energy*). Systemy te, dzięki dodaniu warstwy komunikacji między uczestnikami rynku energii, mają na celu zapewnić efektywne wykorzystanie energii poprzez kierowanie jej tam, gdzie jest w danej chwili potrzebna. Inteligentne systemy energetyczne składają się z dwóch głównych elementów: automatyki opartej na zaawansowanych czujnikach i sieci teleinformatycznej.

Współczesne sieci energetyczne działają wykorzystując prognozę zużycia energii powstałą na bazie danych historycznych. Prognozy te stanowią jedynie przybliżenie rzeczywistego zużycia. Ponadto, co raz więcej energii pochodzi ze źródeł odnawialnych (do

Internet przedmiotów

2020 roku w Europie wartość ta ma wynosić 20%, ale w niektórych krajach już dzisiaj wynosi ponad 40%), które często dostarczają nieprzewidywalną ilość energii, zależną od warunków atmosferycznych. Te czynniki wpływają na zwiększenie się nieprzewidywalności. Dodanie inteligencji do sieci energetycznej, ma na celu wygładzenie tych różnic.

Inteligentne systemy pomiarowe

Rewolucja w systemach pomiarowych zaczęła się od zdalnego odczytywania liczników, statusów, alarmów, czyli wprowadzenia automatycznych systemów pomiarowych (ang. *Automatic Meter Reading*). Dodanie inteligencji do systemów pomiarowych (ang. *smart metering*) jest konieczne dla współdziałania z inteligentnymi systemami energetycznymi, w szczególności pozwala na:

- Zautomatyzowanie procesów po stronie odbiorcy, natychmiastowe billingi za faktycznie zużyte zasoby, możliwości zmiany taryfy, blokowanie instalacji, zbieranie danych statystycznych dotyczących dostarczonej i pobranej energii, bieżący monitoring;
- Stosowanie różnorodnych modeli taryfowych;
- Rejestracja użycia medium transmisyjnego w celu optymalnego planowania prac konserwacyjnych, minimalizacji strat, pozyskiwania danych dla dalszej rozbudowy;
- Wykrywanie, diagnozowanie i naprawianie usterek

Elementami inteligentnego systemu liczników są rejestratory wszystkich danych dotyczących zużycia zasobów i jakości dostaw, urządzenia umożliwiające odłączanie klienta, bądź ograniczanie zużycia zasobów, urządzenia przełączające, czujniki i rejestratory w systemach dystrybucyjnych, a także systemy integracji liczników wszystkich mediów i dodatkowych usług. Prognozuje się, że dostarczenie użytkownikowi bardzo dokładnej informacji dotyczącej zużycia energii w gospodarstwie domowym wpłynie na zmniejszenie jej użycia, pozwoli wyeliminować urządzenia lub czynności, które ją marnują.

Monitorowanie środowiska, monitorowanie zagrożeń

Jedną z realizacji Internetu rzeczy są systemy monitorowania środowiska. W tym scenariuszu kluczową rolę odgrywa rozległa sieć czujników, które zbierają dane dotyczące temperatury, wiatru, opadów deszczu, wysokość poziomu rzek, itp. Zbieranie tych danych i przetwarzanie ich w czasie rzeczywistym pozwoli wykrywać anomalie, które mogą zagrażać

Internet przedmiotów

ludzkiemu życiu. Użycie małych, tanich urządzeń umożliwia monitorowanie miejsc trudno dostępnych czy niebezpiecznych (tereny wulkaniczne, uskoki oceaniczne). Otworzy to drogę do następnej generacji systemów monitorowania zagrożeń i systemów podejmowania decyzji, opartych na danych pochodzących ze znacznie większego obszaru, zbieranych w czasie rzeczywistym. Jednym z kluczowych realizacji jest zastosowanie czujników i urządzeń wykonawczych w systemach przeciwpożarowych, które, po wykryciu ognia, same skontaktują się ze strażą pożarną, co znacząco skróci czas reakcji na zaistniałe zdarzenia. Dodatkowo systemy te będą w stanie udostępnić informację o obecności ludzi w miejscu wystąpienia zagrożenia, a także o rodzaju palnych materiałów czy stopniu zajęcia ogniem. Szybka reakcja na zagrożenie znacząco zwiększa szanse uratowania życia ludzkiego i zmniejsza straty materialne.

Technologie powiązane z IoT

Współczesne systemy IT działają w ciągłej interakcji z otoczeniem, realizują swoje zadania w sposób rozproszony i autonomiczny oraz tworzone są na bazie środowiska heterogenicznych, bazujących na otwartej strukturze komunikacyjnej (np. sieć Internet, telefonia komórkowa, standardy komunikacji bezprzewodowej). Internet rzeczy wymusi zmianę architektury tych systemów, związaną z przejściem od klasycznego modelu klient - serwer do systemów opartych na rozproszonej architekturze bazującej na usługach (ang. SOA, *Service Oriented Architecture*).

Duża liczba urządzeń i wysyłanych przez nie zdarzeń oznacza także bardzo duże ilości danych. Kluczowe zatem stają się mechanizmy pozwalające na ich przechowywanie, szybką korelację i analizy a także integrację z istniejącymi systemami. Generowane w Internecie rzeczy dane muszą być przechowywane i efektywnie analizowane w celu wyodrębnienia kluczowej informacji bądź trendów, aby w przyszłości umożliwić automatyczne podejmowanie decyzji. Podstawowym środowiskiem wdrażania rozwiązań dla Internetu rzeczy są chmury obliczeniowe (patrz Rys. 4).

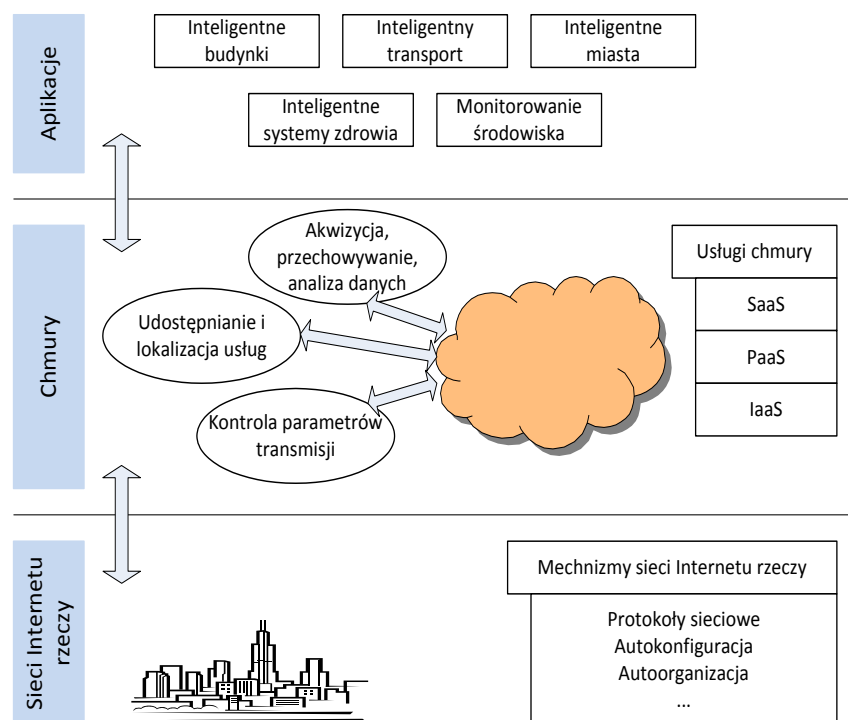
Wykorzystanie chmur obliczeniowych dla Internetu rzeczy wiąże się z opracowaniem mechanizmów dostępu do zasobów sieciowych oraz możliwości tworzenia aplikacji i adaptacji usług sieciowych.

