

Automatyka przemysłowa

Wykład 3

Przemysłowe standardy i protokoły transmisji danych

Przemysłowe sieci teleinformatyczne

2023-03-31

Piotr Felisiak



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

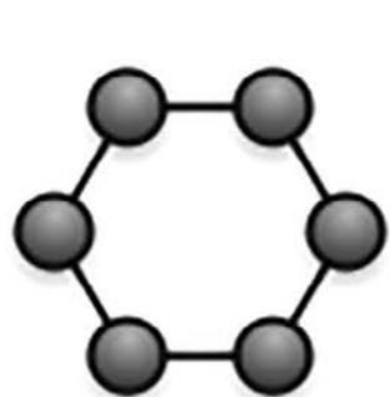


Politechnika Wrocławska

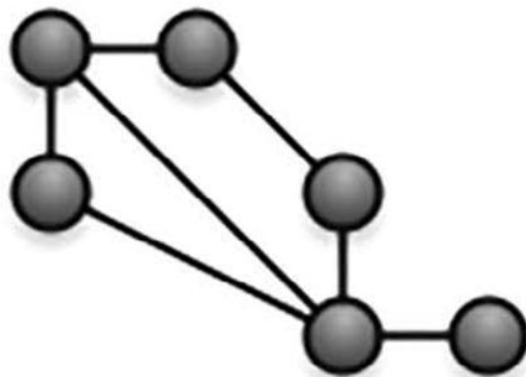
Typowe standardy przesyłania informacji

- Analogowe
 - Sygnał pneumatyczny
 - Pętla prądowa 4 ... 20 mA
 - Sygnał napięciowy 0 ... 10 V
- Magistrale polowe
 - Profibus
 - Foundation Fieldbus
 - HART
 - Modbus
 - CAN
 - Inne
- Industrial Ethernet
- Komunikacja bezprzewodowa
 - Wi-Fi / bezprzewodowy Ethernet
 - Bluetooth
 - GSM/3G/4G/5G
 - ZigBee

Topologie sieci



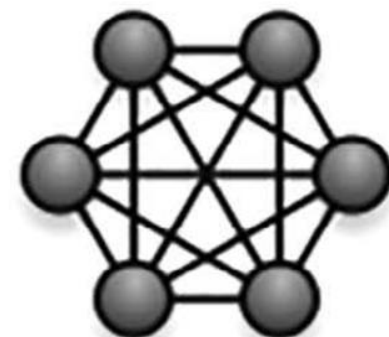
Ring



Mesh



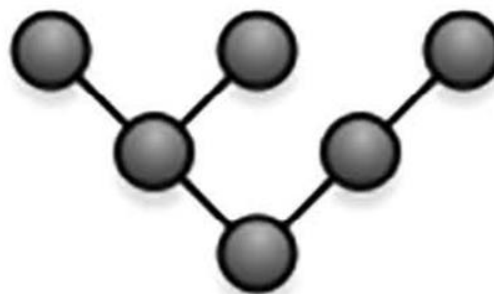
Star



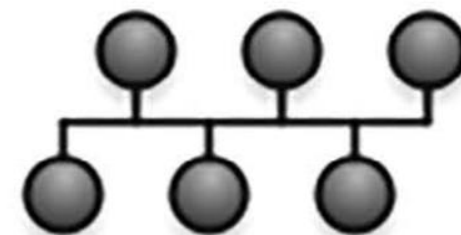
Fully Connected



Line



Tree

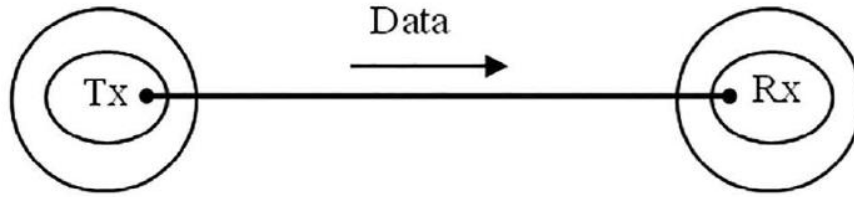


Bus

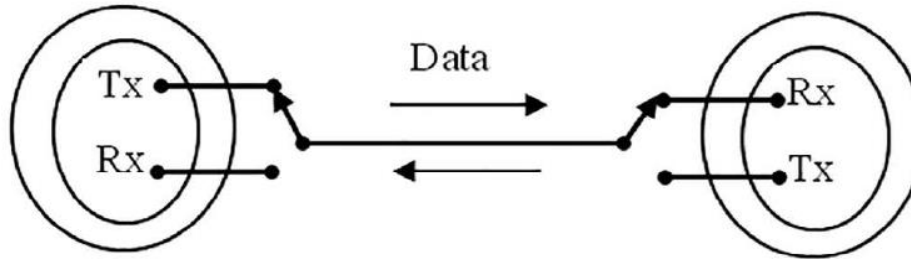
Rys. Typowe topologie (sposoby połączeń pomiędzy węzłami) sieci [1]

