



Wojciech GREGA

**Metody transmisji i przetwarzania danych o
zużyciu energii**

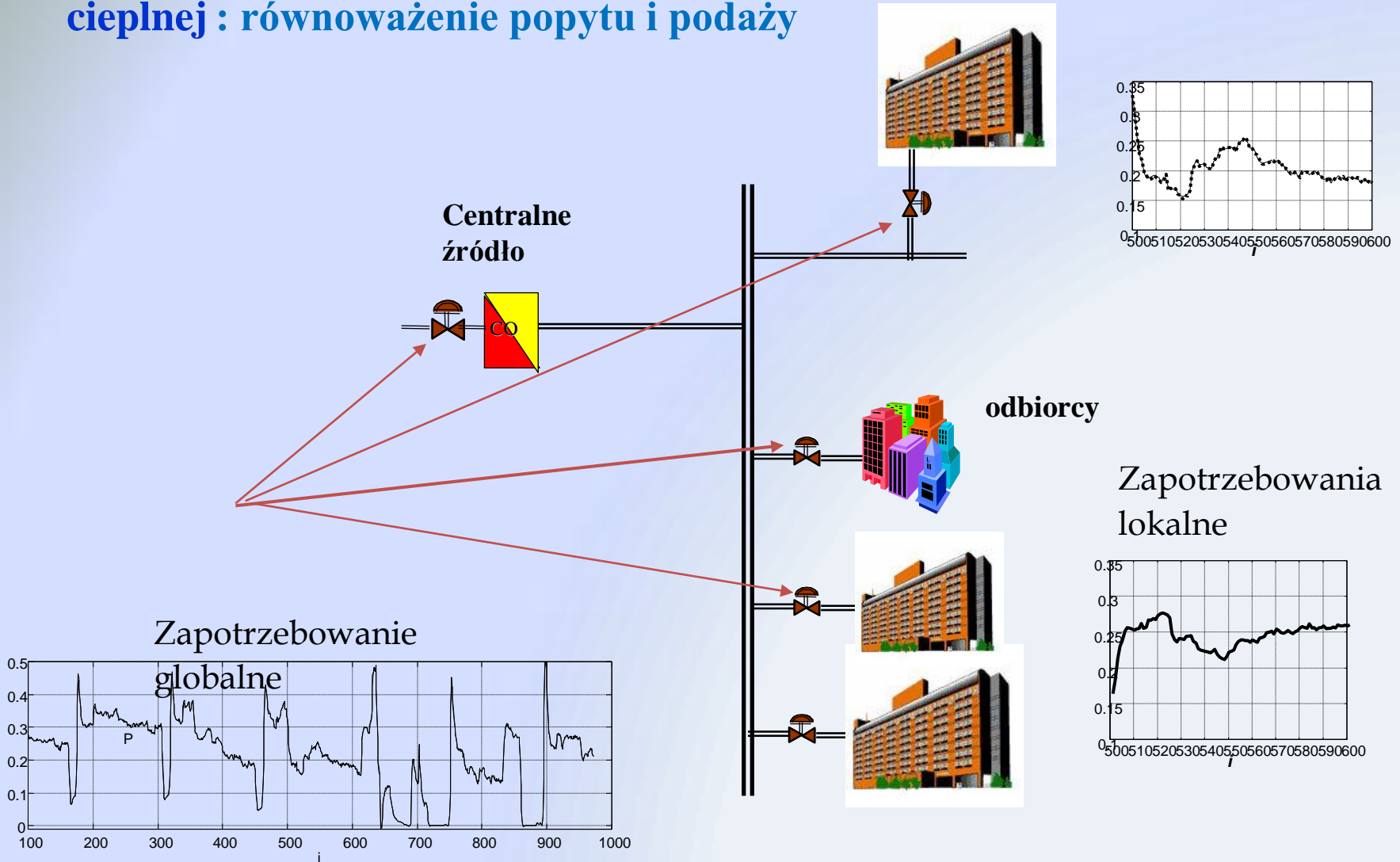
**Akademia-Górnictwo-Hutnictwo w Krakowie
Katedra Automatyki i Inżynierii Biomedycznej**

Al. Mickiewicza 30, B1, 30-059 Kraków

wgr@agh.edu.pl



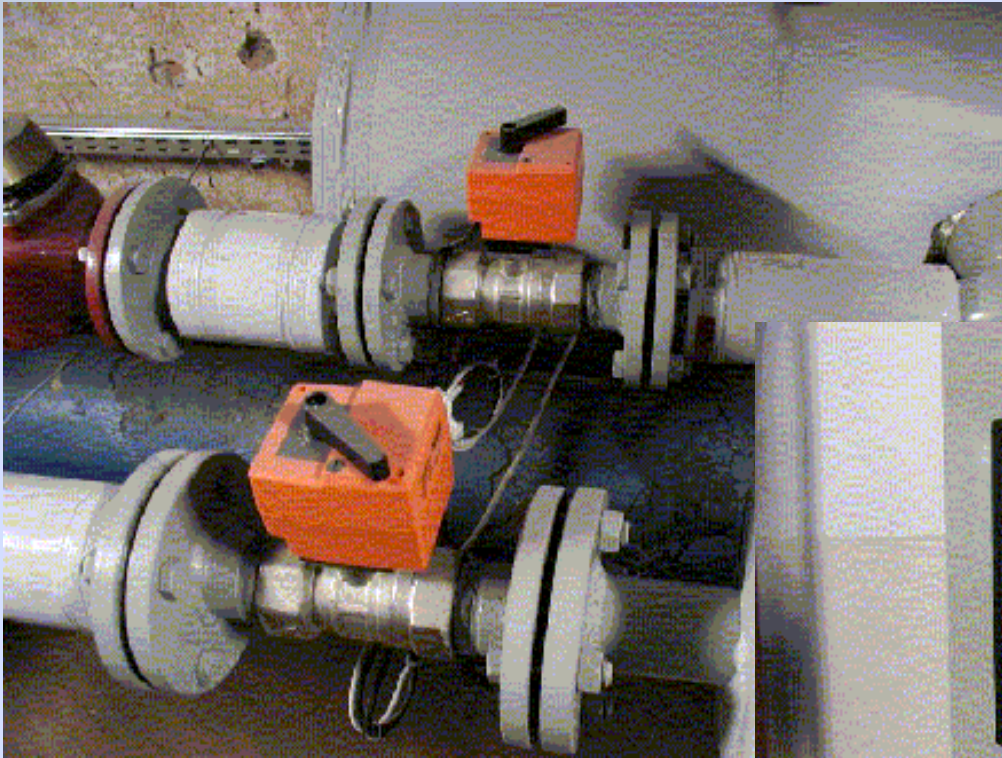
Motywujący przykład: sterowanie dystrybucją energii cieplnej : równoważenie popytu i podaży



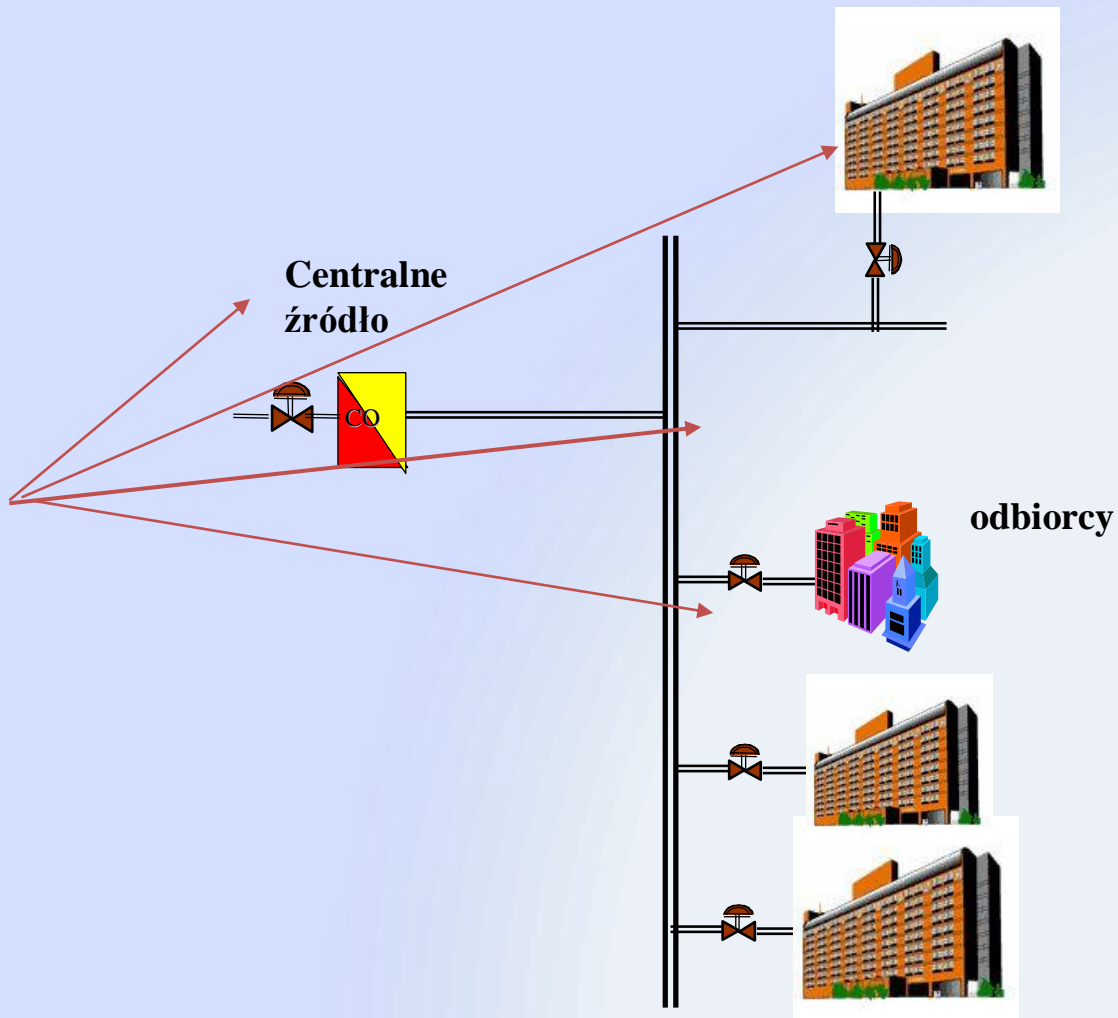
Centralne źródło energii



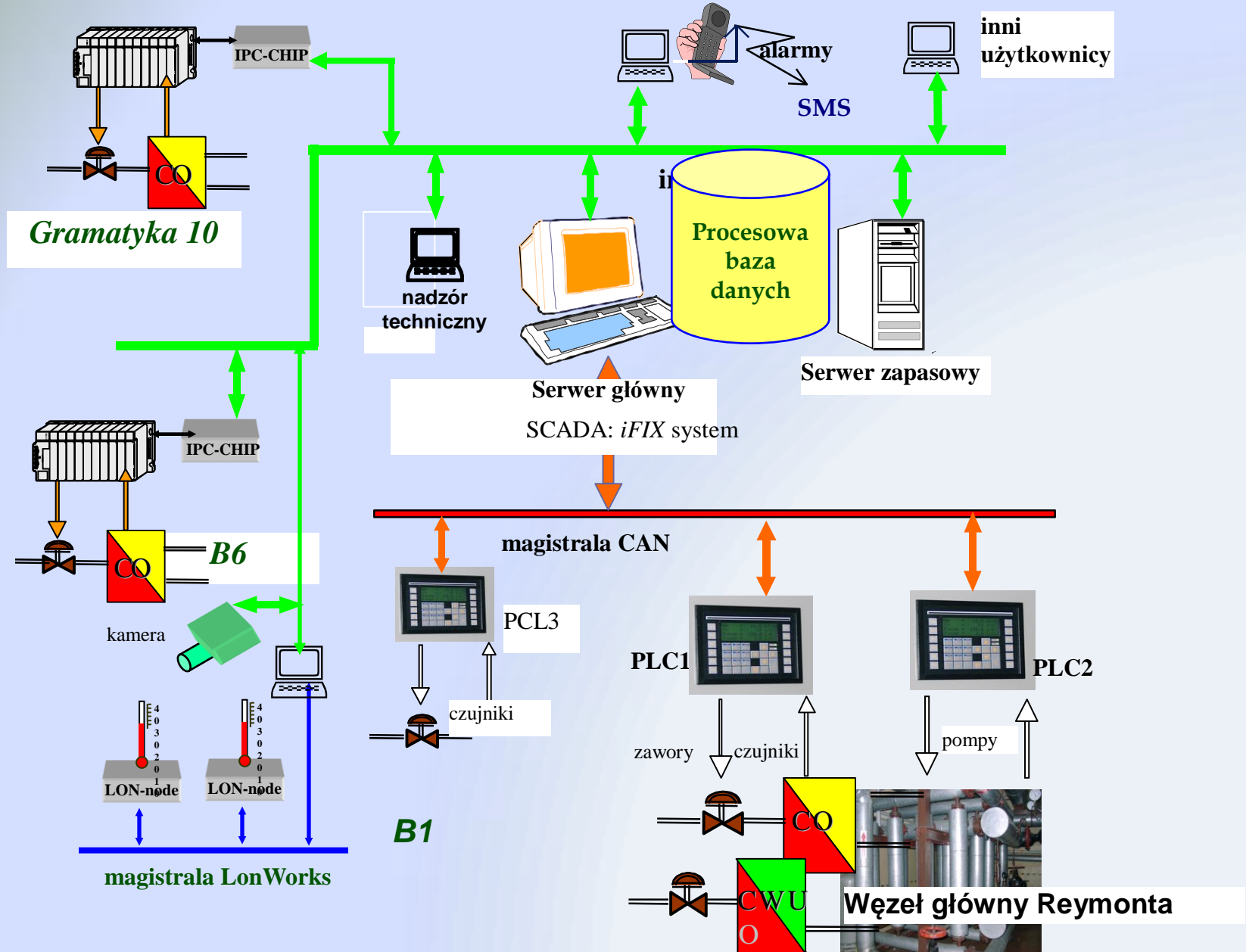
Sterowniki lokalne



Sterowanie dystrybucją energii cieplnej wymaga utworzenia odpowiedniej struktury teleinformatycznej



Struktura systemu



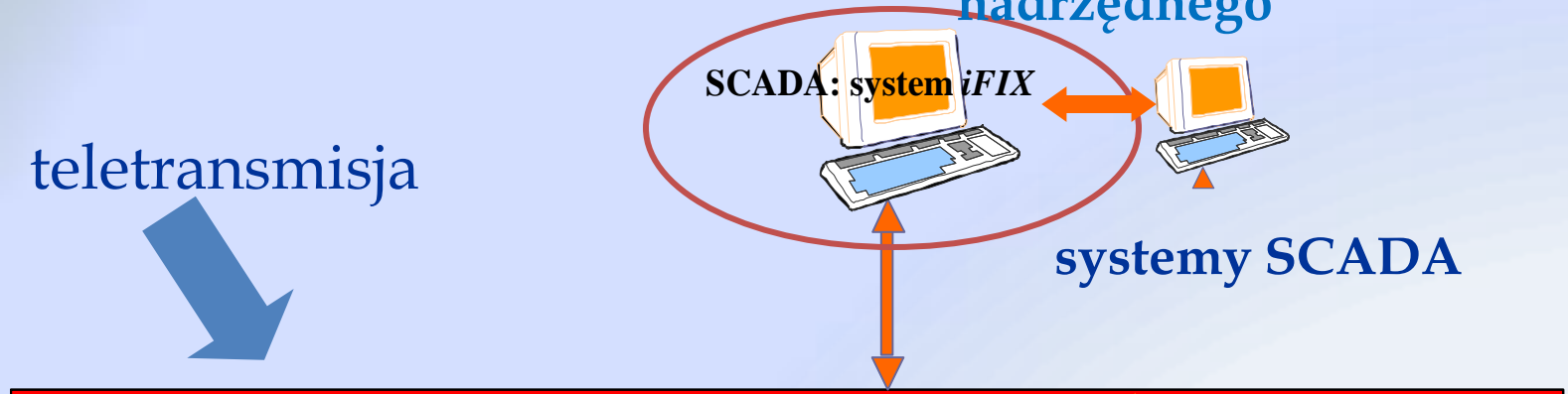
Zastosowane technologie teleinformatyczne

