



Politechnika  
Wrocławska



## **Wprowadzenie do Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things - IoT)**

### **Urządzenia Internetu Rzeczy: czujniki, elementy wykonawcze, urządzenia inteligentne i systemy wbudowane**

*Podstawy Internetu Rzeczy*

*Materiał stanowi własność Autora*

*i, w szczególności, nie może być rozpowszechniany i udostępniany bez Jego zgody.*

*©Wszelkie prawa zastrzeżone.*



Politechnika  
Wrocławska

## **O czym będziemy rozmawiać?**

Wprowadzenie do Internetu Rzeczy

Urządzenia w Internecie Rzeczy

Wyzwania związane z Internetem Rzeczy

Materiał ten zawiera informacje opracowane na podstawie wybranych materiałów źródłowych oraz cytowania dosłowne z tych materiałów.

Spis użytych materiałów źródłowych znajduje się na końcu, w wykazie literatury.

Zachęcam do sięgnięcia po materiały źródłowe w celu poszerzenia wiedzy.

Wszelkie znaki występujące tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

## O czym będziemy rozmawiać?

Wprowadzenie do Internetu Rzeczy

Urządzenia w Internecie Rzeczy

Wyzwania związane z Internetem Rzeczy

## Co powoduje, że myślimy o Internecie Rzeczy?

- ▶ Otaczają nas urządzenia umożliwiające komunikację: telefony, tablety, ...
- ▶ Codziennie pracujemy na komputerach podłączonych do Internetu.
- ▶ Inteligentne urządzenia komunikujące się z nami i podłączone do sieci są stopniowo wprowadzane do naszych domów.
- ▶ Możemy sprawdzić online, gdzie jest nasz przyjaciel lub autobus, na który czekamy.
- ▶ Możemy kupić buty łączące się z aplikacją, która śledzi nasze treningi. Ta aplikacja może połączyć się poprzez Internet z chmurą obliczeniową w celu przechowywania i analizowania zgromadzonych danych.
- ▶ Mamy czujniki przeciwpożarowe rozmieszczone w budynkach, które komunikują się z centralą.
- ▶ Wjeżdżając na parking, często widzimy tablice informujące o liczbie wolnych miejsc.
- ▶ Wiemy, że nasze samochody są wyposażone w specjalne magistrale, które umożliwiają komunikację między urządzeniami w samochodzie.
- ▶ ...

5 / 48

## Co powoduje, że myślimy o Internecie Rzeczy?

- ▶ Czujemy, że żyjemy w świecie, w którym urządzenia bliższe i dalsze **komunikują się** coraz częściej pomiędzy sobą i z nami.
- ▶ Żyjemy w świecie, w którym tworzymy sieci, nie tylko społecznościowe, ale także z urządzeniami, z **rzeczami**.
- ▶ Sieci te są powiązane poprzez **Internet** i stanowią Internet Rzeczy.

6 / 48

## Czym jest Internet Rzeczy (ang. IoT)? <sup>[1]</sup>

Formalna definicja podana przez  
International Telecommunication Union (ITU):

**Internet Rzeczy (IoT)** : “Globalna infrastruktura dla społeczeństwa informacyjnego, umożliwiająca zaawansowane usługi poprzez łączenie (fizycznych i wirtualnych) rzeczy w oparciu o istniejące i rozwijające się interoperacyjne technologie informacyjne i komunikacyjne.

**UWAGA 1** Dzięki wykorzystaniu możliwości identyfikacji, przechwytywania danych, przetwarzania i komunikacji, IoT w pełni wykorzystuje rzeczy do oferowania usług dla wszelkiego rodzaju aplikacji, zapewniając jednocześnie spełnienie wymagań bezpieczeństwa i prywatności.

**UWAGA 2** Z szerszej perspektywy Internet Rzeczy można postrzegać jako wizję o implikacjach technologicznych i społecznych.”<sup>[1]</sup>

## Rzeczy i urządzenia w IoT <sup>[1]</sup>

**rzecz** “ W odniesieniu do Internetu Rzeczy jest to obiekt świata fizycznego (rzeczy fizyczne) lub świata informacji (rzeczy wirtualne), który można zidentyfikować i zintegrować z sieciami komunikacyjnymi.