Tryby komunikacji

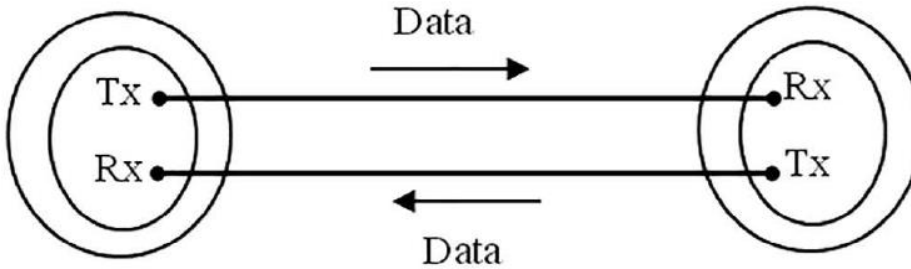
Simplex



Half duplex

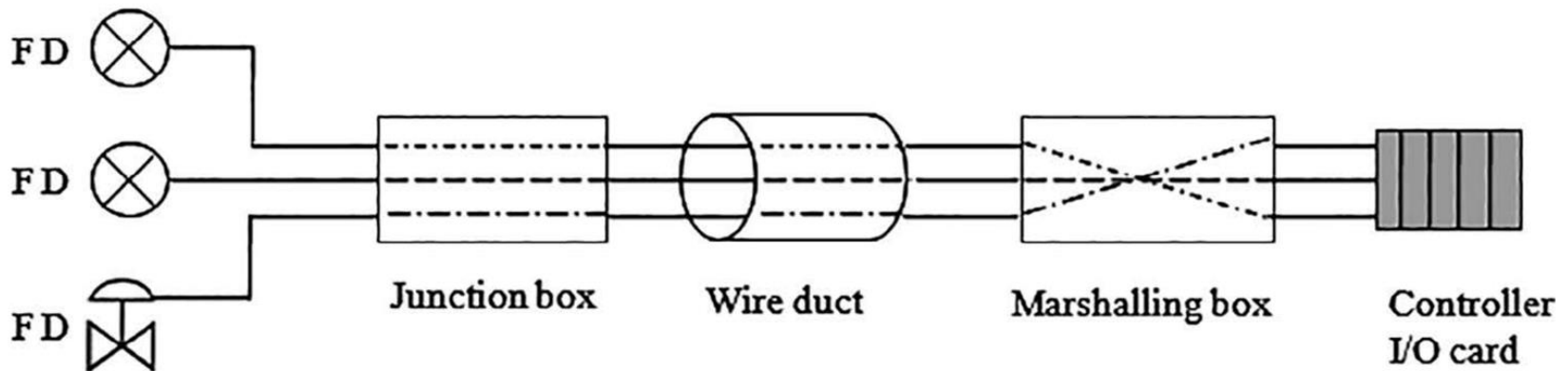


Full duplex



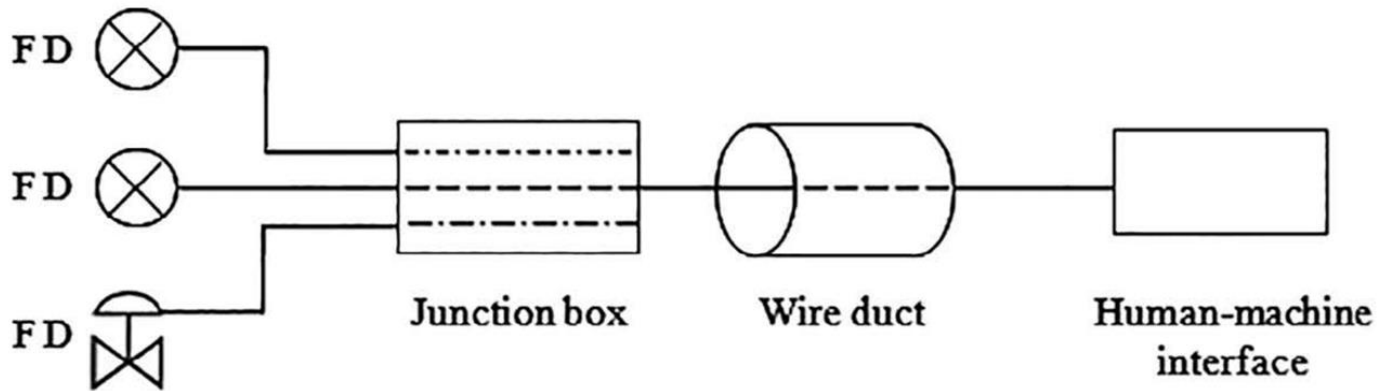
Rys. Trzy tryby komunikacji [1]

Magistrala polowa ws komunikacja analogowa



(a)

Uwaga: jednokierunkowa vs dwukierunkowa komunikacja



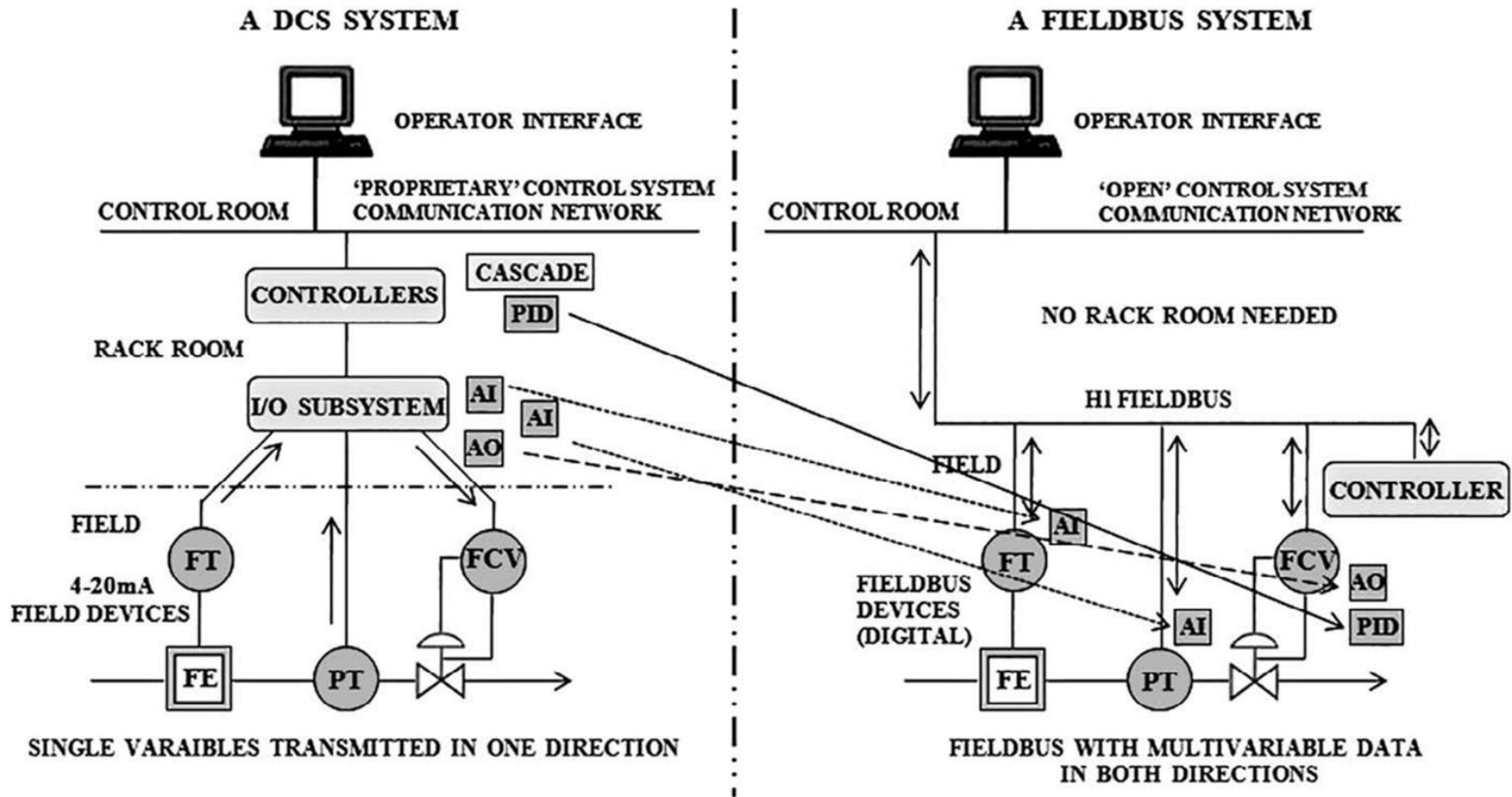
(b)

Rys. (a) Konwencjonalne połączenie typu punkt-punkt oraz (b) System komunikacji oparty na magistrali polowej [1]