Algorytmy sterowania
nadrzędnego

SCADA: system *iFIX*

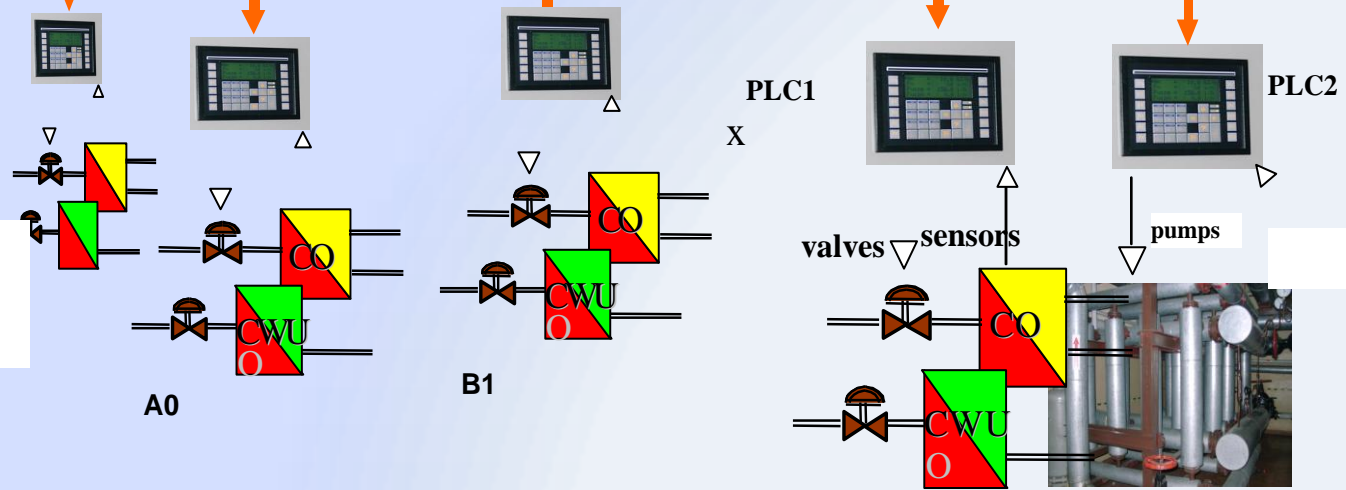
systemy SCADA

teletransmisja



CAN fieldbus

Inteligentne
węzły



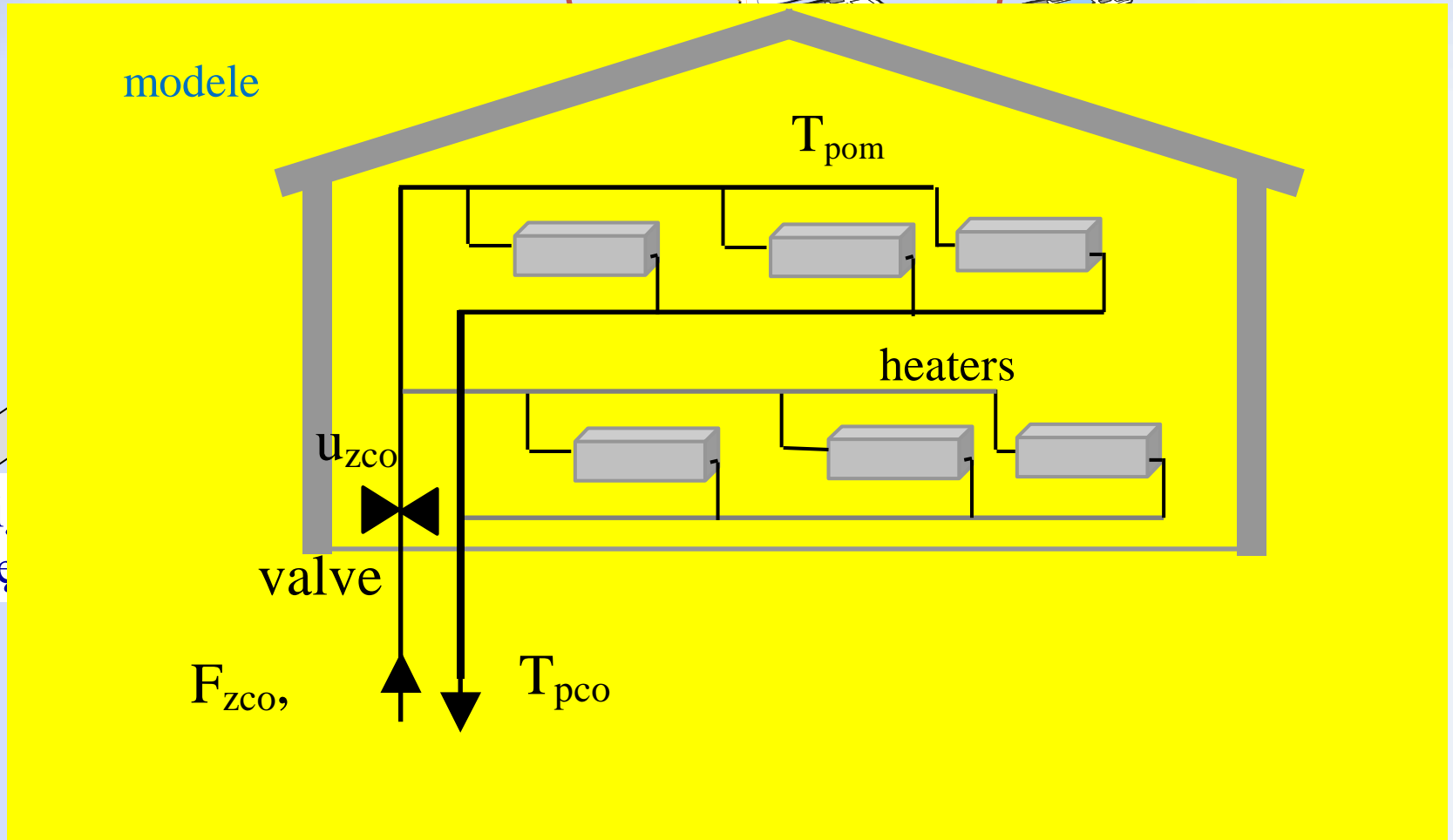
struktura rozproszona

Main source

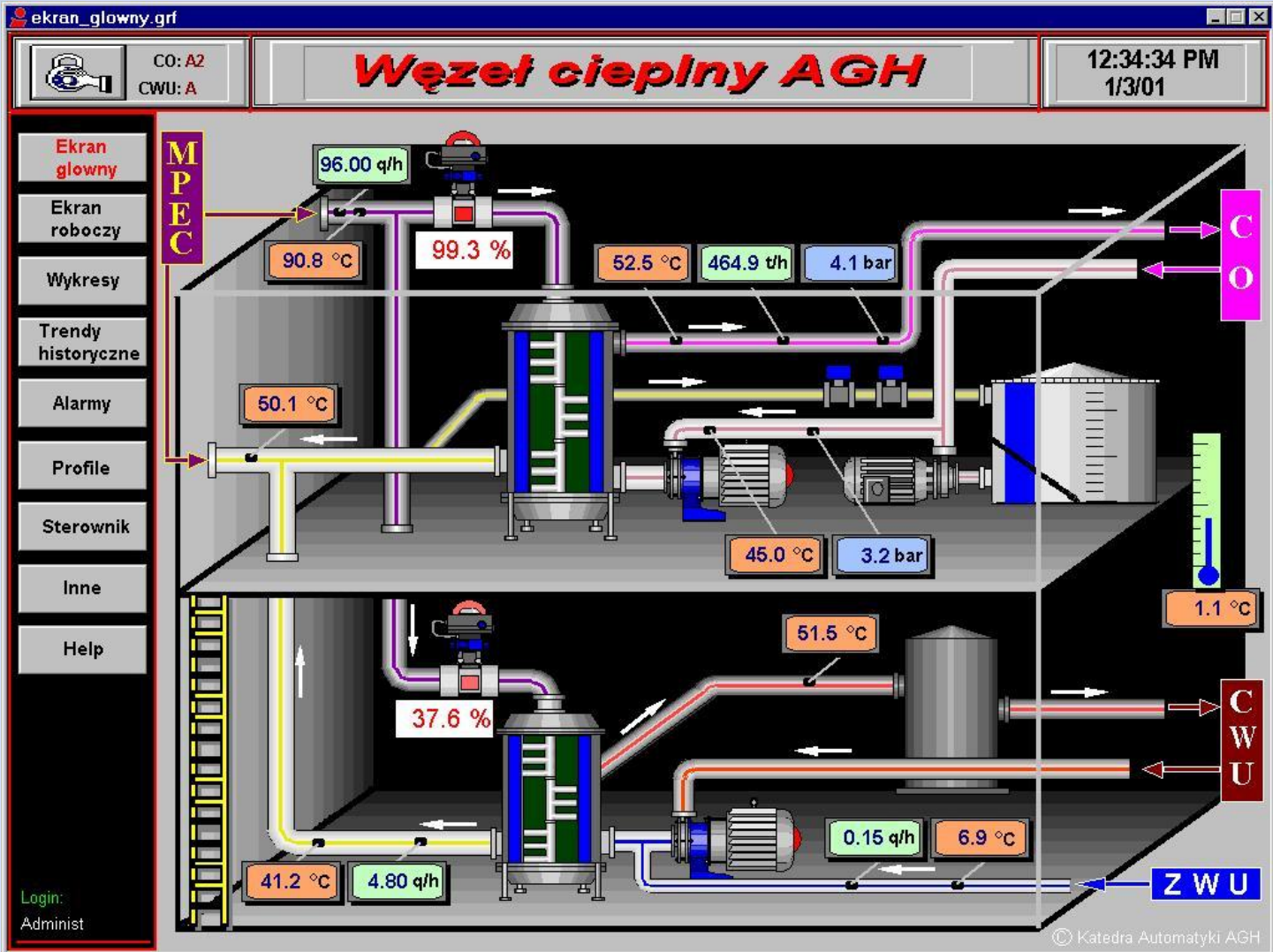
Zastosowane technologie teleinformatyczne