**urządzenie** W odniesieniu do Internetu Rzeczy jest to sprzęt z obowiązkową możliwością komunikacji i opcjonalnymi możliwościami funkcjonalnymi czujnika, elementu wykonawczego, zbierania danych, gromadzenia danych i przetwarzania danych.”<sup>[1]</sup>

## Początki IoT

- ▶ 1982 - Carnegie Mellon University - Maszyna do dystrybucji napojów gazowanych (Coke Machine) podłączona do Internetu, która raportuje swoje wypełnienie napojami. <sup>[2]</sup>
- ▶ 1990 - John Romkey and Simon Hackett podłączyli toster do Internetu za pomocą protokołu TCP/IP i sterowali nim za pomocą Simple Networking Management Protocol Management Information Base (SNMP MIB). <sup>[3]</sup>
- ▶ 1999 - Kevin Ashton wprowadził termin "Internet Rzeczy", aby opisać nowy pomysł połączenia łańcucha dostaw w przedsiębiorstwie z Internetem. Wykorzystał technologię RFID (Radio Frequency Identification). <sup>[4]</sup>
- ▶ W międzyczasie podłączono wiele innych urządzeń.

9 / 48

## Ewolucja Internetu w kierunku Internetu Rzeczy <sup>[5]</sup>

### Connectivity - dostęp cyfrowy

Wymiana informacji i wyszukiwanie informacji przy użyciu technik internetowych, takich jak strony internetowe i poczta elektroniczna.

### Networked Economy - biznes cyfrowy

Producenci, dostawcy i konsumenci bezpośrednio połączeni cyfrowo za pomocą oprogramowania i usług sieciowych, które obsługują między innymi handel elektroniczny, łańcuchy dostaw, itp.

### Immersive Experiences - interakcje cyfrowe (dosłownie: wciągające doświadczenia)

Współpraca internetowa, media społecznościowe i wideo są łatwo dostępne za pośrednictwem urządzeń mobilnych. Coraz więcej aplikacji przenosi się do chmur, aby poprawić komfort użytkowania i dostępność.

### Internet Rzeczy - cyfrowy świat

Połączenia: Machine-to-Machine (M2M), People to Machine (P2M), Machine to People (M2P). Ogromny wzrost danych i wiedzy.

10 / 48

W dalszej części prezentacji, rola Internetu Rzeczy zostanie zilustrowana kilkoma przykładami z różnych dziedzin.

## Przykład: "Podłączony" samochód <sup>[5]</sup>

- ▶ router bezprzewodowy:
  - ▶ połączenie z rozrywką internetową: muzyka, filmy, pliki do pobrania, streaming itp.,
  - ▶ dostęp do map umożliwiających pozycjonowanie z użyciem GPS, które umożliwiają dynamiczne wyznaczanie trasy w celu uniknięcia dużego ruchu, wypadków i innych niebezpiecznych sytuacji;
- ▶ podłączone czujniki:
  - ▶ pomiar parametrów pracy elementów samochodu i ich transmisja do jednostki sterującej w celu podjęcia odpowiednich akcji przez jednostkę sterującą,
  - ▶ identyfikacja i zapobieganie potencjalnym problemom z elementami samochodu,
  - ▶ obserwacja otoczenia w celu uniknięcia kolizji,
  - ▶ optymalizacja zużycia paliwa;
- ▶ łączność miejska:
  - ▶ wymiana informacji z systemami miejskimi w celu zmniejszenia natężenia ruchu,
  - ▶ zwiększona efektywność użytkowania samochodu,
  - ▶ unikanie zagrożeń z wykorzystaniem informacji pochodzących z systemów miejskich.

## Przykład: Połączone podsystemy w budynku <sup>[6]</sup>

- ▶ bezpieczeństwo i sterowanie dostępem,
- ▶ detekcja intruzów,
- ▶ cyfrowe video,
- ▶ wykrywanie ognia i alarmy,
- ▶ wykrywanie dymu,
- ▶ zarządzanie informacjami o zużyciu energii,
- ▶ dostawa energii i zarządzanie obciążeniem,
- ▶ sterowanie oświetleniem i wymiana jego elementów,
- ▶ kontrola parametrów środowiskowych,
- ▶ kontrola jakości powietrza w pomieszczeniach,
- ▶ zarządzanie zasobami wodnymi,
- ▶ usługi konserwacji ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji (HVAC),
- ▶ lokalizator konieczności mechanicznej konserwacji i modernizacji zasobów,
- ▶ serwis techniczny,
- ▶ integracja z systemami przedsiębiorstwa.

