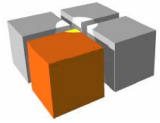


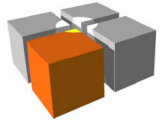
WYKŁAD 14: Wybrane platformy standardowe ZigBee (część I)

Aleksander Pruszkowski
Instytut Telekomunikacji, Politechniki Warszawskiej



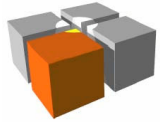
ZigBee - podstawy działania

- Standard ZigBee
 - ZigBee Building/Home Automation
 - Oświetlenie, ogrzewanie/chłodzenie, bezpieczeństwo w budynkach/mieszkaniaach
 - ZigBee Remote Control
 - Urządzenia zdalnego sterowania elektroniką użytkową
 - ZigBee Smart Energy
 - Zbieranie danych z domowych mierników energii/gazu/wody/...
 - ZigBee Health Care
 - Komunikacja między systemami monitoringu stanu osób chorych/starszych
 - ZigBee Input Device
 - Komunikacja bezprzewodowych komputerowych klawiatur/myszy



ZigBee - podstawy działania

- Standard ZigBee, cd.
 - Najnowsze elementy standardu ZigBee to:
 - ZigBee Light Link - współpraca urządzeń domowych z urządzeniami zdalnego sterowania/smartfonami/tabletami
 - ZigBee Retail - monitoring i sterowanie automatami sprzedaży



Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

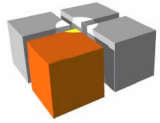
ZigBee - podstawy działania

- Standard ZigBee, cd.
 - ZigBee Alliance nadzoruje standaryzację
 - Określa: architekturę, profile, klastry
 - Specyfikacja ZigBee dla zastosowań nie komercyjnych jest darmowa
 - Budujący aplikacje/urządzenia stosując stos ZigBee można ubiegać się o certyfikat i możliwość używania logo - o ile dane urządzenie przejdzie testy
 - wytwórcy certyfikowanych urządzeń muszą być członkami ZigBee Alliance
 - członkostwo wiąże się z kosztami - różne poziomy zaangażowania



