



Internet rzeczy

Sieci IoT

Sygnaly

Sensory, elementy wykonawcze

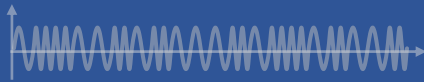
Architektura IoT

Warstwa sieciowa IoT

Materiały

<http://staff.uz.zgora.pl/gpajak>

01100101000101101001



Sygnaly

Sygnały

Sygnał

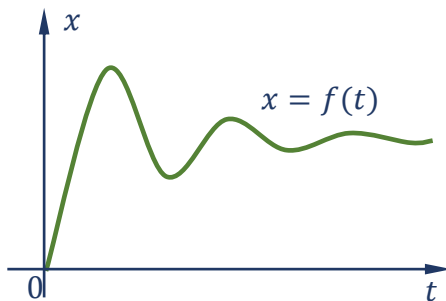
przebieg czasowy wielkości fizycznej, za pomocą której przekazywane są informacje;
na sygnał składają się:

treść sygnału

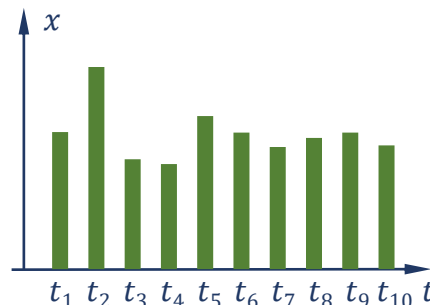
informacja (wiadomość) przenoszona przez sygnał;

nośnik sygnału

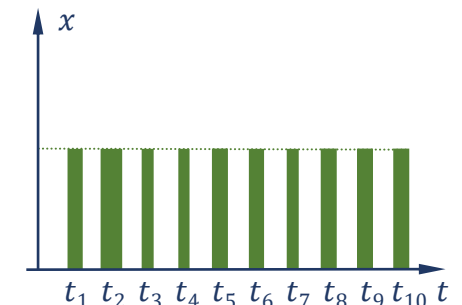
wielkość fizyczna (np. natężenie/napięcie prądu, ciśnienie cieczy/gazu itp.), której zmiany umożliwiają przekazanie określonych treści; do przekazywania informacji wykorzystuje się np. wartość amplitudy, szerokość impulsów, częstotliwość nośnika; w trakcie przesyłania nośnik może być zmieniany (np. przetwornik elektropneumatyczny przetwarza elektryczny sygnał prądowy na sygnał pneumatyczny).



treść sygnału: amplituda



treść sygnału: amplituda

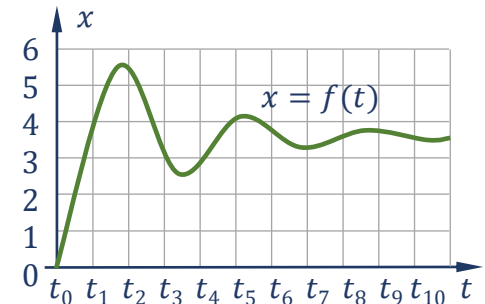


treść sygnału: szerokość impulsów

Klasyfikacja sygnałów

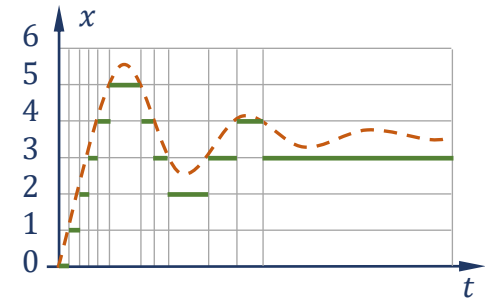
Sygnały analogowe

sygnały ciągłe w czasie o wartościach ciągłych (większość sygnałów pochodzących z otaczającej rzeczywistości np. temperatura otoczenia, natężenie prądu).



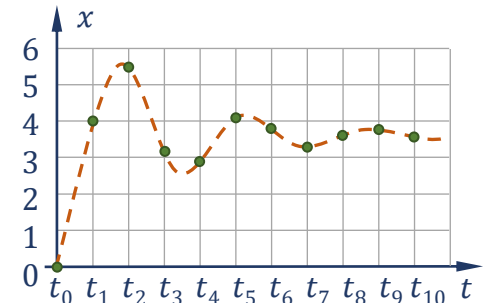
Sygnały kwantowane

sygnały ciągłe w czasie o wartościach dyskretnych (np. łącznik pozwala na przepływ prądu w obwodzie lub nie).



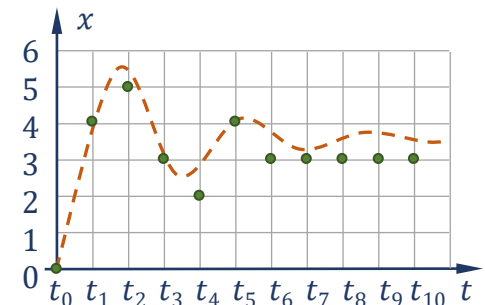
Sygnały próbkowane

sygnały dyskretne w czasie o wartościach ciągłych (np. ciąg okresowych odczytów miernika analogowego – wskazania miernika są sygnałami analogowymi, odczytywane okresowo stają się sygnałami próbkowanymi).