13 / 48

## Przykład: Połączony świat <sup>[6]</sup>

- ▶ połączone zarządzanie budynkami i obiektami - na przykład, w inteligentnych miastach,
- ▶ Industry 4.0 - inteligentna fabryka,
- ▶ zdalny przemysł - zmniejszona lokalna załoga skoncentrowana na samym procesie produkcyjnym, zdalna załoga skoncentrowana na optymalizacji procesu produkcyjnego,
- ▶ logistyka i śledzenie przedmiotów - na przykład, zarządzanie materiałami produkcyjnymi i częściami,
- ▶ inteligentne rolnictwo - na przykład, kontrola poziomu wilgotności gleby,
- ▶ inteligentne pomiary - pomiar zużycia energii i planowanie produkcji energii,

14 / 48

## Przykład: Połączony świat <sup>[6]</sup>

- ▶ oświetlenie uliczne - sterowanie oświetleniem ulicznym i zbieranie danych z czujników wbudowanych w światła, takich jak temperatura, wilgotność, mgła, zanieczyszczenie itp., które są kluczowe dla zarządzania ruchem i jego bezpieczeństwem,
- ▶ inteligentny parking - informacje o wolnych miejscach parkingowych, lub zajętych, ale z nieuiszczoną opłatą za miejsce parkingowe,
- ▶ zarządzanie ruchem - pomaga skierować ruch na mniej zatłoczone ulice,
- ▶ zarządzanie odpadami - na przykład, dostarcza informacje o pełnych pojemnikach.

15 / 48

## Internet Rzeczy dla biznesu <sup>[6]</sup>

- ▶ zdalne monitorowanie,
- ▶ konserwacja zapobiegawcza,
- ▶ bezpieczeństwo osobiste,
- ▶ ocena jakości w czasie rzeczywistym,
- ▶ ocena stanu obiektów,
- ▶ efektywność produktów dzięki cyfryzacji i automatyzacji,
- ▶ redukcja kosztów pozycji dzięki lepszemu zarządzaniu obiektami.

Wartość dla biznesu wynika z oszczędności czasu lub oszczędności innych zasobów, na przykład zasobów finansowych, materiałów, powierzchni magazynowej, minimalizacji strat, itp.

16 / 48



Internet Rzeczy może obejmować cały świat. Jednak korzysta z różnych typów sieci w zależności od potrzeb aplikacyjnych. Niech przegląd tych technologii stanie się pretekstem do spojrzenia na wybrane przykłady różnych zastosowań Internetu Rzeczy o różnym zasięgu.

## Rodzaje sieci, które mogą być częścią Internetu Rzeczy

- WAN - Wide Area Network - sieć rozległa - umożliwia połączenia w zakresie całego globu łącząc prawie wszystko.
- MAN - Metropolitan Area Network - sieć metropolitalna - łączy w obszarze miasta lub pojedynczego obszaru zurbanizowanego składającego się z wielu miast. Ten typ sieci może być wykorzystywany w infrastrukturze inteligentnych miast.
- CAN - Campus Area Network - sieć kampusowa - łączy budynki rozproszone w określonym obszarze, zwykle administrowanym przez jeden podmiot (organizację, firmę lub uniwersytet). Można ją wykorzystać do budowy infrastruktury bezpieczeństwa w kampusie.
- LAN - Local Area Network - obejmuje sieć, która nie jest rozproszona geograficznie, zwykle nie wykracza poza budynek i jest własnością jednego podmiotu. Można na przykład zbudować sieć do sterowania i konserwacji systemu ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (ang. HVAC - heating, ventilation and air conditioning) w budynku.
- HAN - Home Area Network - sieć domowa - obejmuje mieszkanie lub dom jednej rodziny. Mieszkańcy mogą komunikować się z urządzeniami w całym domu lub mieszkaniu, na przykład, w celu sterowania temperaturą, oświetleniem, itp.