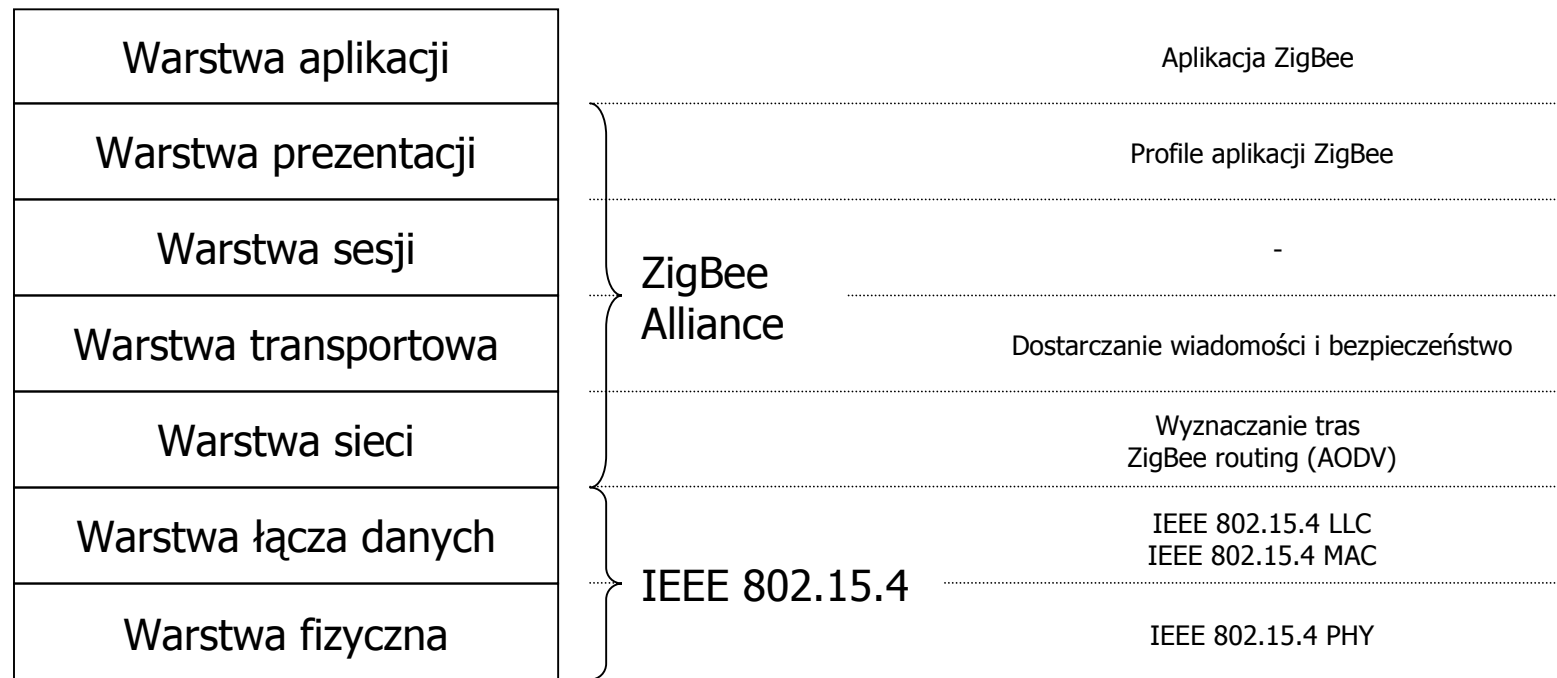
ZigBee®

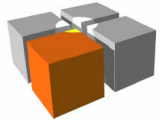
Certified product



ZigBee - podstawy działania

- ZigBee, IEEE 802.15.4 a model OSI





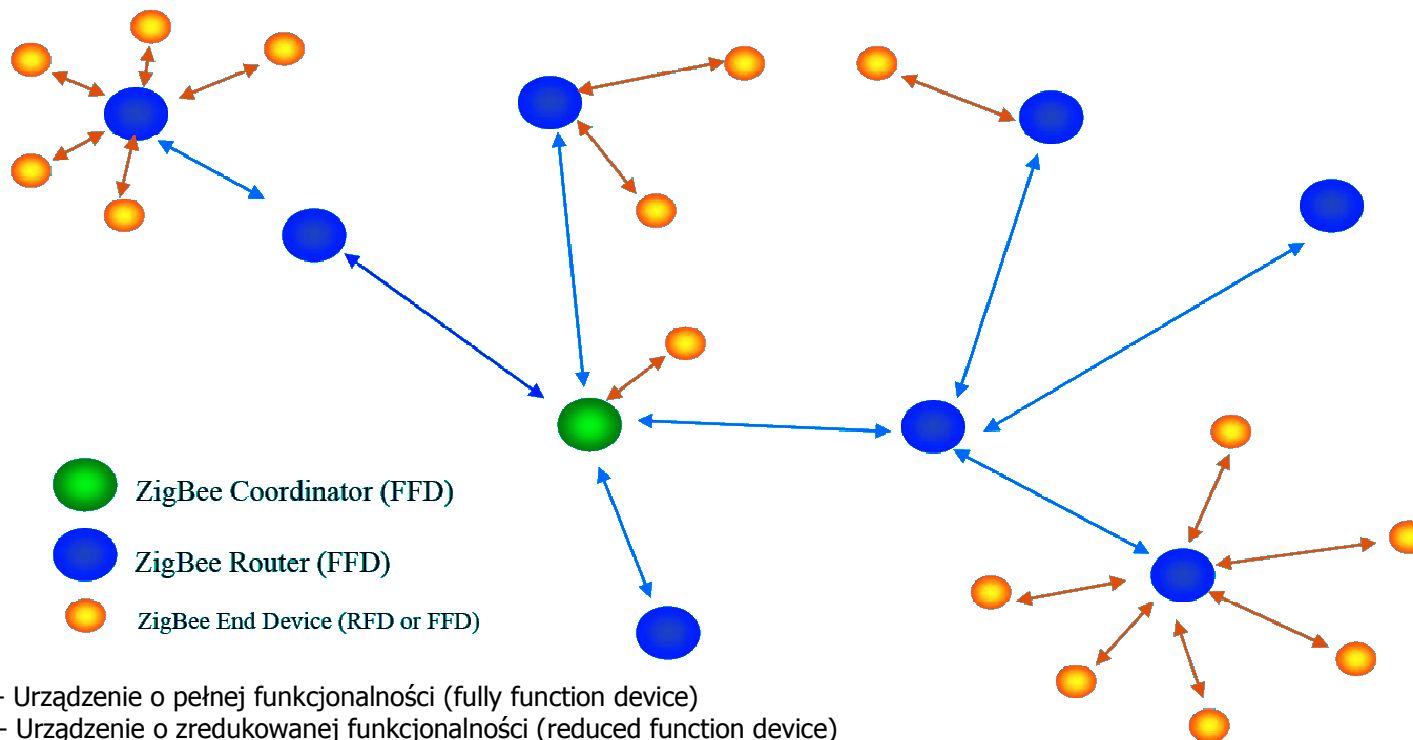
ZigBee - podstawy działania

- ZigBee - łączność radiowa
 - Wykorzystuje IEEE 802.15.4
 - Pasma 2.4GHz (podstawowy kanał) oraz 915Mhz/868Mhz (kanały sterujące)
 - całościowa przepływność: 250kbps (podstawowy kanał) + 20Kbps (kanały sterujące)
 - Siecią urządzeń zarządza koordynator
 - Przydziela adresy sieciowe, utrzymuje tablice połączeń między urządzeniami, zapewnia wsparcie dla odkrywania usług nowo dodawanych urządzeń, ...
 - adres sieciowy (NWK) jest różny od unikatowego numeru IEEE
 - Budowa protokołów radiowych wspiera oszczędzanie energii
 - Urządzenia końcowe mogą być szybko usypiane i budzone (30ms) a routery/koordynator (zasilany z reguły z niemal nieograniczonego źródła energii) może przechowywać informacje dla śpiących urządzeń końcowych
 - Zawiera wbudowane mechanizmy zapewniające bezpieczeństwo
 - Szyfrowanie AES-128, generowanie kluczy

