



Politechnika  
Wroclawska

# Internet rzeczy bardziej praktycznie

## Sieci komunikacyjne

Wojciech Myszka

Katedra Mechaniki, Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej

15 czerwca 2023





# Internet rzeczy — jak to wygląda? I

1. Ostatnio coraz bardziej popularne
2. Zaczęło się chyba (na rynku typowo konsumenckim) od oświetlenia
3. W czasach przed-LED można było żarówkę włączyć albo wyłączyć
  - ▶ czasami — być może — zmienić jasność
  - ▶ a koszty...
4. Pojawienie się urządzeń LED pozwoliło zwiększyć liczbę funkcji (jasność i barwa (czy nawet kolor) światła)
5. Interfejs — pierwotnie Wi-Fi (nie ma problemu z energią)
6. Problemy:
  - ▶ niezbyt rozbudowane oprogramowanie
  - ▶ aplikacja końcowa potrafi znaleźć niezarządzane urządzenia i przejąć nad nimi kontrolę

# Internet rzeczy — jak to wygląda? II

- ▶ oprogramowanie kiepskiej jakości i sporo „dziur” — do żarówki można się włamać i z zewnątrz zgasić światło albo włączając i wyłączając żarówkę ją zepsuć

7. Wi-Fi ma swoje ograniczenia...

8. Do tego dochodzą protokoły komunikacyjne

# Fragmentacja rynku

1. Producent X dostarcza żarówki. . .
2. . . oraz kompatybilne z nimi wyłączniki (regulatory jasności)
3. Dbą, żeby konkurencyjne urządzenia nie mogły współpracować
4. Aby zapewnić możliwość sterowania programowego (i zdalnego nadzoru) dostarcza specjalne oprogramowanie. . .
5. . . które nie powinno sprawiać kłopotów użytkownikowi końcowemu
6. Na rynek wchodzi „duzi gracze” (Google, Apple, Amazon) z różnymi głosowymi asystentami

# Galimatias I

1. Urządzenia
2. ....
3. w szczególności **bramki** firmowe
4. Sposób podłączenia
5. Systemy
  - 5.1 Aplikacje firmowe
  - 5.2 Aplikacje „integrujące” (Google, Apple)
  - 5.3 Systemy zarządzania
    - 5.3.2 home assistant
    - 5.3.3 domoticz
    - 5.3.4 ...
6. Protokoły komunikacyjne
  - 6.1 zigbee
  - 6.2 z-wave
  - 6.3 BLE

# Galimatias II

6.4 Wi-Fi

6.5 ...

6.6 matter

7. Urządzenia integrujące

8. Jak zapewnić dostęp do urządzeń zainstalowanych w domu z zewnątrz?

# Typowa sytuacja...

...wygląda tak:

1. Czujniki
2. Urządzenia wykonawcze
3. Urządzenia sterujące
4. ...
5. Bramka
6. Aplikacja
7. Chmura
8. Czasami Alexa, Google Assistant,...

Problem...

... polega na tym, że wszystko związane jest z jednym producentem/dostawcą.

# Protokoły komunikacyjne

W dalszej części omówię najpopularniejsze protokoły komunikacyjne

- ▶ zigbee
- ▶ Z-Wave
- ▶ BLE
- ▶ X10





# zigbee


compliant  
platform

1. Standard IEEE-802-15.4
2. Powstał w 1998

## zigbee II

3. Zestandaryzowawszy 2003, zrewidowany 2006
4. Pasma 2,4 GHz (ale czasami 784 MHz w Chinach, 868 MHz w Europie i 915 MHz w US i Australii)
5. Zasięg 10–100 m
6. Przepustowość od 20 kbit/s (niskie częstotliwości) do 250 kbit/s (2,4 GHz)
7. Transmisja szyfrowana, ale spore kłopoty z przekazywaniem kluczy podczas podłączania nowego urządzenia; klucz o długości 128 bitów, ale rozwiązania programistyczne czynią szyfrowanie bardzo podatnym na ataki
8. Bardzo małe zużycie baterii (aby uzyskać certyfikację bateria musi wytrzymać dwa lata)

## zigbee III

9. Protokół warstwowy, norma definiuje *network layer* i *media access control*
10. Protokół obejmuje topologie:
  - ▶ gwiazdy
  - ▶ drzewa
  - ▶ podstawową architekturę siatki *mesh networking*
11. Protokół tak skonstruowany, aby minimalizować zużycie energii
12. W roku 2017 podstawowy zestaw funkcji został przemianowany na  
Dotdot **dotdot** 
13. A teraz dochodzi jeszcze matter
14. Typowe zastosowania
  - ▶ Automatyka domowa