Kolejnym elementem powiązanym z Internetem rzeczy są technologie semantyczne, czyli narzędzia, które pozwalają zarządzać informacją. Kluczową cechą technologii

Internet przedmiotów

semantycznych jest możliwość uwzględniania różnego kontekstu i złożonych relacji pomiędzy danymi.

Szacuje się, że sieci Internetu rzeczy będą liczyły tysiące (a nawet dziesiątki tysięcy) urządzeń, które mają być małe i tanie. To z kolei wymusza na producentach i projektantach stosowanie rozwiązań, które zapewnią niskie zużycie energii oraz efektywne algorytmy wymagające minimalnych zasobów sprzętowych. W zależności od zastosowań, węzły sieci są projektowane, aby działać przez wiele lat, zazwyczaj w sposób nienadzorowany, dlatego konieczne są pewne mechanizmy samo konfiguracji i samo zarządzania. Duży zakres potencjalnych aplikacji oraz bezprzewodowe medium komunikacyjne sprawiają, że węzły sieci działają w bardzo niekorzystnych warunkach. Specyficzne środowisko pracy wymaga dedykowanych rozwiązań. Ich opracowanie, aby zapewnić wspomniane mechanizmy konfiguracji, energooszczędność działania, a także odpowiednie oferowanie i lokalizację usług wchodzi w zakres głównych obszarów badawczych w tej tematyce.



Rys. 4 Koncepcja wykorzystania chmur obliczeniowych dla Internetu rzeczy⁶

Oprócz nakładów przeznaczonych na projektowanie i produkcję urządzeń, istotnym kosztem jest przeprowadzenie wdrożenia, konfiguracja sieci, definiowanie logicznych

⁶ Jayavardhana Gubbi, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, and Marimuthu Palaniswami. 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Gener. Comput. Syst.* 29, 7 (September 2013), 1645-1660.

Internet przedmiotów

połączeń pomiędzy poszczególnymi węzłami, dlatego protokoły komunikacyjne wspierające samoorganizację sieci są szczególnie wskazane dla wielu rodzajów sieci Internetu rzeczy. Dzięki samoorganizacji urządzenia po zamontowaniu samoistnie, bez konieczności ingerencji człowieka, tworzą logiczne połączenia pomiędzy sobą. Sieci te powinny cechować się wysoką odpornością na uszkodzenia; w przypadku awarii lub zaburzenia pracy któregokolwiek z węzłów pośredniczących w transmisji, sieć powinna zapewniać znalezienie innej drogi przesyłania danych. W pewnych rozwiązaniach, w celu ograniczenia ruchu w sieci, poszczególne węzły dokonują nieskomplikowanego przetwarzania informacji pochodzących ze swojego sensora, a także otrzymanych z innych węzłów.

Infrastruktura

Wdrożenie Internetu rzeczy wymaga modyfikacji i rozwoju poszczególnych warstw począwszy od warstwy fizycznej, tj. doposażenia w sensory i urządzenia wykonawcze otaczającego nas świata, rozwoju technologii sieciowej, która zapewni łączność między poszczególnymi urządzeniami, a także platformy serwisowej, która dostarczy użytkownikowi interfejsu do korzystania z nowych możliwości.



Rys. 5 Architektura Internetu rzeczy⁷

Warstwa percepcji odpowiedzialna jest za zbieranie danych ze świata rzeczywistego, obejmuje przede wszystkim sensory i elektroniczne identyfikatory. Sensory od lat są używane w przemyśle, zakładach produkcyjnych, samochodach czy służbie zdrowia. Od jakiegoś czasu są na tyle małe i tanie, iż mogą być dodawane do dowolnych urządzeń. Większość współczesnych smartphone'ów jest wyposażona w czujnik oświetlenia, akcelerometr,

⁷ Omar Said, Mehedi Masud: Towards Internet of Things: Survey and Future Vision, International Journal of Computer Networks, April 2013.

Internet przedmiotów

magnetometr, żyroskop, czujnik zbliżeniowy, czujnik temperatury, a nawet czujnik wilgotności czy barometr. Kolejna klasa sensorów jest używana w zegarkach, opaskach na nadgarstek, szklach kontaktowych czy materiałach. Projekt CeNSE (ang. *Central Nervous System of the Earth*) firmy HP ma na celu rozwój technologii tak, aby umożliwić oczujnikowanie całej Ziemi, aby stworzyć swoisty układ nerwowy naszej planety. W pierwszym etapie, we współpracy z firmą Shell, zostaną podjęte działania mające usprawnić wydobycie ropy.

Kolejną technologią warstwy percepcji, która umożliwia zautomatyzowanie procesu identyfikacji obiektów, są tagi elektroniczne kodowane przez urządzenia RFID (ang. *Radio Frequency Identification*). RFID zwraca unikalny kod produktu EPC (ang. *Electronic Product Code*), co jednoznacznie pozwala zidentyfikować urządzenia. Są dwa rodzaje urządzeń RFID: pasywne i aktywne. Urządzenia pasywne nie wymagają źródła zasilania, wykorzystują energię użytą do jego odczytania. Urządzenia aktywne mają swoje zasilanie, mogą być wyposażone w różnego rodzaju sensory, niektóre zapewniają obsługę protokołu IP.