Algorytmy sterowania nadzrzednego

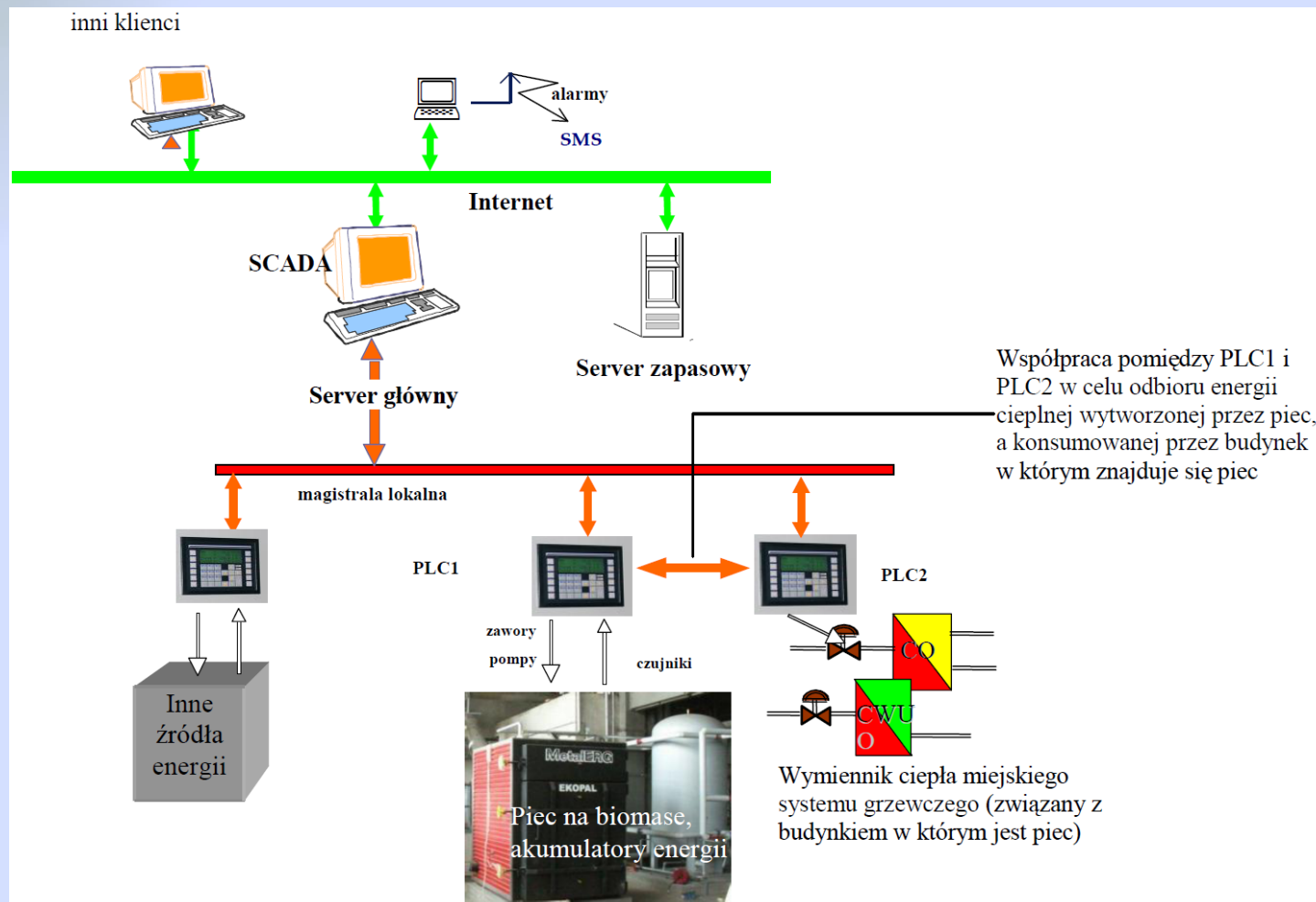
SCADA: system *iFIX*



Inteli
we

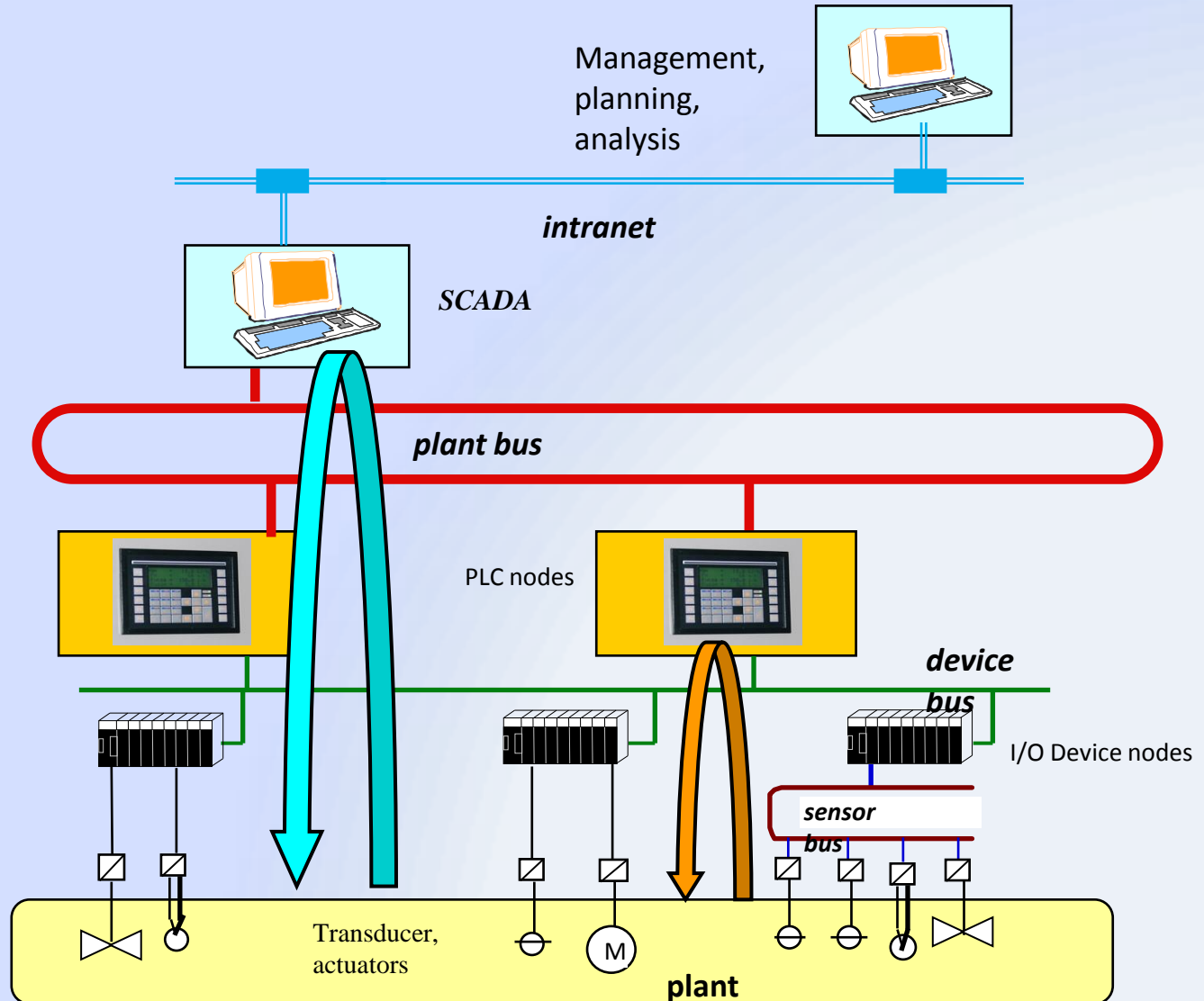


Inny przykład

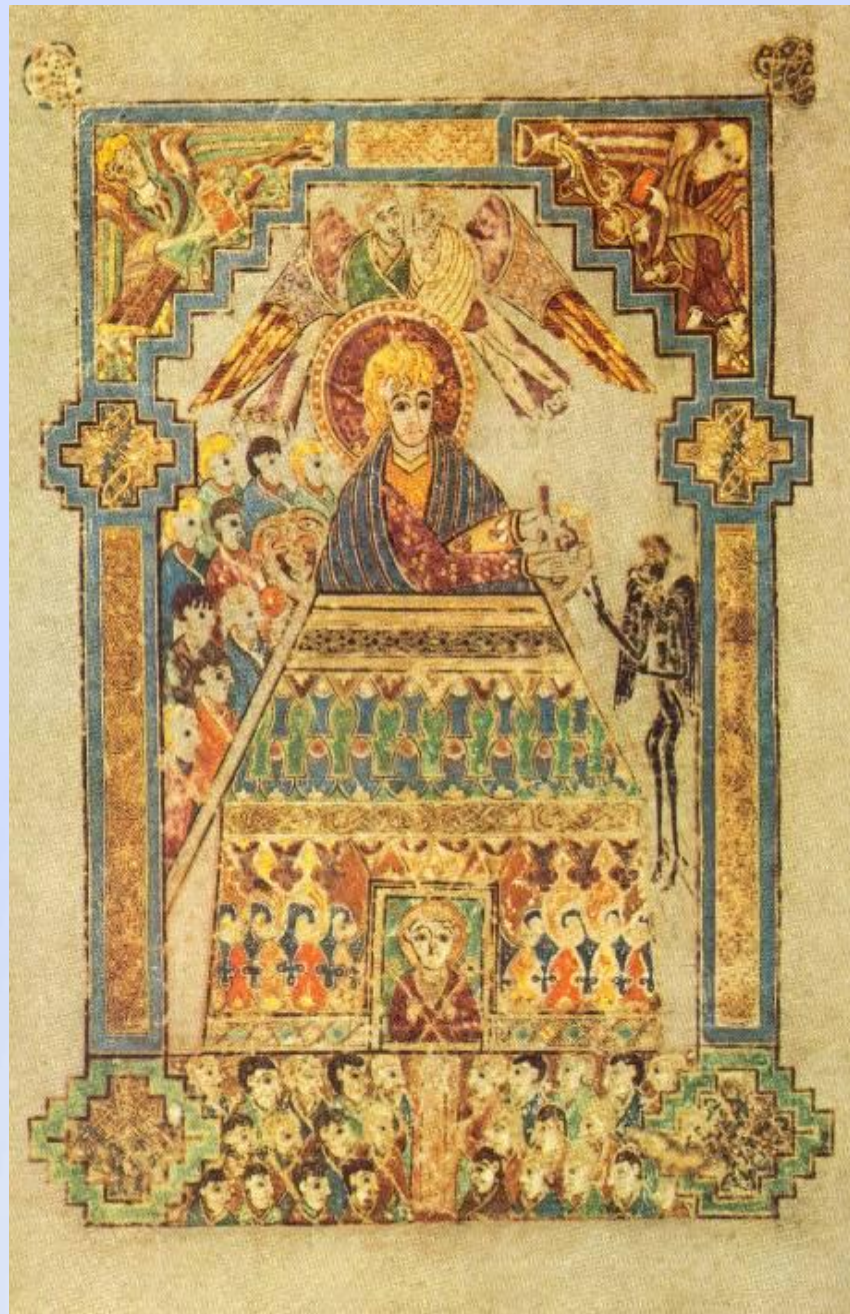


Typowa struktura przemysłowego układu sterowania

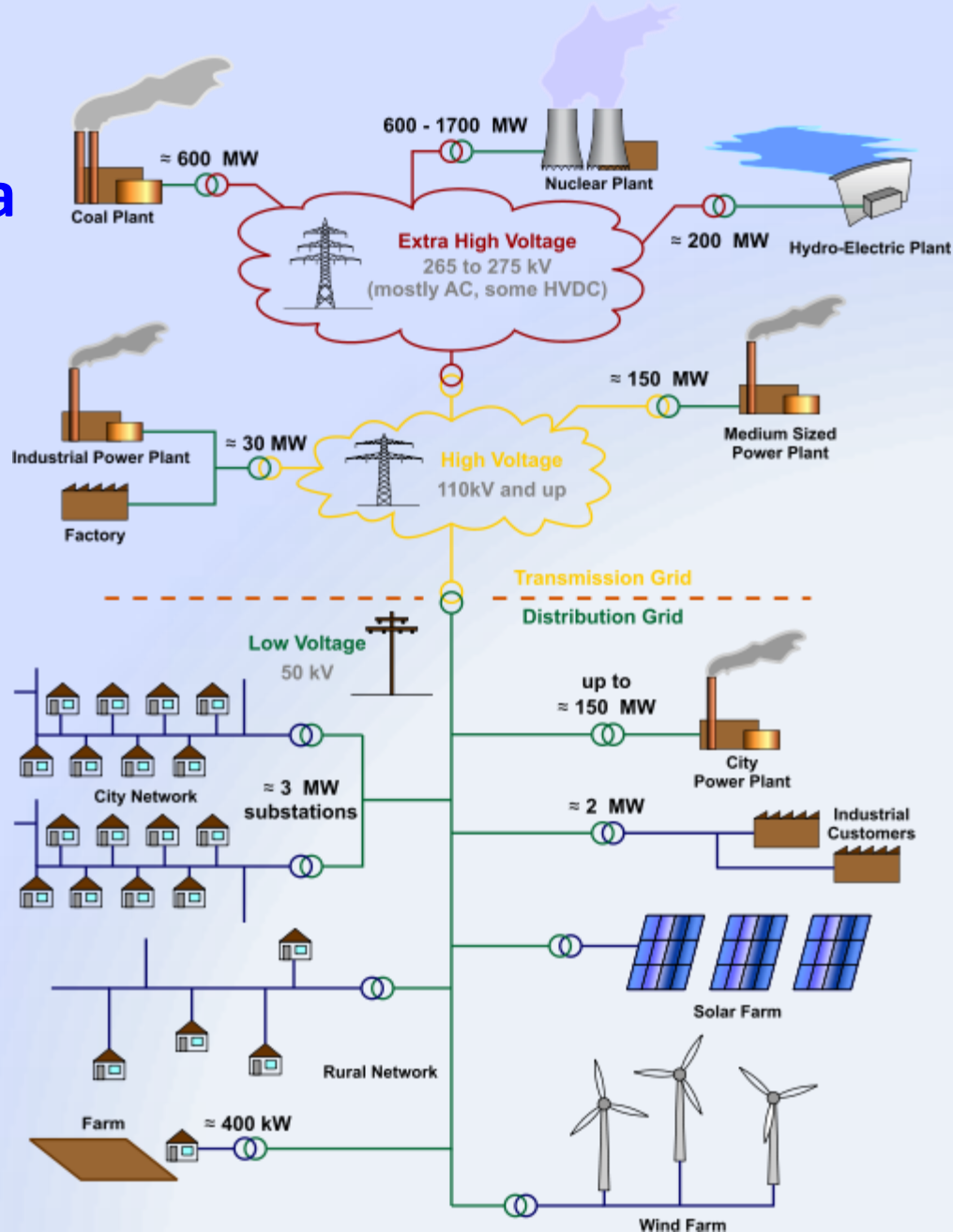
Wielowarstwowa struktura hierarchiczna z poziomym i pionowym przepływem danych

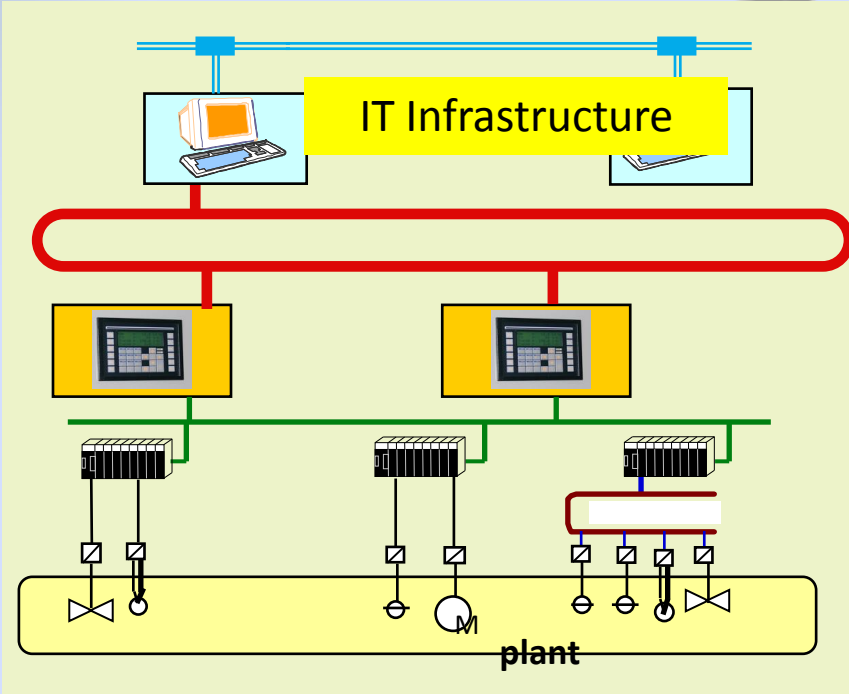
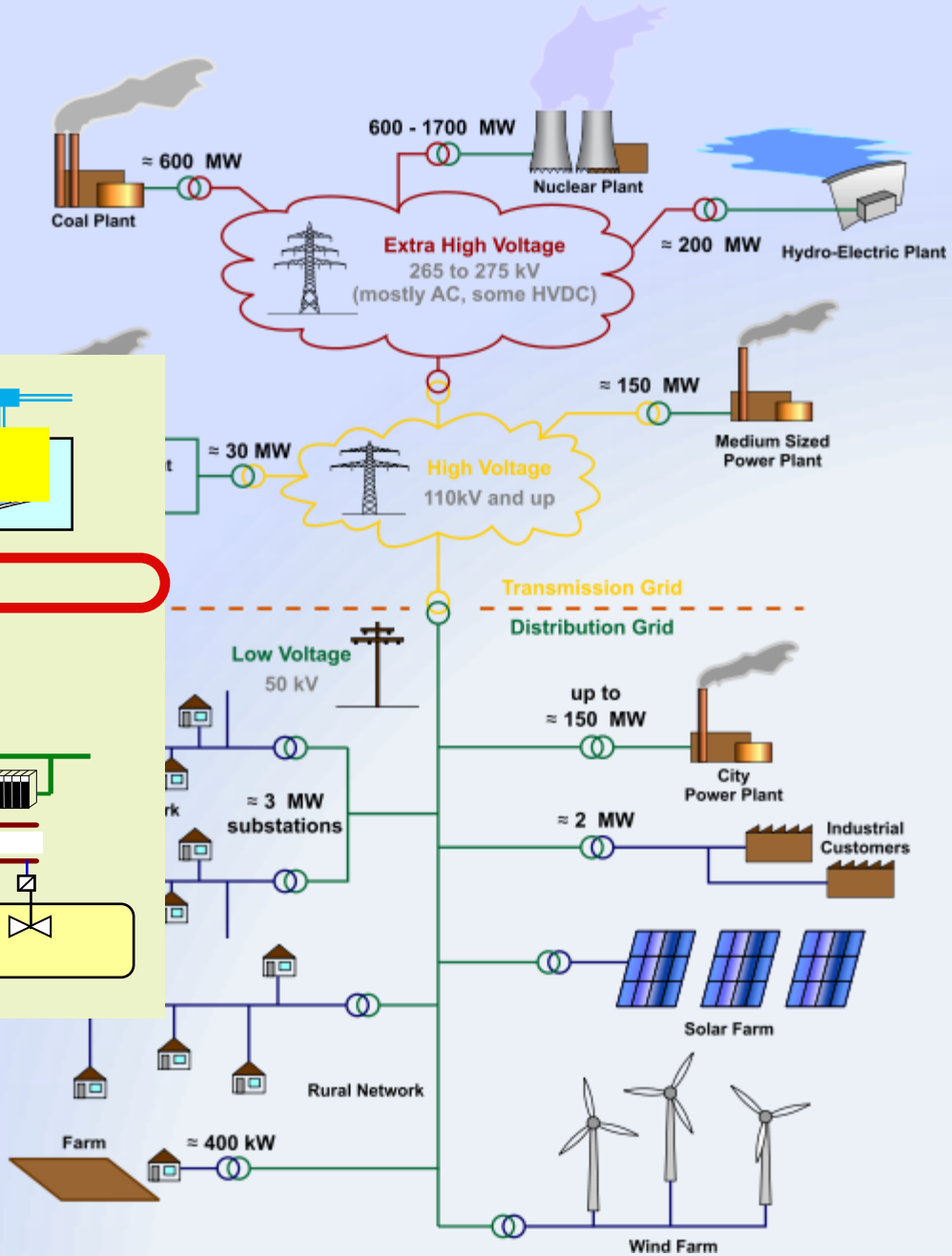


Hierarchia jest logiczna i tradycyjna



Produkcja i dystrybucja energii elektrycznej





Tradycyjnie, stosuje się podział produkcji, transportu i dystrybucji energii ze względu na jej rodzaj (energia elektryczna, ciepła) lub też według źródeł jej pochodzenia (generatory parowe, turbiny wodne, wiatrowe itd.). Należy jednak podkreślić, że z punktu widzenia metod sterowania i monitorowania - generalnie metod automatyki i informatyki przemysłowej - podział ten nie jest istotny. Projektanta systemu automatyki interesuje przede wszystkim przepływ informacji: liczba zmiennych procesowych, ich charakter (ciągłe – analogowe czy też dyskretne - cyfrowe?), ich dynamika (czy są to sygnały szybko czy wolnozmiennne?) oraz kryteria jakości dla algorytmów sterowania (np. sterowanie w stanach zakłóceń czy bezzakłóceń systemu energetycznego?).

Struktury systemów sterowania, algorytmy przetwarzania danych, stosowane standardy informatyczne, protokoły transmisji danych **będą podobne**, niezależnie od tego, czy rozważany jest system automatyki dla obsługi sieci energetycznej, czy też sterowania rozległym systemem grzewczym.

W jednym i drugim przypadku **kluczowymi elementami takich projektów są:**

- rozproszone układy pomiarowo-sterujące, tworzące węzły automatyki wyposażone w lokalną inteligencję,
- sieci transmisji danych, wspierane przez standardowe protokoły działające w czasie rzeczywistym,
- nadrzędne systemy monitorowania i sterowania, w tym systemy SCADA,
- systemy realizujące zaawansowaną analizę i przetwarzanie danych,
- narzędzia informatyczne dla integracji podsystemów.

Tradycyjnie, stosuje się podział produkcji, transportu i dystrybucji energii ze względu na jej rodzaj (energia elektryczna, ciepła) lub też według źródeł jej pochodzenia (generatory parowe, turbiny wodne, wiatrowe itd.). Należy jednak podkreślić, że z punktu widzenia metod sterowania i monitorowania - generalnie metod automatyki i informatyki przemysłowej - podział ten nie jest istotny. Projektanta systemu automatyki interesuje przede wszystkim przepływ informacji: liczba zmiennych procesowych, ich charakter (ciągłe – analogowe czy też dyskretne - cyfrowe?), ich dynamika (czy są to sygnały szybko czy wolnozmiennie?) oraz kryteria jakości dla algorytmów sterowania (np. sterowanie w stanach zakłóceń czy bezzakłóceń systemu energetycznego?).

Struktury systemów sterowania, algorytmy przetwarzania danych, stosowane standardy informatyczne, pr... od tego, czy rozważany jest system autom... wania rozległym system grzewczym.

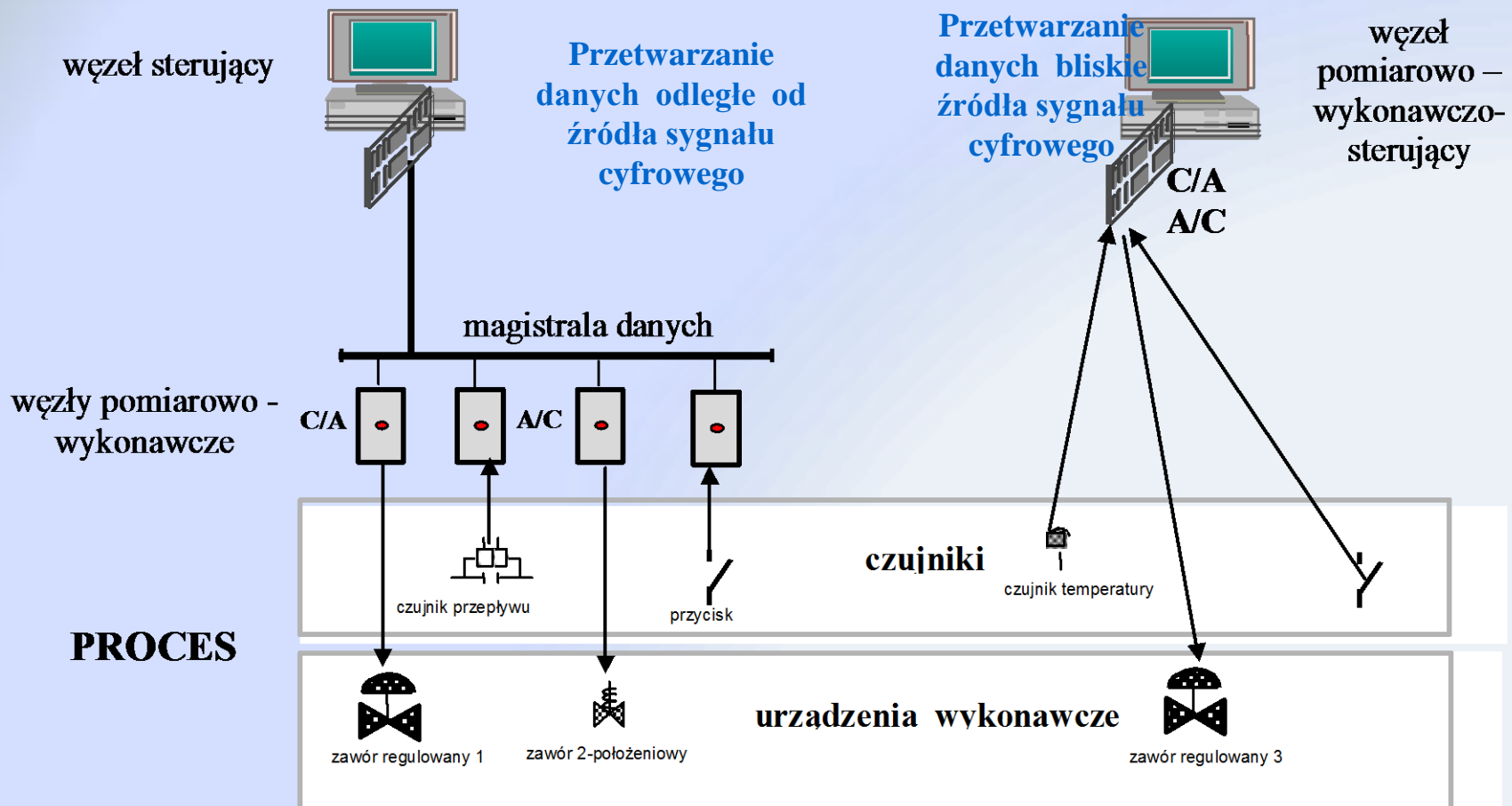
Różnice:

- ilość przetwarzanej informacji
- wymagane czasy reakcji (dynamika procesów) – czasy przetwarzania w węzłach, dopuszczalne opóźnienia transmisji
- wymagania niezawodnościowe (redundancja, pewność transmisji danych)
- wymagania dotyczące przetwarzania danych

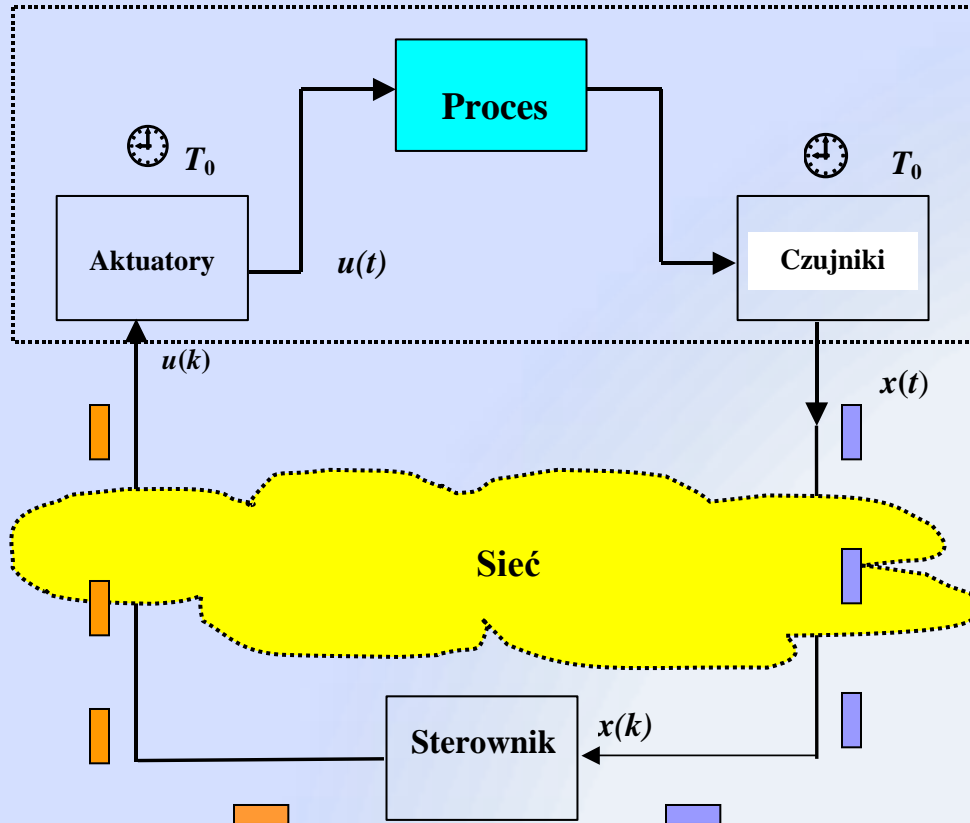
- W jednym i dru...
- rozproszone wyposażone
- sieci transm... czasie rzecz
- nadrzędne s...
- systemy rea...
- narzędzia ir...

- tów są:
- tomatyki
- ły działające w
- my SCADA,
- nych,

Dwie metody połączenia urządzenia sterującego z procesem



Transmisja danych jest procesem z czasem dyskretnym



Rozproszone systemy sterowania są obecnie rozwiązaniem powszechnie stosowanym we współczesnych układach automatyki

DLACZEGO?

• Tendencja ta jest wynikiem coraz większej dostępności wydajnych węzłów pomiarowo-sterujących, zawierających interfejsy sieciowe. Liczne **zalety** takiego rozwiązania i coraz niższe koszty „inteligentnych węzłów” w układach automatyki spowodowały ewolucję systemów sterowania ze struktury multiplekserowej do sieciowej.

ALE:

- Rozproszone rozwiązania automatyki stawiają nowe zadania projektantom sprzętu, oprogramowania i algorytmów sterowania.
- Rozwiązania rozproszone mogą wносить do modelu dynamiki systemu sterowania pewne komplikacje, związane z opóźnieniami transmisji danych lub nawet możliwością utraty danych.
- Zjawiska te trzeba identyfikować, a następnie próbować uzyskać odpowiedź na pytanie: ile tego typu zakłóceń system sterowania może tolerować i czy doskonaląc algorytm sterowania nie można tych niekorzystnych efektów wyeliminować?

Rozproszone systemy sterowania są obecnie rozwiązaniem powszechnie stosowanym we współczesnych układach automatyki

DLACZEGO?

• Tendencja ta jest wynikiem coraz większej dostępności wydajnych węzłów pomiarowo-sterujących, zawierających interfejsy sieciowe. Liczne **zalety** takiego rozwiązania i coraz niższe koszty „inteligentnych węzłów” w układach automatyki spowodowały ewolucję systemów sterowania ze struktury multiplekserowej do sieciowej.

ALE:

Przetwarzanie danych na odporną postać cyfrową odbywa się blisko źródła sygnału

Możliwość tworzenia rozległych terytorialnie układów automatyki, także mobilnych

Błędy i awarie są ograniczone do pojedynczego węzła

Budowa i uruchamianie systemu automatyki odbywa się etapami, przez integrację kolejnych podsystemów

Łatwa skalowalność np. poprzez kopiowanie węzłów

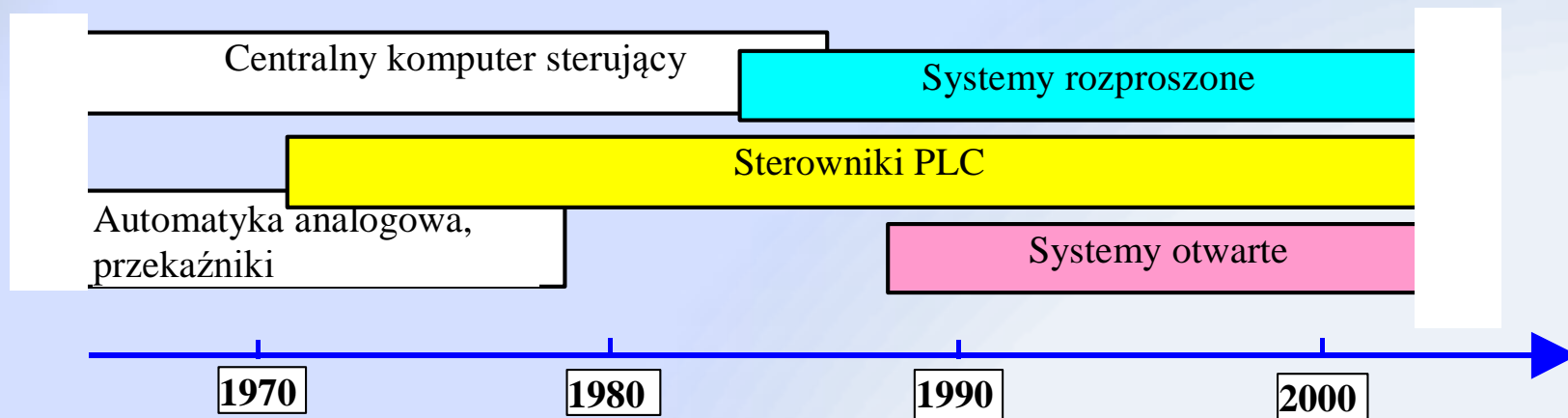
Utrzymanie: możliwość wymiany pojedynczych węzłów, łatwa diagnostyka kanałów transmisji danych

ki stawiają nowe zadania
nia i algorytmów sterowania.

osić do modelu dynamiki systemu
zane z opóźnieniami transmisji
y danych.

następnie próbować uzyskać
zakłóceń system sterowania może
sterowania nie można tych
ać?

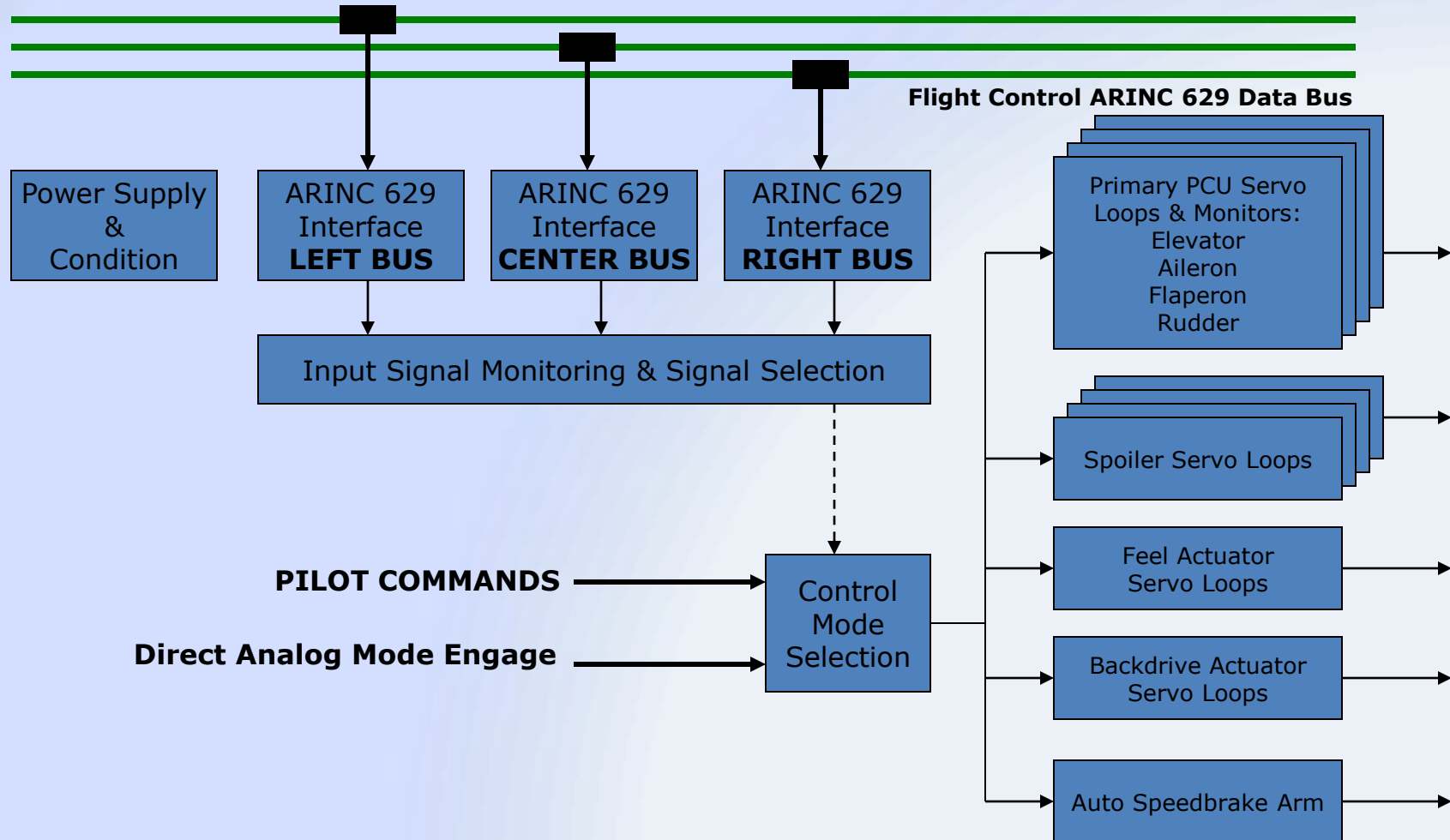
Rozwój metod sterowania cyfrowego



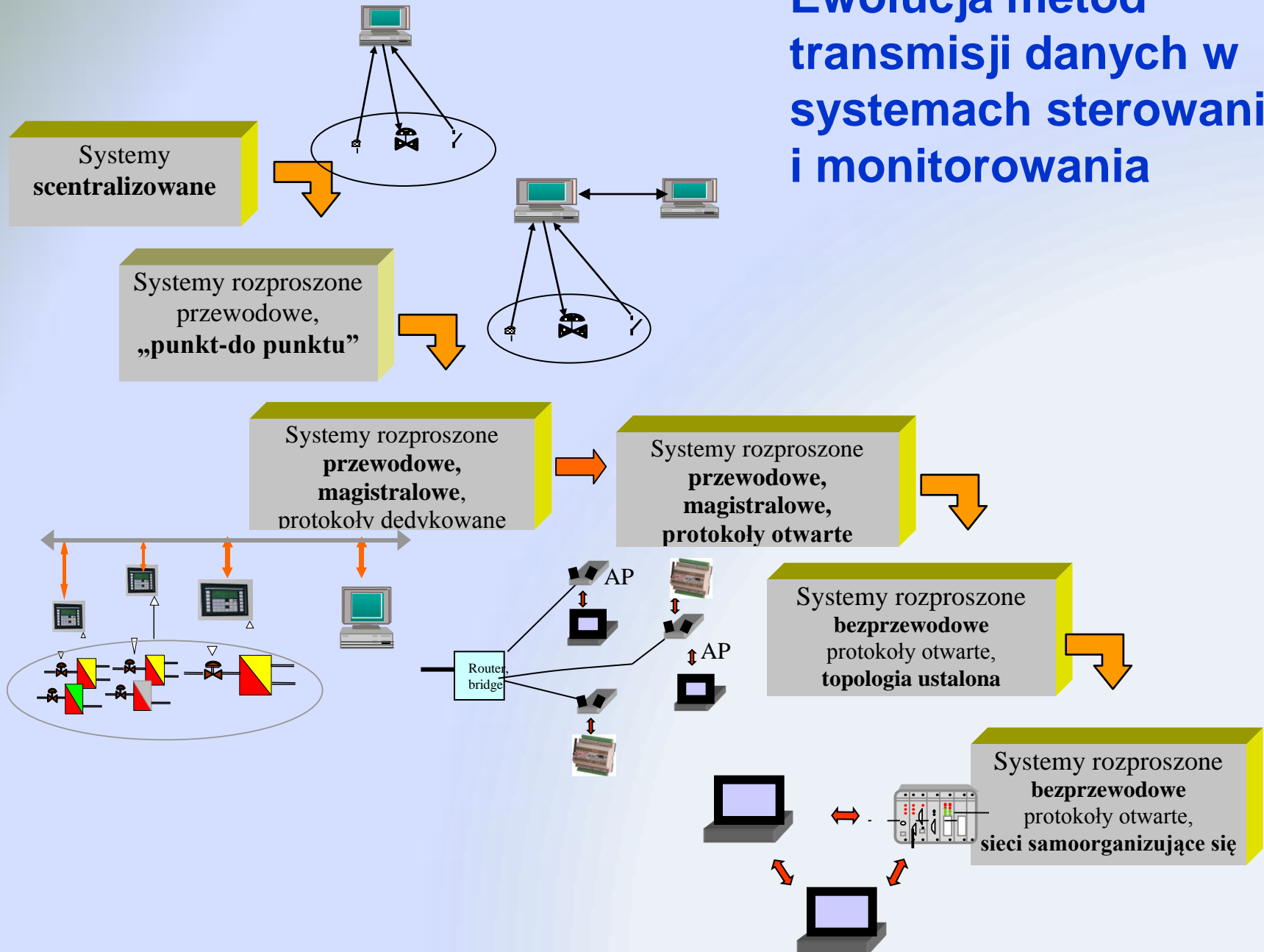
Przykład 3: B 777



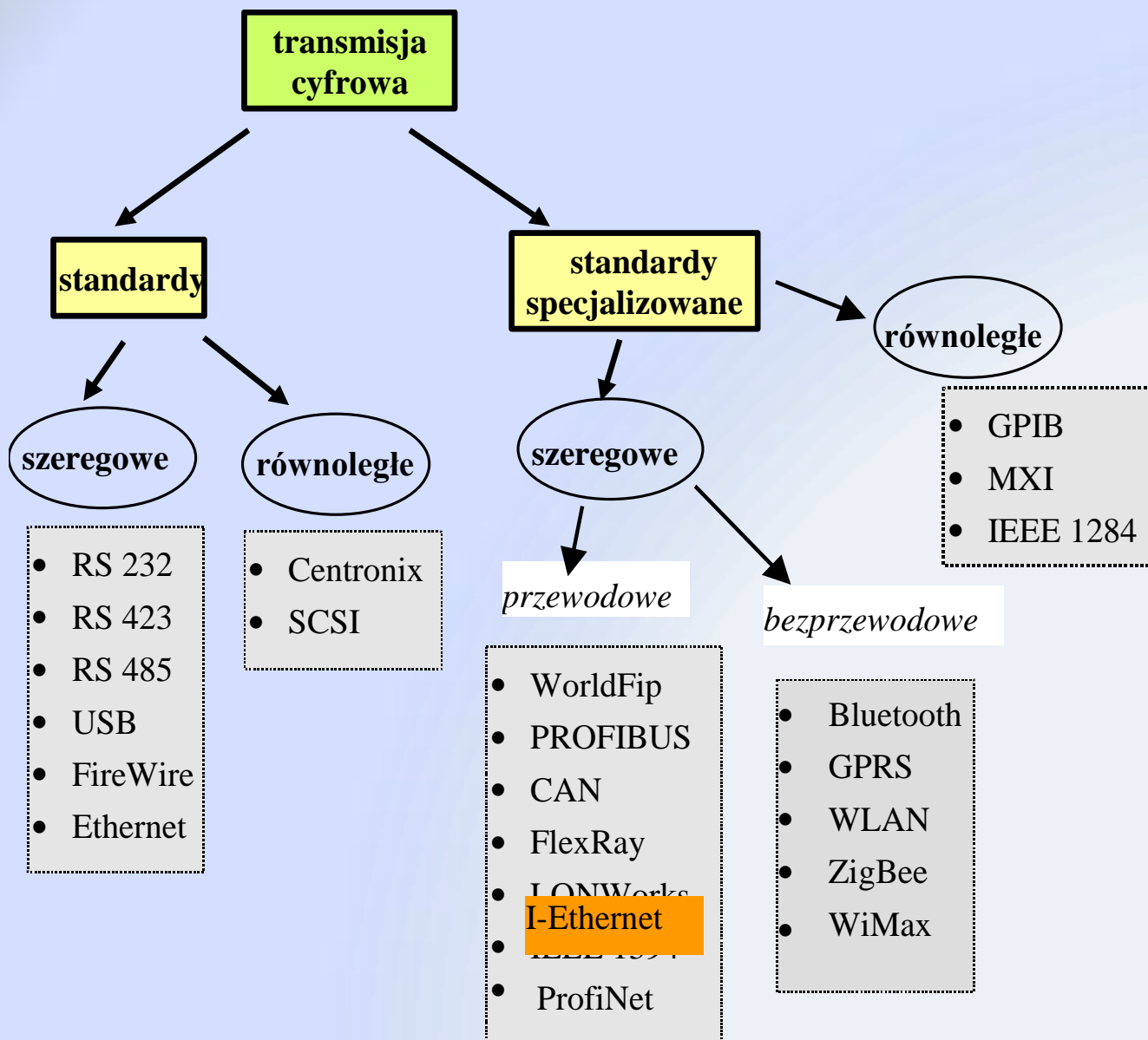
B777: Actuator Control Electronics



Ewolucja metod transmisji danych w systemach sterowania i monitorowania



Różnorodność protokołów transmisji

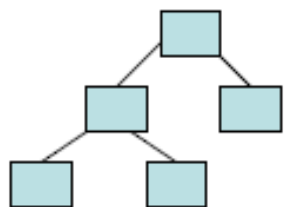


Zestawienie parametrów wybranych lokalnych sieci przemysłowych.