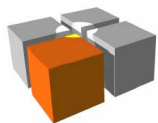


ZigBee - podstawy działania

- Rola węzłów - na przykładzie topologii drzewa



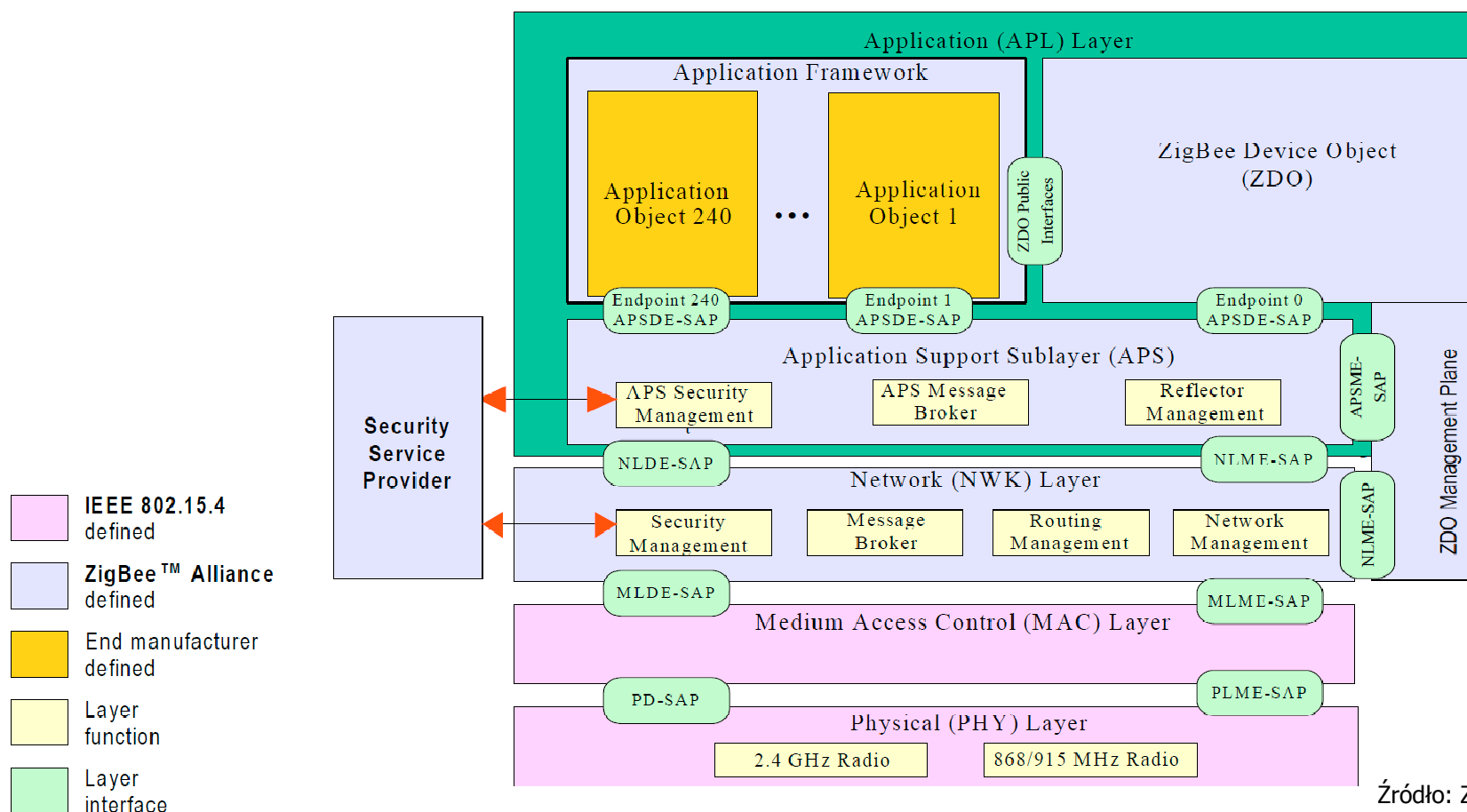
FFD - Urządzenie o pełnej funkcjonalności (fully function device)
RFD - Urządzenie o zredukowanej funkcjonalności (reduced function device)



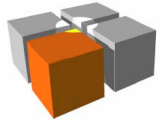
Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