Zalety magistrali polowej

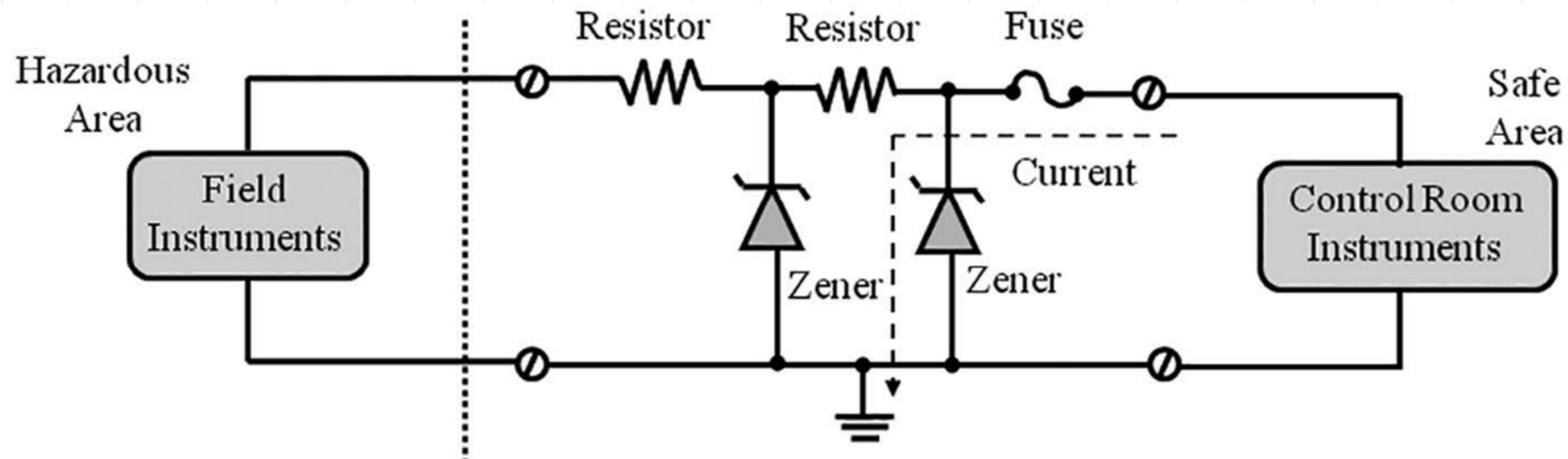
- 1) Obniża okablowanie nawet o 80% w porównaniu do konwencjonalnych połączeń punkt-punkt
- 2) Uszkodzenia w okablowaniu są dużo łatwiej wykrywane
- 3) Urządzenia polowe mają samo-kalibrację i samo-diagnostykę
- 4) Awaria regulatora dotyka jedynie pojedynczą pętlę sterowania
- 5) Mniejsza podatność na zakłócenia i błędy w porównaniu ze systemami analogowymi

DCS vs system oparty o magistralę polową



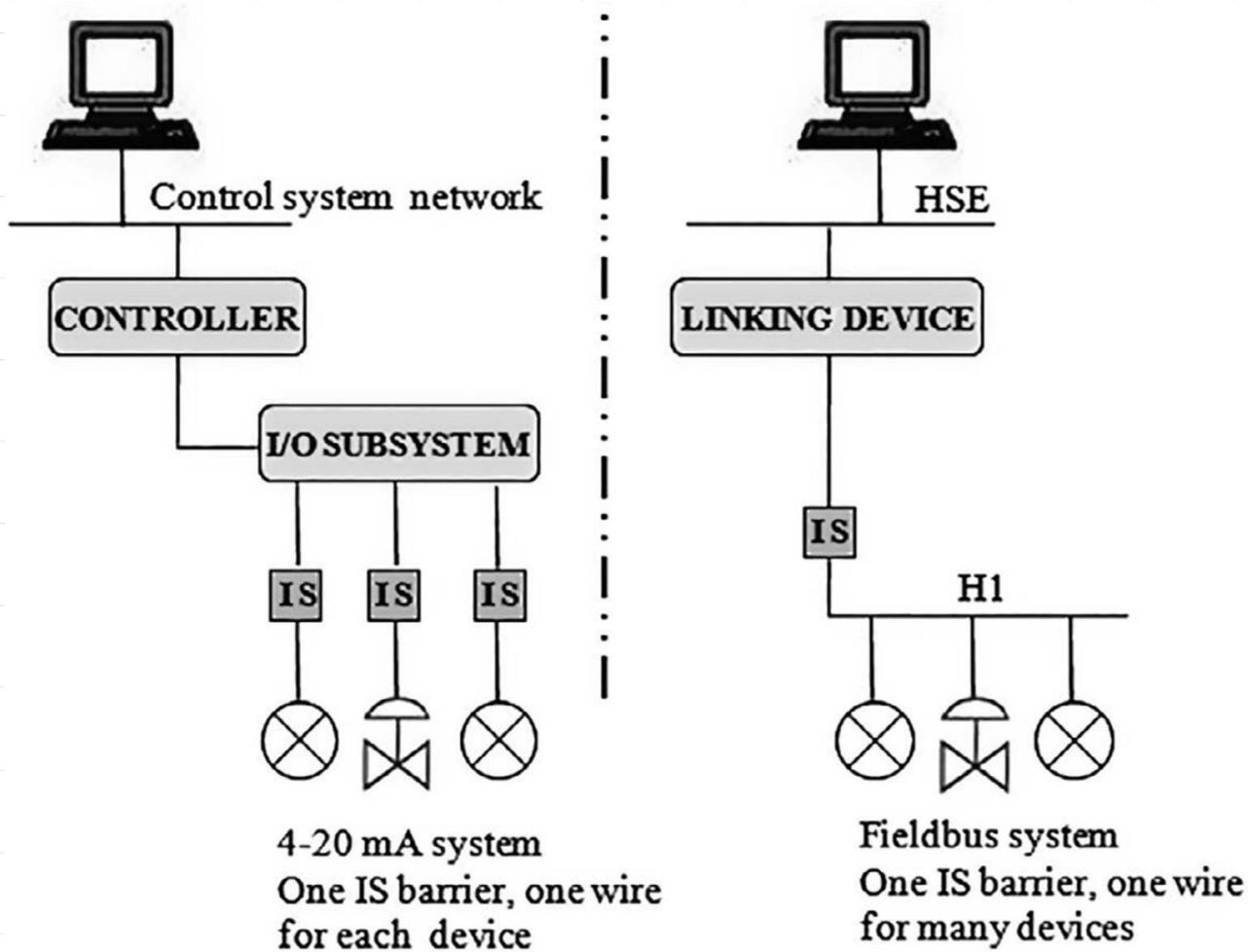
Rys. Architektury DCS (*distributed control system*) oraz system z oparty na magistrali [1]

Bariery bezpieczeństwa



Rys. Bariera bezpieczeństwa (*intrinsic safety barrier*), w postaci bariery Zenera [1]

DCS vs system oparty o magistralę polową



Rys. Jedna bariera bezpieczeństwa (IS), tzn. bariera Zenera, dla przypadku magistrali polowej [1]

PROFIBUS - wprowadzenie

- PROFIBUS (PROcessFIeldBUS) został opracowany w 1989 r., początkowo przez Siemens.
- Istnieją trzy wersje: **PA** (samoistnie bezpieczne), **DP** (matka/dziecko, dawniej ang. *master/slave*), oraz **FMS** (wiele matek, matka do matki) co można rozwinąć jako '**P**rocess **A**utomation', '**D**ecentralized **P**eriphery' and '**F**ieldbus **M**essage **S**pecification'.