Kolejnym elementem sieci Internetu rzeczy jest warstwa transportowa, która zapewnia procesowanie danych z czujników, lokalne przechowywanie i przekazywanie dalej. Internet rzeczy jak sama nazwa wskazuje wymaga połączenia z Internetem, aby udostępnić dane pochodzące z czujników. Łączność może być zapewniona za pomocą sieci przewodowych bądź technologii bezprzewodowych. Urządzenia stacjonarne z dostępem do zewnętrznego źródła zasilania, teoretycznie mogą korzystać z sieci przewodowych, ale te wymagają prowadzenia kabli. Z tego powodu w ogromnej większości, sieci Internetu rzeczy wykorzystują różnorakie technologie bezprzewodowe. Do najpopularniejszych z nich należą:

- Sieci komórkowe (2G, 3G i 4G), wymagają doposażenia w kartę SIM i pozostawiania w zasięgu danej sieci komórkowej;
- WiFi, sieć bezprzewodowa małego zasięgu, większość obecnych telefonów, tabletów, laptopów i innych urządzeń jest wyposażona w moduł WiFi, dla zapewnienia dostępu do Internetu konieczny jest router lub punkt dostępowy WiFi;
- Bluetooth, protokół dedykowany dla sieci osobistych, pozwala łączyć ze sobą urządzenia wyposażone w moduł Bluetooth, dedykowany dla wymiany małej ilości danych, zapewnia stosunkowo duże prędkości transmisji;
- ZigBee, protokół dedykowany dla sieci typu mesh i aplikacji, które wymagają niskiej przepustowości, zapewnia energooszczędność urządzeniom bateryjnym, przeznaczony do sieci, w której wymiana danych przebiega sporadycznie lub w której urządzenia

Internet przedmiotów

wyposażone w czujniki bądź urządzenia wejściowe przekazują dane do ujścia (włączniki światła, liczniki, systemy bezpieczeństwa);

- Z-Wave – protokół bezprzewodowy dla domowej automatyki, szczególnie do zdalnego kontrolowania urządzeń domowych lub oświetlenia, wykorzystuje radio niskiej mocy;
- 6LoWPAN (IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks) zwany również bezprzewodowym Internetem systemów wbudowanych, zapewnia obsługę protokołu IP przez najmniejsze urządzenia i sensory, tak żeby mogły być one włączone w strukturę Internetu rzeczy.

Projektanci urządzeń zastanawiając się nad wyborem konkretnej technologii muszą uwzględniać szereg zależności: czy urządzenia będą stacjonarne czy mobilne, czy będą miały dostęp do źródła zasilania czy będą zasilane z baterii, jak duża przepustowość będzie konieczna, czy łączność powinna mieć charakter ciągły czy sporadyczny.

Jednym z podstawowych rodzajów sieci realizujących różnego rodzaju idee Internetu rzeczy są sieci sensorowe mające zastosowanie w teledzieleniu czy szeroko pojętych systemach monitorowania. Nieustanny rozwój technologii w dziedzinie telekomunikacji umożliwił projektowanie czujników i sensorów mogących komunikować się w sposób bezprzewodowy. Sieci, w których skład wchodzi takie urządzenia, nazywane są bezprzewodowymi sieciami sensorowymi (ang. *Wireless Sensor Networks*). Technologia ta, obecnie na etapie badań, jest wdrożona w niewielkim stopniu, lecz perspektywy szerszego jej zastosowania są bardzo obiecujące.

Przewiduje się, że obszarami, w których szczególnie stosowane będą tego typu rozwiązania dotyczą dziedzin związanych z ochroną środowiska, nadzorem procesów technologicznych, medycyną, robotyką, wojskowością, ochroną mienia, nadzorem inteligentnych budynków, zastosowaniami domowymi. Sieci sensorowe dla realizacji Internetu rzeczy mają specyficzne wymagania na czas życia, energooszczędność protokołów, mechanizmy samokonfiguracji i samoorganizacji. Rozwój tych sieci, a także ich integracja z istniejącym Internetem stanowią główny nurt badań wielu ośrodków badawczych. Proponowane rozwiązania są bardzo często dopiero w fazie prototypów.

Urządzeniom, z których składa się bezprzewodowa sieć sensorowa, stawiane są wysokie wymagania. Najważniejszym z nich jest efektywne zarządzanie energią, gdyż zwykle są one zasilane baterijnie. W wielu zastosowaniach wymiana baterii jest bardzo uciążliwym zajęciem, niekiedy niewykonalnym lub kosztownym, nie tylko ze względu

Internet przedmiotów

na koszt baterii. Kolejnym, także bardzo istotnym wymogiem jest koszt urządzenia, który musi zostać ograniczony do minimum, ze względu na liczbę sensorów, która nierzadko będzie sięgać tysięcy dla pojedynczej sieci. Każdy węzeł sieci (ang. *node*) zawiera procesor, transceiver radiowy (nadajnik-odbiornik) oraz czujnik pozyskujący dane, które następnie są przesyłane zwykle do węzła centralnego, tzw. ujścia sieci, stacji bazowej. Struktura sieci może być bardziej złożona - przekazywanie danych z węzłów do ujścia sieci może się odbywać nie bezpośrednio, a z udziałem innych węzłów (sieć typu multihop). Procesor w węźle dysponuje stosunkowo małymi zasobami; ograniczona jest ilość pamięci RAM, pamięci przeznaczonej na kod programu, a także moc obliczeniowa. Fakt ten znacząco wpływa na dobór algorytmów, które mogą zostać zaimplementowane w celu poprawnego działania urządzenia jako węzła sieci.

Ostatnią warstwą architektury Internetu rzeczy jest warstwa aplikacji, która jest najbardziej rozbudowana. Jej zasadniczą rolą jest dostarczenie usług i aplikacji dla użytkownika poprzez stworzenie spójnej platformy wymiany danych gromadzonych przez wszystkie urządzenia, a także ich odpowiednia interpretacja, ustalenie ich ważności czy wzajemnych powiązań. Obejmuje następujące funkcje: zapewnienie bezpieczeństwa korzystania z usług i bezpieczeństwa danych, lokalizacja i udostępnienie usług, przechowywanie i analiza danych. W warstwie tej wykorzystuje się różnorakie technologie baz danych, hurtowni danych, chmur obliczeniowych, metod eksploracji danych. Opis tych technologii jest poza zakresem niniejszego opracowania.

Główne kierunki rozwoju

Kierunki rozwoju są związane z zapotrzebowaniem na technologię: nanoelektronika, systemy telekomunikacyjne, sensory, smartfony, systemy wbudowane, chmury obliczeniowe i aplikacje.

Internet przedmiotów

Trendy technologiczne w najważniejszych obszarach rozwoju Internetu rzeczy, na następne 10 lat podsumowuje poniższa tabela^{8,9}:

| | 2012-2015 | 2015-2020 | 2020 i później |
|---------------------------|---|---|---|
| Technologie identyfikacji | Ujednoczone środowisko identyfikacji obiektów Otwarty interfejs dla sieci Internetu rzeczy | Zarządzanie identyfikacją Technologie semantyczne Zapewnienie prywatności | Identyfikacja za pomocą „kodu DNA rzeczy” |
| Architektura | Zdefiniowanie architektury Internetu rzeczy Sieć dla sieci architektur Zasady współdziałania między platformami | Architektura adaptacyjna bazująca na kontekście Mechanizmy samo* (samoorganizacji, konfiguracji, optymalizacji, rekonfiguracji, ochrony, lokalizacji, zasilania) | Architektury kognitywne Architektury empiryczne |
| Sieć | Sieci samoświadome treści Sieci samoorganizujące się Transparentna lokalizacja sensorów Sieci niewrażliwe na opóźnienia Sieci przechowywania danych Hybrydowe technologie sieciowe | Dalszy rozwój sieci świadomych treści | Sieci kognitywne Sieci samouczące się Sieci samo naprawiające się |
| Aplikacje | Rozwój technologii semantycznych Aplikacje sieci społecznych | Aplikacje zorientowane na cel Rozproszona inteligencja Środowiska M2M | Aplikacje zorientowane na użytkownika Aplikacje Człowiek-Maszyna |
| Bezpieczeństwo | Zorientowane na użytkownika zapewnianie prywatności oparte na treści i wymaganiach Przetwarzanie danych z uwzględnieniem prywatności danych Wirtualizacja i anonimizacja | Profile bezpieczeństwa i gwaranci prywatności oparte na potrzebach Bezpieczeństwo oparte na treści | Samo adaptacja stosowanych zasad bezpieczeństwa i bezpieczeństwa protokołów |

⁸ The Internet of things, 2012 New Horizons, European Research Cluster on the Internet of things.