## zigbee IV

- ▶ Bezprzewodowe sieci czujników
- ▶ Przemysłowe systemy sterowania
- ▶ Czujniki wbudowane (*Embedded sensing*)
- ▶ Zbieranie danych medycznych
- ▶ Wykrywanie dymu
- ▶ Wykrywanie intruzów
- ▶ Automatyzacja budynków (*Building automation*)

### 15. Podstawowe rodzaje urządzeń

- 15.1 Zigbee coordinator (ZC) podstawowy węzeł sieci, może stanowić połączenie z innymi sieciami; może być tylko jeden w sieci
- 15.2 Zigbee router (ZR) przekazuje dane między węzłami, ale może również realizować inne przydatne funkcje.
- 15.3 Zigbee end device (ZED) może tylko komunikować się z routerem lub koordynatorem; może zasypiać aby zminimalizować użycie baterii.



1. Protokół został opracowany w 1999 przez duńską firmę Zensys na potrzeby systemu sterowania oświetleniem
2. System pracuje na częstotliwości 900 MHz



## Z-Wave II

3. Topologia siatki (*mesh*); urządzenia w zasięgu komunikują się każde z każdym; posiadają „inteligencję” pozwalającą na znalezienie ścieżki pomiędzy urządzeniami, które nie „widzą” się nawzajem (ale może to wprowadzać opóźnienia w komunikacji)
4. Powstało konsorcjum (Z-Wave Alliance) zajmujące się opracowywaniem standardów i certyfikacją
5. Szybkość transmisji do 100 kbit/s, w przypadku starszych urządzeń — 9,6 kbit/s
6. Zasięg ok 30–40 m
7. Najprostsza sieć może składać się z dwu węzłów:
  - ▶ urządzenie sterowane
  - ▶ urządzenie sterujące



## Z-Wave III

Kolejne można dodawać w procesie „parowania”.

Urządzenie sterujące zapamiętuje siłę sygnału — zatem parowania trzeba dokonywać w miejscu docelowym.

8. Każda sieć ma swój **Network ID**, a urządzenie — **Node ID** (nadawane przez podstawowy sterownik)
9. Komunikacja jest szyfrowana, ale algorytmy nie są znane.
10. System pod pewnymi względami (współpraca węzłów) lepszy od ZigBee

# BLE I

- ▶ BLE czyli Bluetooth Low Energy albo Bluetootha Smart
- ▶ System **niezależny** od „zwykłego” Bluetootha...
- ▶ ...ale mogący współistnieć z tym zwykłym
- ▶ Operuje znacznie mniejsze zużycie energii (pozwala na wielomiesięczną pracę na jednej baterii pastylkowej)
- ▶ Oferuje taki sam zasięg (teoretycznie maksymalny to 100m)
- ▶ pracuje na tej samej częstotliwości (2,4 GHz)
- ▶ szybkość transmisji 1-3 Mbit/s
- ▶ Szyfrowanie
- ▶ Definiuje zestaw „profilów” pozwalających na realizację wielu funkcji
  - ▶ pozwala na realizację połączeń siatkowych (*mesh*)
  - ▶ podłączanie urządzeń wykorzystywanych w ochronie zdrowia (monitorowanie temperatury ciała, ciśnienia krwi, poziomu cukru)
  - ▶ sport i fitness (rower, bieg, waga, ...)



- ▶ czujniki
- ▶ *Human Interface Device* HID (klawiatury, myszy, . . .)
- ▶ czujniki zbliżeniowe (*proximity sensors*) — *Electronic leash*

# BLE porównanie ze „zwykłym” Bluetooth I

Technical specification	Bluetooth Basic Rate/Enhanced Data Rate technology	Bluetooth Low Energy technology
Distance/range (theoretical max.)	100 m (330 ft)	<100 m (<330 ft)
Over the air data rate	1–3 Mbit/s	125 kbit/s – 500 kbit/s – 1 Mbit/s – 2 Mbit/s
Application throughput	0.7–2.1 Mbit/s	0.27-1.37 Mbit/s
Active slaves	7	Not defined; implementation dependent
Security	56/128-bit and application layer user defined	128-bit AES in CCM mode and application layer user defined
Robustness	Adaptive fast frequency hopping, FEC, fast ACK	Adaptive frequency hopping, Lazy Acknowledgement, 24-bit