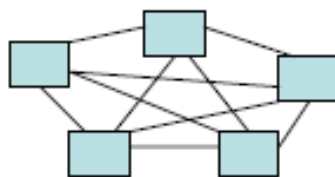
	WorldFIP	Profibus DP	InterBus-S	CAN	LonWorks
Kryteria technologiczne					
I warstwa OSI	Skrajka, RS-485, światłowód,	Skrajka, RS-485, światłowód	Skrajka 2x2, RS-485	Skrajka, RS-485, światłowód	Różne media
Kryteria topologiczne					
Struktura	Magistralowa, gwiazdista	Magistralowa, gwiazdista	Pierścieniowa	Magistralowa, gwiazdista	Magistralowa, gwiazdista
Długość maksymalna	1200m/seg (1Mb/s) 14000m max (1Mb/s)	1200m/seg (<100kb/s) 6000m maks.	400m/węzeł (<500 kbit/s) 13000 m maks.	1000 m (40 Kb/s)	2200 m
Liczba węzłów	256/segm	32/seg, 124 seg. maks	64/pierścień, 256 maks	32/segment	127/seg, 255 segmentów maks.
Kryteria czasowe					
Prędkość transmisji (skrajka)	31.25kb/s - 2.5Mb/s	9.6 kb/s (1200 m) 500 kb/s (400 m) 1.5 Mb/s (200m) 12 Mb/s (40 m)	500 kb/s	1Mb/s (maks.)	78 kb/s (2000m.) 1.25 Mb/s (500m)
Opóźnienie (maks)	czas makrocyklu	10 ms*	3,5 ms*	< 160 μs	7 ms
Kryteria informatyczne					
Dostęp do magistrali	Deterministyczny: centralny arbiter, multipleksowane okna czasowe	Deterministyczny: zdecentralizowany: „token bus”, zcentralizowany: odpytywanie	Deterministyczny: TDMA	Losowy: arbitraż bitowy CSMA/CR	Losowy: predykcyjny CSMA-CA, priorytety
Model wymiany danych	Producent/konsument: dane cykliczne i komunikaty	„Multi master” oraz przepytanie („pooling”)	„Single master”/„multiple slave”	Zmienne globalne (producent / konsument)	„Multi master” producent / konsument
Zabezpieczenie danych	16-bit CRC	16-bit CRC	16-bit CRC	16-bit CRC, ACK	16-bit CRC
Pole danych	128 bajty/zm.	30 bajty/ zm.	2 bajty/ zm.	8 bajtów/zm.	20 bajtów/zm.
Norma	EN 50170	DIN E-19245, EN 50170	DIN E-19258,	ISO 11519-2, ISO 11898	

Zestawienie parametrów wybranych lokalnych sieci przemysłowych.

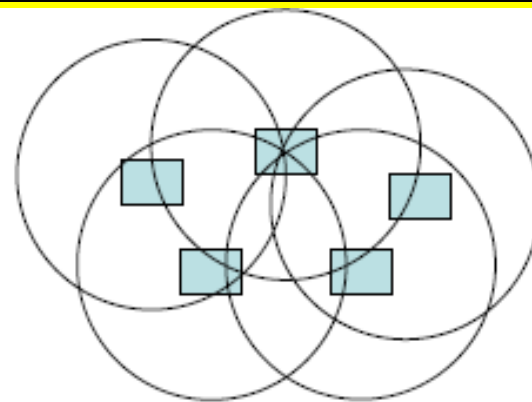
	WorldFIP	Profibus DP	InterBus-S	CAN	LonWorks
--	----------	-------------	------------	-----	----------



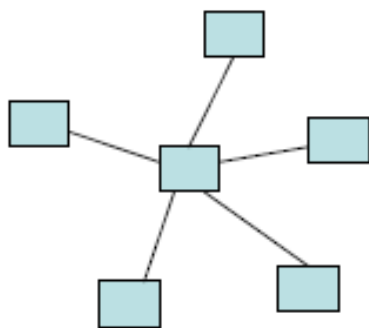
Tree



Mesh (wired)



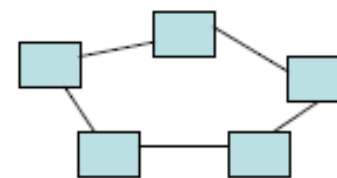
Mesh (wireless)



Star



Bus



Ring

Norma	EN 50170	DIN E-19245, EN 50170	DIN E-19258,	ISO 11519-2, ISO 11898	
-------	----------	--------------------------	--------------	---------------------------	--

Sieci WLAN

Sieci bezprzewodowe mają istotne **zalety** w stosunku do rozwiązań przewodowych, wśród których należy wymienić:

- redukcja kosztów w stosunku do sieci przewodowych, tak przy instalacji jak i podczas utrzymania w ruchu,
- elastyczność: pozwalają na szybka rekonfigurację układu sterowania,
- mobilność: możliwość sterowania obiektami ruchomymi,
- możliwość samorganizacji sieci, tworzenie struktur nadmiarowych.

Istnieją też **wady** tego rozwiązania:

- czas dostępu do węzła pomiarowego (sterującego) jest zazwyczaj dłuższy w porównaniu z analogicznym protokołem przewodowym,
- większe jest prawdopodobieństwo utraty danych, spowodowane przerwami w transmisji.
-

Wady te można jednak w znacznym stopniu kompensować poprzez dobór odpornych algorytmów sterowania.

Tab. 1 Porównanie wybranych standardów bezprzewodowych

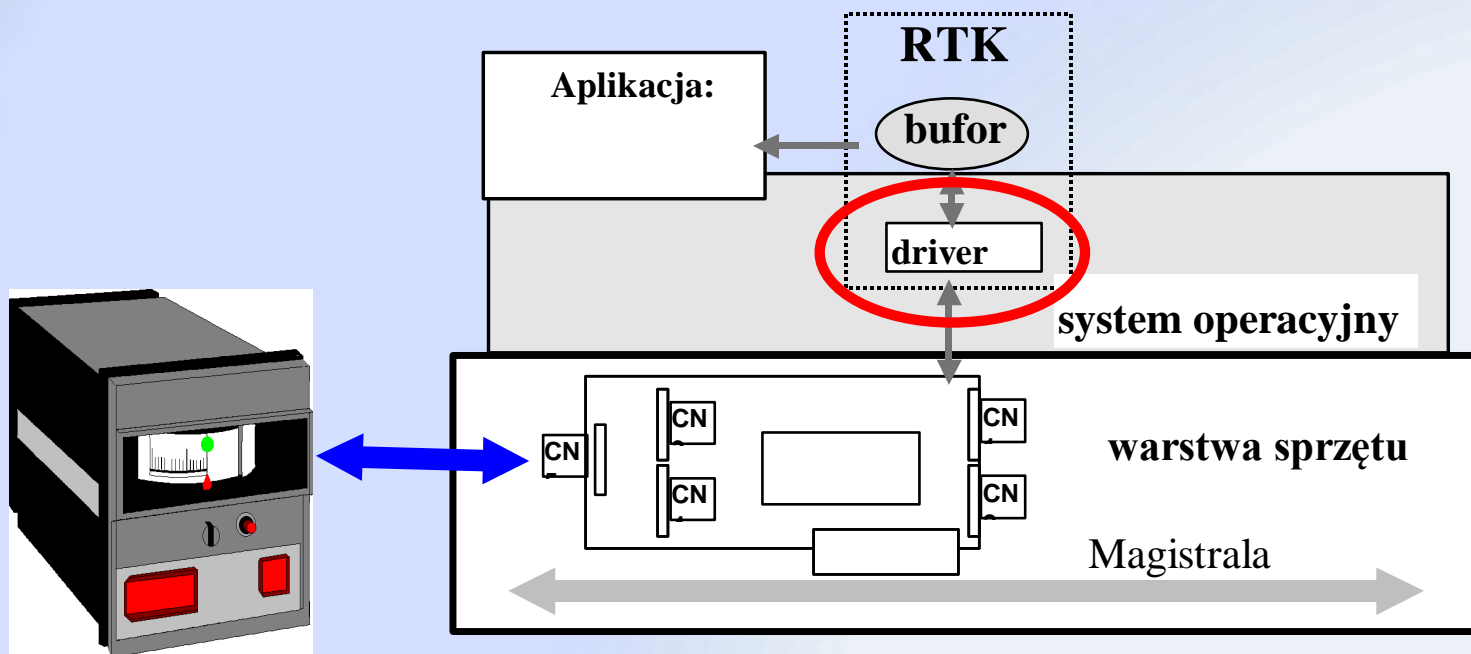
	Bluetooth	WLAN	ZigBee	WiMax
Zasięg	10-100 m	100 m	30-100 m	45 km
Standard	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11a/b/g	IEEE 802.15.4	IEEE 802.16
Organizacja wspierająca	www.bluetooth.org	www.wi-fi.org	www.zigbee.org	www.wimaxforum.org
Zakresy częstotliwości	2.4 GHz	2.4 GHz or 5 GHz	868 MHz, 915 MHz, 2.4 GHz	10-66 GHz
Maksymalny przesył danych	1Mbps	5.5/11/54 Mbps (w zależności od substandardu)	20/40/250 kbps (w zależności od substandardu)	do 268 Mbps
Czas dostępu do węzła	3 s	2 s	30 ms	brak danych
Przewidywane główne zastosowania	Zastąpienie okablowania, zdalne, pomiary	Ethernet bezprzewodowy, redukcja okablowania	Monitorowanie i sterowanie, sieci "ad-hoc", konfiguracje nadmiarowe, inteligentne budynki, macierze czujników	Sieci szkieletowe dla automatyki

W literaturze podaje się przykład sieci przemysłowej o 200 węzłach, której koszt realizacji oszacowano dla technologii przewodowej i kilku reprezentatywnych technologii bezprzewodowych (tab.2). Warto zwrócić uwagę, że koszt elementów pojedynczego węzła (moduł radiowy, mikrokontroler) w każdym przypadku nie przekracza 20 USD i należy się spodziewać, że koszt ten będzie się obniżał.

Typ sieci	przewodowa	Bluetooth	WLAN	ZigBee
Koszt (USD)	70 000	34 000	17 500	12 000

Wsparcie sprzętowe i programowe technologii rozproszonych

1. Sterowniki



Technologie węzłów automatyki

- Embedded Systems, when the computer becomes a component of a larger system,
- Industrial Control Systems, when the computer creates a self-contained control configuration.

Table 2.1. Industrial RT solutions

Hardware platform	Minimal cycle ^{**})	Examples of RTOS
Microcontrollers	10- 50 μ s	-
DSP controllers	1 μ s	dSPACE
PLC	1-20 ms	dedicated
FPGA controllers	10 μ s	EDA
VME industrial controllers	100 μ s	QNX, VxVorks
IPC ^{*)}	100 μ s	Extended Windows, RTLinux

^{*)} industrial PC, ^{**)} time interval between input reading and output signal generation

- FPGA (Field Programmable Gate Array) to:
 - zestaw sekwencyjnych oraz kombinacyjnych elementów logicznych (tj. przerzutników i bramek)
 - Regulatory o czasach wyliczania sterowania na poziomie nanosekund, np.
 - -PID o czasie liczenia wyjścia równym 13ns
- mikrokontroler wymaga tysięcy bramek), liczba wyprowadzeń po wykorzystaniu przez użytkownika >500, czas propagacji pojedynczej komórki <1ns
- **Funkcje elementów składowych układu FPGA nie są określone przez producenta lecz przez użytkownika układu**
- Programowanie w językach opisu sprzętu (VHDL) o strukturze podobnej do języka ADA

Wsparcie sprzętowe i programowe technologii bezprzewodowych

2. Węzły pomiarowo-wykonawcze

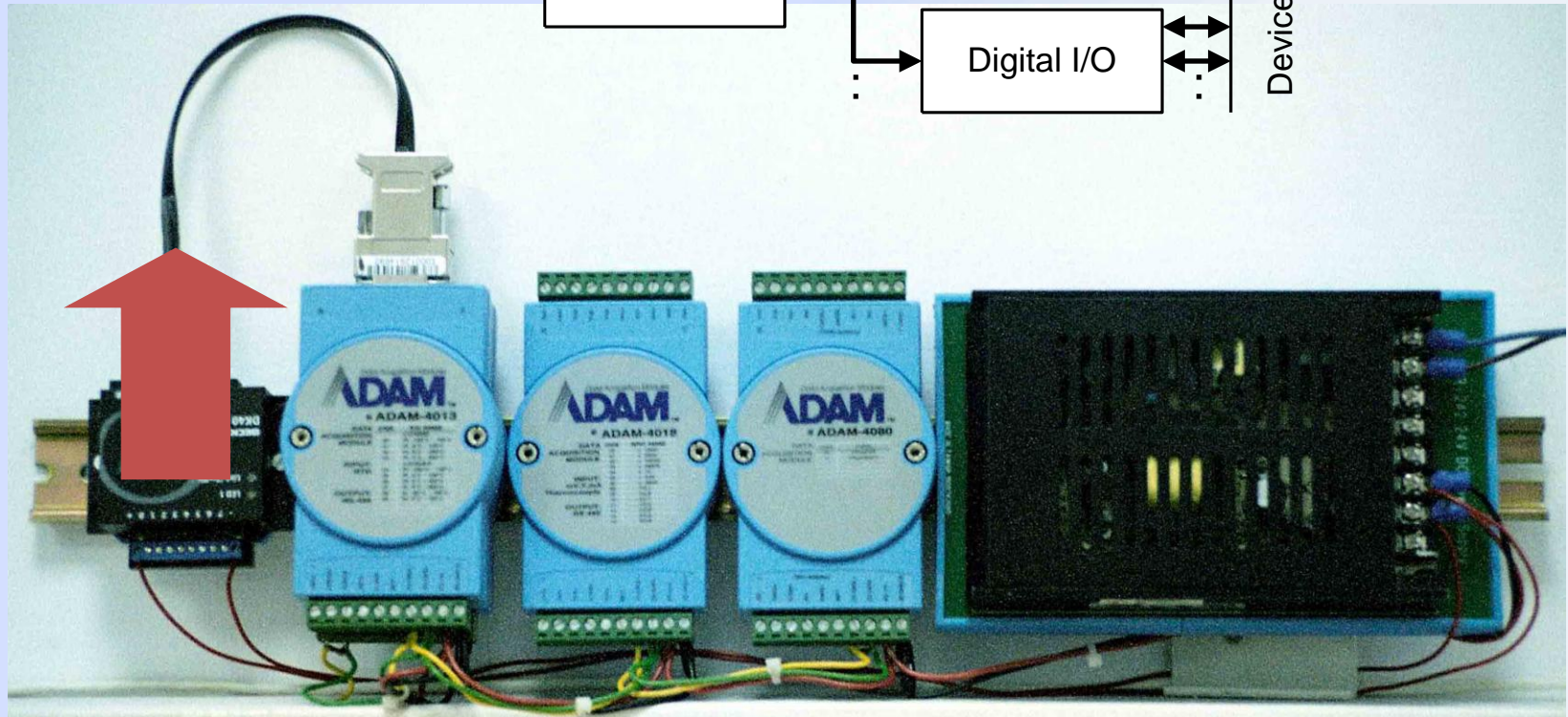
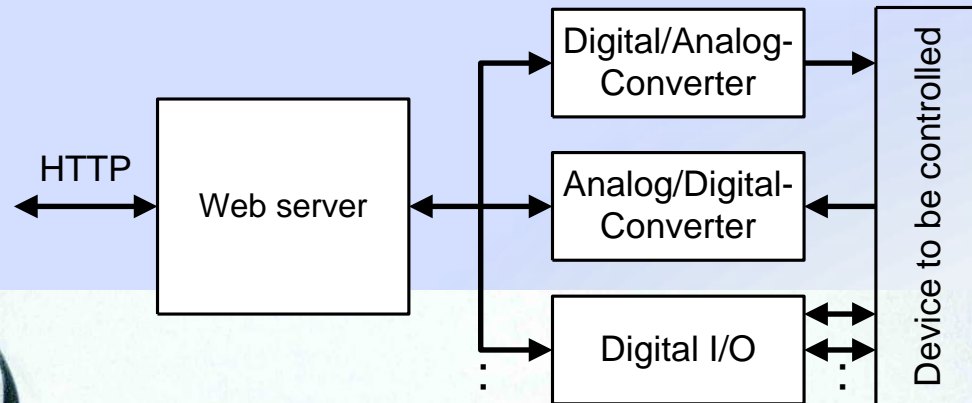
Przykład: wsparcie sprzętowe technologii Ethernet