## Rodzaje sieci, które mogą być częścią Internetu Rzeczy

- CAN - Car Area Network - sieć samochodowa - umożliwia podłączenie różnych jednostek sterujących, czujników, układów takich jak ABS w samochodzie. Zwykle jest implementowany przez standard Controller Area Network (CAN).
- PAN - Personal Area Network - sieć osobista - zwykle wykorzystuje technologie bezprzewodowe i służy do łączenia się z bezpośrednio otaczającymi urządzeniami, na przykład, drukarkami.
- BAN - Body Area Network - sieć w obszarze ciała ludzkiego (proponycja tłumaczenia) - urządzenia bliskiego zasięgu i wyjątkowo niskiej mocy umieszczone w ubraniach (rzeczy do noszenia), na ciele lub w ciele ludzkim, na przykład, czujniki monitorowania serca.

Istnieje jeszcze wiele innych, których liczba jest ograniczona inwencją człowieka: sieć samolotowa, sieć pociągowa, sieć autobusowa, sieć okrętowa, jeśli wspomniane zostaną tylko te związane z pojazdami.

Widać, że liczba typów sieci jest dość wysoka. Wynika to z różnorodności aplikacji IoT. W każdym z tych typów można zastosować inne technologie. Ponieważ jednak wprowadzono różne obszary sieci i urządzeń IoT, uproścmy tę skomplikowaną systematykę i zdefiniuj dwa typy sieci:

- ▶ sieci o zasięgu lokalnym - używane do łączenia czujników, urządzeń wykonawczych i jednostek sterujących na obszarze o średnicy nieprzekraczającej kilku metrów i często wewnątrz rzeczy w rozumieniu Internetu Rzeczy lub między rzeczami na krótkie odległości (CAN (samochód, sterownik), PAN, BAN);
- ▶ sieci dalekiego zasięgu - umożliwiają komunikację między rzeczami, w rozumieniu Internetu Rzeczy, w odległościach przekraczających kilka metrów (WAN, MAN, CAN (Campus), LAN, HAN).

Biorąc pod uwagę te dwa zakresy, zostaną krótko zaprezentowane przykłady technologii transmisji danych.

Należy pamiętać, że linia podziału nie jest ścisła, a niektóre z wymienionych technologii można zakwalifikować do obu typów.

## Technologie dla sieci o zasięgu lokalnym

- ▶ USB,
- ▶ UART i USART,
- ▶ SPI,
- ▶ I2C,
- ▶ 1Wire,
- ▶ CAN.
- ▶ Bluetooth
- ▶ NFC
- ▶ różne wersje IEEE 802.15.4
- ▶ ...

21 / 48

## Technologie sieci dalekiego zasięgu

- ▶ kablowe połączenia WAN: WAN Ethernet, DSL, ATM, Frame-Relay, ISDN, kabel koncentryczny (włączając telewizję kablową), itp.,
- ▶ 2G/3G/4G
- ▶ LTE,
- ▶ LoRaWAN,
- ▶ ZigBee
- ▶ różne wersje IEEE 802.11 (Wi-Fi),
- ▶ Ethernet,
- ▶ IEEE 1901.2a,
- ▶ RS232,
- ▶ RS485,
- ▶ ...

Bardziej szczegółowy opis wymienionych technologii zostanie zaprezentowany w wykładach poświęconych transmisji danych.

22 / 48

## Co Internet Rzeczy łączy? <sup>[6]</sup>

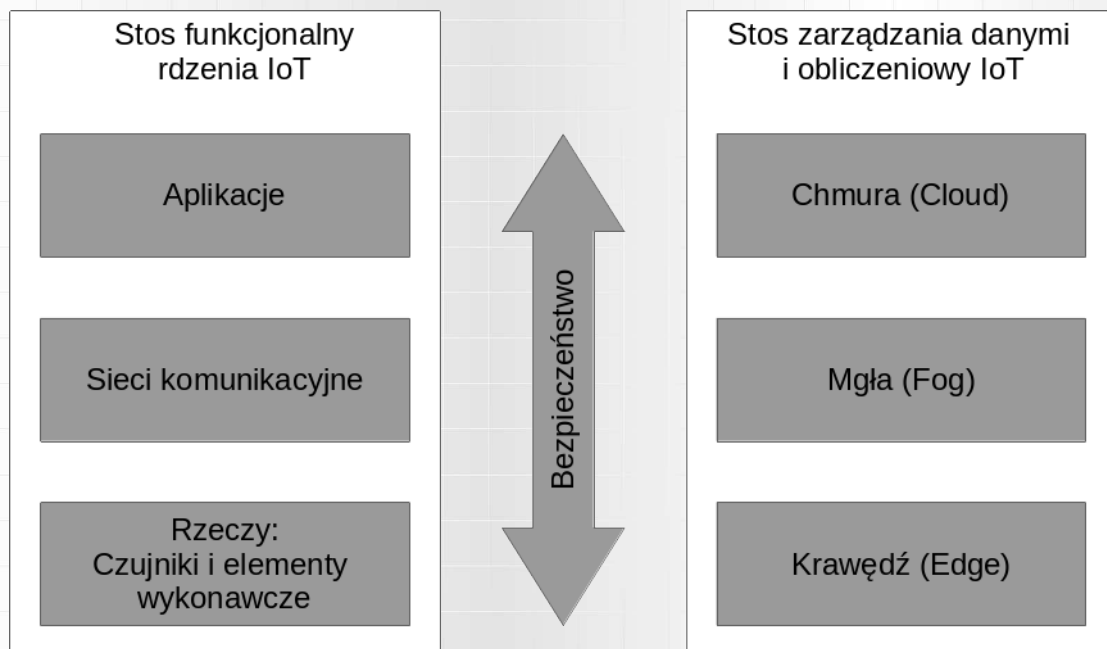
Rzeczy : czujniki, urządzenia, maszyny, pojazdy, ...