## BLE porównanie ze „zwykłym” Bluetooth II

Latency (from a non-connected state)	Typically 100 ms	6 ms
Minimum total time to send data (det. battery life)	0.625 ms	3 ms
Voice capable	Yes	No
Network topology	Scatternet	Scatternet
Power consumption	1 W as the reference	0.01–0.50 W (depending on use case)
Peak current consumption	<30 mA	<15 mA
Service discovery	Yes	Yes
Profile concept	Yes	Yes



# BLE porównanie ze „zwykłym” Bluetooth III

## Primary use cases

Mobile phones, gaming, headsets, stereo audio streaming, smart homes, wearables, automotive, PCs, security, proximity, healthcare, sports & fitness, etc.

Mobile phones, gaming, smart homes, wearables, automotive, PCs, security, proximity, healthcare, sports & fitness, Industrial, etc.

---

# X10 I

- ▶ Historia sięga początku lat siedemdziesiątych
- ▶ W 1975 firma (Pico Electronics) wypuściła swój dziesiąty projekt (X10); produkty używające technologii noszą różne nazwy (X10 Powerhouse, Radio Shack Plug 'n Power, IBM Home Director, RCA Home Control, ...).
- ▶ Do przesyłania cyfrowych informacji użyto sieci energetycznej, używa się fali nośnej 120 kHz, a dane są przesyłane podczas przejść przez zero napięcia. Stosunkowo wysoka częstotliwość używanych sygnałów powoduje, że nie mogą one przedostawać się przez transformatory (i czasami liczniki energii).
- ▶ Komunikacja jest bardzo wolna, potrzebuje trzech czwartych sekundy na przesłanie adresu urządzenia i polecenia.
- ▶ Nie ma żadnego szyfrowania, można spodziewać się problemów gdy kilka mieszkań/domów podłączonych do tej samej sieci używa urządzeń X10.



## X10 II

- ▶ Ponieważ dane są przesyłane tylko podczas przejścia sygnału energetycznego przez zero, protokół komunikacyjny wymaga sporo czasu: przesłanie jednego bitu wymaga dwu przejść przez zero.
- ▶ Dane przesyłane są w pakietach (ramkach); pomiędzy ramkami musi wystąpić 6 przejść przez zero.
- ▶ Protokół pozwala zaadresowanie kilku urządzeń i wysłanie im tej samej komendy.
- ▶ Większość poleceń jest jednokierunkowa (od sterownika do urządzenia), ale możliwe jest żądanie odpowiedzi przez urządzenie.
- ▶ W przypadku zasilania różnych urządzeń z różnych faz — pojawiają się kłopoty z komunikacją pomiędzy fazami. Podczas włączania urządzeń pobierających energię z trzech faz — pojawiają się poważne zakłócenia.
- ▶ Kłopoty sprawiają również zasilacze impulsowe powszechnie używane w komputerach.

- ▶ Instalacja UPSa potrafi uniemożliwić komunikację protokołem X-10 w całej fazie, do której podłączone jest urządzenie.

# Thread (+ dotdot)

1. Thread to implementacja IPv6 na potrzeby internetu rzeczy
  - ▶ łączy *mesh networking* z
  - ▶ niskim zużyciem energii
2. Zakłada się, że będzie wykorzystywany podczas transmisji niewielkiej ilości danych, do przesyłania większej ilości — WiFi

???

Wydaje się, że zapanował chaos. . .



# Oprogramowanie

Najpopularniejsze systemy:

## Best Free Home Automation

■ Recommended ■ Good



# Home assistant I

- ▶ Śledzi stan wszystkich urządzeń w domu.
- ▶ Pozwala na sterowanie wszystkimi urządzeniami za pomocą jednego, przyjaznego dla urządzeń mobilnych interfejsu.
- ▶ Żadne dane nie są przechowywane w chmurze (ale można korzystać z chmury \$\$\$)
- ▶ Oferuje interfejs API REST i może współpracować z MQTT w celu łatwej integracji z innymi projektami, takimi jak OwnTracks.
- ▶ Pozwala na wysyłanie powiadomień za pomocą Instapush, Notify My Android (NMA), PushBullet, PushOver, Slack, Telegram i Jabber (XMPP).
- ▶ Prowadzi dokładną historię każdej zmiany stanu w domu.
- ▶ Pozwala konfigurować zaawansowane reguły, aby kontrolować urządzenia.  
Na przykład
  - ▶ Włącz światła, gdy ludzie wracają do domu po zachodzie słońca.