PROFIBUS – warstwa fizyczna

Different Physical Layer Transmission Technologies Adopted in PROFIBUS

	MBP	RS485	RS485-IS	Fiber-Optic
Data transmission	Digital, bit synchronous, Manchester encoding	Digital, differential signals according to RS485, NRZ	Digital, differential signals according to RS485, NRZ	Optical, digital, NRZ
Transmission rate	31.25 kbps	9.6–12,000 kbps	9.6–1,500 kbps	9.6–12,000 kbps
Data security	Preamble, error protected, start/end delimiter	HD = 4, Parity bit, start/end delimiter	HD = 4, Parity bit, start/end delimiter	HD = 4, Parity bit, start/end delimiter
Cable	Shielded, twisted pair, copper	Shielded, twisted pair copper, cable type A	Shielded, twisted4-wire, cable type A	Multimode glass fiber, single-mode glass fiber, PCF, plastic
Remote feeding	Optional available over single wire	Available over additional wire	Available over additional wire	Available over hybrid line
Protection type	IS (EExia/ib)	None	IS (EExib)	None
Topology	Line and tree topology with termination; also in combination	Line topology with termination	Line topology with termination	Star and ring topology typical; line topology possible
Number of stations	Up to 32 stations per segment; total sum of max. 126 per network	Up to 32 stations per segment without repeater; up to 126 stations with repeater	Up to 32 stations per segment, up to 126 stations with repeater	Up to 126 stations per network
Number of repeaters	Maximum 4 repeaters	Maximum 9 repeaters with signal refreshing	Maximum 9 repeaters with signal refreshing	Unlimited with signal refreshing (time delay of signal)

MBP = Manchester Bus Powered

PROFIBUS PA

- Obsługuje urządzenia w strefach zagrożonych wybuchem.
- Transmisja danych w warstwie fizycznej odbywa się zgodnie z IEC 61158-2.
- Możliwość zasilania urządzeń po przewodzie magistrali.
- Większa dowolność w doborze topologii.

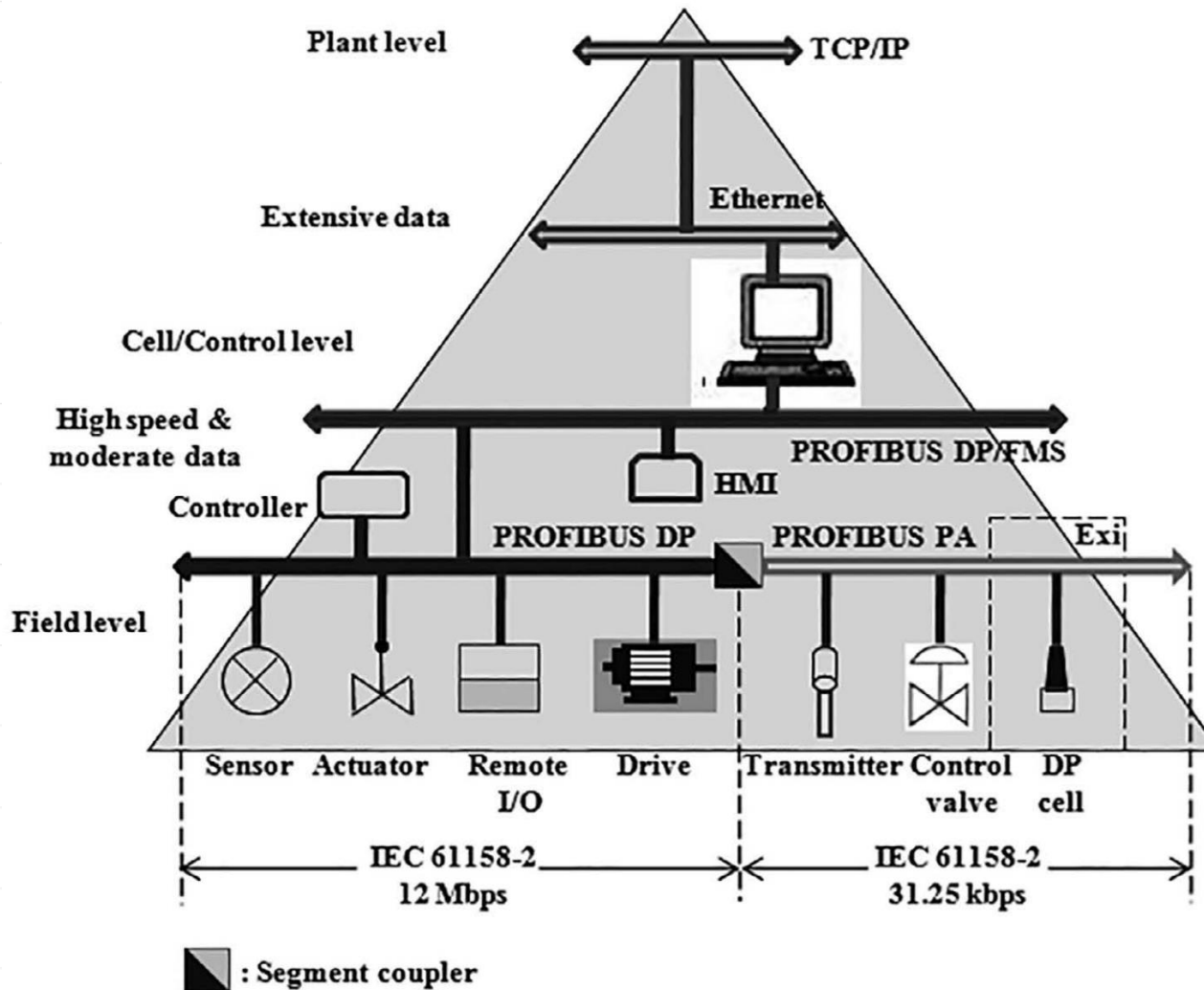
PROFIBUS DP

- Może obsłużyć szybką komunikację, zdalne wejścia/wyjścia itp.
- W tym trybie używane jest wiele matek gdzie dziecko jest przypisany tylko do jednej matki. Implikuje to, że różne matki mogą odczytywać dane wejściowe z określonego urządzenia, ale tylko jedna matka może zapisywać wyjścia do tego urządzenia.

PROFIBUS FMS

- W wersji PROFIBUS FMS możliwa jest komunikacja matka-do-matki, tzn. jedna matka może komunikować się z inną matką.
- Komunikaty FMS mają większy narzut (czasowy) niż komunikaty DP.