ZigBee - podstawy działania

- Architektura komponentów w węzłach ZigBee

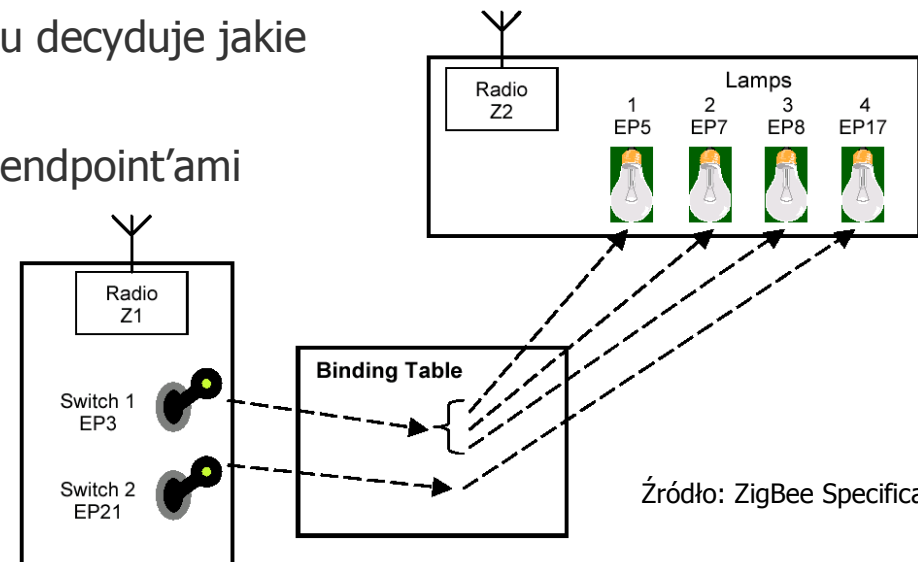


Źródło: ZigBee Specification

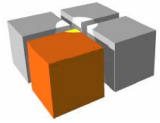


ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee
 - Obiekt aplikacyjny (Application object)
 - Określa interfejs (endpoint) specyfikując funkcjonalności w aplikacji
 - jedno urządzenie może wspierać do 240 endpointów (każdy ma 8 bitowy ID, EP 0 zarezerwowane)
 - Moduł ZigBee Device Object (ZDO) odpowiada za publikowanie i określenie - dla celów łączenia urządzeń - jakie obiekty aplikacyjne wspiera dane urządzenie
 - Oprogramowanie w urządzeniu decyduje jakie endpoint publikuje
 - W kanale logicznym - między endpoint'ami - maksymalna długość transmitowanych danych to 128B (bez względu na ich typ)

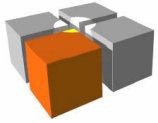


Źródło: ZigBee Specification



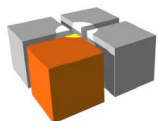
ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee, cd.
 - Obiekty aplikacyjne są opisywane przez klastry
 - klaster - **definiuje interfejs do konkretnej funkcjonalności**
 - klaster to zestaw: poleceń i ich atrybutów
 - np.: włącz/wyłącz światło
 - klastry mają swoje unikatowe ID
 - Profile urządzeń określają jakie klastry - czyli jakie funkcjonalności - przez daną klasę urządzeń są wspierane
 - profile mogą być: publiczne, prywatne
 - pojedyncze urządzenie może wspierać wiele profili ZigBee
 - opis wspieranych profili musi zmieścić się w pamięci urządzenia i nie może przekroczyć wielkością 32KB



ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee, cd.
 - Obiekt aplikacyjny a realizacja rozsyłania wiadomości
 - Standard zakłada tworzenie podczas pracy (faza konfiguracji) tablic połączeń obiektów aplikacyjnych
 - metoda bezpośrednia - tablica utrzymywana przez każde urządzenie
 - metoda pośrednia - tablica utrzymywana przez koordynatora, bierze on aktywny udział w przekazywaniu wiadomości - ustala docelowy adres urządzenia (podejście ułatwia wymianę uszkodzonych urządzeń)



ZigBee - podstawy działania

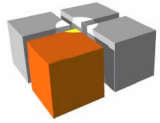
- Model aplikacji w ZigBee, cd.

- Przykłady zdefiniowanych grup klastrów (ZigBee Cluster Library):

- General 0x0000 - 0x00ff
 - Closures 0x0100 - 0x01ff
 - HVAC 0x0200 - 0x02ff
 - Lighting 0x0300 - 0x03ff
 - Measurement and sensing 0x0400 - 0x04ff
 - Security and safety 0x0500 - 0x05ff
 - Protocol interfaces 0x0600 - 0x06ff

- Wyciąg opisów klastrów z grupy HVAC

Cluster ID	Cluster Name	Description
0x0200	Pump Configuration and Control	An interface for configuring and controlling pumps.
0x0201	Thermostat	An interface for configuring and controlling the functionality of a thermostat.
0x0202	Fan Control	An interface for controlling a fan in a heating / cooling system.