⁹ Dr. Ovidiu Vermesan et al. Internet of Things Strategic Research Roadmap

Przykłady wdrożeń koncepcji, dobre praktyki w świecie

Wdrożenia koncepcji Internetu rzeczy są już faktem¹⁰: istnieją systemy obsługi upraw wyposażone w łącza bezprzewodowe, które zbierają dane z odległych satelitów i czujników umieszczonych w glebie, tak, aby dostosować „obsługę” do faktycznego stanu upraw, przykładowo dostarczenia nawozu do obszarów, które tego potrzebują. W Japonii bilbordy wyświetlają informację bazując na ocenie i próbie wpassowania przechodnia w określony profil konsumenta. Również w Japonii automaty z napojami czy batonikami same wysyłają zamówienie w zależności od stopnia opróżnienia.

Nokia opatentowała technologie, która pozwala tworzyć magnetyczne tatuaże, które mogą być sparowane z telefonem i wibrują, kiedy telefon dzwoni lub otrzymuje SMSa. Istnieje technologia, która pozwala tworzyć interaktywne rzeźby, ściany, które potrafią reagować na ruch człowieka czy dźwięk, materiały czułe na temperaturę, które dynamicznie zmieniają stopień przezroczystości [3]. W Holandii w tym roku została oddana do użytku droga, która została pokryta powłoką czułą na temperaturę. Kiedy temperatura spada poniżej 0, na drodze pojawiają się wizerunki w kształcie dużych płatków śniegu, co ma ostrzegać kierowców przed śliską nawierzchnią. W przeciwieństwie do znaków drogowych, które raz umieszczone wzdłuż drogi, po pewnym czasie są ignorowane przez kierowców, te interaktywne znaki, które pojawiają się tylko w określonych warunkach atmosferycznych, znacznie lepiej przyciągają uwagę kierowców i mają wpływ na bezpieczniejszą jazdę.

Firmy ubezpieczeniowe oferują klientom urządzenia komputerowe, które monitorują zachowania w czasie kierowania samochodem i zwracają tę informację z powrotem do firmy. Dane są następnie wykorzystywane do dostosowania składki ubezpieczeniowej. Allstate Insurance jest jedną z firm, która z powodzeniem stosuje monitoring kierowców i na bieżąco analizuje dane pochodzące z czujników i w przypadku wykrycia niebezpiecznego manewru lub zbyt szybkiej jazdy zapala się czerwona lampka na tablicy rozdzielczej informująca kierowcę o niebezpiecznej jeździe.

¹⁰ Fred Cripe, Internet of Things: Evolving transactions into relationship; Technology forecast. 2013. Issue 01.

Internet przedmiotów

Stan wdrożenia IoT w woj. śląskim

Województwo śląskie cechuje się największą w kraju gęstością zaludnienia (375 osób / km²). Pod względem powierzchni zajmuje ono 14. miejsce w kraju (3,9% powierzchni), natomiast pod względem liczby mieszkańców jest to 2. miejsce (12% ludności)¹¹. Gospodarczo województwo należy do najsilniejszych regionów w Polsce i zajmuje 3. miejsce pod względem wytwarzania Produktu Krajowego Brutto (PKB) na głowę mieszkańca. Ogółem wytwarza się tutaj 13% PKB, mniej jedynie od województwa mazowieckiego¹². Na terenie województwa znajdują się liczne zakłady przemysłowe, huty i kopalnie, bardzo silnie reprezentowana jest branża informatyczna, region ma również znaczący potencjał badawczy. Nakłady inwestycyjne w przedsiębiorstwach są również bardzo duże w porównaniu do reszty kraju. Województwo jest dobrze skomunikowane, silnie zurbanizowane i uprzemysłowione. Wszystkie te czynniki sprzyjają wdrożeniom najnowszych technologii.

Liczne ośrodki przemysłowe są dobrą platformą testowania i wdrażania rozwiązań związanych z podnoszeniem bezpieczeństwa pracy, automatyzacji przepływu informacji od odbiorcy końcowego do producenta, automatyką przemysłową, miernictwem przemysłowym. Jedną z intensywniej rozwijanych gałęzi jest górnictwo. W ciągu ostatnich lat, w bardzo wielu kopalniach wdrożono systemy telemetryczne do monitorowania zagrożeń gazowych¹³. Prace prowadzone są przy współdziałaniu ośrodków naukowo-badawczych: Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Główny Instytut Górnictwa oraz KOMAG, a także wydziałów Politechniki Śląskiej.

Przykładem realizacji z zakresu inteligentnego miasta jest Centrum Sterowania Ruchem w Gliwicach. Centrum zostało uruchomione w ramach projektu „Rozbudowa systemu detekcji na terenie miasta Gliwice wraz z modernizacją wybranych sygnalizacji świetlnych, etap I”. System ma zapewnić bezpieczny i szybszy przejazd przez miasto. W chwili obecnej obejmuje on 60 skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, na których

¹¹ Ludność. Stan i struktura demograficzno-społeczna. Narodowy spis powszechny ludności i mieszkań 2011. Główny Urząd Statystyczny.

¹² Produkt krajowy brutto – rachunki regionalne w 2010 roku. Główny Urząd Statystyczny.

¹³ Stanisław Wasilewski: Systemy kontroli i monitorowania zagrożeń gazowych w polskich kopalniach węgla kamiennego.

Internet przedmiotów

zainstalowano kamery monitorujące liczbę samochodów i odstępy między nimi. Zebrane dane są na bieżąco analizowane i wykorzystane do dostosowania długości cykli świetlnych tak, aby zapewnić jak największą przepustowość dróg. Drugim elementem systemu jest śledzenie drogi autobusów i wykrywanie sytuacji, że autobus jest spóźniony. W takiej sytuacji droga, na której się znajduje, otrzyma zielone światło.