Architektura systemu na bazie PROFIBUS

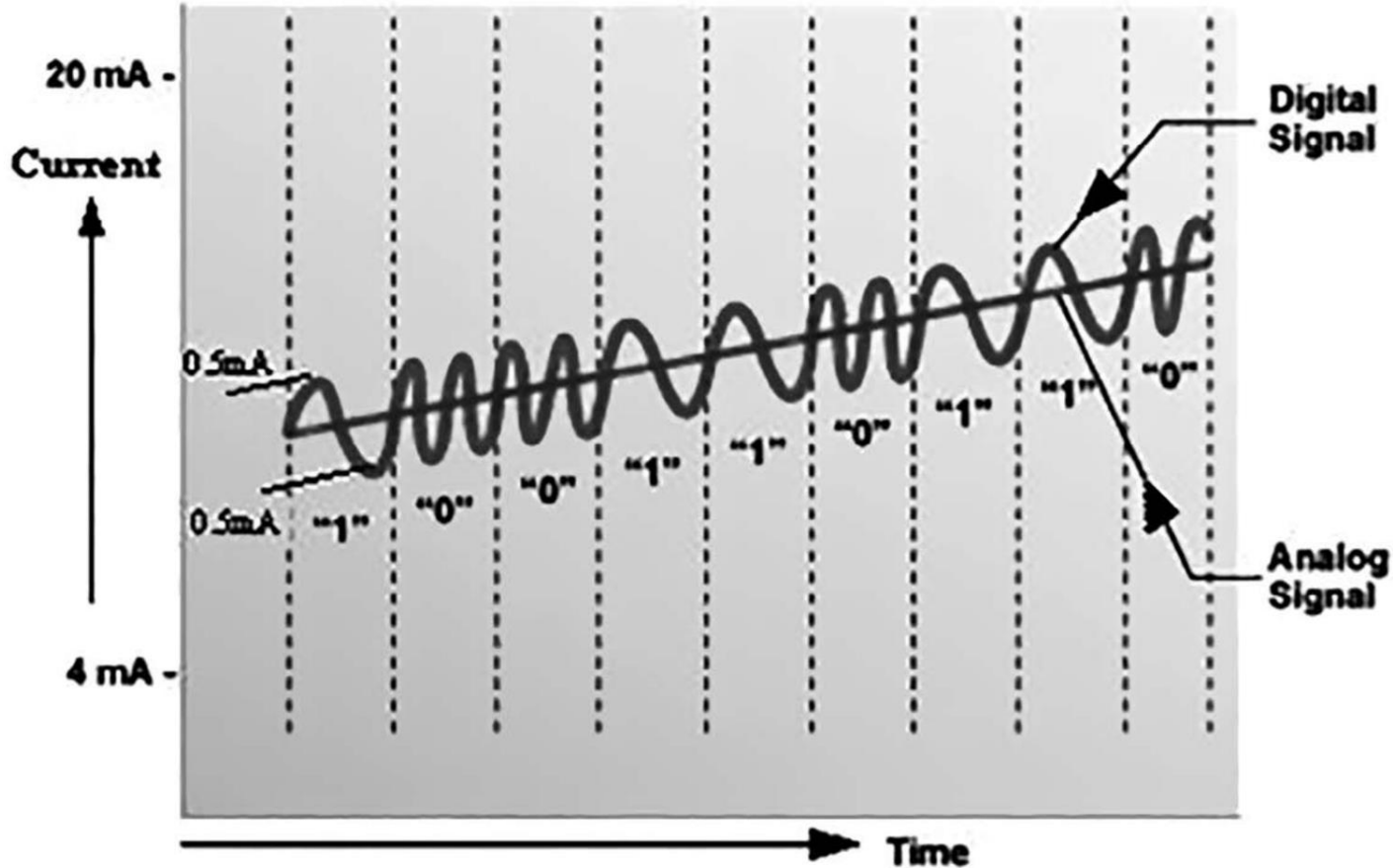


Rys. Typowa sieć PROFIBUS obejmuje zarówno automatykę procesową jak i produkcyjną [2]

HART - wprowadzenie

- *Highway addressable remote transducer*
- Dwukierunkowy protokół komunikacyjny, który umożliwia dostęp do danych między inteligentnymi urządzeniami polowymi a systemem hosta, takim jak komputer, laptop, urządzenie podręczne technika, itp.
- Pierwszy protokół o charakterze „hybrydowym”, w którym cyfrowy sygnał komunikacyjny jest nakładany na analogowy sygnał transmisyjny 4 ... 20 mA.

HART - kodowanie



Note: Drawing not to scale

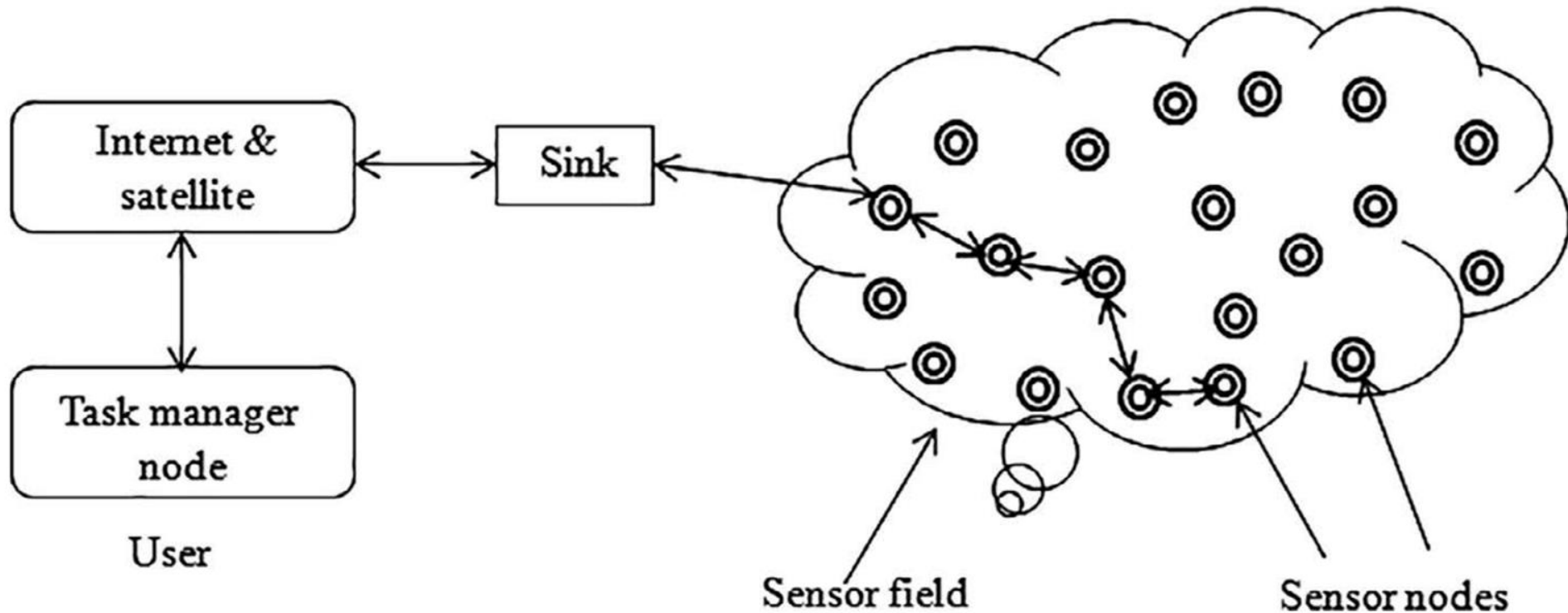
Digital over Analog

Rys. Sygnał HART nałożony na sygnał prądowy [3]