Systemy : aplikacje biznesowe, systemy analityczne, hurtownie danych, systemy sterowania, systemy utrzymania, systemy ERP/CRM/PLM, ...

Ludzie : partnerzy biznesowi, sprzedawcy i klienci, pracodawcy i pracownicy, lekarze i pacjenci, ...

23 / 48

## Uproszczona architektura IoT <sup>[5]</sup>



24 / 48

## Stos funkcjonalny rdzenia IoT <sup>[5]</sup>

- ▶ Aplikacje:
  - ▶ aplikacje specyficzne dla dziedziny, na przykład, SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition),
  - ▶ analityka.
- ▶ Sieci komunikacyjne:
  - ▶ zarządzanie sieciami IoT (CoAP, MQTT),
  - ▶ warstwa transportu sieci,
  - ▶ bramy i sieć dosyłowa (ang. backhaul network),
  - ▶ sieci dostępowe (FAN (Field Area Network), LoRa (Long Range), PLC (Power Line Communications)).
- ▶ Rzeczy:
  - ▶ czujniki,
  - ▶ elementy wykonawcze.

25 / 48

## Stos zarządzania danymi i obliczeniowy IoT <sup>[5]</sup>

Zarządzanie danymi i obliczenia są wykonywane w:

- ▶ Chmura (Cloud) - chmura lub centralne centrum danych,
- ▶ Magła (Fog) - bramy i sieć tranzytowa,
- ▶ Krawędź (Edge) - w czujnikach.

W kolejnych wykładach wrócimy do tematów związanych z architekturą i projektowaniem dla Internetu Rzeczy.

26 / 48

## O czym będziemy rozmawiać?

Wprowadzenie do Internetu Rzeczy

Urządzenia w Internecie Rzeczy

Wyzwania związane z Internetem Rzeczy

## Czujniki (Sensory)

- ▶ Czujniki służą do pomiaru wielkości fizycznych.
- ▶ Czujniki zazwyczaj dostarczają miary ilościowe (nie jakościowe).
- ▶ Czujniki podają wynik pomiaru w postaci:
  - ▶ sygnału cyfrowego, jeżeli czujniki są wyposażone w analogowy przetwornik cyfrowy (ADC - Analog-Digital Converter).
  - ▶ sygnału analogowego, zwykle elektrycznego w postaci napięcia lub prądu odpowiadającego zmierzonej wartości, i sygnał ten musi być dalej przetwarzany (mierzony) przez mikrokontroler wyposażony w ADC.

## Typy czujnika: [5]

- ▶ aktywny / pasywny,
- ▶ inwazyjny / nieinwazyjny,
- ▶ kontaktowy / bezkontaktowy,
- ▶ bezwzględny / względny,
- ▶ obszary zastosowania: zastosowania przemysłowe, konsumenckie, itp.,
- ▶ metody pomiaru: optyczne, elektryczne, termoelektryczne, piezorezystancyjne, itp.