- Kompletny komputer IBM PC ze zintegrowaną kartą 10Base T o wymiarach 44x15.2x9.5 mm
- Wbudowane oprogramowanie DOS, Web Server, Telnet serwer
- Gotowy do integracji z siecią po dołączeniu zasilacza i transformatora sieci komputerowej
- Struktura sprzętowa przystosowana do podłączenia czujników oraz elementów wykonawczych
- Niski koszt



Wsparcie sprzętowe i programowe technologii bezprzewodowych

2. Węzły pomiarowo-wykonawcze



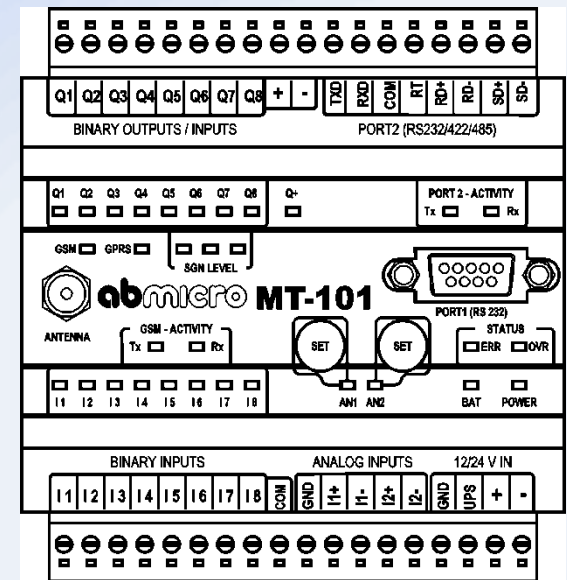
2. Węzły pomiarowo-wykonawcze



Moduł telemierzny MT-101

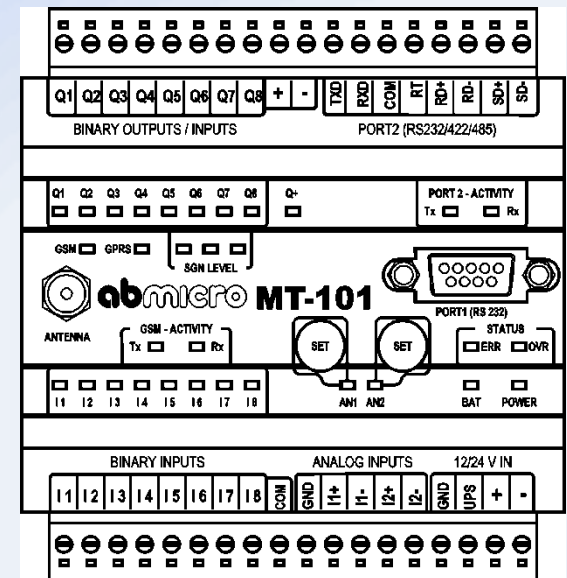
Moduł telemetryczny MT-101

- zasoby podstawowe:
 - 8 optoizolowanych wejść binarnych 24V AC/DC
 - 8 swobodnie konfigurowalnych wejść/wyjść binarnych 24V DC
 - 2 optoizolowane wejścia analogowe 4-20 mA
 - izolowany port szeregowy RS232/485/422
 - port szeregowy RS232 (serwisowy)
 - zegar czasu rzeczywistego RTC



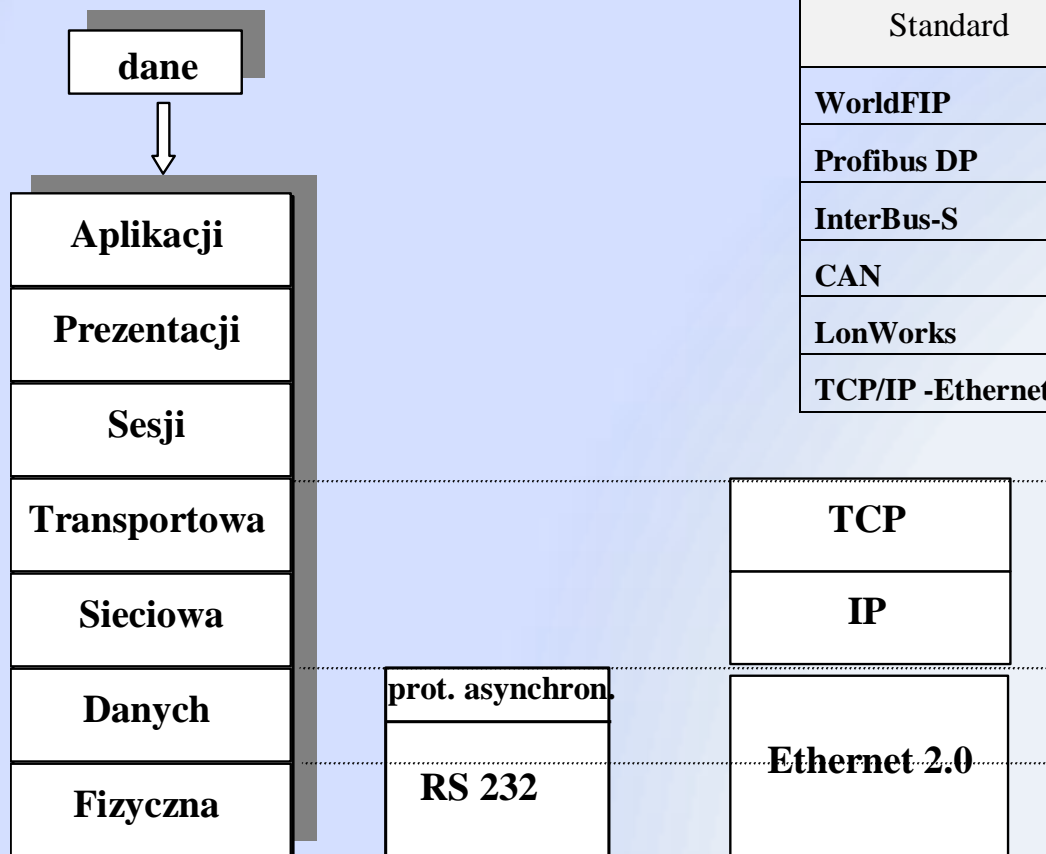
Sposoby komunikacji

- GPRS – transmisja pakietowa
 - SMS
- protokoły emulowane przy GPRS i transmisji danych
- MODBUS RTU (Master/Slave)
 - tryb przezroczysty (potencjalnie dowolny protokół)
 - modem



Protokoły

Ze względu na wysoki koszt takiego interfejsu i wydłużenie czasu transmisji protokoły komunikacyjne przemysłowych sieci komputerowych są zazwyczaj stosunkowo proste i nie wymagają implementacji wszystkich warstw modelu OSI. Pominięcie implementacji pewnych warstw m.in. ułatwia realizację uzależnień czasowych wynikających z warunków pracy w czasie rzeczywistym.



Zgodność wybranych standardów z modelem OSI.

Standard	Implementacja modelu OSI
WorldFIP	1,2,7
Profibus DP	1,2
InterBus-S	1,2,7
CAN	1,2
LonWorks	1-7
TCP/IP -Ethernet	1,2,3,4

*Transmission control
protocol
Internet protocol*

Stosowane modele dostępu można sklasyfikować jako:

- **o dostępie przypadkowym** (losowym): każda stacja ma nieograniczony dostęp do medium (bez oczekiwania na pozwolenie), o ile tylko stwierdzi „ciszę” na magistrali,
- **o dostępie kontrolowanym**: każda stacja musi oczekiwać na zezwolenie na dostęp do sieci. Zezwolenie może być udzielane przez centralną stację („master”) lub uprawnienie to może być rozdzielone pomiędzy kilka stacji (konieczny „arbiter”).

Zastosowanie losowego modelu dostępu może prowadzić do kolizji. Wymagane jest wtedy zastosowanie jednego z poniższych mechanizmów rozstrzygnięcia kolizji:

- CSMA/CD - ISO 8802-3 (ang. *Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection*): wykrycie kolizji powoduje ponowienie transmisji po losowo wybranym przedziale czasu (stosowane np. w sieci Ethernet),
- CSMA/CA (ang. *Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance*): wykrycie kolizji powoduje przydzielenie „okien czasowych” (ang. *time slot*) umożliwiających ponowienie transmisji,
- arbitraż bitowy: CSMA/CD/AMP (ang. *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration on Message Priority*): zaistnienie konfliktu powoduje porównanie bitu priorytetu umieszczonego na początku ramki z priorytetem stacji i ewentualne przerwanie transmisji. Wiadomość o niższym priorytecie jest tracona. Mechanizm ten jest stosowany w sieci CAN.

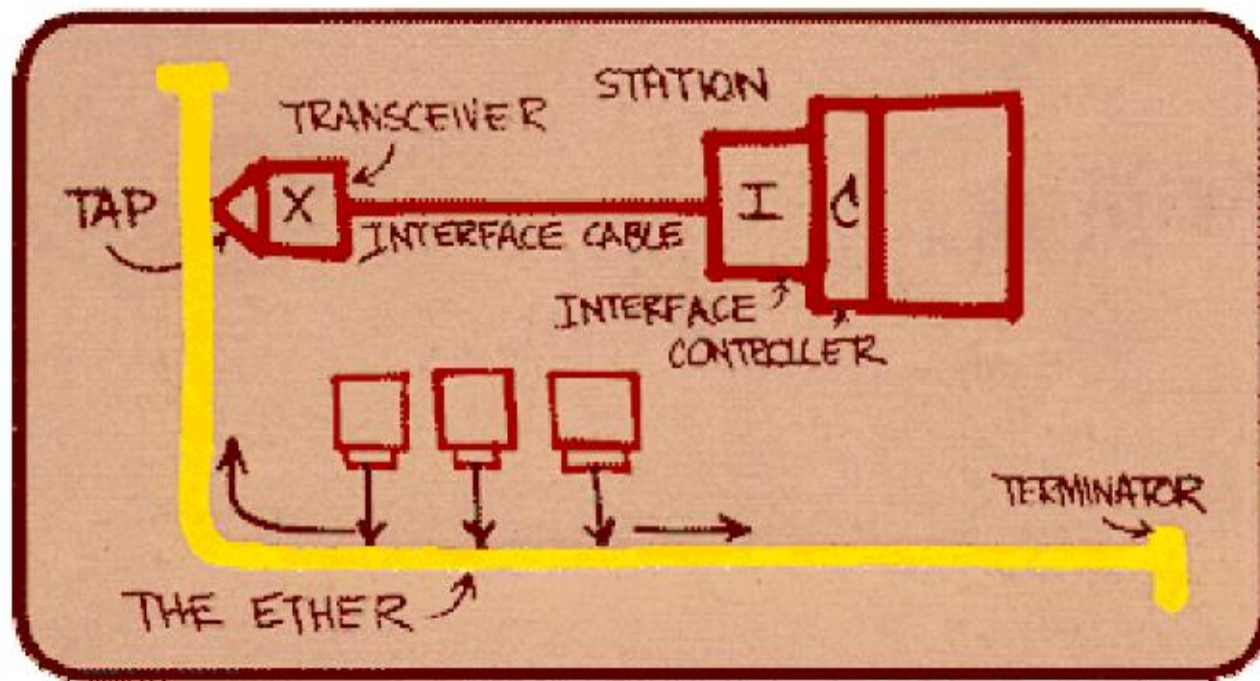
Przemysłowe, lokalne sieci komputerowe (LAN)

Modele komunikacji

Model komunikacji określa sposób współużytkowania sieci komunikacyjnej, czyli dostępu do medium komunikacyjnego. Jest to podstawowa cecha przemysłowej sieci lokalnej, która decyduje o jej zachowaniu przy realizacji zadań sterowania czasu rzeczywistego. Podstawowym zagadnieniem, jakie precyzuje model komunikacji jest dopuszczenie bądź niedopuszczenie do wystąpienia w sieci **kolizji**, a w tym pierwszym przypadku również podanie sposobu rozwiązywania sytuacji kolizyjnych.

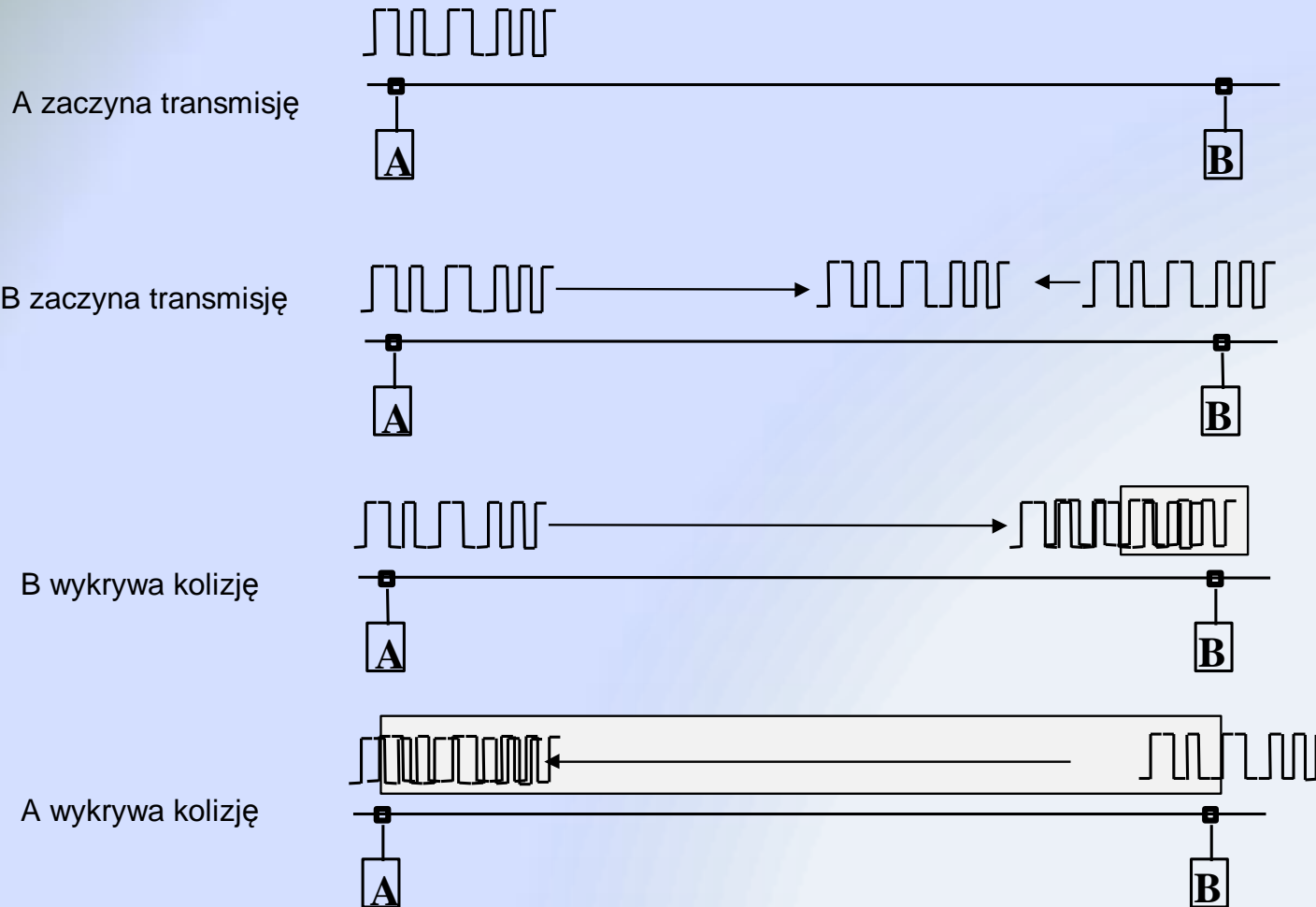
Pojęcie kolizji związane jest z rozłożonym charakterem obiektu fizycznego jakim jest sieć komunikacyjna. O ile typowe zjawiska falowe (zjawisko odbicia sygnału w kablu magistralowym i zdudnienia, zniekształcenie sygnału na długości kabla) mogą być korygowane środkami technicznymi, o tyle prawidłowe współużytkowanie takiego obiektu wymaga zabezpieczeń na poziomie warstwy sieciowej i warstwy danych modelu OSI. Aby ten fakt sobie uświadomić, wystarczy rozważyć odcinek sieci o długości 1 km, w którym przesyłany jest niemodulowany sygnał z szybkością 10 Mbitów/s. Czas emisji pojedynczego bitu wynosi 0,1 μ s, podczas gdy czas przesyłu (tzw. propagacji) wynosi ok. 3-4 μ s. Wynika stąd, że jeden ze współużytkowników znajdujących się na końcach odcinka sieci może rozpocząć transmisję w sytuacji, kiedy w kablu „wędruje” już kilkadziesiąt bitów wyemitowanych przez drugiego ze współużytkowników. W odcinku sieci może zaistnieć wtedy nieprzewidziany stan napięć i prądów, określane mianem **kolizji**