Na terenie województwa sukcesywnie prowadzi się wymianę liczników różnych mediów na odczytywane zdalnie. Dane pomiarowe są następnie udostępniane do systemów informatycznych dystrybutora mediów. Na chwilę obecną, nie ma jeszcze wdrożonych systemów, które udostępniają odbiorcy dokładne dane pozwalające na monitorowanie zużycia zasobu.

Potencjalne korzyści i zastosowania wdrożenia IoT w woj. śląskim

Potencjał Internetu ujawnia się, gdy jest w najszerszym możliwym zakresie wykorzystywany przez biznes, administrację i obywateli¹⁴. Korzyści z wdrożenia różnorodnych realizacji Internetu rzeczy są bezsporne. Włącznie się w trwającą rewolucję cyfrową nie jest opcją, a koniecznością. Już za kilka lat wzrost gospodarczy i stopień konkurencyjności będzie zależał od istnienia i uczestniczenia w inteligentnych systemach, które będą stanowiły podstawę funkcjonowania głównych dziedzin gospodarki²⁰.

Wdrożenia rozwiązań Internetu rzeczy są spójne ze strategiami wymienionymi w Narodowym Programie Foresight „POLSKA 2020”, którego celem jest „identyfikacja powstających technologii generycznych, które posiadają potencjał wytworzenia najwyższych korzyści gospodarczych oraz społecznych”. W części 4 „Scenariusze rozwoju Polski do 2020” roku w Polu Badawczym "Technologie Informacyjne i Telekomunikacyjne", wśród najważniejszych kierunków badawczych wymienia się również te, które obejmują Internet rzeczy:

- Systemy informacyjne: systemy pozyskiwania i gromadzenia informacji; przetwarzanie zasobów zgromadzonej informacji do postaci użytecznej wiedzy wraz z technikami automatycznego rozumienia informacji tekstowej i obrazowej; reprezentacja wiedzy i struktury danych; wydobywanie wiedzy (data mining);

¹⁴ Narodowy plan szerokopasmowy, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji.

Internet przedmiotów

rozpoznawanie, analiza i przetwarzanie języka naturalnego; rozpoznawanie i synteza mowy; kreowanie, analiza i przetwarzanie obrazów; semantyczna analiza obrazów i dźwięków; tworzenie rzeczywistości wirtualnej (w tym wrażeń zmysłowych oraz tworzenie awatarów); systemy multimedialne; interfejsy; wyszukiwarki semantyczne; systemy wspomaganie i optymalizacji decyzji; analiza sieci społecznych; informatyka neurokognitywna; informacja w systemach typu pervasive; archiwizacja, uwierzytelnianie i ochrona dostępu do informacji.

- Sieci i transmisja danych: architektura systemów informatycznych nowych generacji; Internet nowej generacji; sieci sensorowe; systemy monitorowania otoczenia i procesów; systemy i sieci komunikacji personalnej; dynamiczne systemy rozproszone; technologie kompozycji i integracji aplikacji rozproszonych; protokoły komunikacyjne; nowe architektury elastycznych (inteligentnych) usług informacyjnych w rozproszonych systemach informatycznych (dziś SOA, SAS); systemy wrażliwe na kontekst; technologie wirtualizacji zasobów systemów rozproszonych; systemy autonomicznego i adaptowalnego zarządzania zasobami; ochrona prywatności, biometria i metody uwierzytelniania; bezpieczeństwo i niezawodność infrastruktury.

Korzyści społeczne obejmują¹⁴: wzrost stopy zatrudnienia, zwiększenie liczby osób aktywnych zawodowo, w szczególności osób niesprawnych fizycznie. Oszczędności wynikające z redukcji kontaktu osobistego z usługami publicznymi.

Dla przedsiębiorstw, wdrażanie różnego rodzaju rozwiązań Internetu rzeczy niesie za sobą dwojakie korzyści: wynikające z produkcji i sprzedaży technologii oraz związane z oferowaniem usług. O ile sprzedaż urządzeń generuje zysk na stałym poziomie, o tyle sprzedaż usług powiązanych z danym produktem może go znacząco zwiększyć. Firmy, zakłady produkcyjne, praktycznie niezależnie od profilu będą musiały wpasować się w nowy model biznesowy oparty na świadczeniu usług. Zmiany będą konieczne począwszy od momentu projektowania produktów, aby wyposażyć je w inteligentne czujniki czy moduły wykonawcze, zapewnić łączność z Internetem, przystosować do pracy w chmurze, zadbać o nowe oprogramowanie w tym aplikacje dla użytkowników mobilnych. W różnych sektorach gospodarki globalnej rodzi się również wiele nowych modeli biznesowych opartych na komunikacji sieciowej². Internet rzeczy wymusza łączenie i nawiązywanie współpracy pomiędzy firmami, które dotychczas pozostawały w różnych obszarach

Internet przedmiotów

Firmy IT, które będą w stanie zapewnić wsparcie technologiczne w procesie zmian związanych z wdrażaniem Internetu rzeczy znacząco zwiększą swoją konkurencyjność. Firmy telekomunikacyjne oraz firmy z branży zaawansowanych technologii IT będą w stanie w większym stopniu wykorzystać potencjał Internetu rzeczy w porównaniu do pozostałych firm informatycznych. Z drugiej strony firmy produkcyjne, energetyczne i detaliczne mają największe możliwości w zakresie zwiększenia konkurencyjności. Firma Cisco dokładnie wskazuje najważniejsze dla ich rozwoju obszary¹⁵:

| | |
|--------------------|---|
| Firmy produkcyjne | Wielowymiarowa analiza danych w czasie rzeczywistym, zintegrowana współpraca oparta na przekazie wideo, zdalne śledzenie zasobów fizycznych, inteligentne roboty. |
| Firmy energetyczne | Integracja danych z czujników, możliwość wyszukiwania specjalistów w sytuacji, gdy źródła produkcji energii i ekspertów dzielą duże odległości, analityka predykcyjna. |
| Firmy detaliczne | Wizualizacja danych i analityka predykcyjna, stosowanie modelu „BYOD” (Bring Your Own Device), czyli używanie przez pracowników w miejscu pracy swoich prywatnych urządzeń (laptopów, smartfonów, tabletów), marketing oparty na lokalizacji. |

Na terenie województwa śląskiego obszary miejskie są położone blisko siebie, zabudowę można określić jako gęstą oraz średnio gęstą. Badania, testowanie i wdrażanie rozwiązań Internetu rzeczy prowadzone na terenie o takich cechach mają duże znaczenie praktyczne dla terenów silnie zurbanizowanych, dlatego też region, ze względu na swoją specyfikę, ma również wysoki potencjał badawczo-rozwojowy.

W regionie największe znaczenie ekonomiczne będą miały wdrożenia z zakresu inteligentnych miast, transportu, systemów energetycznych i ochrony środowiska. Ze względu na już istniejącą dobrą infrastrukturę telekomunikacyjną bariery technologiczne związane z wdrażaniem nowych rozwiązań są dużo mniejsze niż na obszarach słabiej rozwiniętych gospodarczo.