29 / 48

## Wielkości fizyczne mierzone przez czujniki: [5]

- ▶ pozycja,
- ▶ położenie i ruch przedmiotów,
- ▶ prędkość i przyspieszenie przedmiotu,
- ▶ siła,
- ▶ ciśnienie,
- ▶ przepływ,
- ▶ wielkości akustyczne,
- ▶ wilgotność,
- ▶ światło,
- ▶ promieniowanie,
- ▶ temperatura,
- ▶ wielkości chemiczne,
- ▶ bioczujniki,
- ▶ ...

30 / 48

## Elementy wykonawcze (ang. actuators) <sup>[5]</sup>

- ▶ Element wykonawczy umożliwia urządzeniu fizyczny wpływ na środowisko.
- ▶ Wpływ ten ma zwykle postać siły, ruchu, przesunięcia, obrotu, itp.
- ▶ Elementy wykonawcze można sklasyfikować ze względu na:
  - ▶ rodzaj ruchu - liniowy, obrotowy, itp.,
  - ▶ zapotrzebowanie na moc i jej zużycie - wysokie, niskie, mikro, itp.,
  - ▶ rodzaj energii - elektryczna, sprężone powietrze, płyn hydrauliczny pod ciśnieniem, itp.,
  - ▶ liczba stanów stabilnych - binarna, ciągła, itp.,
  - ▶ obszary zastosowania: zastosowania przemysłowe, konsumenckie, itp.

31 / 48

## Typy elementów wykonawczych <sup>[5]</sup>

- ▶ mechaniczny - dźwignia, korba, podnośnik śrubowy, itp.,
- ▶ elektryczny - dioda, tranzystor, tyrystor, triak, itp.,
- ▶ elektromechaniczny - silniki prądu przemiennego, stałego, krokowe, itp.,
- ▶ elektromagnetyczny - elektromagnes, elektromagnesy liniowe, itp.,
- ▶ hydrauliczny - cylindry, tłoki, zawory, silniki, itp.,
- ▶ pneumatyczne - cylindry, tłoki, zawory, silniki, itp.,
- ▶ inteligentne materiały wykonawcze - stop z pamięcią kształtu, materiał magnetorezystywny, pasek bimetaliczny, bimorf piezoelektryczny, itp.
- ▶ elementy wykonawcze mikro i nano - silniki elektrostatyczne, napęd grzebieniowy, mikrozawór, itp.
- ▶ ...

32 / 48



## Rzeczy - Inteligentne urządzenia

- ▶ czujniki,
- ▶ elementy wykonawcze,
- ▶ moduł komunikacyjny,
- ▶ mikrokontroler (jednostka przetwarzająca):
  - ▶ oddzielna część urządzenia,
  - ▶ wbudowany w moduł komunikacyjny,
  - ▶ element wbudowany w moduł czujnika (wyjście cyfrowe),
- ▶ źródło zasilania w autonomicznym urządzeniu niezasilanym zewnętrznym.

33 / 48

## Rzecz - inteligentne urządzenie - synonimy (prawie) [6]

- ▶ rzecz (thing),
- ▶ inteligentne urządzenie (smart device),
- ▶ inteligentny sensor (smart sensor),
- ▶ urządzenie Internetu Rzeczy (IoT device),
- ▶ inteligentna rzecz (smart thing),
- ▶ inteligentny węzeł (intelligent node),
- ▶ inteligentna rzecz (intelligent thing),
- ▶ wszechobecna rzecz (ubiquitous thing),
- ▶ inteligentne produkty (intelligent products),
- ▶ ...

34 / 48

## Systemy wbudowane

- ▶ System wbudowany to połączenie sprzętu i oprogramowania.
- ▶ Od strony sprzętowej jest to złożone wyspecjalizowane urządzenie wyposażone w czujniki, elementy wykonawcze, itp.
- ▶ System wbudowany wyróżnia się oprogramowaniem. Zwykle nie jest to prosty program sterujący urządzeniami peryferyjnymi, ale system operacyjny, który musi spełniać wymagania systemów czasu rzeczywistego. W tym systemie instalowane jest dedykowane oprogramowanie określające funkcjonowanie systemu.
- ▶ Bardzo często taki system, w postaci modułu z mikroprocesorem lub mikrokontrolerem, pamięcią, urządzeniami peryferyjnymi, itp., jest częścią większego systemu.
- ▶ Systemy wbudowane mają cały system operacyjny, w którym implementowany jest protokół IP. Dlatego stają się naturalnym kandydatem na urządzenie (rzecz) w Internecie Rzeczy.