Przemysłowe, lokalne sieci komputerowe (LAN)

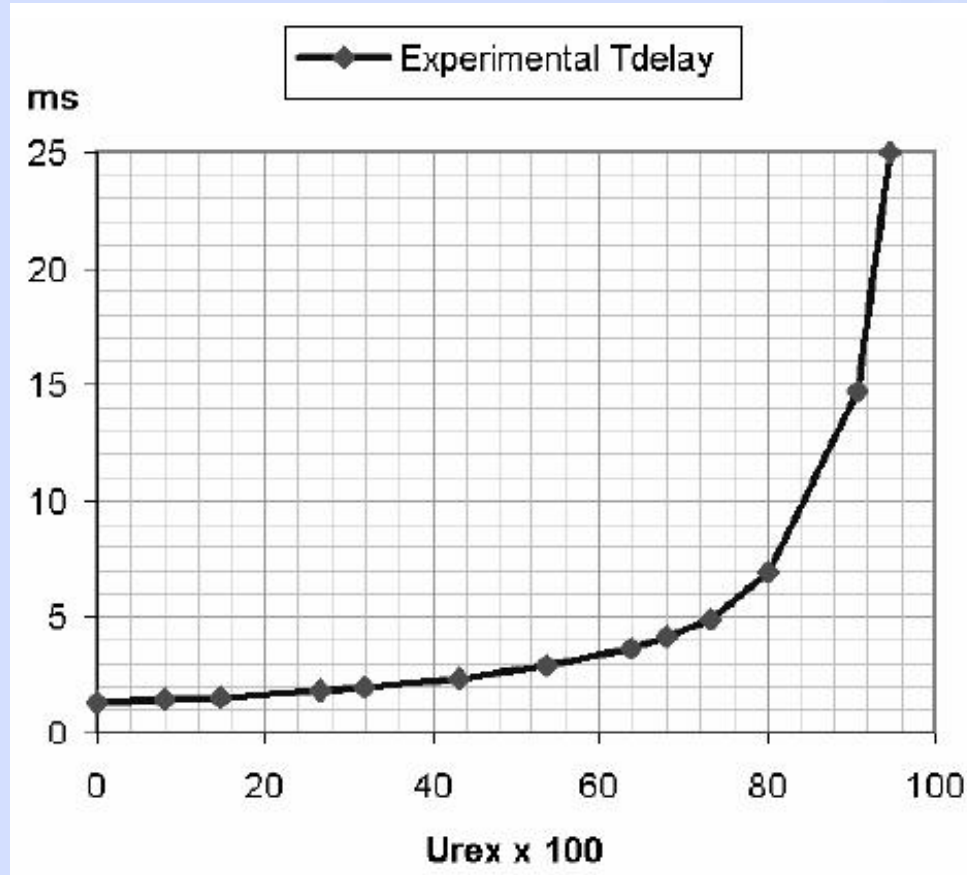


Rysunek zaprezentowany przez jednego z wynalazców sieci Ethernet, dra Roberta M. Metcalfa (czerwiec 1976, National Computer Conference)

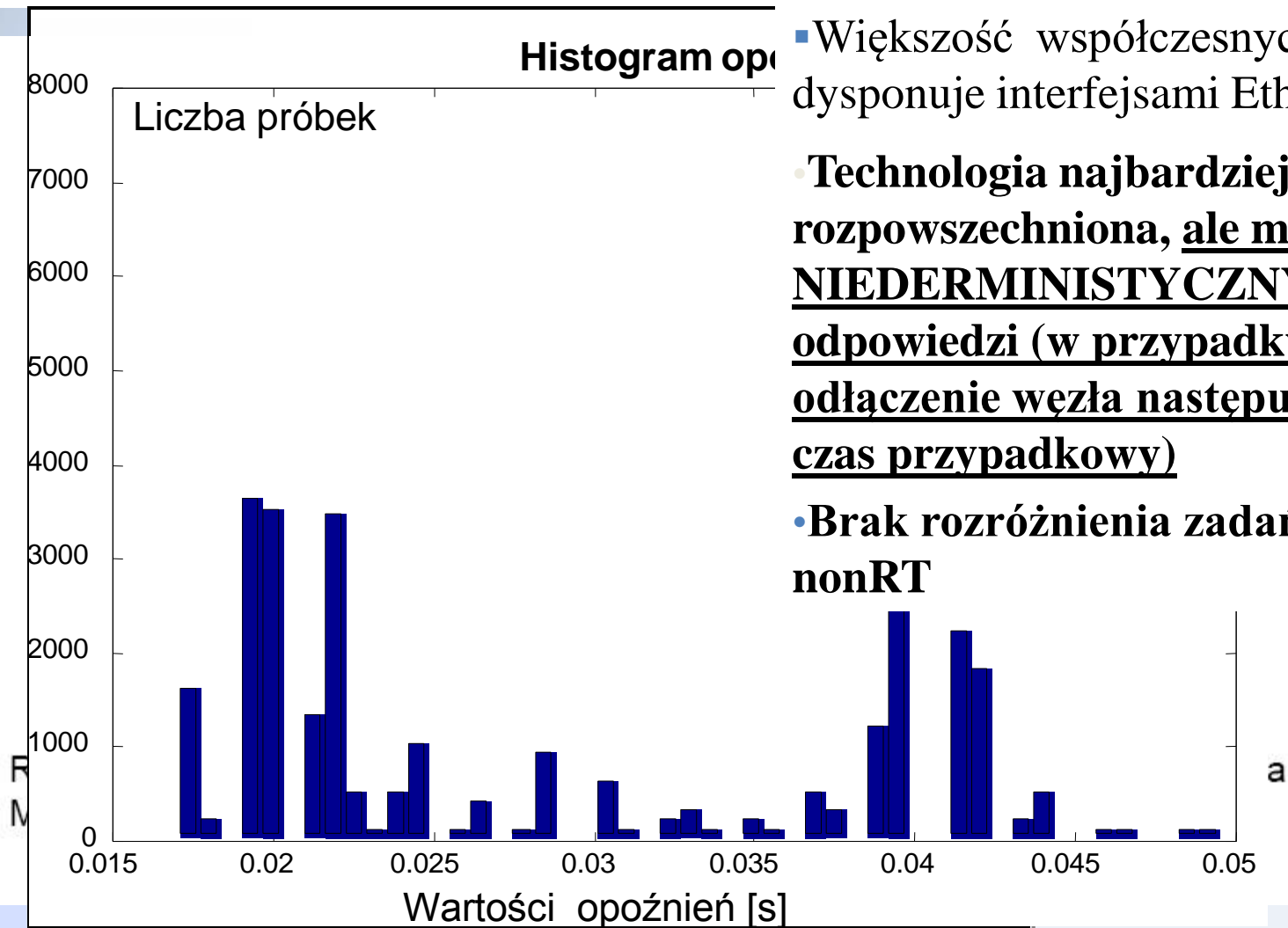
Kolizje – źródłem braku determinizmu



Efekty kolizji: sieć Ethernet

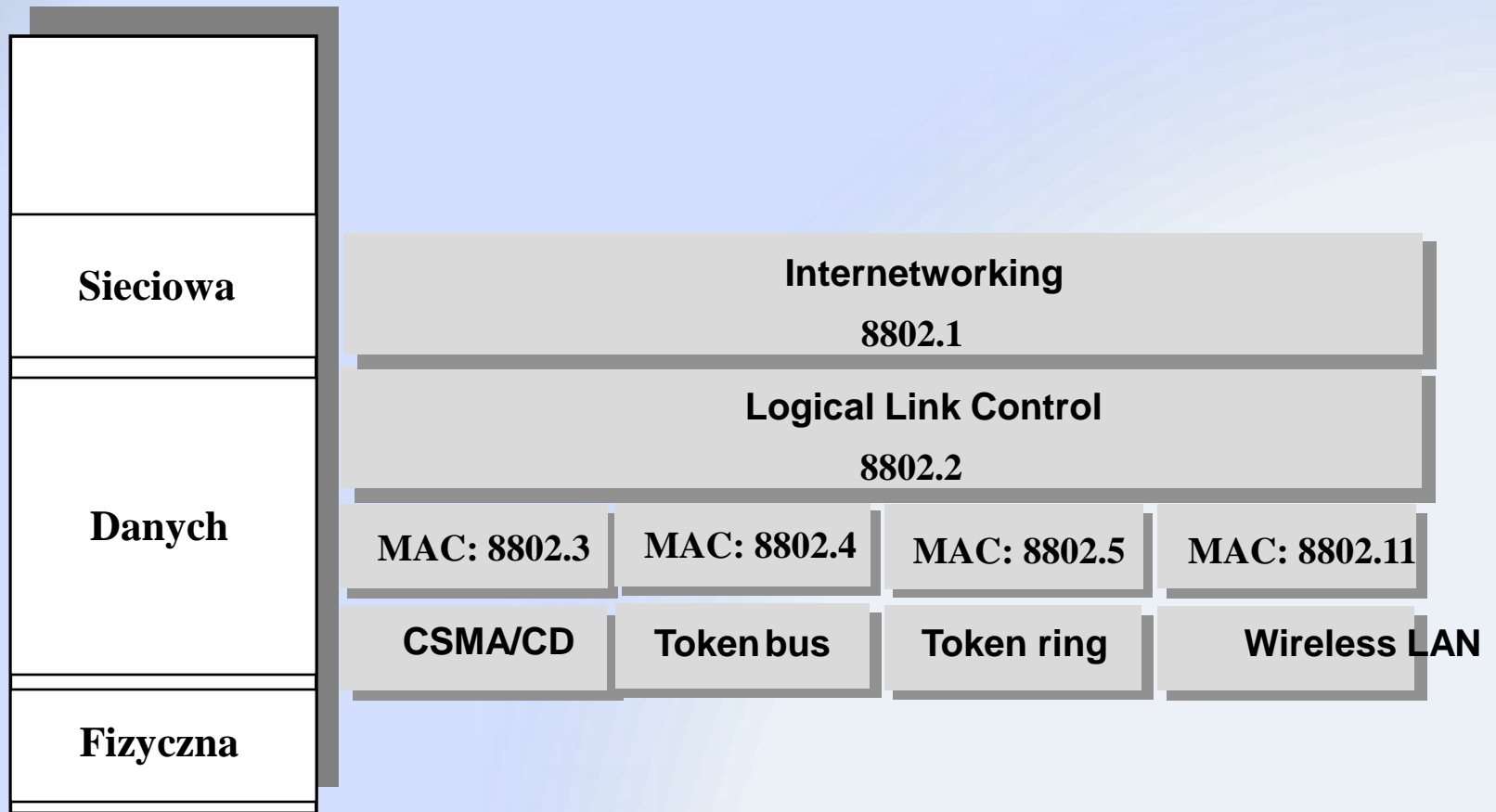


Sieć Ethernet

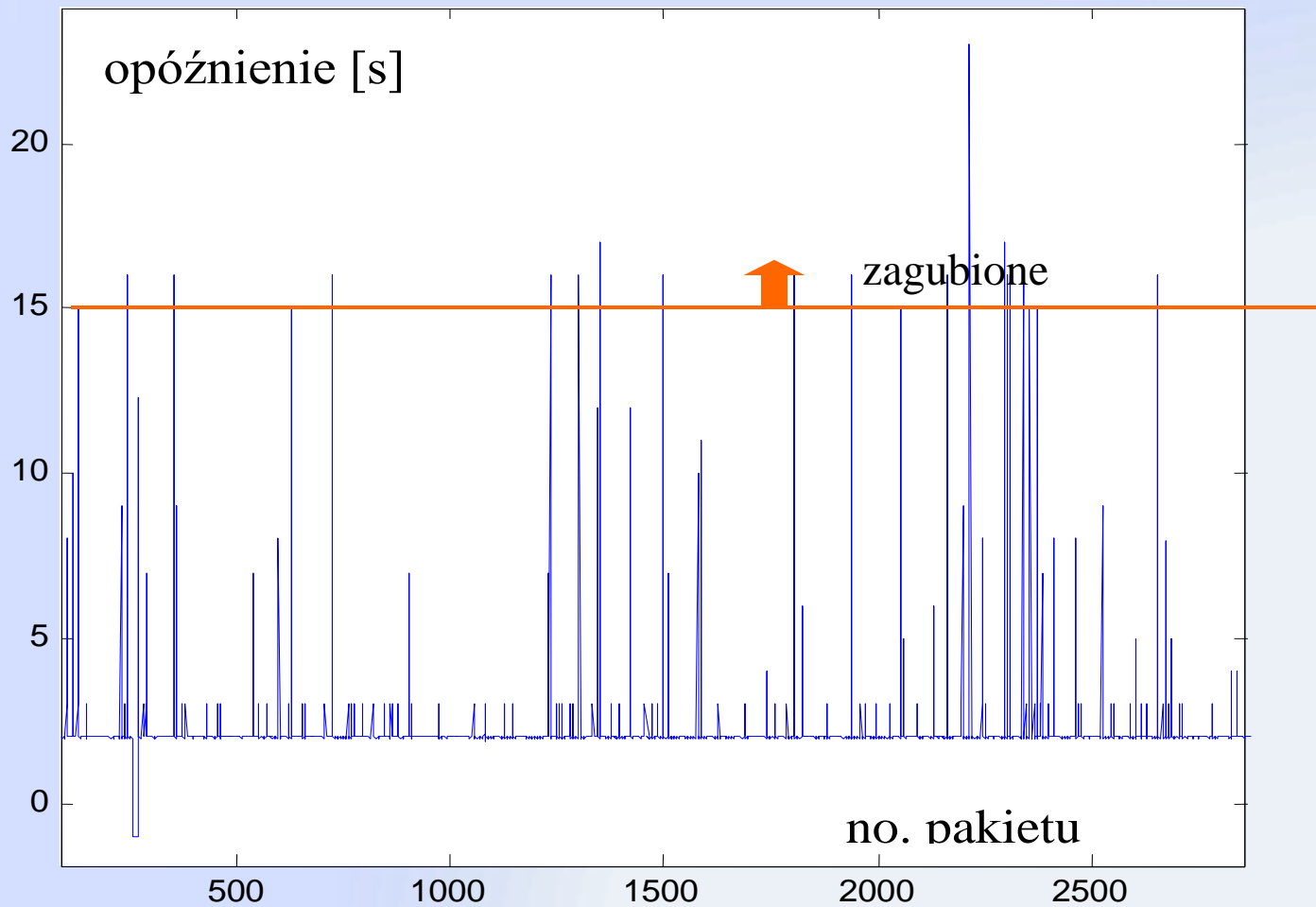


- Jest to jedna z najstarszych przemysłowych technologii LAN
- Większość współczesnych PLC dysponuje interfejsami Ethernet
 - **Technologia najbardziej rozpowszechniona, ale ma NIEDERMINISTYCZNY czas odpowiedzi (w przypadku kolizji odłączenie węzła następuje na czas przypadkowy)**
 - **Brak rozróżnienia zadań RT i nonRT**

Przemysłowe, lokalne sieci komputerowe (LAN)



Rozwiązania rozproszone mogą wpływać na model dynamiki układu sterowania



Ethernet czasu rzeczywistego

Proponowane usprawnienia to:

- wydzielenie sieci Ethernet wyłącznie do celów sterowania,
- ograniczenie opóźnień i zwiększenie przepustowości poprzez podnoszenie szybkości transmisji (100 Mb/s, 1Gb/s),
- poprawa determinizmu (ograniczenie domen kolizji) poprzez wprowadzenie przełączników, czyli urządzeń umożliwiających chwilowe zestawienie dedykowanego połączenia „punkt-do-punktu”,
- wykorzystanie szybszej wersji protokołu UDP/IP zamiast TCP/IP,
- modyfikacje protokołu: rozróżnienie przesyłu danych realizowano w czasie rzeczywistym, od przepływów nie wymagających spełnienia tego warunku (np. priorytetyzacja pakietów - norma IEEE 802.1p)

Przegląd technologii

- CC Link IE
- Drive CliQ
- EPA
- EtherCAT
- EtherNet/IP + CIP Sync
- Ethernet Powerlink
- IEEE 1588 / PTP
- JetSync
- Modbus RTPS
- Mechatrolink III

- PowerDNA
- Profinet
- RAPIEnet
- RTEX
- SafetyNET p
- SERCOS III
- SynqNet
- TCnet
- Varan
- Vnet/IP
- IEC 61850