Sygnały cyfrowe

sygnały dyskretne w czasie o wartościach dyskretnych (np. ciąg okresowych odczytów miernika cyfrowego)



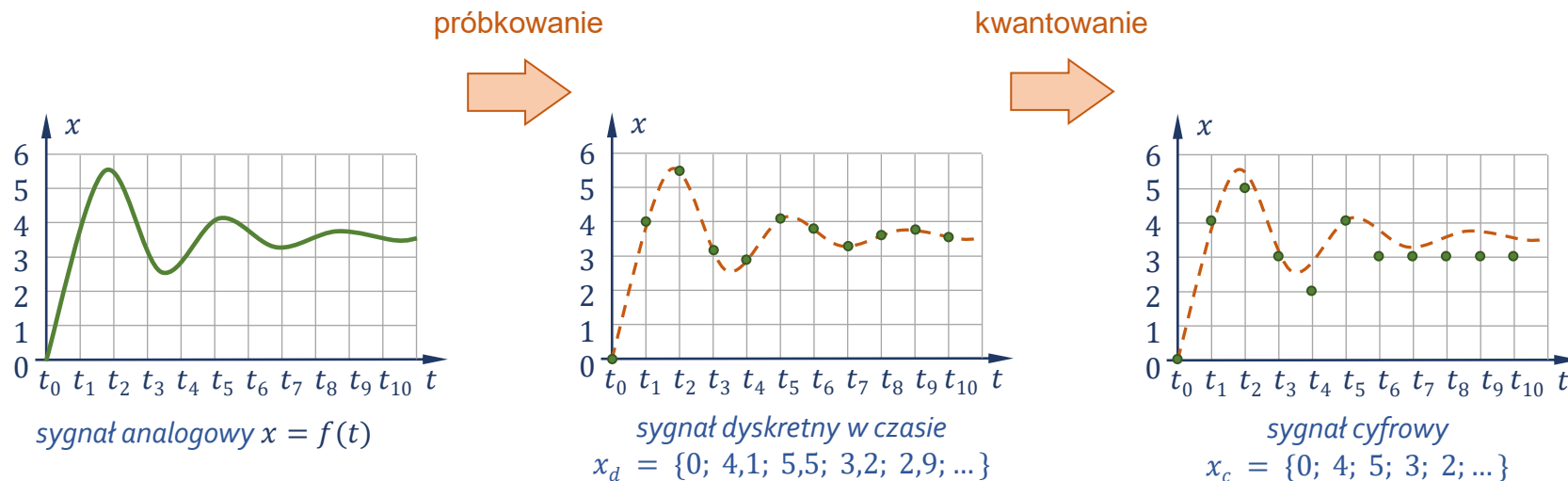
Przetwarzanie analogowo-cyfrowe

Przetwornik analogowo-cyfrowy A/C (ang. A/D lub ADC)

układ służący do zamiany sygnału analogowego na cyfrowy, zamiana przebiega w trzech etapach: próbkowanie, kwantowanie i kodowanie (kodowanie to proces polegający na przyporządkowaniu określonej informacji ustalonego zestawu symboli, w tym przypadku wartości liczbowej odpowiadającej poziomowi kwantowania)

Przetwornik cyfrowo-analogowy C/A (ang. D/A lub DAC)

układ przetwarzający sygnał cyfrowy na równoważny mu sygnał analogowy



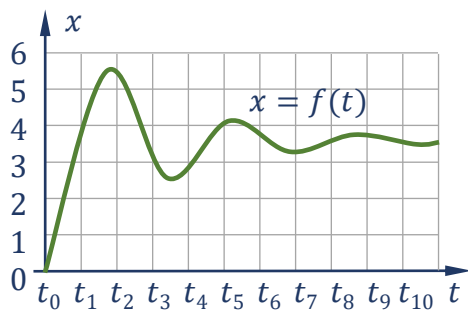
Przetwarzanie analogowo-cyfrowe

Próbkowanie

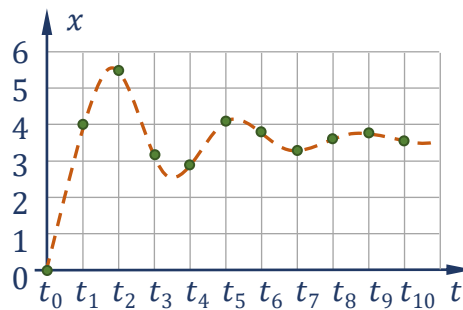
proces polegający na pobieraniu wartości sygnału ciągłego w określonych odstępach czasu, wynikiem próbkowania jest **sygnał dyskretny w czasie**

Kwantowanie

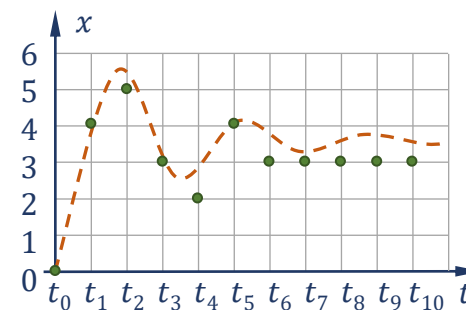
proces polegający na przekształcaniu ciągłego zbioru wartości sygnału w skończony zbiór wartości, zbiór wartości sygnału dzielony jest na tzw. **przedziały kwantowania** (zwykle stosuje się podział równomierny), następnie z każdego przedziału wybierana jest jedna wartość reprezentująca ten przedział tzw. **poziom kwantowania**, kwantowanie polega na przyporządkowaniu każdej wartości sygnału odpowiedniego poziomu kwantowania



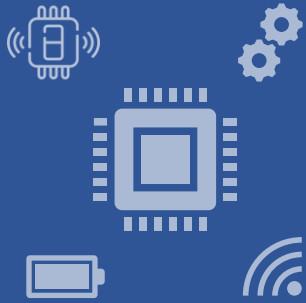
sygnał analogowy



sygnał po próbkowaniu



sygnał po próbkowaniu i kwantowaniu



Sensory, elementy wykonawcze, urządzenia inteligentne

Sensory

Sensor (czujnik)

urządzenie, które mierzy pewną wielkość fizyczną i przekształca ją na pewien sygnał wyjściowy zazwyczaj przekazywany do innych urządzeń.