35 / 48

## O czym będziemy rozmawiać?

Wprowadzenie do Internetu Rzeczy

Urządzenia w Internecie Rzeczy

Wyzwania związane z Internetem Rzeczy

## Skala [5, 6]

- ▶ Liczba urządzeń jest ogromna. Ta ogromna liczba urządzeń powoduje problemy z przyznaniem niepowtarzalnych identyfikatorów, a następnie komunikacją z liczbą urządzeń, które przesyłają ogółem dużą ilość danych.
- ▶ Ogromna liczba istniejących obecnie i potencjalnych czujników IoT jest nieproporcjonalna do obecnych standardów i możliwości sieciowych.
- ▶ Adresowanie IPv4 staje się coraz bardziej problematyczne, ponieważ pula nieużywanych adresów jest już (prawie) wyczerpana.
- ▶ Usługa translacji adresów sieciowych (NAT), obecnie szeroko stosowana w IPv4, nie rozwiązuje problemu, ponieważ uniemożliwia bezpośrednie adresowaniu urządzeń z dowolnego miejsca w Internecie Rzeczy.
- ▶ Rozwiązaniem problemu wydaje się być protokół internetowy w wersji 6 (IPv6).
- ▶ Protokół został wprowadzony wiele lat temu. Jednak jego praktyczne zastosowanie jest nadal ograniczone, pomimo zalet, jakie może zaoferować pod względem liczby dostępnych adresów.

37 / 48

## Big Data [5, 6]

- ▶ Duża ilość danych jest generowana przez urządzenia, zwłaszcza te, które monitorują środowisko lub mierzą zużycie mediów, takich jak woda, prąd, itp.
- ▶ Wyzwaniem jest przesyłanie tak dużych ilości danych, a następnie ich przechowywanie i analiza.
- ▶ Nawet jeśli pojedyncze urządzenie nie generuje dużego strumienia danych, wiele urządzeń powoduje, że połączony strumień jest duży i może powodować trudności w transmisji i analizie danych.
- ▶ Dlatego istnieje potrzeba zlokalizowania usług analitycznych jak najbliżej urządzeń.

38 / 48

## Analiza danych w czasie rzeczywistym [5, 6]

- ▶ Dane w IoT wymagają analizy w czasie rzeczywistym. Należy tego dokonać w rozsądnym czasie, który jest ściśle uzależniony od wymagań środowiska wdrożeniowego.
- ▶ Systemy przetwarzające dane w trybie wsadowym mogą być niewystarczające.
- ▶ Z tego powodu obliczenia analityczne są rozproszone i umieszczone jak najbliżej źródeł danych.

39 / 48

## Ograniczenia transmisji danych [5, 6]

- ▶ Jeśli do transmisji używane są sieci przewodowe, nie ma znaczących ograniczeń związanych z transmisją danych.
- ▶ Występuje jednak problem z dostępnością. Sieci przewodowe nie są dostępne we wszystkich miejscach, w których znajdują się urządzenia IoT, zwłaszcza te wyposażone w czujniki środowiskowe.
- ▶ W wielu szczególnych przypadkach sieci przewodowe są po prostu niewygodne w użyciu, na przykład urządzenia z czujnikami *na* lub w ciele ludzi czy zwierząt.
- ▶ Urządzenia, szczególnie mobilne, mają ograniczenia ze względu na źródło zasilania. Mogą wpływać na szybkość, zasięg i jakość transmisji bezprzewodowej.
- ▶ Należy założyć, że transmisja danych jest stratna, szczególnie w trudnych warunkach terenowych, w warunkach miejskich, z dużą ilością zakłóceń elektromagnetycznych, itp.

40 / 48

## Ograniczenia urządzeń [5, 6]

- ▶ Koszty urządzenia, ograniczenia wielkości urządzenia i źródła zasilania mogą ograniczać dostępną moc obliczeniową (CPU), ilość pamięci, urządzenia peryferyjne, itp.
- ▶ Mogą istnieć ograniczenia dotyczące kosztów urządzeń, które ustalą ograniczenia dotyczące sprzętu i jego jakości. Dotyczy to w szczególności urządzeń wyposażonych w czujniki, które gubią się po zakończeniu pomiarów.