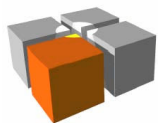


Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee - typy danych
 - Wyciąg z „ZigBee Cluster Specyfication”

Type Class	Data Type ID	Data Type	Length Of Data (Octets)	Invalid Number	Analog / Discrete				
Null	0x00	No data	0	-	-				
	0x01 – 0x07	Reserved	-	-					
General data	0x08	8-bit data	1	-	D				
	0x09	16-bit data	2	-					
	0x0a	24-bit data	3	-					
	0x0b	32-bit data	4	-					
	0x0c – 0x0f	Reserved	-	-					
Logical	0x10	Boolean	1	-					
	0x11 – 0x17	Reserved	-	-					
Bitmap	0x18	8-bit bitmap	1	-	-				
				Identifier	0xe8	Cluster ID	2	0xffff	D
					0xe9	Attribute ID	2	0xffff	
					0xea	BACnet OID	4	0xffffffff	
					0xeb – 0xef	Reserved	-	-	
				Miscellaneous	0xf0	IEEE address	8	0xffffffffffffffff	D
					0xf1 – 0xfe	Reserved	-	-	-
				Unknown	0xff	Unknown	0	-	-

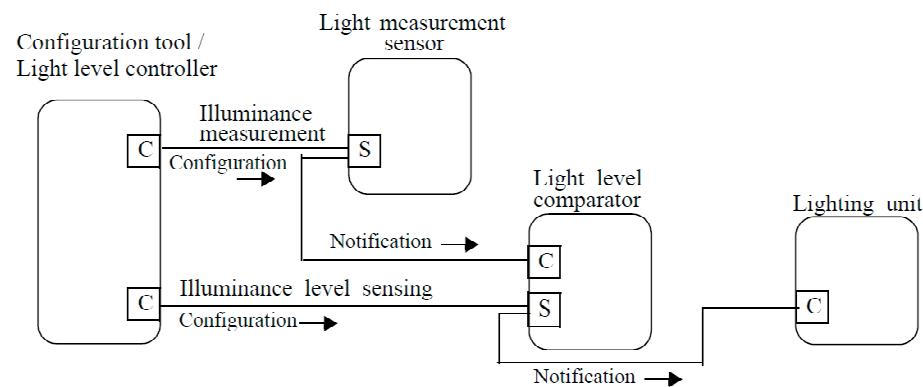
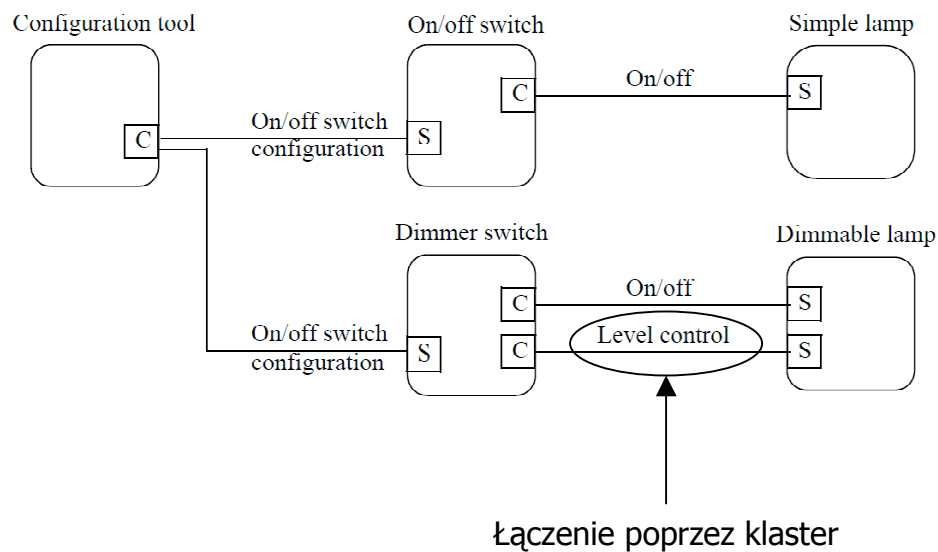