¹⁵ J. Bradley, J. Loucks, A. Noronha, J. Macaulay, L. Buckalew: Raport z badania ankietowego, Internet Wszechrzeczy 10 najważniejszych wniosków z badania przeprowadzonego przez firmę Cisco.

Zasoby mogące pomóc wprowadzić koncepcję IoT w woj. śląskim

Województwo śląskie jest jednym z najmniejszych w kraju, ale jednocześnie silnie zurbanizowane i uprzemysłowione. Swój specyficzny charakter zawdzięcza obecności surowców mineralnych, które przez kilka wieków napędzały koniunkturę, w dalszym ciągu duże znaczenie ma górnictwo węgla kamiennego, hutnictwo żelaza, cynku i ołowiu, energetyka, przemysł elektromaszynowy, spożywczy i chemiczny, a w ostatnim okresie również przemysł motoryzacyjny¹⁶.

Województwo jest atrakcyjne inwestycyjnie, co wynika z jego położenia, rynku zbytu, zaplecza surowcowego, dobrze rozwiniętej infrastruktury, kultury i dyscypliny pracy, uzbrojenia terenu, bliskości trzech lotnisk międzynarodowych, portu rzeczno-giwińskiego w Gliwicach i szerokotorowej linii kolejowej w Sławkowie, a także liczne strefy ekonomiczne przy dużych miastach regionu.

Na terenie województwa jest 38 czynnych kopalni węgla kamiennego, które zapewniają 91% całej produkcji krajowej, 25 hut i zakładów hutniczych, w których jest produkowanych 63,0% wyrobów walcowanych, 42,6% koksu, 68,8% stali surowej w stosunku do produkcji całego kraju, a także 21 elektrowni i elektrociepłowni przemysłowych oraz 22 elektrownie i elektrociepłownie zawodowe, które ogółem wytwarzają 20% energii elektrycznej. Na bazie przemysłu wydobywczego rozwinęły się branże związane z jego obsługą, czyli przede wszystkim nowoczesny przemysł maszynowy, dysponujący odpowiednim parkiem oraz doświadczoną kadrą pracowniczą¹⁶.

Województwo jest również drugim co do wielkości, ośrodkiem badawczym w kraju, składającym się ze 112 jednostek, w tym: 36 jednostek naukowych i badawczo--rozwojowych (w tym m.in. 6 placówek naukowych PAN oraz 26 jednostek badawczo--rozwojowych), 46 jednostek rozwojowych i 14 szkół wyższych prowadzących badania w tym zakresie.

System łącznościowy województwa mimo wyraźnego w ostatnich latach postępu w zakresie telefonii przewodowej i komórkowej jest nadal niewystarczający w stosunku do istniejących potrzeb.

¹⁶ Strategia rozwoju województwa śląskiego na lata 2000-2020. Dostępna online (2013): http://bip.slaskie.pl/STRATEGIA/strategia_07_05

Internet przedmiotów

Na terenie województwa bardzo silnie reprezentowana jest branża informatyczna, koncentracja firm tego sektora przebiega przez trzy sąsiednie województwa: małopolskie, śląskie, dolnośląskie. Zdolność do świadczenia wysokiej jakości usług niskopoziomowego programowania zintegrowanego ze sprzętem, istniejące centra rozwoju oprogramowania zintegrowanego ze sprzętem to niewątpliwie silny atut.

Bariery potencjalnie utrudniające wdrożenie IoT

a) Bariery technologiczne

Wiele problemów technologicznych może spowolnić wdrożenie Internetu rzeczy. Trzy najważniejsze to wdrożenie IPv6, zasilanie sensorów, uzgodnienie standardów.

Pula adresów IPv4 skończyła się w lutym 2010 roku³. Zdarzenie to, praktycznie nie zostało zauważone przez aktywnych użytkowników Internetu, dlatego też przeciętny użytkownik końcowy nie widzi potrzeby przechodzenia na nowy format adresu. Brak nowego schematu adresacji może utrudnić rozwój Internetu rzeczy, gdyż miliardy nowych urządzeń potencjalnie będą potrzebować unikalnego adresu IP. Dodatkowo IPv6 ułatwia zarządzanie i komunikację w sieci, dzięki implementacji mechanizmów autokonfiguracji, transmisji multicastowej, lepszym mechanizmom bezpieczeństwa, itp.

Dla osiągnięcia maksimum korzyści Internetu rzeczy nowo podłączane sensory powinny być samowystarczalne, jeżeli chodzi o energię elektryczną. Można sobie wyobrazić jakim problemem byłaby wymiana baterii w miliardach urządzeń rozproszonych po całym świecie. Dlatego też konieczne jest zasilanie sensorów korzystając z energii wytwarzanej za pomocą wibracji, światła słonecznego, przepływu wody czy powietrza lub innych.

W ostatnich latach, widać zintensyfikowane wysiłki różnych grup standaryzacyjnych, szczególnie w dziedzinach związanych z bezpieczeństwem, prywatnością, architekturą i komunikacją. Jednym z ważniejszych problemów związanych z IPv6, jest opracowanie standardów, które zapewnią routing pakietów IPv6 przez różne rodzaje i typy sieci.

Wśród państw Unii Europejskiej Polska zajmuje jedno z końcowych miejsc ze względu na liczbę gospodarstw domowych z dostępem do łączy szerokopasmowych. Wydajna infrastruktura jest warunkiem podstawowym dla wdrożenia jakichkolwiek rozwiązań Internetu rzeczy.

Internet przedmiotów

Konieczność posiadania nowoczesnych sieci potwierdzają światowe trendy¹⁴. Dynamicznie rozwija się rynek urządzeń wymagających dostępu do Internetu. Szacuje się, że w 2017 roku liczba tabletów będących w użytku wyniesie 650 milionów (w porównaniu do 250 milionów wykorzystywanych w 2012 roku), co powoduje wzrost zapotrzebowania na pasmo do 3,2GB miesięcznie na użytkownika tabletu. Jeżeli chodzi o urządzenia typu smartphone, to rynek w 2017 roku ma liczyć 3,1 miliarda urządzeń (w porównaniu do 1 miliarda w roku 2012), co zwiększy zapotrzebowanie na pasmo do poziomu 1,1GB miesięcznie na użytkownika¹⁷. Obserwujemy również konwergencję usług. Szacuje się wzrost liczby subskrypcji triple play, czyli usługi, która łączy w jednym pakiecie Internet, telefon i telewizję, do 400mln w roku 2017 (obecnie 150 mln). We Francji prognozowana liczba gospodarstw kupujących łączone mobilne i stacjonarne usługi szerokopasmowe wynosi 75% (dla porównania w roku 2009, było to kilka procent)¹⁸.