Przegląd technologii

- EPA
- EtherCAT
- EtherNet/IP + CIP Sync
- Ethernet Powerlink
- IEEE 1588 / PTP

- Modbus RTPS

- Profinet
- RAPIEnet

- SERCOS III

- TCnet

- Vnet/IP
- IEC 61850

International Standard

Przegląd technologii

- EtherCAT
- EtherNet/IP + CIP Sync
- Ethernet Powerlink

- Modbus RTPS

- Profinet

- SERCOS III

- TCnet

- Vnet/IP
- IEC 61850

User Organization

Przegląd technologii

- EtherCAT
- EtherNet/IP + CIP Sync
- Ethernet Powerlink

- Profinet

- SERCOS III

IEC 61850

High-Performance

Ethernet czasu rzeczywistego: norma IEC 61 784-2

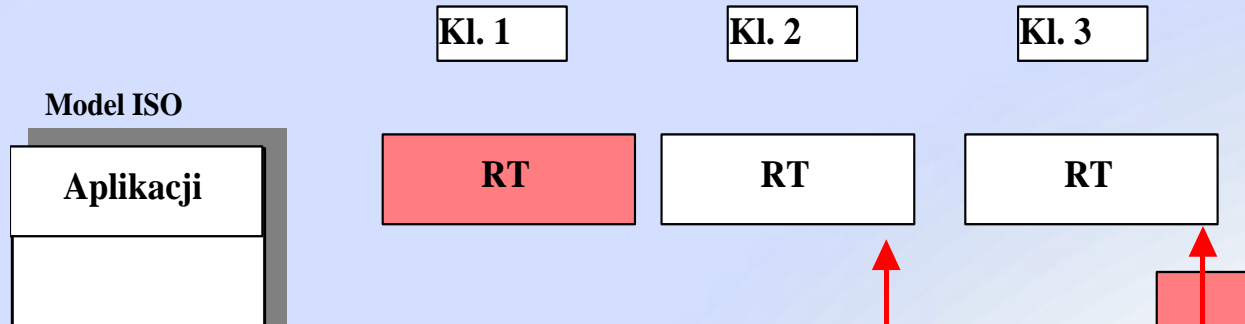


Tabela.2. Parametry sieci ProfiNet

typ ruchu	opóźnienie (<i>latency</i>)	niepewność (<i>jitter</i>)
Nie RT ^{*)}	≥ 100ms	≥ 100%
RT Class 1	≥ 5ms	≥ 15%
RT Class 2	≥ 250 μs	≥ 0.4%

* RT – Real Time

$\tau < 100 \text{ ms}$

$\tau < 10 \text{ ms}$

$\tau < 1 \text{ ms}$

Standard IEC 61850 dla energetyki

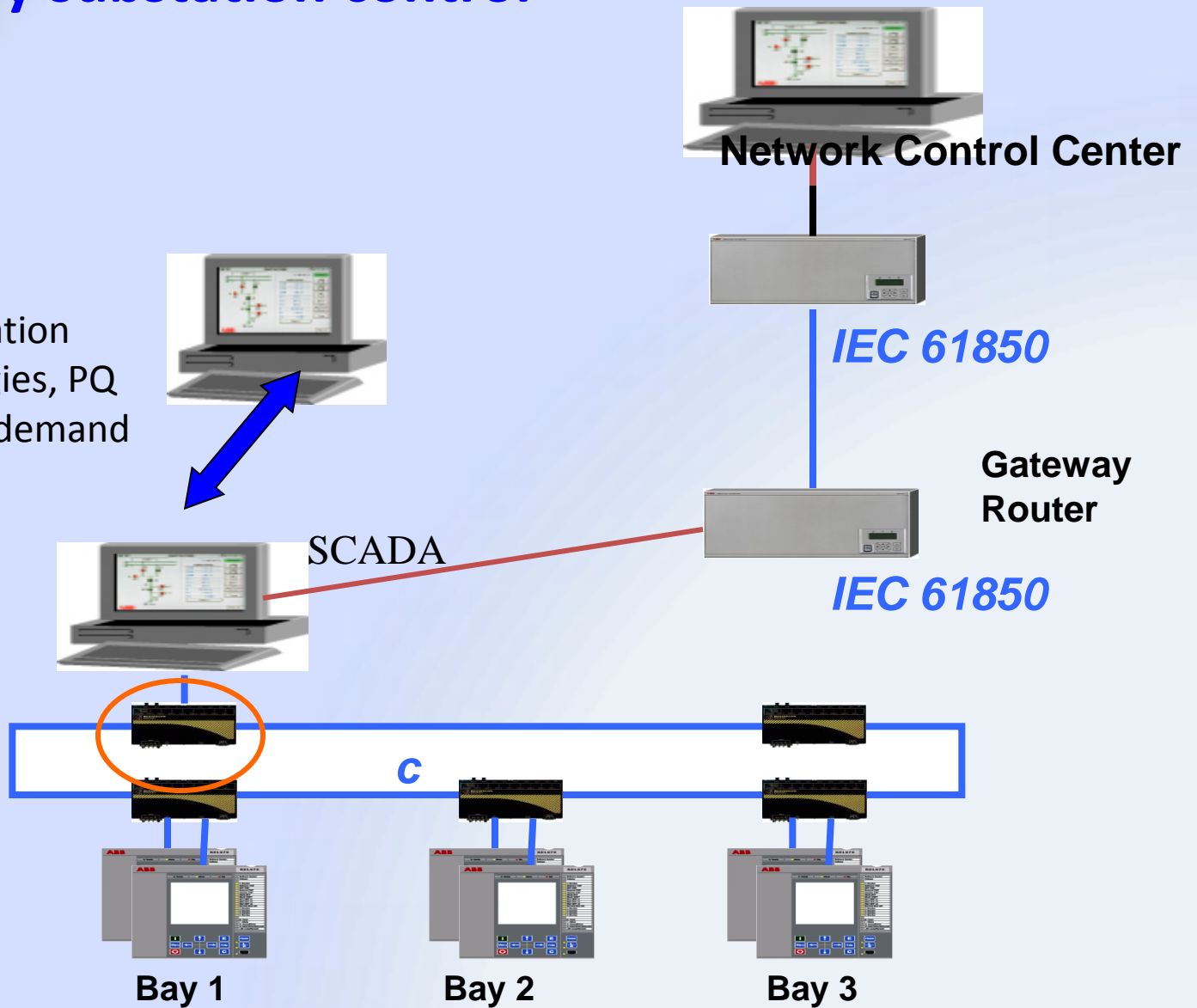
- Generic Object Oriented Substation Event – Messaging (GOOSE Messaging)
- Bazuje na Ethernetie

Określenie “sixty-one-eight-fifty”
stało się oznaczeniem nowej generacji podstacji energetycznych, o wyposażonej w urządzenia teleinformatyczne (w tym interfejsy do sieci 61850 , wyższej funkcjonalności i konfigurowalności , kształtowanej metodami programowymi .

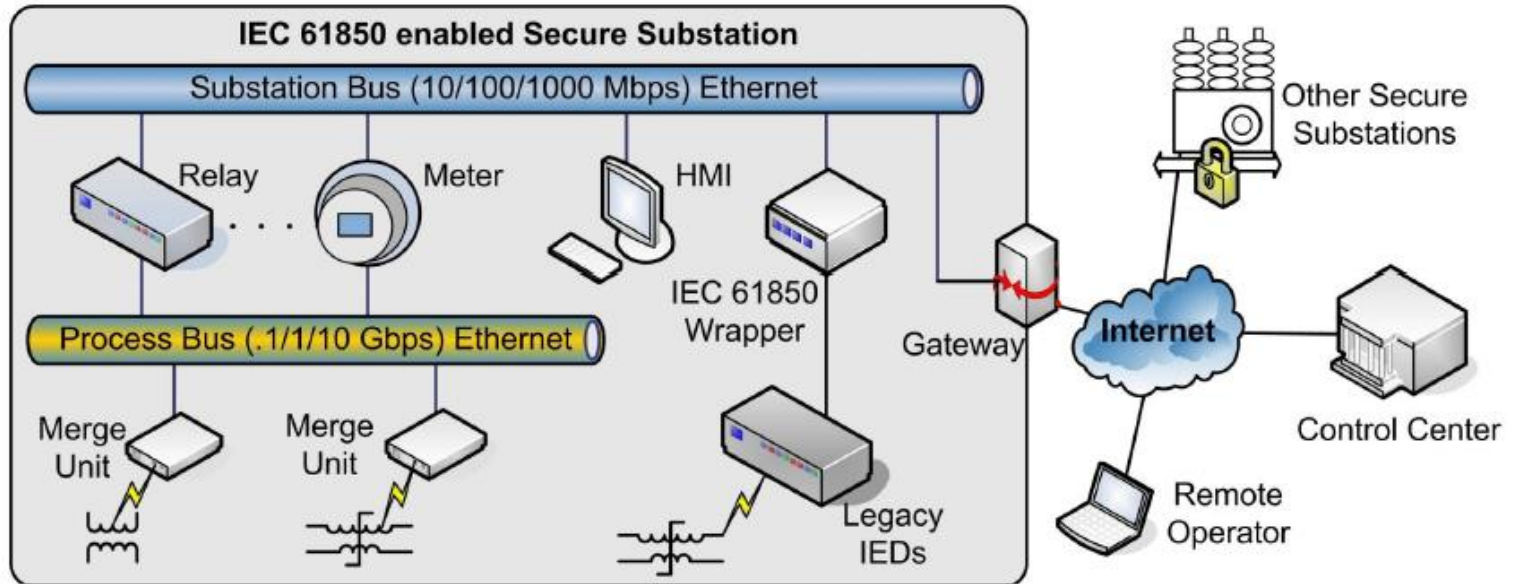
Supervisory substation control

Intelligent Sub-station
Protection strategies, PQ
strategies, active demand
algorithms.....

**Substation
Automation
System**

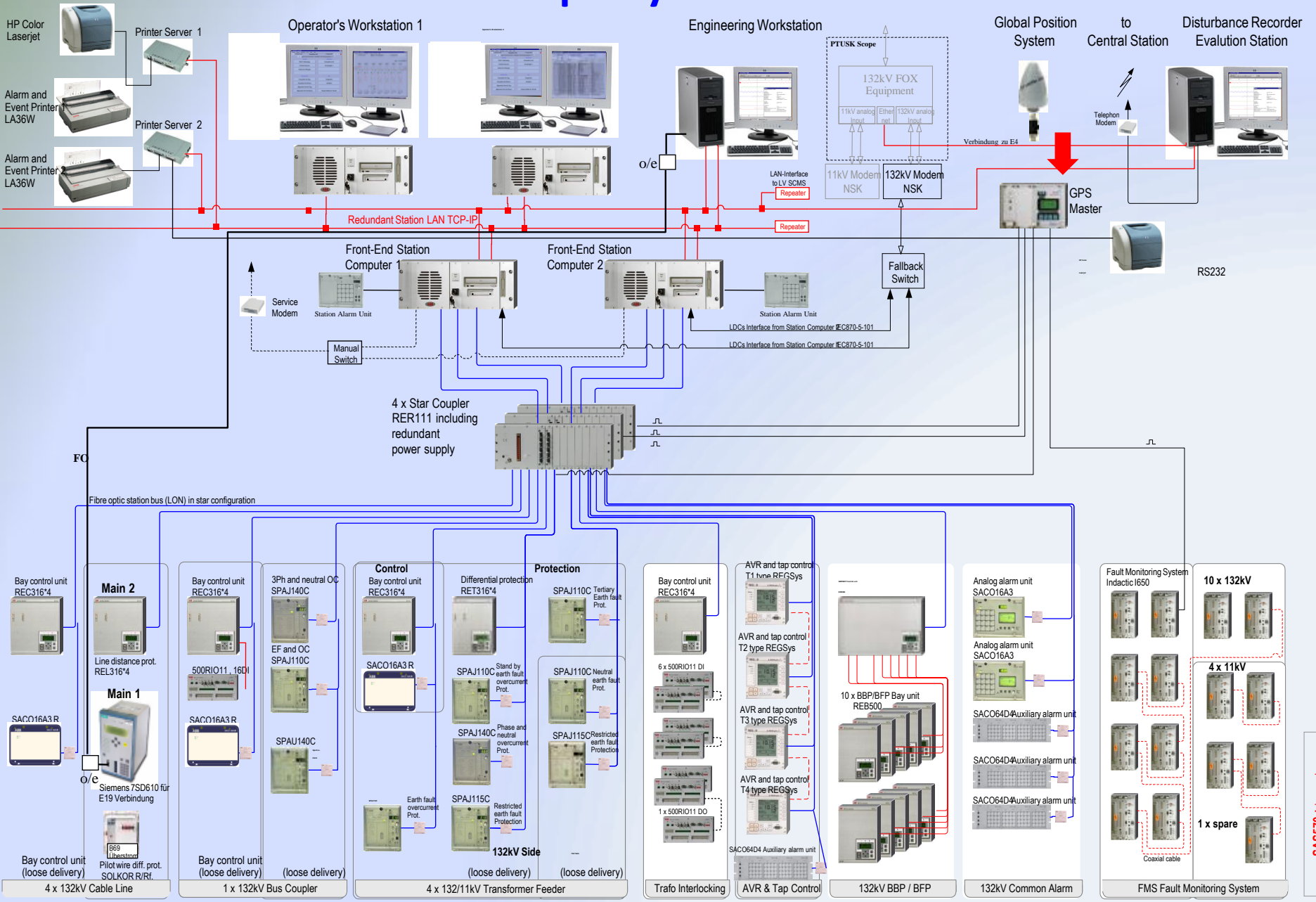


Przykład: struktura podstacji



- IEC61850-enabled IEDs get digitalized power grid condition data via process bus and merge units
- IEDs communicate with each other using substation buses

A to peľny schemat ..



SAS570 Advanced Substation Automation System

Wnioski

- Sterowanie rozproszone jest rozwiązaniem powszechnie stosowanym we współczesnych układach automatyki.
- Dokonano znaczących postępów w zakresie standaryzacji protokołów transmisji danych (tak przewodowych jak i bezprzewodowych) przeznaczonych dla przesyłu danych w czasie rzeczywistym, z gwarantowanymi okresami próbkowania i sterowania nie przekraczającymi ułamków mikrosekund.
- Jakość działania rozproszonego systemu sterowania można poprawiać poprzez doskonalenie algorytmów sterowania, tworząc rozwiązania o cechach algorytmów odpornych na zakłócenia wnoszone przez kanały transmisji danych.

Dziękuję!

wgr@agh.edu.pl

Literatura

Książki i artykuły w periodykach

- Grega W. (2004): *Sterowanie cyfrowe w systemach skupionych i rozproszonych*, Seria: Monografie Komitetu Automatyki i Robotyki PAN, vol.7, Wydawnictwa AGH, ISBN 83-89388-78-2
- Grega W.(2003): *A Web Based Industrial Control Laboratory*, in: *Advances in Control Education Proceedings of the 6th IFAC Symposium, Oulu, Finland, 16-18 June 2003*, Edited by Lindfors, Elsevier Science Ltd. Oxford, ISBN 0-08-043559-9, 2003
- Grega W. (2005), *Stabilne układy sterowania rozproszonego*, Prace Międzywydziałowej Komisji Nauk Technicznych Polskiej Akademii Umiejętności, Tom 1, s. 70-109.
- Grega W. (1996): *Integrated environment for real-time control and simulation*, *Computers in Industry*, Elsevier, vol. 31, pp. 3-14.
- Grega W, K. Kołek (2001): *Sterowanie nadrzędne węzłem cieplnym*, *Pomiary, Automatyka, Robotyka*, vol.5, nr,7, 2001, s. 18-24, (50%)
- Grega W.(2001): *Problemy rozproszonej regulacji cyfrowej*, *Pomiary, Automatyka, Robotyka*, vol.5, nr,1, 2001, s. 15-20
- Grega W., K. Kołek (2001): *Rozproszone systemy monitorowania i sterowania w ochronie środowiska*, *Chemia Przemysłowa*, nr. 2/2001, s. 18 –21, (50%)
- Grega W.(2002): *Ethernet w automatyce*, *Chemia Przemysłowa* nr.4/2002, s.24-26
- Grega W., (2003): *Zdalna diagnostyka urządzeń przemysłowych*, *Chemia Przemysłowa* nr.2/2003, 42-44
- Grega W. (2005), *Sieci bezprzewodowe w automatyce*, *Pomiary, Automatyka, Robotyka*, vol.9, nr,12
-

Konferencje krajowe i zagraniczne

- Grega W. (2002): *Stability of Distributed Control Systems with Uncertain Delays*, 8th IEEE International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics, Międzyzdroje 2002, s. 303 – 307
- Grega W. (2003): *Smith Predictor Tuning For Compensating Delays In Distributed Control System*, *Proceedings of 14 International Conference On Process Control, Process Control '03, Štrbské Pleso*, 94-98
- *M. Rosół and W. Grega (2004): Three-Tanks Control System Through LonWorks Fieldbus*, 10th IEEE International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics, Międzyzdroje, Poland, 2004, 1159-1164,
- Grega W., Piotr Bania (2005): *Heating System Control In Commercial Buildings With Peak Demand Adjustment*, *Proc. of IASTED Conference Energy And Power Systems, Krabi, April 2005*, 64-69
- Grega W. (2003): *Sterowanie rozproszone: nowe zastosowania klasycznych algorytmów*, *Materiały Konferencji Metody i Systemy Komputerowe w Badaniach Naukowych i Projektowaniu Inżynierskim*, Kraków 2003
- Grega W. P.(2005): *Sterowanie modelem nagrzewnicy powietrza przez sieć Ethernet* *Prace XV Krajowa Konferencja Automatyki, Warszawa 2005, t. III, 193- 198*
- *M. Rosół and W. Grega (2005): Distributed Control Using Gprs Wireless Network*, 11th IEEE International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics, Międzyzdroje, Poland, 2005, 149-152

Structure of Industrial Control Systems: SG, DER

An **Intelligent Electronic Device (IED)** is a term used in the electric power industry to describe microprocessor-based controllers of power system equipment, such as circuit breakers, transformers, and capacitor banks.

Industrial RTU (Remote Terminal Unit): Intelligent Datalogging and Control in One Device

Combine PLC, datalogger, industrial computer and communications gateway functionality

RTUs, PLCs are increasingly beginning to overlap in responsibilities, and many vendors sell RTUs with PLC-like features and vice versa