Klasyfikacje sensorów

aktywne i pasywne

wymagają zasilania (tzw. sygnał wzbudzenia) do wytworzenia sygnału wyjściowego, generują sygnał w odpowiedzi na zewnętrzny bodziec (nie wymagają zasilania);

inwazyjne i nieinwazyjne

są częścią badanego środowiska lub znajdują się na zewnątrz;

kontaktowe i bezkontaktowe

wymagają lub nie wymagają bezpośredniego kontaktu z badanym obiektem;

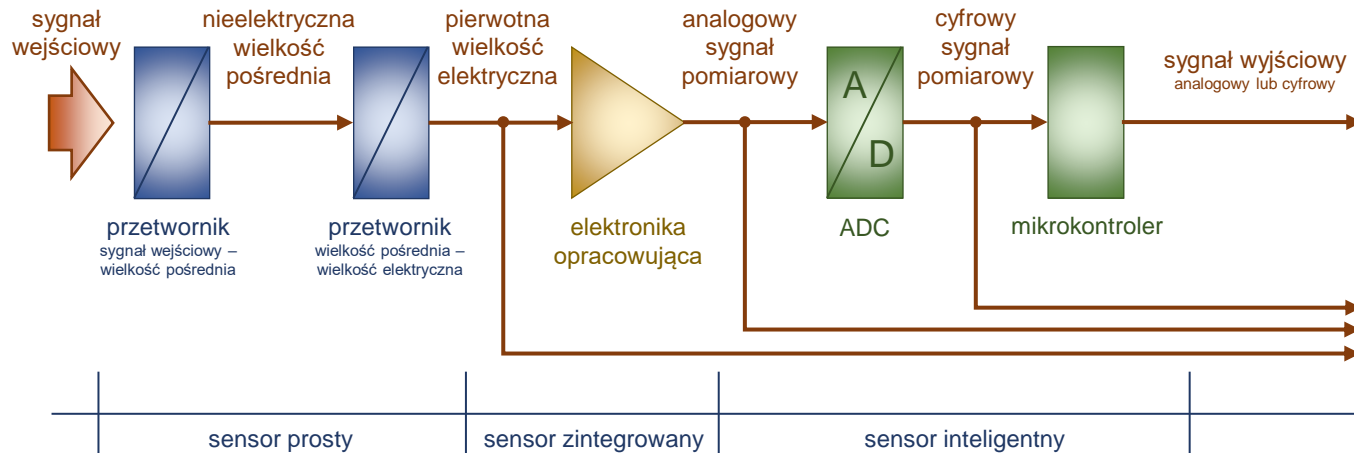
bezwzględne i względne

dokonyją pomiaru w skali absolutnej lub względem pewnej wartości odniesienia;

inne kryteria

fizyczny mechanizm działania, mierzone wielkości, obszar zastosowań.

Zasada działania sensorów



Sensor prosty

przekształca mierzony parametr w nieelektryczną wielkość pośrednią (opcjonalnie), która następnie może być przetworzona w pierwotną wielkość elektryczną.

Sensor zintegrowany

wzmacnia pierwotny sygnał elektryczny, opcjonalnie przeprowadza: filtrowanie zakłóceń, linearyzację sygnału, dopasowanie do obszaru pomiarowego, normowanie sygnału, itp.

Sensor inteligentny

przetwarza sygnał analogowy na cyfrowy (ADC), opracowuje sygnały pomiarowe i obsługuje interfejsy komunikacyjne (mikrokontroler).

Metody pomiaru sygnałów wejściowych

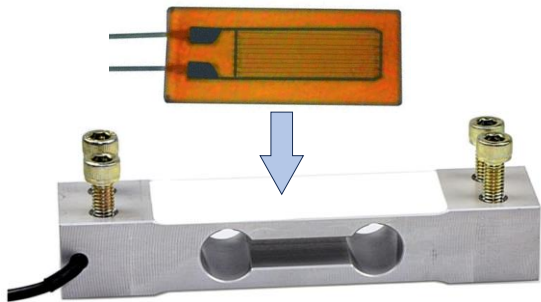
Metoda pośrednia

wykorzystuje nieelektryczne wielkości pośrednie, które są przekształcane na pierwotną wielkość elektryczną (sensor prosty wykonuje dwa przekształcenia: sygnał wejściowy → wielkość pośrednia → pierwotna wielkość elektryczna) .

Metoda bezpośrednia

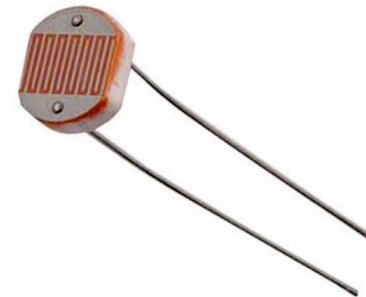
nie używa nieelektrycznych wielkości pośrednich, sygnał wejściowy jest przekształcany bezpośrednio na pierwotną wielkość elektryczną.

Metoda pośrednia (belka tensometryczna)



odkształcenie belki (nieelektryczna wielkość pośrednia)
rozciąga przyklejony do niej tensometr oporowy, co
zmienia jego rezystancję (pierwotna wielkość elektryczna)

Metoda bezpośrednia (fotorezystor)



rezystancja fotorezystora (pierwotna wielkość elektryczna)
zależy od natężenia światła padającego na jego
powierzchnię

Parametry sensorów

Zakres pomiaru

określa zakres wartości wejściowych, które mogą być odwzorowane na dopuszczalnym zakresie wartości wyjściowych.