41 / 48

## Interoperacyjność [5, 6]

- ▶ Internet Rzeczy wprowadza na rynek wiele nowych architektur, technologii, protokołów i standardów.
- ▶ Między twórcami (właścicielami) toczy się pewien rodzaj walki, ponieważ ich akceptacja przez ogół pozwala na zyski finansowe. Niektóre z nich oparte są na zastrzeżonych rozwiązaniach, inne są otwarte.
- ▶ Standaryzacja przeprowadzona w ramach Internetu Rzeczy próbuje rozwiązać ten problem, ale różnorodność rozwiązań jest wciąż ogromna.

42 / 48

## Starsze urządzenia [5, 6]

- ▶ Sieci IoT są wdrażane w środowiskach, w których istnieją nowoczesne urządzenia i starsze urządzenia, które często nie obsługują protokołu IP w żadnej jego wersji.
- ▶ Usługi i protokoły oferowane w ramach IoT powinny wspierać komunikację z takimi urządzeniami poprzez tłumaczenie lub tunelowanie starszych metod transmisji. Dotyczy to zarówno mediów transmisyjnych, jak i używanych protokołów.

43 / 48

## Bezpieczeństwo [5, 6]

- ▶ Ze względu na dużą liczbę urządzeń i połączeń przestrzeń ataku znacznie wzrasta.
- ▶ Pomyślnie zaatakowane urządzenia mogą stać się nie tylko źródłem informacji, ale atakujący może przejąć nad nimi pełną kontrolę i wykorzystać je jako źródło ataku na inne urządzenia. W skrajnych przypadkach można wyrządzić nawet fizyczną szkodę człowiekowi (na przykład, gdy urządzenie nadzoruje procesy życiowe).
- ▶ Wymagania bezpieczeństwa muszą być spełnione na każdym poziomie sieci IoT.
- ▶ W IoT używana jest duża liczba połączeń bezprzewodowych. Ułatwia to aplikację IoT, ale utrudnia jej zabezpieczenie.
- ▶ Połączenia bezprzewodowe są bardziej podatne na ataki niż połączenia przewodowe ze względu na powszechny dostęp do medium transmisyjnego.
- ▶ Należy zastosować odpowiednie bezpieczne techniki kryptograficzne do bezpiecznego uwierzytelnienia podmiotów, które łączą się i do szyfrowania przesyłanych danych między nimi.
- ▶ Algorytmy nie są wystarczające. Należy wdrożyć kompleksowe rozwiązania zawierające między innymi odpowiednie protokoły, monitorowanie, wykrywanie i zapobieganie atakom, itp.

44 / 48

## Prywatność [5, 6]

- ▶ Coraz więcej urządzeń IoT towarzyszy nam w życiu codziennym.
- ▶ Stanowią poważne źródło informacji o nas samych, naszych działaniach, nawykach, stylu życia, odwiedzanych miejscach, kupowanych przez nas towarach, sposobie prowadzenia samochodu, itp.
- ▶ Takie informacje mają prawdziwą wartość pieniężną. Można je sprzedawać.
- ▶ Mogą być wykorzystane wbrew naszym interesom. Na przykład firma ubezpieczeniowa, która chce wiedzieć o nas zbyt wiele, może być zainteresowana takimi danymi.

45 / 48

## Literatura

- [1] R. I.-T. Y.2060., *Overview of the Internet of things. Recommendation ITU-T Y.2060. SERIES Y: GLOBAL INFORMATION INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS AND NEXT-GENERATION NETWORKS. Next Generation Networks – Frameworks and functional architecture models.* TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU, 2012.
- [2] CMU SCS Coke Machine webpage.  
<https://www.cs.cmu.edu/~coke/>.  
Retrieved 11 September 2018.
- [3] *The Internet Toaster.*  
[https://www.livinginternet.com/i/ia\\_myths\\_toast.htm](https://www.livinginternet.com/i/ia_myths_toast.htm).  
Retrieved 11 September 2018.
- [4] K. Ashton, *That 'Internet of Things' Thing - In the real world, things matter more than ideas.* RFID Journal, 2009.

46 / 48

## Literatura

- [5] D. Hanes, G. Salgueiro, P. Grossetete, R. Barton, and J. Henry, *IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things*. Fundamentals, Pearson Education, 2017.
- [6] J. Henry and R. Barton, *Internet of Things (IoT) Fundamentals (video live lessons)*. Cisco Press, 2017.

Pytania  
???

Dziękuję za uwagę!

E😊T  
(End of Transmission)