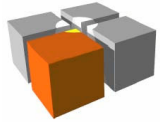
Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee - łączenie urządzeń

- C - „Client cluster”, S - „Server cluster”



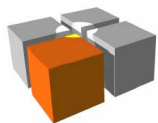


ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee - format poleceń
 - Format określają klastry i profile (głównie pole „frame payload”)
 - Generyczna ramka

Bits: 8	0/16	8	8	Variable
Frame control	Manufacturer code	Transaction sequence number	Command identifier	Frame payload
ZCL header				ZCL payload

- Pole „Command identifier” identyfikuje polecenie do wykonania (zdefiniowane w odpowiednim klastrze), zestaw zawiera:
 - Read attributes/response, Write attributes/undivided/response/..., Configure reporting/response, Read reporting configuration/response, Report attributes, Discover attributes/response



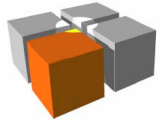
Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee - atrybuty zmieniane przez polecenia
 - Przykład z HVAC - „Pump Information Attribute Set”

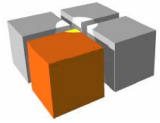
Identifier	Name	Type	Range	Access	Default	Mandatory / Optional				
0x0000	MaxPressure	Signed 16-bit integer	0x8001-0x7fff	Read only	-	M				
0x0001	MaxSpeed	Unsigned 16-bit integer	0x0000 - 0xfffe]]]						
0x0002	MaxFlow	Unsigned 16-bit integer	0x0000 - 0xfffe							
0x0003	MinConstPressure	Signed 16-bit integer	0x8001-0x7fff							
				Identifier	Name	Type	Range	Access	Default	Mandatory / Optional
				0x0013	Capacity	Signed 16-bit integer	0x0000-0x7fff	Read only	-	M
				0x0014	Speed	Unsigned 16-bit integer	0x0000 - 0xfffe	Read only	-	O
				0x0015	LifetimeRunningHours	Unsigned 24-bit integer	0x000000 - 0xfffffe	Read / Write	0	O
				0x0016	Power	Unsigned 24-bit integer	0x000000 - 0xfffffe	Read / Write	-	O
				0x0017	LifetimeEnergyConsumed	Unsigned 32-bit integer	0x00000000 - 0xfffffff	Read only	0	O

Atrybuty stałe opisu urządzenia Atrybuty związane z aktualnym stanem



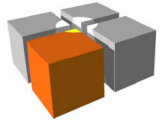
ZigBee - podstawy działania

- Model aplikacji w ZigBee - łączenie urządzeń
 - Łączenie urządzeń - modele
 - połączenia „One-to-one” - jeden endpoint łączy się z jednym endpoint, np.: jeden włącznik steruje jedną lampą
 - połączenia „One-to-many” - jeden endpoint łączy się z ze zbiorem endpoint, np.:jeden włącznik steruje wieloma lampami
 - połączenia „Many-to-one” - zbiór endpoint łączy się z jednym endpoint, np.: wiele włączników steruje jedną lampą
 - w praktyce: oświetlenie korytarzy/dużych pomieszczeń z wieloma wejściami
 - Łączenie urządzeń - funkcje narzędzia systemowego (commissioning tool)
 - odkrycie zestawu sieci w okolicy, wybór i dołączenie się do wybranej sieci ZigBee
 - wyszukanie i wybór urządzeń w wybranej sieci
 - określenie jakie usługi dostarczają wybrane urządzenia
 - połączenie wybranych usług dostarczanych przez wybrane urządzenia - utworzenie tablicy połączeń, zapisanie ich w urządzeniach/koordynatorze