HART - zalety

- Jednoczesna komunikacja analogowa i cyfrowa
- Kompatybilny z konwencjonalnymi schematami oprzyrządowania analogowego
- Obsługuje urządzenia polowe o wielu zmiennych
- Elastyczny dostęp do danych przez maksymalnie dwie matki
- De facto otwarty standard
- Zgodność wsteczna
- Jedyny protokół, który obsługuje sygnały zarówno analogowe, jak i cyfrowe, w przeciwieństwie do innych magistral polowych, które mają charakter cyfrowy
- Praca typu punkt-punkt lub multi-drop
- Czas reakcji ok. 0,5 s

Komunikacja bezprzewodowa



Rys. Typowa sieć komunikacji bezprzewodowej czujników [1]

Komunikacja bezprzewodowa

.Bezprzewodowe sieci czujników wykorzystują pasmo ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) posiadające trzy zakresy:

-902–928 MHz,

-2,4–2,835 GHz,

- 5,725–5,85 GHz, odpowiednio.

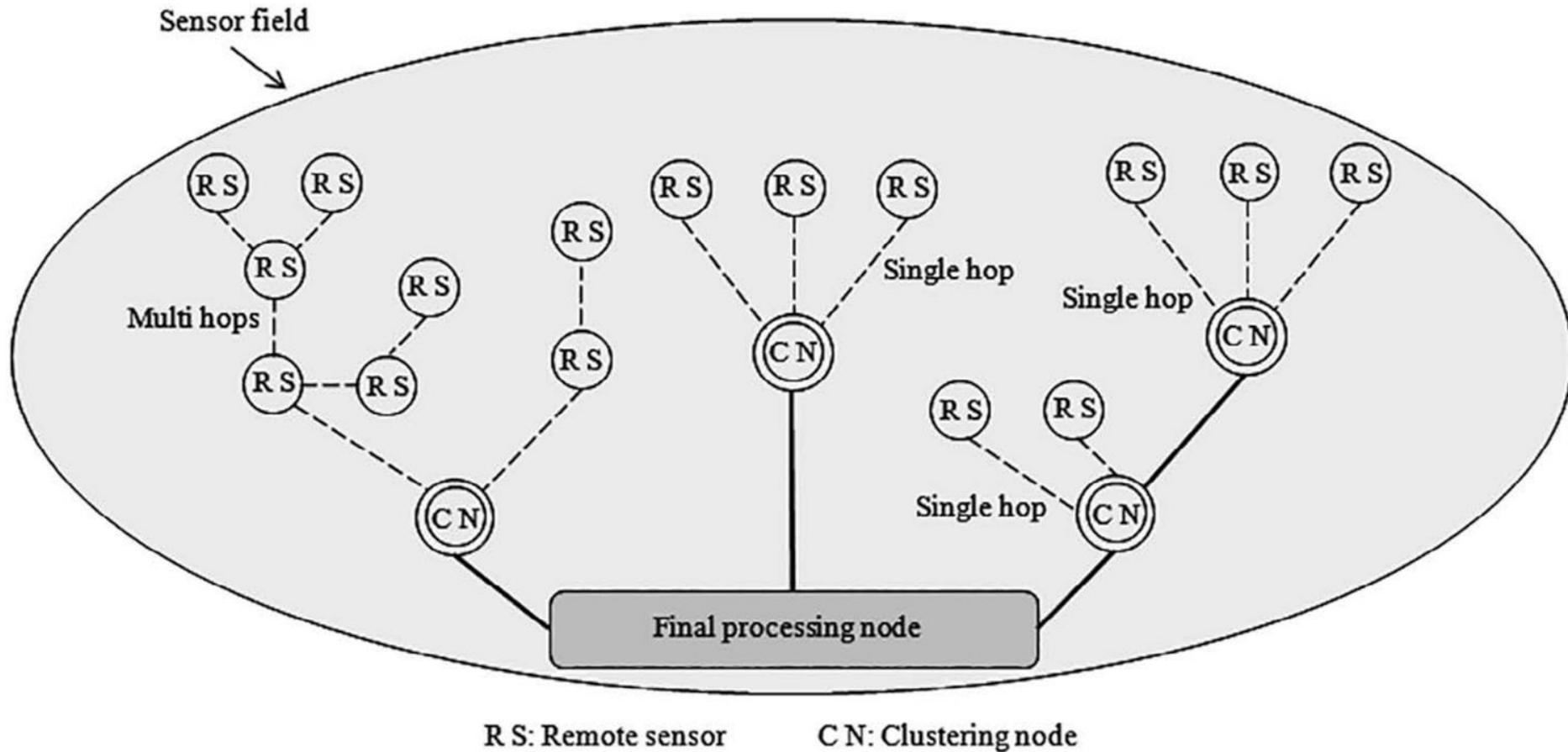
.Typowe technologie to:

-Wi-Fi / bezprzewodowy Ethernet

-Bluetooth

-ZigBee

Komunikacja bezprzewodowa

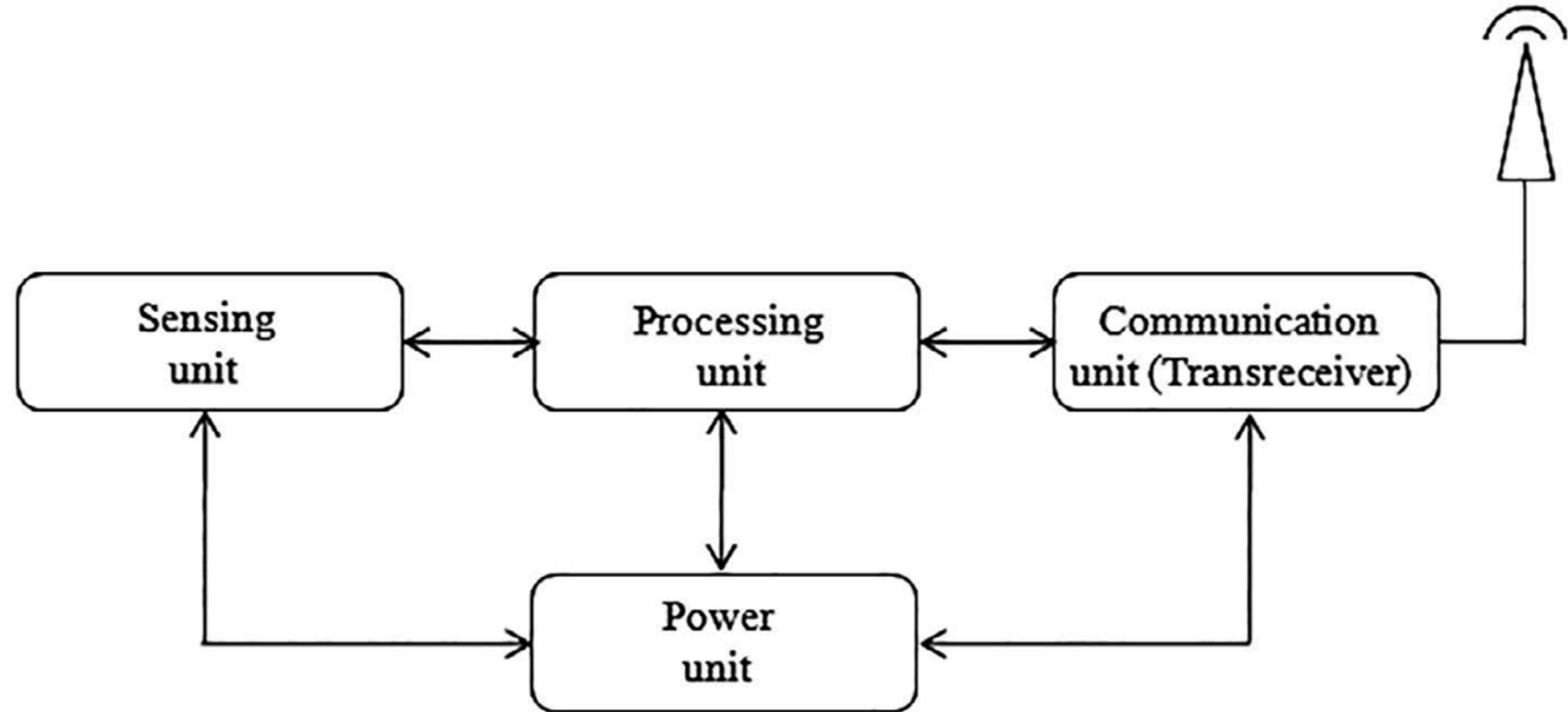


Rys. Typowa aranżacja sieci czujników [1]

Komunikacja bezprzewodowa - cechy

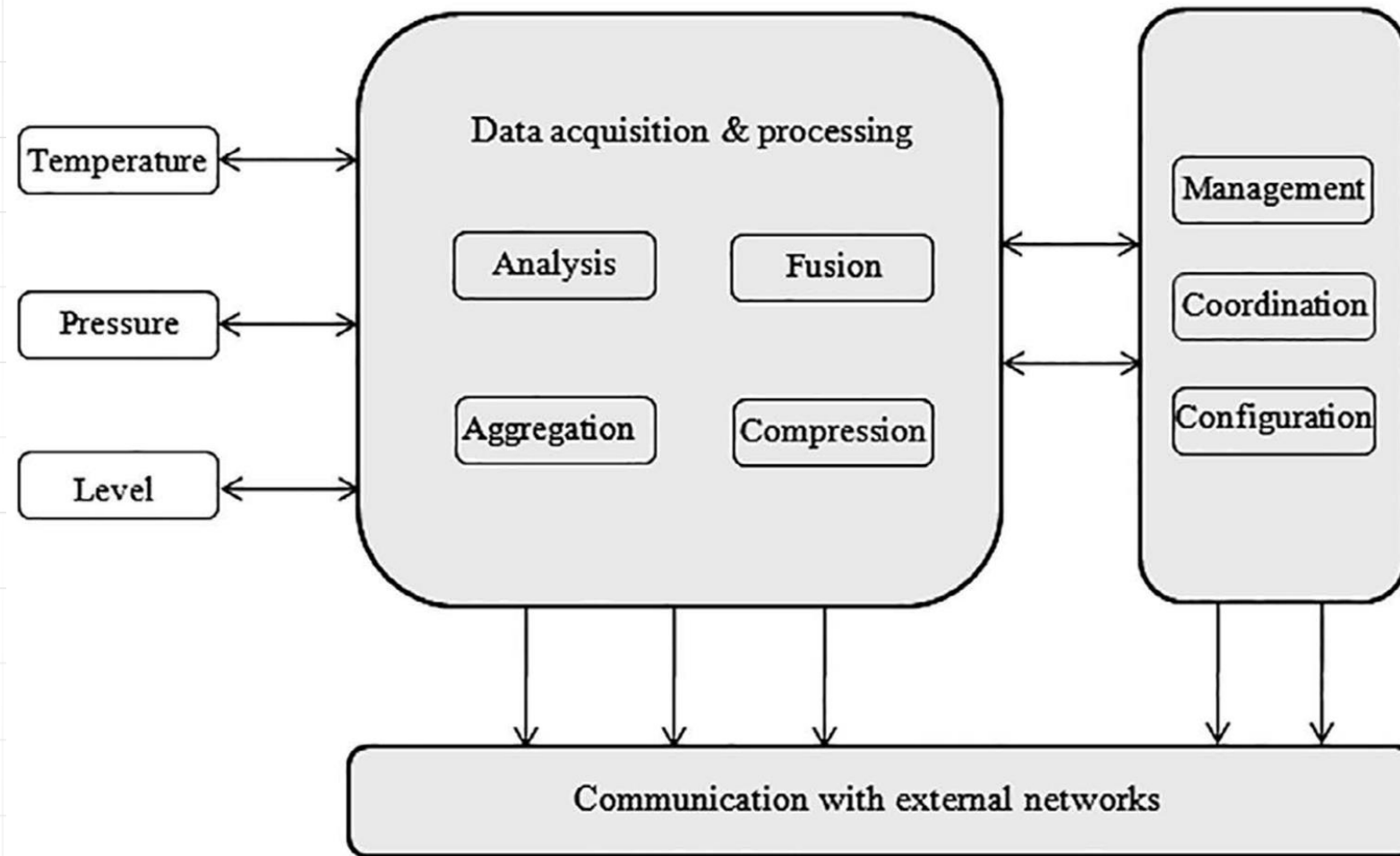
- .Sieci WSN (*wireless sensor network*) to sieci ad hoc, które organizują się w sieć pozbawioną infrastruktury
- .Mają zwykle więcej węzłów, które są gęsto rozmieszczone
- .Węzły czujników są podatne na awarie
- .Komunikacja jest typu „wiele do jednego” (dane są zbierane w stacji bazowej), a nie peer-to-peer
- .Topologia sieci WSN często się zmienia
- .Węzły w WSN są ograniczone mocą
- .Sieć samokonfigurująca się i odporna na zmiany topologii, takie jak dodawanie/wycofywanie węzła
- .WSN ma charakter skalowalny
- .WSN powinna zapewniać łączność, jakość usług (QoS) i bezpieczeństwo (zaufanie)
- .Dane z kilku grup węzłów są łączone (klastrowane) przed transmisją – w związku z tym potrzebna jest mniejsza liczba transmisji