Rozdzielczość

określa najmniejszą odległość dwóch wielkości pomiarowych, które w sygnale wyjściowym są identyfikowane jako dwie różne wartości.

rozdzielczość sensorów analogowych

jest podawana w procentach zakresu pomiarowego, ogranicza ją przede wszystkim szum układu pomiarowego;

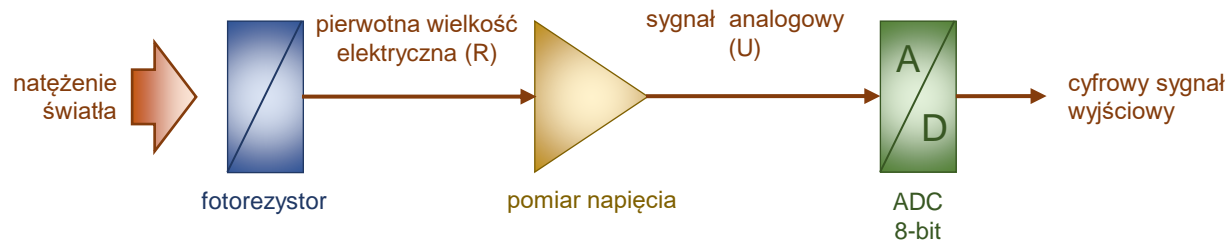
rozdzielczość sensorów cyfrowych

jest podawana w bitach, górną granicę określa rozdzielczość przetwornika A/C.

Dokładność pomiaru

jest wielkością specyficzną danego sensora, opisuje sumę wszystkich błędów statystycznych, które wynikają z działania sensora i wpływają na sygnał wyjściowy.

Parametry sensorów – przykład



Pomiar natężenia światła

- światło pada na fotorezystor zmieniając jego rezystancję w zależności od natężenia;
- pierwotna wielkość elektryczna (R) wyznaczana przez pomiar napięcia;
- zakres pomiarowy 0-10V, szumu 20mV;
- zmierzona wartość napięcia przetwarzana przez 8-bitowy przetwornik A/C.

Rozdzielczość elektryczna: $r = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{10} = 0,002 = 0,2\%$

Liczba wartości w zakresie pomiarowym: $n = \frac{1}{r} = 500$

Rozdzielczość A/C: zakres $00000000_2 - 11111111_2$, $2^8 = 256$ wartości.

Uwaga: rozdzielczość cyfrowa jest niższa od elektrycznej, nie można odwzorować wszystkich zmierzonych wartości, niezbędny A/C co najmniej 9-bitowy ($2^9 = 512$).

Błędy systemów pomiarowych

Błąd punktu zerowego

równoległe przesunięcie charakterystyki sygnału, występuje gdy wielkość mierzona zależy od właściwej wartości wejściowej oraz innych wielkości fizycznych (najczęściej temperaturowa zależności sygnału pomiarowego).

Błąd nachylenia

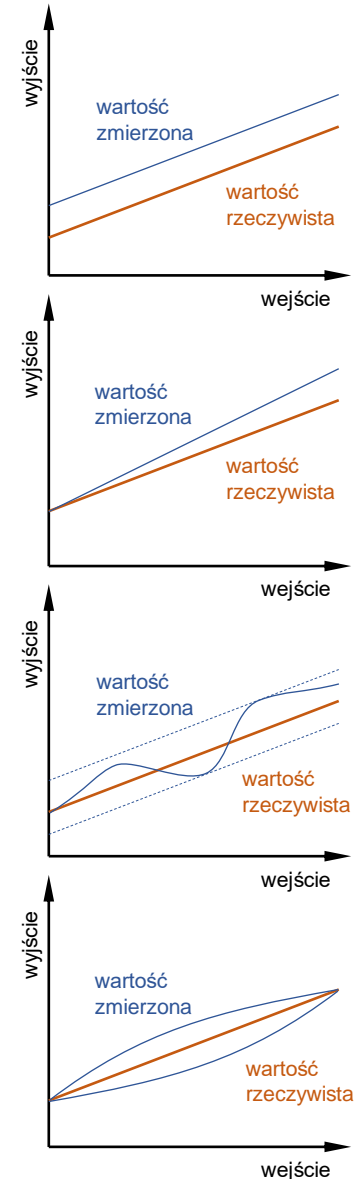
zmiana nachylenia charakterystyki sygnału, najczęściej spowodowany zależnością temperaturową i starzeniem materiału sensora (we współczesnych sensorach marginalny).

Błąd liniowości

charakterystyka sygnału nie ma ściśle liniowego przebiegu, ale mieści się w przedziale tolerancji wokół charakterystyki idealnej.

Błąd histerezy

charakterystyka sygnału zależy od wielkości wejściowej oraz kierunku jej zmiany, związany ze zjawiskiem gromadzenia energii, trudny do zrekompensowania.



Metody pomiarowe

Zasada działania (wielkość pomiarowa)	droga, kąt s, φ	prędkość v, ω	przyspieszenie $a, \dot{\omega}$	siła, ciśnienie F, M, p
potencjometryczna (R)	✗			✗
indukcyjna (L)	✗			✗
pojemnościowa (C)	✗			✗
ultradźwiękowa (t)	✗			
optyczna (I)	✗	✗		
piezoelektryczna (Q)		✗	✗	
piezorezystywna (R)	✗		✗	✗

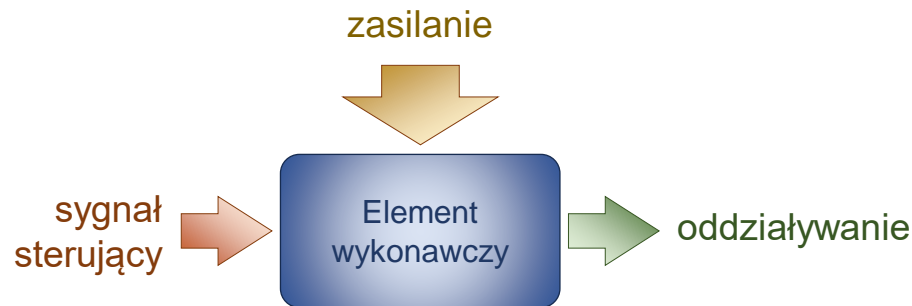
R – rezystancja, L – indukcja, C – pojemność, t – czas, I – natężenie, Q – ładunek elektryczny

Uwaga: położenie, odkształcenie, ciśnienie, siła, naprężenie, przyspieszenie są ściśle ze sobą związane, pomiar jednej z tych wielkości umożliwia wyznaczenie innej poprzez analizę właściwości odpowiedniego układu mechanicznego.