Gwałtownie rośnie liczba powstających aplikacji i usług. Nowoczesne usługi mają bardzo zróżnicowane zapotrzebowanie na pasmo, co przedstawia poniższa tabelka¹⁹:

| 1Mb/s - 5Mb/s | 10Mb/s - 100 Mb/s | 100Mb/s - 1Gb/s | 1Gb/s - 10Gb/s |
|---|--|--------------------------------|---|
| Przeglądanie dużych stron | Telemedycyna | Telemedycyna HD | Aplikacje badawcze |
| Wysyłanie maili z dużym załącznikiem | Usługi edukacyjne | Nadawanie wideo HD | Wideokonferencje bardzo wysokiej jakości |
| Współdzielenie plików | Zaawansowane gry | Zaawansowane usługi edukacyjne | Zdalne uczestnictwo w wydarzeniach sportowych/kulturalnych w wysokiej jakości |
| Nadawanie wideo (SD) | Nadawanie wideo (SD i w małym zakresie HD) | Zaawansowane IPTV/ VOD HD | Zdalna kontrola narzędzi medycznych/naukowych |
| IPTV SD | IPTV HD | Gry (wirtualna rzeczywistość) | Zdalne interaktywne wizualizacje |
| Telepraca | Telepraca (wysokiej jakości wideo) | | Wirtualna rzeczywistość |
| Streaming muzyki | Wysokiej jakości wideokonferencje | | Przesył danych Tb |
| Zdalny nadzór | Nadawanie wideo (HD) | | |

¹⁷ Traffic and market report Ericsson, czerwiec 2012

¹⁸ Analysys Mason, 2013

¹⁹ Tim Kelly, Carlo Maria Rossotto, Broadband strategies handbook, 2012.

Internet przedmiotów

| | | | |
|--|----------------------------------|--|--|
| | Nadzór HD | | |
| | Kontrola inteligentnych budynków | | |

Bariery społeczne

Wprowadzenie nowych technologii, w szczególności wprowadzenie udogodnień technologicznych dla osób w podeszłym wiek (ang. *Ambient Assisted Living*), może spotkać się z następującymi problemami:

- Opór w stosunku do używania nowych technologii
- Niemożność używania nowych technologii
- Niejasne korzyści ze stosowania udogodnień technologicznych.

Brak dostępu lub dostęp do łączy wąskopasmowych znacząco utrudni lub uniemożliwi aktywne korzystanie z nowo powstałych usług. Polska jest nierównomiernie rozwiniętym społeczeństwem cyfrowym²⁰. Nieco ponad 50% Polaków korzysta z Internetu, w tej grupie są przede wszystkim osoby młode, lepiej wykształcone, mieszkańcy miast. Wśród osób po 50 roku życia, jedynie 20% korzysta z dostępu do Internetu. W rejonach słabiej zurbanizowanych i uboższych mieszkańcy z jednej strony często nie czują potrzeby dostępu do nowoczesnej infrastruktury telekomunikacyjnej, z drugiej, z uwagi na wyższy koszt budowy sieci na terenach słabiej zurbanizowanych, a co za tym idzie niską stopę zwrotu, inwestycje te są ekonomicznie nieuzasadnione dla inwestorów prywatnych, a tym samym dostęp ten jest niemożliwy. Wśród osób, które nie korzystają z Internetu, 20% żyje w gospodarstwie domowym wyposażonym w komputer i ma możliwość skorzystania z usług dostawcy internetowego, ale nie widzi takiej potrzeby. Na obecny poziom wykorzystania Internetu wpływają niskie umiejętności i brak motywacji, które wynikają z niedostatecznej edukacji w zakresie korzystania z usług cyfrowych i nowych technologii oraz brak usług i treści dostosowanych do potrzeb potencjalnych użytkowników.

Upowszechnienie się Internetu przyniosło ze sobą olbrzymie zmiany w relacjach międzyludzkich, zarówno te pozytywne (zniesienie barier terytorialnych, oszczędność czasu, łatwość i szybkość komunikacji) jak i negatywne (osłabienie bezpośrednich relacji z innymi ludźmi). Internet jest nieodłącznym składnikiem życia większości młodych ludzi w odniesieniu do rozrywki, kontaktów społecznych i pozostałych aspektów życia codziennego. W przyszłości będzie to grupa wywierająca silny wpływ na kierunki rozwoju

²⁰ Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności. Część III. Polska cyfrowa.

Internet przedmiotów

Internetu rzeczy, co może prowadzić do jeszcze mocniejszego odizolowania części społeczeństwa, która nie wpisuje się w główny nurt potrzeb.

Podłączenie „wszystkiego” do Internetu, samodzielne podejmowanie decyzji przez urzędnika i inicjowanie działania, ciągły monitoring budzą obawy potencjalnych użytkowników, którzy widzą to jako zagrożenie dla prywatności i swobód obywatelskich.

Bariery prawne

Podczas korzystania z rozwiązań Internetu rzeczy, zachowanie poufności i prywatności jest kluczowe zarówno dla osób prywatnych jak i firm, czy różnorodnych organizacji. Rozwiązania technologiczne, gwarantujące bezpieczeństwo, to zbyt mało, aby zapewnić wystarczającą ochronę wszystkim użytkownikom. Istniejące regulacje i przepisy prawne, muszą być dostosowane do nowej rzeczywistości, zanim Internet rzeczy stanie się codziennością. Jednakże ze względu na tempo zmian, państwo może nie nadążyć z budowaniem norm prawnych. Z tego powodu, w wielu krajach europejskich proces tworzenia prawa uległ decentralizacji. Tworzenie norm funkcjonowania w sieci przekazano organizacjom społecznym i gospodarczym. Powyższe ma jeszcze jeden pozytywny skutek, oprócz przyspieszenia procesu tworzenia nowego prawa, mianowicie prawa i obowiązki w sieci są wypracowywane w oparciu o konsensus w ramach grupy zainteresowanej danym problemem, co zwiększa skuteczność stosowania prawa w praktyce.

Kolejnym problemem jest zasięg nowych przepisów. Wydaje się, że stworzenie prawa krajowego nie będzie wystarczające. Brak granic dla technologii musiałby iść w parze z tworzeniem się prawa i przepisów o zasięgu ogólnosięwiatowym.

Rozszerzanie zasięgu przepisów i regulacji dotyczą nie tylko kwestii bezpieczeństwa. Problem ten dotyczy m.in.:

- regulacji w zakresie wykorzystania pasma radiowego,
- regulacji norm związanych z promieniowaniem elektromagnetycznym,
- regulacji związanych z ochroną środowiska.