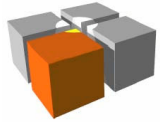
ZigBee - podstawy działania

- Profile w ZigBee
 - Profile są tworzone aby "skoordynować" wielu dostawców
 - Producent lampy w ramach profilu udostępnia funkcjonalności sterowania oświetleniem
 - Producent włączników może z powyższej funkcjonalności korzystać pisząc kod dla własnych włączników oświetlenia
 - Procedura tworzenia nowych profil
 - Uzyskanie do ZigBee Alliance unikatowego ID dla nowego profilu (może być ich maksymalnie 65535)
 - Zdefiniować własny opis profilu
 - W ramach tworzenia nowych profili można wykorzystać istniejące klastry lub zaproponować własne (może być ich także maksymalnie 65535)



ZigBee - podstawy działania

- Profile w ZigBee, cd.
 - Wsteczna zgodność
 - jeżeli powstanie profil XX i ZigBee Alliance go zatwierdzi
 - potem się go uaktualni -> powstanie profil XY (ZigBee Alliance też musi go zatwierdzić)
 - urządzenia dla profilu XX będą działały także z profilami XX i XY -> ale tylko używając w komunikacji elementów specyficznych do XX!



ZigBee - podstawy działania

- Profile w ZigBee - przykłady

- Generyczne

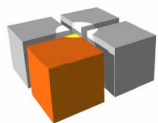
- On/Off Switch 0x0000
 - Level Control Switch 0x0001
 - On/Off Output 0x0002
 - Level Controllable Output 0x0003
 - Scene Selector 0x0004
 - ...

- Lighting

- On/Off Light 0x0100
 - Dimmable Light 0x0101
 - Color Dimmable Light 0x0102
 - On/Off Light Switch 0x0103
 - ...

- HVAC

- Heating/Cooling Unit 0x0300
 - Thermostat 0x0301
 - Temperature Sensor 0x0302
 - Pump 0x0303
 - ...



Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

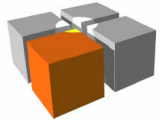
ZigBee - podstawy działania

- Przykład implementacja w C stosu ZigBee (firmy Microchip - MpZBee)

```
...
ROM NODE_SIMPLE_DESCRIPTOR Config_Simple_Descriptors[...] ={
    ...
    { EP_LIGHT,
      {MY_PROFILE_ID_LSB,MY_PROFILE_ID_MSB},
      {SW_LOAD_CONTROLLER_DEV_ID_LSB,SW_LOAD_CONTROLLER_DEV_ID_MSB},
      SW_LOAD_CONTROLLER_DEV_VER, NO_OTHER_DESCRIPTOR_AVAILABLE,
      1, {OnOffSRC_CLUSTER},
      ...
    }
};
...
while (1){
    ZigBeeTasks( &currentPrimitive );
    switch (currentPrimitive)
    ...
    case APSDE_DATA_indication:
        switch (params.APSDE_DATA_indication.DstEndpoint){
            ...
            case EP_LIGHT:
                if ((params.APSDE_DATA_indication.ClusterId == OnOffSRC_CLUSTER)){
                    data = APLGet();
                    switch (data) {
                        case LIGHT_OFF:
                            ...
                }
            }
        }
    }
}
...
```

Nazwa wspieranego obiektu aplikacyjnego (tutaj jest to nie publiczny profil)

Opis i obsługa wspieranych klastrów



Usługi mobilne i kontekstowe - ZigBee

Literatura:

- ZigBee Alliance, „ZigBee Specification”, June 20, 2005
- ZigBee Alliance, „ZigBee Cluster Library Specification”, October 19, 2007
- ZigBee Alliance, „ZigBee Home Automation Public Application Profile”, October 27, 2007
- Microchip, „Microchip Stack for the ZigBee™ Protocol”, February 26, 2007