Elementy wykonawcze

Element wykonawczy, aktuator (ang. actuator)

element układu sterowania, który pod wpływem sygnału sterującego wyzwala pewien efekt fizyczny (zazwyczaj ruch) oddziałujący na otoczenie, może korzystać z dodatkowego źródła zasilania.



Klasyfikacje elementów wykonawczych

typ ruchu: liniowe, obrotowe, jedno/dwu/trzyosiowe,

moc: duża moc, mała moc, mikromoc, itp.,

binarne lub ciągłe: liczba stabilnych stanów wyjściowych,

rodzaj energii: elektryczne, hydrauliczne, pneumatyczne, itp.,

obszar zastosowania: przemysł, rolnictwo, automotive, służby ratunkowe, itp.

Klasyfikacja aktuatorów według typu energii

Typ	Przykłady
Elektryczne	Tyristor, tranzystor bipolarny
Elektromechaniczne	Silnik prądu przemiennego, silnik prądu stałego, silnik krokowy
Elektromagnetyczne	Elektromagnes, cewka liniowa (pchająca)
Hydrauliczne i pneumatyczne	Siłownik hydrauliczny, siłownik pneumatyczny, zawór, silnik pneumatyczny
Materiały inteligentne	Stop z pamięcią kształtu (SMA), materiał magnetostrykcyjny, pasek bimetaliczny, piezoelektrk
Mikro- i nanoelementy	Silnik elektrostatyczny, napęd grzebieniowy

Materiał inteligentny (ang. smart material)

zmienia własności (kolor, kształt, temperatura) pod wpływem zewnętrznego bodźca.

Magnetostrykcja

zmiana wymiarów (odkształcenie) przy zmianie wartości i kierunku pola magnetycznego.

Silnik elektrostatyczny

Urządzenie wykorzystujące siłę elektrostatyczną do generowania ruchu.

Obiekty inteligentne

Obiekt inteligentny (ang. smart object)

urządzenie umożliwiające przechwytywanie, przechowywanie i przetwarzanie informacji oraz komunikację z otoczeniem, zawiera co najmniej cztery podzespoły:

czujnik i/lub element wykonawczy

umożliwia interakcję z otoczeniem,

układ komunikacji

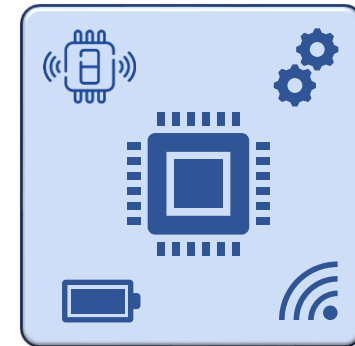
zapewnia przewodowe lub bezprzewodowe połączenie z innymi inteligentnymi obiektami,

układ zasilania

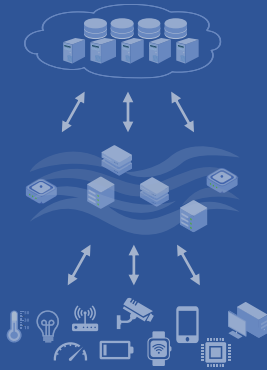
zapewnia długoterminową pracę,

procesor

umożliwia pozyskiwanie danych, przetwarzanie i analizowanie informacji odbieranych przez czujnik, generowanie sygnałów sterujących dla elementu wykonawczego oraz koordynowanie pozostałych funkcji w tym komunikacji i zasilania.



Obiekty inteligentne są podstawą IoT, pozwalają na sterowanie zwykłymi urządzeniami, zapewniają komunikację umożliwiając interakcję pomiędzy różnymi składnikami sieci.



Architektura IoT

Modele warstwowe systemu IoT

Architektura trójwarstwowa¹

warstwa aplikacji	jest interfejsem pomiędzy aplikacjami wykorzystywanymi przez użytkownika a systemem inteligentnych obiektów i czujników
warstwa sieciowa	przesyła i przetwarza dane z warstwy percepcji, odpowiada za łączenie się z innymi inteligentnymi urządzeniami, urządzeniami sieciowymi i serwerami
warstwa percepcji	warstwa fizyczna wyposażona w czujniki zbierające dane o otoczeniu, wykrywa pewne parametry fizyczne lub identyfikuje inne inteligentne obiekty w otoczeniu

Architektura czterowarstwowa²

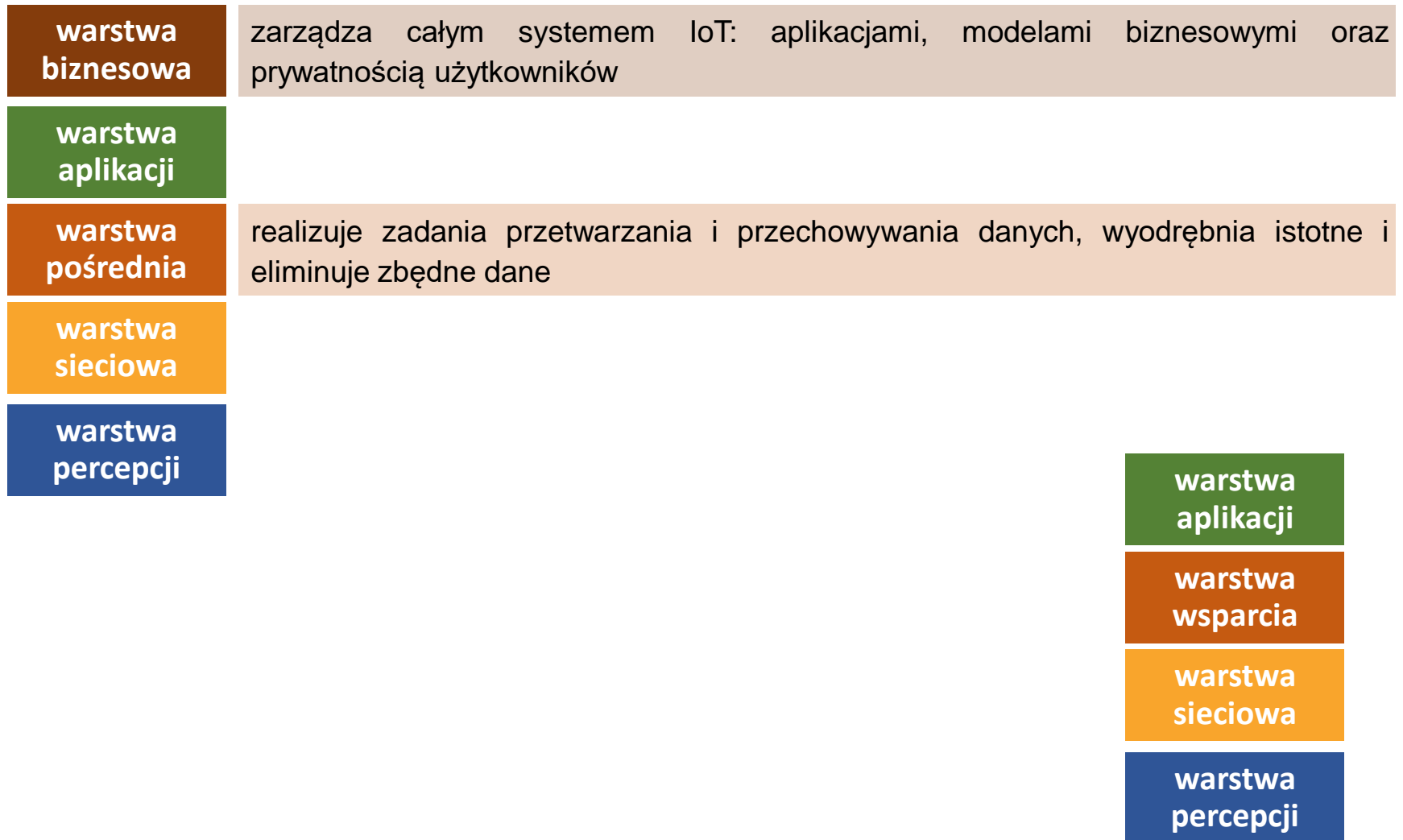
warstwa aplikacji	została dodana, żeby przesunąć zadania przetwarzania i przechowywania danych z warstwy aplikacji (korzysta z edge , fog , cloud computing), dodatkowo udostępnia metody autoryzacji i uwierzytelniania
warstwa wsparcia	
warstwa sieciowa	
warstwa percepcji	

¹Wu M., et al. (2010), Research on the architecture of Internet of Things

²Darwish D. (2015), Improved Layered Architecture for Internet of Things

Modele warstwowe systemu IoT

Architektura pięciowarstwowa*



Modele warstwowy systemu IoT a model OSI



- warstwa percepcji IoT odpowiada warstwom fizycznej i łącza danych modelu OSI
- warstwa sieciowa w obydwu modelach realizuje podobne zadania
- warstwa pośrednia IoT odpowiada warstwie transportowej ale warstwa pośrednia ma możliwość przetwarzania i przesyłania danych

Uproszczona architektura warstwowa

Dwa równoległe stosy*

Podstawowy stos funkcjonalny IoT



Stos zarządzania i przetwarzania danych



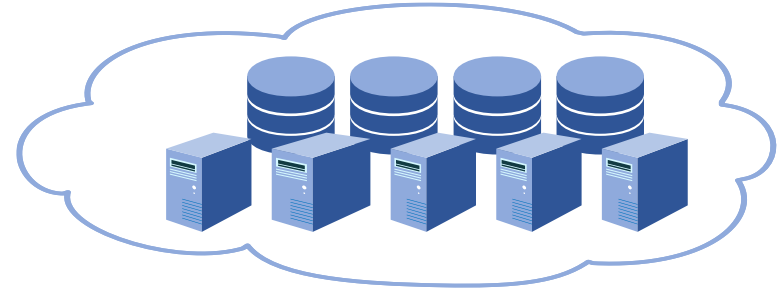
- stos zarządzania danymi jest dopasowany do warstw podstawowego stosu funkcjonalnego
- bezpieczeństwo jest kluczowe
- przetwarzanie danych realizowane jest w:
 - warstwie brzegowej (ang. edge)
 - warstwie mgły obliczeniowej (ang. fog)
 - warstwie chmury obliczeniowej (ang. cloud)

*Hanes D., Salgueiro G., Grossetete P., Barton R., Henry J. (2017)

Chmura, mgła obliczeniowa, przetwarzanie brzegowe

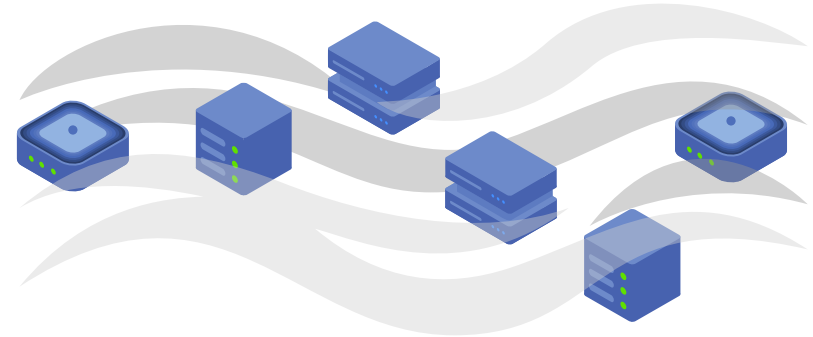
Warstwa chmury obliczeniowej (ang. cloud)

realizuje przetwarzanie danych poprzez infrastrukturę dostarczającą zaawansowanych usług (magazyny, serwery, centra danych, oprogramowanie)



Warstwa mgły obliczeniowej (ang. fog)

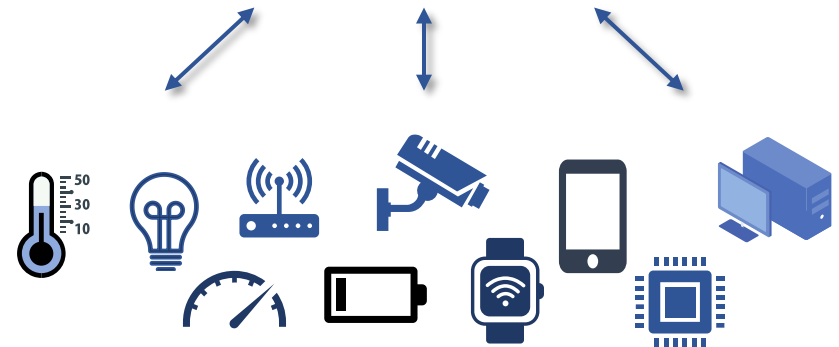
realizuje przetwarzanie danych na poziomie tzw. węzłów fog (kontrolery, przełączniki, routery, bramy IoT, ...)

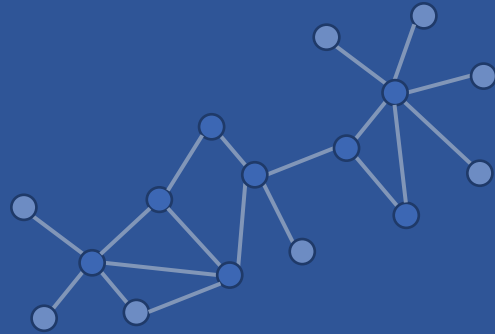


Warstwa przetwarzania brzegowego

(ang. edge)

realizuje przetwarzanie na poziomie urzędzeń, czujników





Warstwa sieciowa IoT

Sieć IT a sieć IoT

Sieć IT (sieć informatyczna)

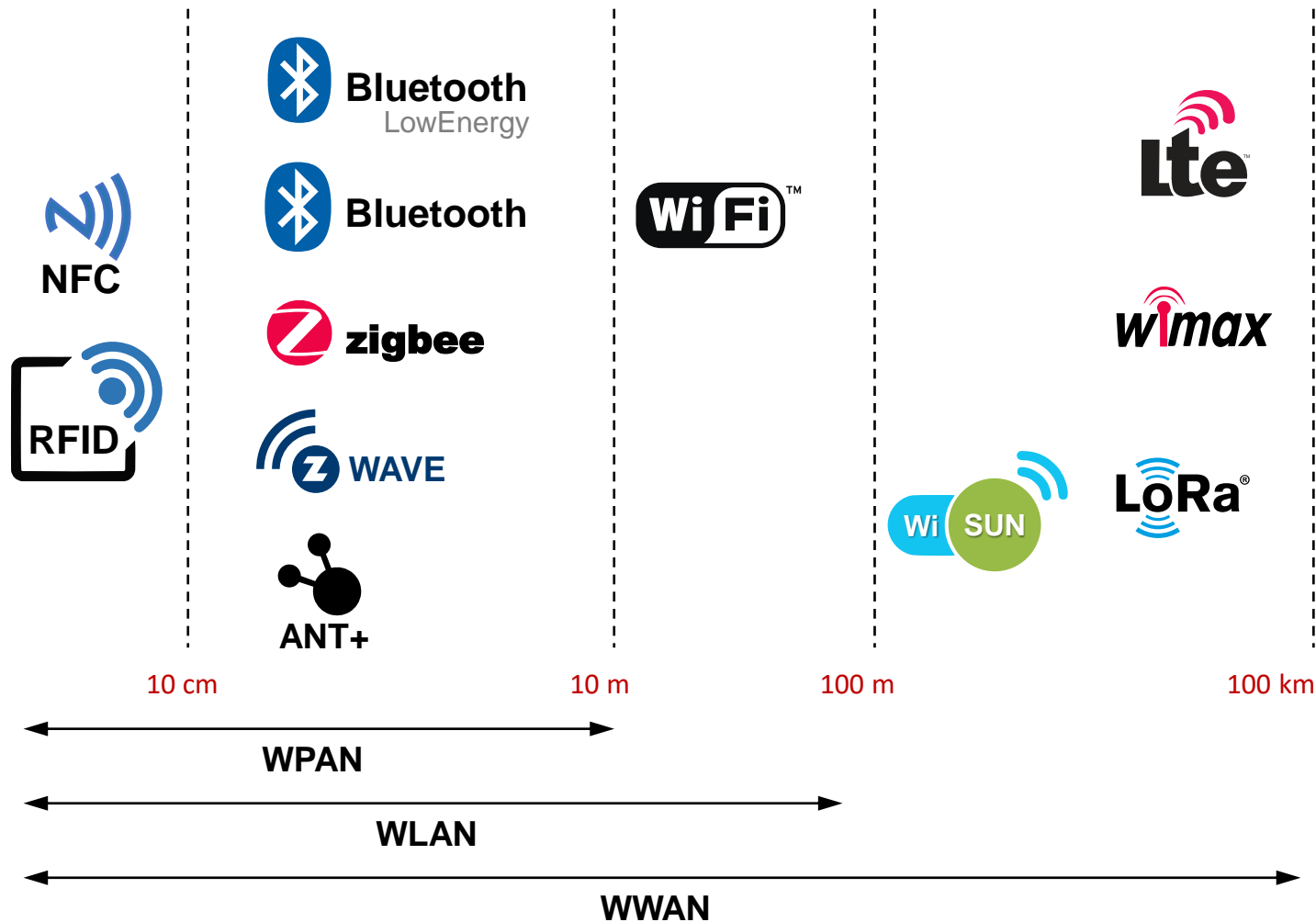
system połączonych ze sobą urządzeń i oprogramowania, który ułatwia komunikację i udostępnianie danych, elementami sprzętowymi sieci są: komputery, serwery, routery, przełączniki, zapory sieciowe itd.

Sieć Internetu rzeczy (sieć IoT)

system połączonych ze sobą obiektów z wbudowanymi czujnikami, inteligentnymi urządzeniami, które łączą się i wymieniają dane z innymi urządzeniami i systemami bez interwencji człowieka, sieci IoT pomiędzy bramami IoT a centrum danych korzystają z konwencjonalnych technologii sieciowych.

parametr	sieć IT	sieć IoT
cel	udostępnianie aplikacji (email, web, bazy danych, ...)	udostępnianie danych
skala	kilka tysięcy urządzeń	kilka milionów urządzeń
analiza danych	zależnie od zastosowania, może być realizowane wsadowo (dane analizowane po zgromadzeniu)	przetwarzanie w czasie rzeczywistym

Technologie bezprzewodowe warstwy dostępu do sieci



WPAN, WLAN, WWAN – ang. Wireless PAN, LAN, WAN

Technologie bezprzewodowe warstwy dostępu do sieci

Standard	Moc	Typowy zasięg	Przepustowość
Bluetooth	Średnia	1 – 100 m	1 – 3 Mbps
Bluetooth LE	Niska	> 100 m	125 kbps – 2 Mbps
LoRaWAN	Niska	10 km	0.3 – 50 kbps
NB-IoT	Niska	< 35 km	20 kbps – 5 Mbps
NFC	Niska	< 10 cm	106 – 424 kbps
Sigfox	Niska	3 – 50 km	100 – 600 bps
6LoWPAN	Niska	100 m	do 250 kbps
802.11/Wi-Fi	Średnia	Od 100 m do kilku kilometrów (ze wzmacnieniem)	10 – 100+ Mbps
802.15.4/Zigbee	Niska	10 – 100 m	20 – 250 kbps
Z-Wave	Niska	15 – 150 m	9.6 – 40 kbps

Topologie sieci

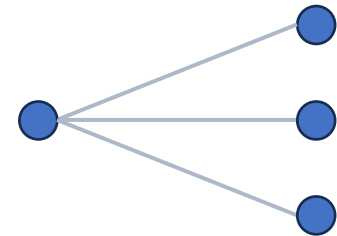
Topologia punkt – punkt (ang. point-to-point, **P2P**)

każde urządzenie jest połączone bezpośrednio z innym pojedynczym urządzeniem, tworząc bezpośrednią ścieżkę komunikacyjną pomiędzy nimi



Topologia punkt – wiele punktów (ang. point-to-multipoint, **P2MP**)

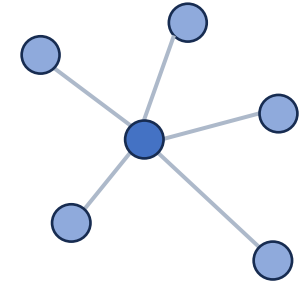
podstawowa struktura topologiczna, pozwala jednemu punktowi komunikować się z więcej niż jednym punktem, należy do niej większość technologii IoT, istnieje kilka podtypów.



Topologie sieci

Topologia gwiazdy (ang. star)

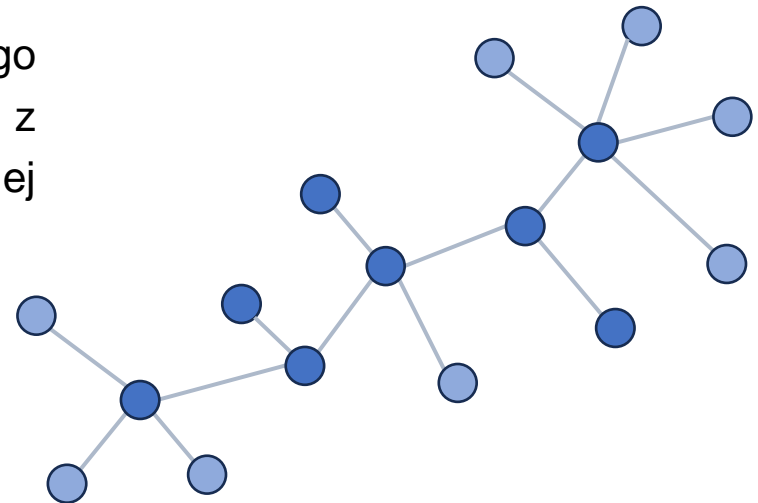
punkty końcowe są połączone z punktem centralnym (koncentratorem), punkt centralny może wysyłać komunikaty do wszystkich odbiorców, punkty końcowe realizują podzbiór funkcji protokołu komunikacyjnego a punkt centralny wszystkie funkcje protokołu



- urządzenie z pełną funkcjonalnością
- urządzenie z ograniczoną funkcjonalnością

Topologia rozproszonej gwiazdy (ang. clustered star)

każdy koncentrator ma unikalną ścieżkę do innego koncentratora, koncentratory są połączone z punktami końcowymi o ograniczonej funkcjonalności



Topologie sieci

Topologia siatki (ang. mesh)

wybrane węzły mogą komunikować się z więcej niż jednym innym węzłem (nadmiarowość),

komunikacja pozwala na bezpośrednią wymianę informacji pomiędzy węzłami oraz na rozszerzenie zasięgu komunikacji w przypadku gdy jeden z węzłów pełni rolę pośrednika pomiędzy dwoma innymi węzłami