Węzeł czujnika



Rys. Zasadnicze bloki węzła czujnika [1]

Węzeł czujnika



Rys. Zasadnicze funkcje węzła czujnika [1]

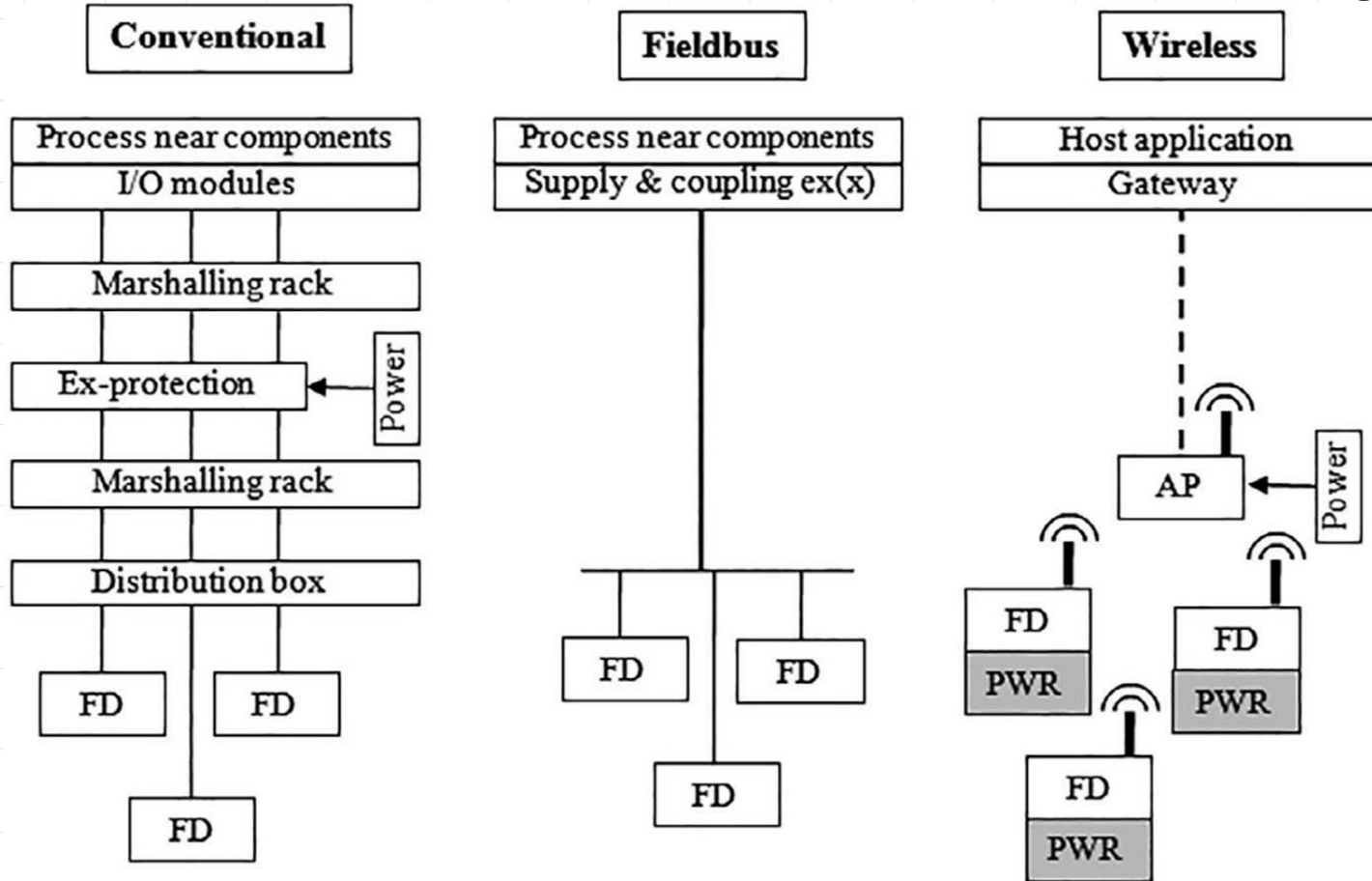
Komunikacja bezprzewodowa - zalety

- .Sieć bezprzewodowa bez infrastruktury
- .Wykorzystuje wolne od licencji pasmo ISM do transmisji informacji
- .Jest szczególnie odpowiedni na nierówne tereny i tereny niegościnne, trudno dostępne
- .Sieć jest skalowalna
- .Zmniejszona konserwacja
- .Mniejsze zapotrzebowanie na obsługę przez człowieka

Komunikacja bezprzewodowa - wady

- Sieć o ograniczonej mocy
- Niższa prędkość w porównaniu do przewodowego odpowiednika
- Sygnały są zakłócone przez ściany itp.
- Sygnał słabnie wraz ze wzrostem odległości
- Zakłócenia RF z pobliskich sygnałów
- Wciąż droższa niż sieć przewodowa

Porównanie architektur automatyki



FD – Field device **AP** – Access point **PWR** – Power

Rys. Porównanie architektur: konwencjonalnej, magistralowej i bezprzewodowej [4]

Bluetooth

- Krótki zasięg

- *Bluetooth Low Energy* (BLE) lub *Bluetooth Smart* oferuje identyczne zasięgi jak oryginalny Bluetooth, ale przy znacznie zmniejszonym zużyciu energii

- Użyteczny jedynie przy małych rozmiarach danych

- Bluetooth w wersji 4.2 działa na częstotliwości 2,4 MHz z zasięgiem 50-150 m i szybkość transmisji danych 1 Mb/s

Wi-Fi

- Sieci LAN

- Może obsłużyć dużą ilość danych w bardzo szybkim tempie

- Duże zapotrzebowanie na energię

- Działa w pasmach częstotliwości 2,4 GHz i 5 GHz i może pokryć zasięg około 50 m

Sieci komórkowe

- .GSM/3G/4G/5G
- .Duże zapotrzebowanie na energię
- .Duże koszty transmisji danych
- .W praktyce służy do przesyłania danych o małych rozmiarach
- .Może pokryć odległość około 35 km dla GSM i 200 km dla HSPA, a szybkości transmisji danych również wahają się od kb/s do Mb/s w zależności od zastosowanego standardu.

Literatura

- [1] C. Dey, S. K. Sen, *Industrial Automation Technologies*, Taylor & Francis Group, 2020
- [2] A. A. Verwer, Introduction to PROFIBUS, Manchester Metropolitan University, Department of Engineering, Automation Systems Center, PROFIBUS Competence Center, 2005
- [3] HART Communication Foundation. Application Guide HCF LIT 34. HART Field Communications Protocol, Austin, TX, 1999
- [4] W. Ikram and N. F. Thornhill, *Wireless Communication in Process Automation: A survey of Opportunities, Requirements, Concerns, and Challenges*, Control 2010, Coventry, UK 2010