# Home assistant II

- ▶ Powoli włączaj światła podczas zachodu słońca, aby zrekompensować ubytek światła.
- ▶ Wyłącz wszystkie światła i urządzenia, gdy wszyscy wyjdą z domu.
- ▶ Pełna lista obsługiwanych urządzeń [tutaj](#).

# openHAB

- ▶ Niezależny od dostawcy oraz niezależny od sprzętu/protokołu.
- ▶ Integruje wiele różnych technologii automatyki domowej w jeden.
- ▶ Duże możliwości programowania reguł, który spełniające wszystkie potrzeby w zakresie automatyzacji.
- ▶ Internetowe interfejsy użytkownika, a także natywne interfejsy użytkownika dla systemów iOS i Android.
- ▶ Łatwo rozszerzalny do integracji z nowymi systemami i urządzeniami.
- ▶ Udostępnia interfejsy API do integracji z innymi systemami.
- ▶ Wieloplatformowy.



# Domoticz

- ▶ Rozszerzone rejestrowanie.
- ▶ Powiadomienia push na iPhone'a/Androida.
- ▶ Czujniki/przełączniki automatycznego uczenia się.
- ▶ Ręczne tworzenie kodów przełączników.
- ▶ Udostępnij/Użyj urządzeń zewnętrznych.
- ▶ Zaprojektowany z myślą o prostocie.
- ▶ Nadajnik-odbiornik RFXCom RF.
- ▶ Kolektor urządzeń.
- ▶ Zegary.
- ▶ Powiadomienia (Prowl/NMA).
- ▶ Logowanie.
- ▶ Bezpośrednia kontrola.
- ▶ Przełączniki automatycznego uczenia się.



# MQTT I

## MQTT

*Transport telemetryczny kolejowania wiadomości* (The Message Queuing Telemetry Transport MQTT) to lekki protokół sieciowy typu publikuj-subskrybuj, który przesyła wiadomości między urządzeniami. Protokół zwykle działa przez TCP/IP; jednak każdy protokół sieciowy, który zapewnia uporządkowane, bezstratne, dwukierunkowe połączenia, może obsługiwać MQTT. Jest przeznaczony do połączeń ze zdalnymi lokalizacjami, gdzie wymagany jest „mały ślad kodu” lub przepustowość sieci jest ograniczona. Protokół jest otwartym standardem OASIS i zaleceniem ISO (ISO/IEC 20922).

1. Powstał pod koniec lat 90.
2. Opiera się na dwu rodzajach węzłów

## MQTT II

- ▶ *message broker*
  - ▶ wielu klientów łączących się z brokerem przez sieć
3. Wiadomości zorganizowane są tematami w sposób hierarchiczny
  4. Gdy broker dostaje wiadomość z tematem który subskrybują klienci — przesyła ją do nich
  5. Gdy nikt nie jest wiadomością (tematem) zainteresowany — odrzuca
  6. Istnieje możliwość poproszenia brokera o zachowanie wiadomości (*retained messaga*); zostaje ona zapamiętana i gdy pojawi się klient zainteresowany tym tematem — natychmiast wiadomość otrzyma.
  7. Minimalna wielkość wiadomości to dwa bajty, maksymalna ograniczona jest do 256 megabajtów

## MQTT III

8. MQTT korzysta z protokołu TCP/IP, ale są warianty pozwalające na wykorzystania UDP lub Bluetooth.
9. Domyślny port usługi to 1883 (nieszyfrowana) lub 8883 (szyfrowana)
10. Każdy klient może być zarówno producentem jak i konsumentem wiadomości
11. Główne zalety brokera MQTT to:
  - ▶ Eliminuje wrażliwe i niezabezpieczone połączenia klientów
  - ▶ Można łatwo skalować od jednego urządzenia do tysięcy
  - ▶ Zarządza i śledzi wszystkie stany połączenia klienta, w tym poświadczenia bezpieczeństwa i certyfikaty
  - ▶ Zmniejszone obciążenie sieci bez narażania bezpieczeństwa (sieć komórkowa lub satelitarna)



12. Jednym z możliwych zastosowań MQTT jest przekazywanie komunikatów od „niestandardowych” rzeczy podłączonych do Internetu.
13. Przykład

# MQTT V

Client A

Broker

Client B