Literatura uzupełniająca:

1. The Internet of Things, 2012, New Horizons, Ian G Smith, IERC – Internet of Things European Research Cluster.
2. Daniele Miorandi, Sabrina Sicari, Francesco De Pellegrini, and Imrich Chlamtac. 2012. Survey Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Netw.* 10, 7 (September 2012), 1497-1516.
3. Internet of Things: Evolving transactions into relationships, Fred Cripe; Technologyforecast. 2013. Issue 01,
4. Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. 2010. The Internet of Things: A survey. *Comput. Netw.* 54, 15 (October 2010), 2787-2805.
5. Thomas Vilarinho, Babak A. Farshchian, Jacqueline Floch, and Bjorn Magnus Mathisen. 2013. A Communication Framework for the Internet of People and Things Based on the Concept of Activity Feeds in Social Computing. In *Proceedings of the 2013 9th International Conference on Intelligent Environments (IE '13)*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 1-8
6. Tomás Sánchez López, Damith C. Ranasinghe, Mark Harrison, and Duncan Mcfarlane. 2012. Adding sense to the Internet of Things. *Personal Ubiquitous Comput.* 16, 3 (March 2012), 291-308.
7. Zhuo Zhou; Min Liu; Feng Zhang; Li Bai; Weiming Shen, A data processing framework for IoT based online monitoring system, *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2013 IEEE 17th International Conference on* , vol., no., pp.686,691, 27-29 June 2013.
8. Chao Chen and Sumi Helal. 2011. A device-centric approach to a safer internet of things. In *Proceedings of the 2011 international workshop on Networking and object memories for the internet of things (NoME-IoT '11)*. ACM, New York, NY, USA, 1-6.
9. Chayan Sarkar, Vijay S. Rao, R Venkatesha Prasad, Abdur Rahim, and Ignas Niemegeers. 2012. A distributed model for approximate service provisioning in internet of things. In *Proceedings of the 2012 international workshop on Self-aware internet of things (Self-IoT '12)*. ACM, New York, NY, USA, 31-36.
10. Becker, Martin and Mueller, Juergen and Hotho, Andreas and Stumme, Gerd. A Generic Platform for Ubiquitous and Subjective Data. 1st International Workshop on

Internet przedmiotów

Pervasive Urban Crowdsensing Architecture and Applications, PUCAA 2013, Zurich, Switzerland -- September 9, 2013. Proceedings. New York, NY, USA, ACM, Year 2013.

11. Hussein, D.; Han, S.N.; Xiao Han; Gyu Myoung Lee; Crespi, N., "A Framework for Social Device Networking," *Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), 2013 IEEE International Conference on* , vol., no., pp.356,360, 20-23 May 2013
12. Manzari, S.; Catini, A.; Di Natale, C.; Marrocco, G., "Ambient sensing by chemical-loaded UHF-RFIDs," *Antennas and Propagation (EuCAP), 2013 7th European Conference on* , vol., no., pp.1718,1720, 8-12 April 2013.
13. Xiaofei Wang; Jin Tao Wang; Xun Zhang; Jian Song, "A multiple communication standards compatible IoT system for medical usage," *Faible Tension Faible Consommation (FTFC), 2013 IEEE* , vol., no., pp.1,4, 20-21 June 2013
14. Yongsheng Ding; Yanling Jin; Lihong Ren; Kuangrong Hao, "An Intelligent Self-Organization Scheme for the Internet of Things," *Computational Intelligence Magazine, IEEE* , vol.8, no.3, pp.41,53, Aug. 2013
15. A.J. Jara, M.A. Zamora, and A.F. Skarmeta. (2011). An internet of things—based personal device for diabetes therapy management in ambient assisted living (AAL). *Personal and Ubiquitous Computing*. doi:10.1007/s00779-010-0353-1
16. Ming Wang; Guiqing Zhang; Chenghui Zhang; Jianbin Zhang; Chengdong Li, "An IoT-based appliance control system for smart homes," *Intelligent Control and Information Processing (ICICIP), 2013 Fourth International Conference on* , vol., no., pp.744,747, 9-11 June 2013
17. Bhandari, S.R.; Bergmann, N.W., "An internet-of-things system architecture based on services and events," *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, 2013 IEEE Eighth International Conference on* , vol., no., pp.339,344, 2-5 April 2013.
18. Fu Ying; Li Fengquan, "Application of Internet of Things to the Monitoring System for Food Quality Safety," *Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), 2013 Fourth International Conference on* , vol., no., pp.296,298, 29-30 June 2013.
19. Lambros Lambrinos and Aristotelis Dosis. 2013. Applying mobile and internet of things technologies in managing parking spaces for people with disabilities. In *Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication (UbiComp '13 Adjunct)*. ACM, New York, NY, USA, 219-222

Internet przedmiotów

20. Yuxi Liu, Guohui Zhou, Key Technologies and Applications of Internet of Things, IEEE Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, Hunan China, pp: 197-200, 2012.
21. Miao W., Ting L., Fei L., ling S., Hui D., 2010. Research on the architecture of Internet of things. IEEE International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), Sichuan province, China, Pages: 484-487.
22. Jinxin Z., Mangui L., 2010. A New Architecture for Converged Internet of Things. International Conference on Internet Technology and Applications, Beijing, China, Pages: 1-4.
23. Zhang J, Liang M., 2010. A New Architecture for Converged Internet of Things. IEEE
24. International Conference on Internet Technology and Applications, Wuhan, China, Pages: 1-4.
25. Andrea Goldsmith; Wireless Communication, Cambridge University Press, 2005.
26. Min-Xiou Chen, Yin-Din Wang, An efficient location tracking structure for wireless sensor networks, Computer Communications, Volume 32, Issues 13-14, 17 August 2009, Pages 1495-1504, ISSN 0140-3664,
27. Jennifer Yick, Biswanath Mukherjee, Dipak Ghosal, Wireless sensor network survey, Computer Networks, Volume 52, Issue 12, 22 August 2008, Pages 2292-2330, ISSN 1389-1286,
28. Dilip Kumar, Trilok C. Aseri, R.B. Patel, EEHC: Energy efficient heterogeneous clustered scheme for wireless sensor networks, Computer Communications, Volume 32, Issue 4, 4 March 2009, Pages 662-667, ISSN 0140-3664,
29. Yinghui Huang and Guanyu Li. 2010. A Semantic Analysis for Internet of Things. In *Proceedings of the 2010 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation - Volume 01 (ICICTA '10)*, Vol. 1. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 336-339.
30. Zhou, Jiehan and Leppänen, Teemu and Harjula, Erkki and Ylianttila, Mika and Ojala, Timo and Yu, Chen and Jin, Hai. CloudThings: A common architecture for integrating the Internet of Things with Cloud Computing.
31. Mayordomo, I.; Spies, P.; Meier, F.; Otto, S.; Lempert, S.; Bernhard, J.; Pflaum, A., "Emerging technologies and challenges for the Internet of Things," *Circuits and Systems (MWSCAS), 2011 IEEE 54th International Midwest Symposium on* , vol., no., pp.1,4, 7-10 Aug. 2011



Obserwatorium ICT
www.obserwatoriumict.pl

Data publikacji: wrzesień 2013

Park Naukowo-Technologiczny "Technopark Gliwice" ul. Konarskiego 18C, 44-100 Gliwice
info@technopark.gliwice.pl | www.technopark.gliwice.pl



Raport współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego