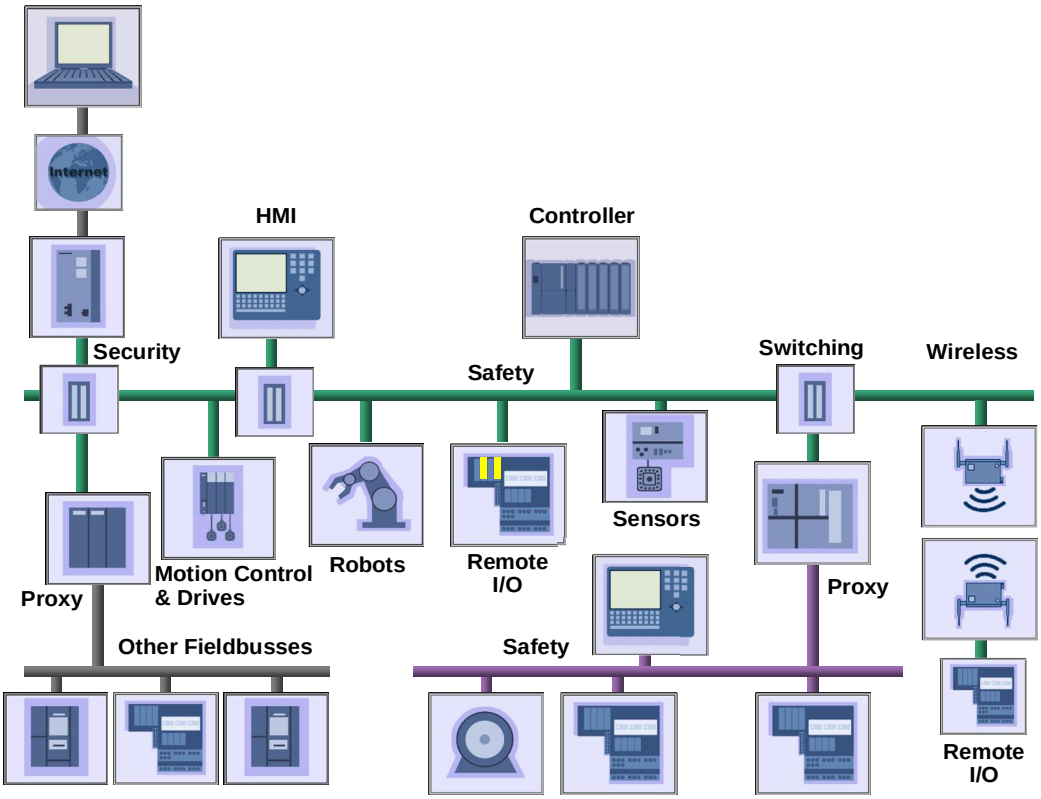
PROFINET opis systemu
Technologie i aplikacje



Rys. 1: PROFINET spełnia wszelkie wymagania technologii automatyzacji

Wstęp

Coraz krótsze cykl wprowadzania nowych produktów sprawiają, że niezbędny stał się w automatyce ciągły rozwój technologii. W ostatnich latach, w kwestii rozwoju duże znaczenie miało zastosowanie technologii sieci Fieldbus. Umożliwiło to migrację z centralnych systemów automatyki do struktur rozproszonych. Sieć PROFIBUS, jako światowy lider określił wymagania już ponad 20 lat temu.

W dzisiejszych technologiach automatyki, sieci ethernet i technologia IT coraz częściej opierają się na znanych standardach, takich jak TCP / IP i XML. Integracja technologii informatyki do automatyki otwiera znacznie większe możliwości komunikacji pomiędzy systemami automatyki, rozległymi strukturami i diagnostyką oraz sieciową funkcjonalność serwisu. Funkcje te stanowią integralną część sieci PROFINET.

PROFINET jest innowacyjnym standardem opartym na sieci przemysłowej ethernet. PROFINET spełnia wszystkie wymagania stawiane przez technikę automatyki. PROFINET jest najlepszym wyborem w dziedzinie automatyki przemysłowej, automatyzacji procesów i sterowników (również z funkcjami bezpieczeństwa).

Jako technologia, która jest standardem w branży przemysłu samochodowego, szeroko rozpowszechniona również przy budowie maszyn, a także w przemyśle spożywczym, browarach i logistyce, PROFINET znajduje zastosowanie we wszystkich gałęziach przemysłu. Stale pojawiają się nowe obszary zastosowań, takie jak np. przemysł morski i transport, a nawet w codziennych operacje w sklepach i magazynach. Nowy profil technologiczny PROFIenergy pozwala na oszczędności energetyczne w procesach produkcyjnych.

PROFINET jest znormalizowany wg IEC 61158 i IEC 61784. Nieustanny rozwój sieci PROFINET daje użytkownikom długoterminową perspektywę realizacji swoich zadań z zakresu automatyki.

Dla instalacji i producentów maszyn, korzystanie z PROFINET minimalizuje koszty instalacji, inżynierii i uruchomienia. PROFINET zapewnia łatwość rozbudowy instalacji i wysoką dostępność systemu dzięki autonomicznie działającym blokom i niskim wymaganiom sprzętowym.
Obowiązkowa certyfikacja urządzeń komunikacyjnych PROFINET zapewnia wysoki standard jakości.

Spis treści

1. PRZEGLĄD SIECI PROFINET 1

1.1 Przemysł i aplikacje 1
1.2 Cechy 1
1.3 Profile PROFINET 1
1.4 Klasyfikacja zgodności 2
1.5 Standaryzacja 2

2. MODEL ORAZ INŻYNIERING 2

2.1 Model systemu PROFINET IO 2
2.2 Model IO-Device 3
2.3 Opisy urządzeń 3
2.4 Relacje komunikacyjne 3
2.5 Adresowanie 4
2.6 Inżyniering systemu IO 4
2.7 Integracja sieci Web 5

3. PODSTAWOWE FUNKCJE 5

3.1 Cykliczna wymiana danych 6
3.2 Acykliczne parametry danych 6
3.3 Diagnostyka urządzenia/sieci 6

4. DIAGNOSTYKA SIECI 7

4.1 Protokół zarządzania siecią 7
4.2 Wykrywanie sąsiedztwa 7
4.3 Reprezentacja topologii 7
4.4 Rozmieszczenie urządzeń 8
4.5 Integracja diagnostyki sieci 8

5. IZOCHRONIZM - KLASA C 9

5.1 Komunikacja synchroniczna 9
5.2 Operacje łączone 10

6. FUNKCJE OPCJONALNE 11

6.1 Wielokrotny dostęp do urządzeń 11
6.2 Rozszerzona identyfikacja 11
6.3 Serwer parametrów 12
6.4 Konfiguracja w trakcie pracy 12
6.5 Stempel czasowy 13
6.6 Szybki restart 13
6.7 Wysoka niezawodność 13
6.8 Uruchamianie narzędzi 14

7. INTEGRACJA SYSTEMÓW 14

8. PROFILE APLIKACJI 15

8.1 PROFIsafe 15
8.2 PROFIdrive 15
8.3 PROFIenergy 15

9. PROFINET W PROCESACH 15

10. INSTALACJA SIECI 16

10.1 Konfiguracja Sieci 16
10.2 Kable dla PROFINET 17
10.3 Wtyczki 17
10.4 Ochrona 17

11. PROFINET IO - CERTYFIKACJA 18

11.1 Wsparcie technologiczne 18
11.2 Narzędzia rozwoju produktu 19
11.3 Test certyfikujący 19

12. PROFIBUS & PROFINET PI 20

12.1 Zadania PI 20

Zawartość

Dokument opisuje wszystkie istotne aspekty technologii PROFINET i odzwierciedla poziom dostępnych technologii pod koniec roku 2010.

Rozdział 1 stanowi wprowadzenie do sieci PROFINET oraz przegląd rynku oraz opis struktury modułowej.

Rozdział 2 opisuje podstawowe modele i dostępny inżyniering sieci PROFINET.

Rozdziały 3 do 5 obejmują podstawowe funkcje komunikacji PROFINET z punktu widzenia klas zgodności.

Rozdział 6 zawiera krótki opis funkcji opcjonalnych, które są używane w różnych aplikacjach.

Rozdziały 7 do 9 są poświęcone integracji sieci przemysłowych oraz technologii, profili w automatyce za pomocą sieci PROFINET; opis dodatkowych korzyści sieci PROFINET.

Rozdział 10 opisuje podstawowe aspekty sieci PROFINET takie jak topologia, kable, złącza, integracja sieci oraz bezpieczeństwo.

Rozdział 11 skierowany jest do menedżerów produktów, dostarcza on informacje na temat zastosowania i certyfikacji produktów.

Rozdział 12 dostarcza informacji na temat PROFIBUS & PROFINET International, organizacji o największym na świecie zasięgu w automatyce przemysłowej.

1. Przegląd sieci PROFINET

1.1 Przemysł i aplikacje

PROFINET jest standardem organizacji PROFIBUS i PROFINET International (PI) dla komunikacji w automatyce. Modułowa struktura sprawia, że PROFINET jest elastycznym rozwiązaniem dla wszelkich zastosowań i branż. Aplikacje oparte na sieci PROFINET mogą być wdrażane przy automatyzacji produkcji i procesów, aplikacji bezpieczeństwa i całej gamy technologii napędów włącznie z izochronicznymi aplikacjami pozycjonowania. Profile aplikacyjne umożliwiają optymalne wykorzystanie sieci PROFINET we wszystkich dziedzinach automatyki przemysłowej.

Instalacje oraz producenci maszyn, wykorzystujący sieć PROFINET, w dużym stopniu minimalizują koszty instalacji, inżynieringu oraz uruchomienia.

Właściciel instalacji zyskuje dzięki dużej dynamice rozwoju instalacji, wysoką niezawodność maszyn oraz wysoką efektywność i krótki czas cyklu.

Wieloletnie doświadczenia z sieci PROFIBUS oraz doświadczenia z powszechnego wykorzystania sieci przemysłowej Ethernetu zostały wykorzystane również w sieci PROFINET, który wykorzystuje standard UDP / IP jako protokół wyższego poziomu dla wymiany danych. Równolegle z protokołem UDP / IP, cykliczna wymiana danych w sieci PROFINET oparta jest na protokole czasu rzeczywistego.

Ponadto, sieć PROFINET odgrywa ważną rolę, w dziedzinie ochrony inwestycji. PROFINET umożliwia integrację do istniejącego systemy, jak np. PROFIBUS, AS-Interface, INTERBUS, Foundation Fieldbus i DeviceNet, bez konieczności zmian istniejących urządzeń. Oznacza to, że inwestycje instalacji, produkcja maszyn i urządzeń są zabezpieczone.
Sprawdzony proces certyfikacji zapewnia wysoki standard jakości produktów PROFINET oraz pozwala na ich bezpieczne stosowanie.

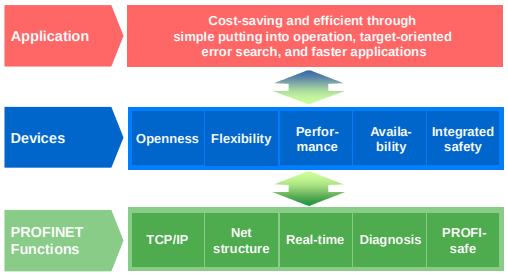
1.2 Cechy

Wszystko na jednym kablu

Dzięki zintegrowanej, opartej na sieci Ethernet komunikacji, PROFINET spełnia szeroki zakres wymagań, od parametrów przetwarzania dużej ilości danych do niezwykle szybkiej wymiany sygnałów I/O. PROFINET pozwala na automatyzację w czasie rzeczywistym. Ponadto, PROFINET zapewnia bezpośredni interfejs do sieci IT.

Elastyczna topologia sieci

PROFINET jest w 100% zgodny z siecią Ethernet zgodnie ze standardami IEEE oraz dostosowuje się zależnie od okoliczności do istniejącej instalacji dzięki elastycznej topologii, strukturze pierścienia lub gwiazdy oraz miedzianym i światłowodowym rozwiązaniom kablowym. PROFINET pozwala zaoszczędzić na drogich niestandardowych



Rys. 2: Skalowalna funkcjonalność PROFINET

rozwiązaniach i umożliwia komunikację bezprzewodową typu WLAN i Bluetooth.

Komunikacja odbywa się za pośrednictwem takiego samego okablowania począwszy od prostych zadań sterowania do wysoce wymagających aplikacji pozycjonowania. W precyzyjnym sterowaniu, możliwa jest deterministyczna i izochroniczna transmisja danych procesowych time critical z dokładnością poniżej 1 mikrosekundy.

Wysoka niezawodność

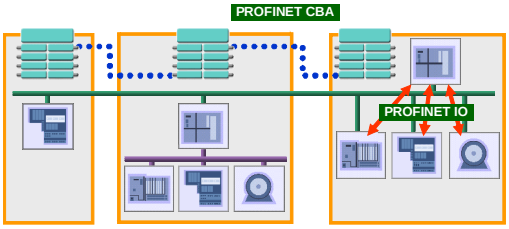
PROFINET posiada różne mechanizmy inteligentnej diagnostyki sieci i stacji. Acykliczna transmisja danych diagnostycznych zawiera ważne informacje dotyczące stanu sieci i urządzeń oraz topologii sieci. Różne typy mediów i redundancji systemu zwiększają znacząco niezawodność instalacji.

Safety integrated

Sprawdzona technologia bezpieczeństwa PROFIsafe pochodząca z sieci PROFIBUS, dostępna jest także w sieci PROFINET. Możliwość korzystania z tego samego kabla do komunikacji standardowej i safety integrated zapewnia oszczędności urządzeń, parametryzacji i inżynieringu.

1.3 Profile PROFINET

Koncepcja PROFINET posiada dwa profile: PROFINET CBA oraz PROFINET IO. Rysunek 3 pokazuje wzajemne korelację obu profili. PROFINET CBA nadaje się do komponentowej komunikacji na poziomie maszyn poprzez TCP / IP oraz do komunikacji w czasie rzeczywistym wymaganym dla modułowych konstrukcji instalacji. Umożliwia on prostą konstrukcję modułową linii produkcyjnych w oparciu o rozproszoną inteligencję oraz komunikację opartą na konfiguracji graficznej pomiędzy inteligentnymi modułami. PROFINET IO pozwala na rozpraszanie sygnałów I/O. Zapewnia komunikację w czasie rzeczywistym (RT) oraz izochroniczną komunikację w czasie rzeczywistym (IRT) dla cyklicznej wymiany danych procesowych.



Rys. 3: Profile PROFINET

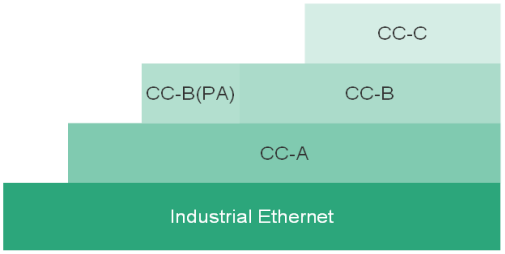
Zastosowanie sieci PROFINET CBA oraz PROFINET IO może odbywać się niezależnie lub tak że jednostka PROFINET IO pojawi się w instalacji jako moduł PROFINET CBA.

Niniejszy opis zawiera szczegółowe objaśnienia dla profilu PROFINET IO.

1.4 Klasyfikacja zgodności

Zakres funkcji obsługiwanych przez PROFINET IO jest podzielony na klasy zgodności ("CC"). Stanowią one praktyczne zestawienie różnych właściwości minimalnych.

Istnieją trzy klasy zgodności, wzajemnie się uzupełniające oraz zorientowane na typowe aplikacje (Rys. 4).



Rys. 4: Struktura klas zgodności

CC-A zapewnia podstawowe funkcje PROFINET IO z komunikacją RT. Wszystkie usługi IT mogą być używane bez zastrzeżeń. Typowe zastosowania, to na przykład, automatyka budynkowa. Komunikacja bezprzewodowa jest możliwa tylko w tej klasie.

CC-B poszerza koncepcje o diagnostykę sieci prowadzoną poprzez mechanizmy IT, jak również informacje o topologii. Funkcja nadmiarowości systemu, ważna dla automatyzacji procesów, została zawarta w rozszerzonej wersji CC-B ,nazwanej CC-B(PA).

CC-C określa podstawowe funkcje urządzeń ze wspieraną sprzętowo komunikacją IRT i tym samym jest podstawą aplikacji izochronicznych.

Klasyfikacja zgodności jest podstawą do certyfikacji i wytycznych dla okablowania.

Szczegółowy opis technologii CCS można znaleźć w dokumentacji "The PROFINET IO Conformance Classes" w folderze “Downloads/Supplementary Documents”.

1.5 Standaryzacja

PROFINET został określony w IEC 61158 i IEC 61784. Koncepcja PROFINET została zdefiniowana przy ścisłej współpracy z użytkownikami końcowymi bazując na standardowej sieci Ethernet zgodnie z IEEE 802. Zmiany standardowej sieci Ethernet zostały użyte wyłącznie w przypadku, gdy wymagania te nie mogły zostać spełnione lub nie spełniały oczekiwań.

2. Model oraz inżyniering

W tym rozdziale opisano modele systemu PROFINET IO oraz posłużono się przykładowym procesem planowania w celu opisania opcji adresowania.

2.1 Model systemu PROFINET IO

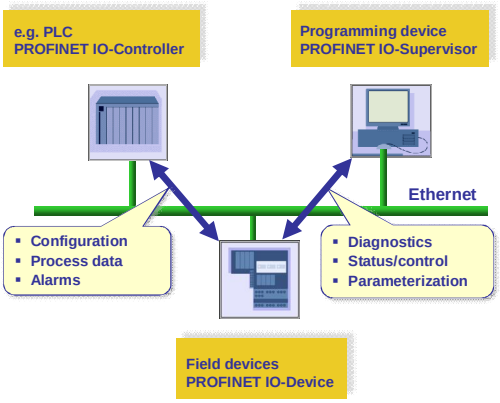
Przy wymianie danych, PROFINET IO dopasowywany jest do modelu dostawcy / odbiorcy. Konfiguracja systemu PROFINET IO ma taki sam wygląd jak w sieci PROFIBUS. Poniżej wyróżniono klasy urządzeń dla PROFINET IO (5):

IO-Controller: Jest to typowo programowalny sterownik logiczny (PLC) z programem sterującym. Można go porównać do Mastera klasy 1 w sieci PROFIBUS. IO-Controller dostarcza dane wyjściowych i odbiera dane wejściowych ze stacji podrzędnej IO-Devices.

IO-Device: jest to urządzenie polowe I/O, które jest podłączone do jednego lub kilku stacji IO-Controller za pośrednictwem sieci PROFINET IO. Jest ono porównywalne ze stacją slave w sieci PROFIBUS. IO-Device dostarcza dane wejściowe, natomiast odbiera dane wyjściowe.

IO-Supervisor: Najczęściej jest to urządzenie programujące, komputer osobisty (PC) lub urządzenie typu panel (HMI) wykorzystywane do celów diagnostycznych lub uruchamiania. Odpowiada Master’owi klasy 2 w sieci PROFIBUS.

Minimalne wymagania sieci to przynajmniej jeda stacja typu IO-Controller i jedna lub większa ilość stacji IO-Device. Stacje IO-Supervisor są zwykle integrowane tylko tymczasowo w celu uruchamiania, diagnostyki i serwisu.



Rys. 5: Kanały komunikacyjne PROFINET IO

2.2 Model IO-Device

Model IO-Device opisuje wszystkie urządzenia pod kątem ich możliwości technicznych i funkcjonalnych. Są one ustalane przez DAP (Device Access Point) oraz moduł urządzenia i zdefiniowane moduły konkretnej rodziny urządzeń. DAP jest punktem dostępu do komunikacji z interfejsem Ethernet i programem procesowym. Można do niego przypisać wiele modułów I / O w celu zarządzania komunikacją danych procesowych.

Następujące struktury są określone dla IO-Device:

- **Slot** określa miejsce w którym moduł I/O jest podłączany do modułowego urządzenia polowego I/ O. Skonfigurowane moduły zawierającą jeden lub kilka podslotów do wymiany danych, które są adresowane na podstawie poszczególnych slotów.
- **Podsloty** reprezentują aktualny interfejs dla procesu (wejścia / wyjścia). Podział podslotów na bitowy, bajtowy lub słowowy określany jest przez producenta. Dane zawarte w podslotach zawsze zawierają informacji statusowe, na podstawie których można określić ważność danych.
- **Index** określa dane w slocie/podslocie, które mogą być odczytywane lub zapisywane acyklicznie przez usługę czytaj/pisz. Na przykład, parametry mogą być zapisywane do modułu lub dane modułu ustalonego przez producenta mogą zostać odczytane na podstawie index'u.

Cykliczne dane I/O adresowane są poprzez określenie kombinacji slot/podslot, które mogą być dowolnie definiowane przez producenta. Dla acyklicznego przesyłania danych poprzez usługę odczyt /zapis, aplikacja może określić dane, które należy uwzględnić przy użyciu **slotu, podslotu** oraz **indexu** (rys. 6).

Aby uniknąć odrębnego definiowania profili użytkowników (np. PROFIdrive, ważenie i dozowanie, itp.), **API** (**A**pplication **P**rocess **I**dentifier/Instance) definiowany jest jako dodatkowy poziom adresowania.

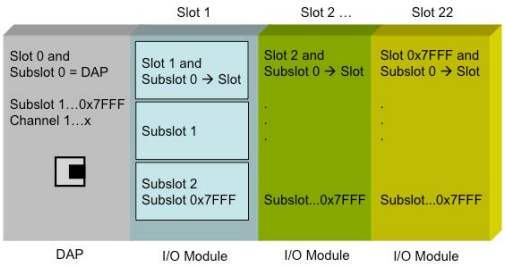
PROFINET rozróżnia **kompaktowe urządzenia polowe**, które określane są stałe, bez możliwości zmiany przez użytkownika oraz **urządzenia modułowe**, w których rozmiar można dostosować do konkretnego zastosowania, przy konfiguracji systemu.

2.3 Opisy urządzeń

Pliki **GSD** (General Station Description) urządzeń polowych są wymagane przy konfiguracji w systemie inżynierskim. Oparty jest on na języku XML GSD opisuje właściwości i funkcje urządzeń polowych PROFINET IO. Zawiera on wszystkie dane istotne dla programów, jak również do wymiany danych z urządzeniem na instalacji. Producent urządzenia polowego musi zapewnić plik GSD oparty na języku XML zgodnie ze specyfikacją GSDML.

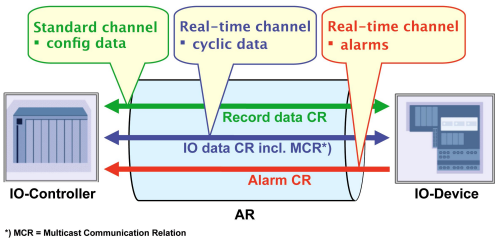
2.4 Relacje komunikacyjne

Aby nawiązać komunikację między sterownikiem wyższego poziomu oraz urządzeniem IO-Device, muszą zostać ustalone kanały komunikacyjne. Są one tworzone przez IO-Controller podczas uruchamiania systemu na podstawie danych konfiguracyjnych w systemie inżynierskim. Określa to wymianę danych w sposób jawny.



Rys. 6: Adresowanie danych I/O w PROFINET IO, na podstawie slotów oraz podslotów

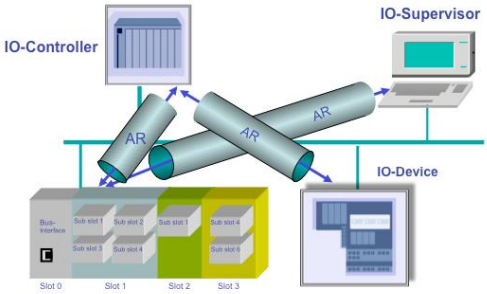
Każda wymiana danych jest wbudowana w AR (relacje aplikacji) (rys. 7). W AR, relacje komunikacyjne (CR) określają dane w sposób jawny. W rezultacie, wszystkie dane dla modelu urządzenia, w tym ogólne parametry komunikacyjne, są przesyłane do urządzenia IO-Device. IO-Device może mieć wiele powiązań AR utworzonych dla różnych urządzeń IO-Controller.



Rys. 7: Relacje aplikacji oraz relacje komunikacji

Kanały komunikacyjne dla cyklicznej wymiany danych (IO data CR), acykliczna wymiana danych (record data CR) i alarmy (alarm CR) są ustawiane równolegle.

Można wykorzystywać wiele stacji IO-Controller w systemie PROFINET (rys. 8). Jeśli te stacje IO-Controller mają mieć dostęp do tych samych danych w urządzeniach IO-Device, musi to zostać określone podczas konfiguracji (shared device oraz shared input).



Rys. 8: Urządzenie polowe może być dostępne dla wielu powiązań aplikacyjnych

IO-Controller może ustanowić jedno powiązanie AR z wieloma urządzeniami IO. W ramach powiązań AR, do wymiany danych używanych może być, kilka powiązań IOCR i API. Może to być przydatne, na przykład, jeśli więcej niż jeden profil użytkownika (PROFIdrive, Encoder, itp.) jest zaangażowany w komunikację i wymagane są różne podsloty. Podane API służą do podziału transmisji danych w ramach IOCR.

2.5 Adresowanie

W PROFINET IO, każde urządzenie polowe posiada nazwę symboliczną, która jednoznacznie identyfikuje urządzenie w systemie PROFINET IO. Nazwa ta używana jest do przypisywania adresów IP i MAC. Protokół DCP (Dynamic configuration protocol) zintegrowany w każdym urządzeniu IO nie jest w tym celu używany.

Adres IP przydzielany jest protokołem DCP na podstawie nazwy urządzenia. Ponieważ DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) jest w powszechnym użyciu, PROFINET umożliwia opcjonalną konfigurację adresu przez DHCP lub za pomocą mechanizmów wyszczególnionych przez producenta. Opcje adresowe obsługiwane przez dane urządzenie polowe zdefiniowane są w pliku GSD dla danego urządzenia sieciowego.

Opcjonalnie, nazwa może być również automatycznie przydzielona do urządzenia IO poprzez określenie topologii opartej na detekcji sąsiedniej stacji.

PROFINET IO-Device adresowane jest do bezpośredniej wymiany danych poprzez adres swój MAC (patrz ramka).

Adres MAC oraz OUI (unikatowy identyfikator organizacyjny)

Każde urządzenie PROFINET adresowane jest na podstawie adresu MAC. Adres ten jest unikatowy na całym świecie. Kodeks spółek handlowych (bity od 47 do 24) można uzyskać bezpłatnie z wydziału standardów IEEE . Część ta nazywana jest OUI (unikatowy identyfikator organizacyjny).

PI oferuje adresy MAC do producentów urządzeń, którzy nie chcą ubiegać się o własny identyfikator OUI, innymi słowy stały OUI i część określona przez producenta (bity od 23 do 0). Usługa ta pozwala komponentom nabyć adresy MAC z Centrum Wsparcia PI. Zakres obejmuje 4K.

OUI PI jest to 00-0E-CF i jest skonstruowany tak jak pokazano w tabeli. OUI może być używany dla maksymalnie 16,777,214 produktów.

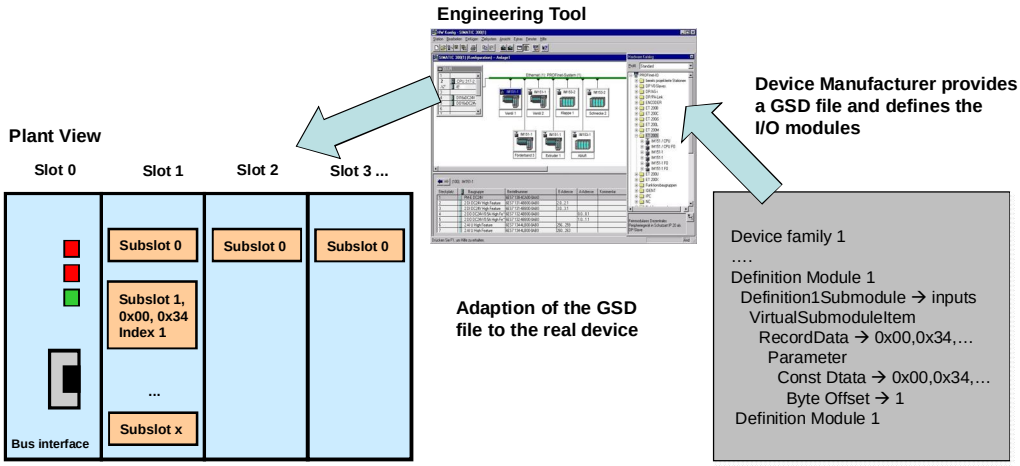
Znaczenie Bit 47 to 24						Znaczenie Bit 23 to 0					
0	**0**	**0**	**E**	**C**	**F**	X	X	X	X	X	X
Kod firmy → OUI						Numer kolejny					

2.6 Inżyniering systemu IO

Każdy producent stacji IO-Controller dostarcza również narzędzia inżynierskie do konfiguracji systemu PROFINET.

Podczas konfiguracji systemu, programista łączy ze sobą moduły / podmoduły stacji IO Device zdefiniowane w pliku GSD w celu przypisania ich do rzeczywistego systemu i podania ich do slotów /podslotów. Konfigurowany jest rzeczywisty system symbolicznie w narzędziach inżynierskich. Rysunek 9 pokazuje relacje pomiędzy definicja pliku GSD, konfiguracją i prawdziwym widokiem instalacji.

Po ukończeniu konfiguracji systemu, dane systemowe ładowane są do stacji IO-Controller, która również zawiera określone przez system aplikacje. W rezultacie, IO-Controller posiada wszystkie informacje niezbędne do adresowania urządzeń IO oraz wymiany danych.



Rys. 9: Przypisanie definicji zawartych w pliku GSD do urządzeń IO podczas konfigurowania systemu

Zanim IO-Controller może dokonać wymiany danych z IO-Devices, muszą one posiadać przypisany w oparciu o ich skonfigurowaną nazwę adres IP. Musi to nastąpić przed włączeniem systemu.

IO-Controller wykonuje to automatycznie przy użyciu protokołu DCP.

Po starcie / restarcie stacja IO-Controller zawsze inicjalizuje system na podstawie danych konfiguracyjnych bez żadnej interwencji użytkownika. Podczas uruchomienia systemu, IO-Controller ustanawia określone powiązania komunikacyjne (CR) i relacje aplikacji (AR) ze stacją IO-Device. Określa to cykliczne dane I/O, alarmy, wymianę acyklicznych operacji Read/Write oraz żądane moduły/podmoduły. Po udanym uruchomieniu systemu mogą wystąpić: wymiana cyklicznych danych procesowych, alarmy, i acykliczny przesyłanie danych.

2.7 Integracja sieci Web

PROFINET opiera się na sieci Ethernet i wspiera protokół TCP/IP. Umożliwia to m.in. wykorzystanie technologii internetowych w celu dostępu do zintegrowanego serwera w urządzeniu polu. W zależności od konkretnej implementacji urządzeń, diagnostyka i inne informacje można łatwo wywołać przy użyciu standardowej przeglądarki internetowej, nawet poza granice sieci. Tak więc system inżynierski nie jest wymagany do prostej diagnostyk. Sieć PROFINET sama nie definiuje żadnych konkretnych treści i formatów. Raczej pozwala na otwarte i wolne ich zastosowanie.

3. Podstawowe funkcje zgodności klasy A

Funkcje podstawowe obejmują cykliczną wymianę danych I/O w czasie rzeczywistym, acykliczną wymianę danych do odczytu i zapisu żądanych danych (parametry, diagnostyka), funkcje identyfikacji i serwisowe (I&M) do odczytywania informacji o urządzeniu i elastyczny model alarmów do sygnalizacji błędów urządzenia i sieci na trzech poziomach alarmowych (serwis, pilne wymagania serwisowe i diagnostyka) (tab. 1).

Wymagania	Funkcje techniczne/rozwiązania
Cykliczna wymiana danych	PROFINET z komunikacją RT
Acykliczne dane parametryzacji/ identyfikacja urządzenia (HW/FW)	Read Record/ Write Record I&M0
Urządzenie/ diagnostyka sieci (alarmy)	Diagnostyka i serwis

Tabela 1: Lista podstawowych funkcji

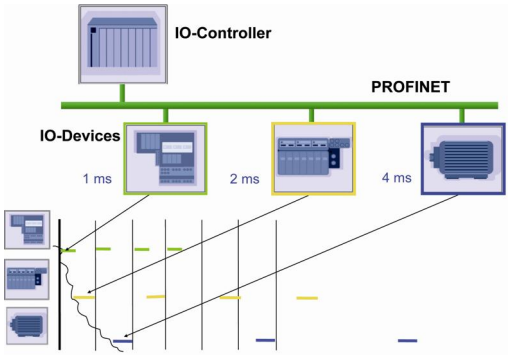
3.1 Cykliczna wymiana danych

Cykliczne dane I/O wysyłane są bez potwierdzania poprzez powiązanie "IO Data CR" jako dane czasu rzeczywistego pomiędzy nadawcą a odbiorcą w ściśle określonym czasie cyklu. Czas cyklu może być określony indywidualnie dla połączeń z poszczególnymi urządzeniami i jest on dostosowany do wymagań aplikacji. Podobnie, różne czasy cyklu mogą zostać wybrane dla danych wejściowych i wyjściowych, w zakresie od 250 µs do 512 ms.

Połączenie jest monitorowane za pomocą ustawienia monitorowania w czasie, który jest stanowi wielokrotność czasu cyklu. Podczas transmisji danych w ramce, dane podslotów poprzedzane są statusem nadawcy. Tego typu status Informacyjny oceniany jest przez odbiorcę danych I/O. W rezultacie możliwa jest samodzielna ocena wiarygodność danych z cyklicznej wymiany danych. Poza tym statusy odbioru przesyłane są zwrotnie.

Dane w ramach komunikatów poprzedzane są towarzyszącym im informacjami o ważności danych, redundancji oraz statusie diagnostycznym (status danych, transferu). Informacje o cyklu (licznik cykli) nadawcy są również określone tak, aby można łatwo je było ustalić. Błąd odbioru cyklicznych danych monitorowany jest przez odpowiedniego odbiorcę w relacji komunikacyjnej. Jeśli skonfigurowanych danych nie uda się odebrać w określonym czasie kontroli, odbiorca wysyła komunikat o błędzie do aplikacji (rys. 10).

Cykliczna wymiana danych może odbywać się za



Rys. 10: Komunikacja w czasie rzeczywistym z czasowym monitorowaniem cyklu

pomocą standardowych komponentów sieciowych, takich jak switche i standardowych kontrolerów Ethernet oraz odbywa się bezpośrednio na warstwie 2 z Ethertype 0x8892 i bez informacji TCP(UDP)/IP. Dla optymalnego przetwarzania danych cyklicznych używany jest również znacznik VLAN zgodnie z IEEE802.1Q.

3.2 Acykliczne parametry danych

Acykliczna wymiana danych może być wykorzystywana do parametryzacji i konfiguracji urządzeń I/O lub do odczytu informacji statusowych za pomocą powiązań "Record data CR". Cel ten realizowany jest za pomocą ramek odczytu/zapisu z wykorzystaniem standardowych usług informatycznych przez UDP/IP, w którym różne rekordy danych rozróżnia się za pomocą ich indeksu. Oprócz rekordów danych wykorzystywanych przez producentów urządzeń, dostępne są również następujące rekordy danych systemowych specjalnie zdefiniowane:

- **Informacje diagnostyczne** sieci oraz urządzeń mogą zostać odczytane przez użytkownika z dowolnego urządzenia w dowolnym czasie.
- **Rejestracja** błędów(alarmy oraz informacje o błędach), które mogą zostać użyte do wywołania szczegółowych informacji o czasie zdarzeń w IO-Devices.
- **Informacje Identyfikacyjne oraz serwisowe** (I&M)

Możliwość odczytywania danych identyfikacyjnych z urządzeń polowych jest bardzo pomocna przy serwisie. Na przykład, pozwala na wyciągnięcie wniosków przy nieprawidłowym zachowaniu urządzenia lub przy braku obsługi funkcji w urządzeniu polowym. Informacja ta jest określona w strukturze danych I&M.

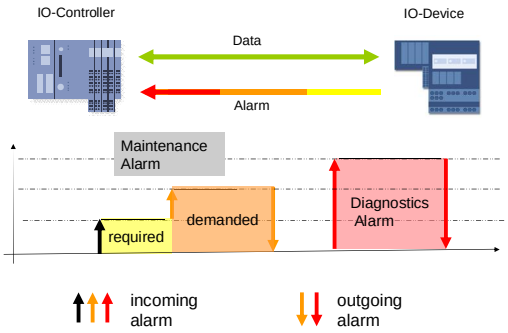
Funkcje I&M podzielone są na 5 różnych bloków (IM0 ... IM4) i mogą być adresowane oddzielnie używając ich indeksu. Każde urządzenie IO-Device musi obsługiwać funkcję IM0 odnośnie informacji na temat sprzętu i wersjami oprogramowania.

Specyfikację I&M można pobrać ze strony PI.

3.3 Diagnostyka urządzenia/sieci

Podejście oparte na bazie statusu zyskuje coraz większe znaczenie przy obsłudze działania i serwisie. Opiera się ona na zdolności urządzeń i komponentów do określenia ich statusów oraz do komunikacji za pomocą określonych mechanizmów. System wiarygodnych alarmów i komunikatów stanu ze stacji IO-Device do stacji IO-Controller został zdefiniowany w tym celu w sieci PROFINET IO.

Pojęcie to obejmuje zarówno alarm systemowe zdefiniowanych zdarzeń (takich jak usuwanie i wprowadzanie modułów), jak również sygnalizacja błędów, które zostały wykryte przez stację IO-Controller (np. wadliwe napięcie wyjściowe lub przerwania przewodu). Opiera się to na modelu stanu, który definiuje poziomy ostrzegawcze: "dobry" i "wadliwy" , jak również "wymagania serwisowe" i " niezbędna konserwacja".



Rys. 11: Model diagnostyczny sygnalizacji błędów o różnych priorytetach

Alarmy diagnostyczne muszą być stosowane, jeżeli pojawi się błąd lub zdarzenie w urządzeniu IO-Device lub w połączeniu z jednym z podłączonych elementów. Mogą one sygnalizować przychodzące lub wychodzące stany błędu (rys. 11)

Dodatkowo, użytkownik może zdefiniować odpowiednie **alarmy procesowe** dla wiadomości z procesu, np. przekroczono limit temperatury. W tym przypadku, stacja IO-Device może wciąż pozostać sprawna. Alarmom procesowym można przypisać inne priorytety niż alarmom diagnostycznym.

4. Diagnostyka sieci oraz zarządzanie zgodnością klasy B

Zgodność klasy B rozszerza urządzenia o dodatkowe funkcje diagnostyki sieci i wykrywania topologii. PROFINET wykorzystuje do tego protokół SNMP (**S**imple **N**etwork **M**anagement **P**rotocol). Protokoły MIB2 (**M**anagement **I**nformation **B**ase **2**) i LLDP-EXT MIB (**L**ower **L**ink **D**iscovery **P**rotocol-MIB) zintegrowane są w urządzeniu. Obok protokołu SNMP, wszystkie informacje diagnostyczne i informacje o topologii mogą zostać wywołane z PDEV (**P**hysical **D**evice **O**bject) za pomocą acyklicznej usługi PROFINET**.**

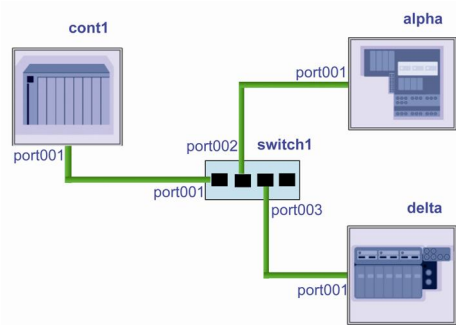
4.1 Protokół zarządzania siecią

W istniejących sieciach, protokół SNMP stał się de facto standardem obsługi i monitorowania elementów sieciowych oraz ich funkcji. Protokół SNMP może odczytać-uzyskać dostęp do komponentów sieciowych, aby odczytać dane statystyczne odnoszące się do sieci, jak również danych portów i informacji w celu wykrywania sąsiedztwa. W celu monitorowania urządzeń PROFINET z ustalonego systemu zarządzania, wdrożenie protokołu SNMP jest obowiązkowe dla urządzeń rozpoznania klasy B i C.

4.2 Wykrywanie sąsiedztwa

Systemy automatyki mogą być dowolnie konfigurowane w strukturę linii, gwiazdy, drzewa. Dla porównania określonych i rzeczywistych topologii, tzn. określenia, które urządzenia terenowe są podłączone do którego switcha i identyfikowanie odpowiedniego portu, w PROFINET IO został zastosowany protokół LLDP zgodnie z IEEE 802.1 AB.

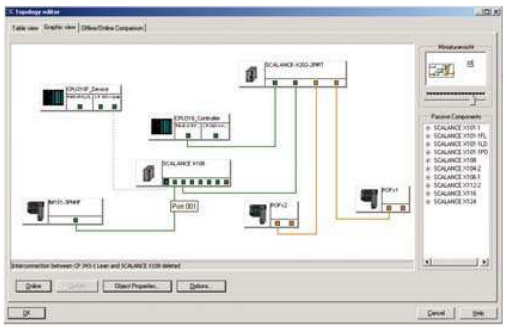
Urządzenia polowe PROFINET wymieniają informacje adresowe z podłączonymi urządzeniami sąsiadującymi przez każdy port switcha. Sąsiednie urządzenia są w ten sposób jednoznacznie identyfikowane oraz określana jest ich fizyczna lokalizacji (przykład na rysunku 12: Urządzenie delta jest podłączone do portu 003 switcha 1 poprzez port 001).



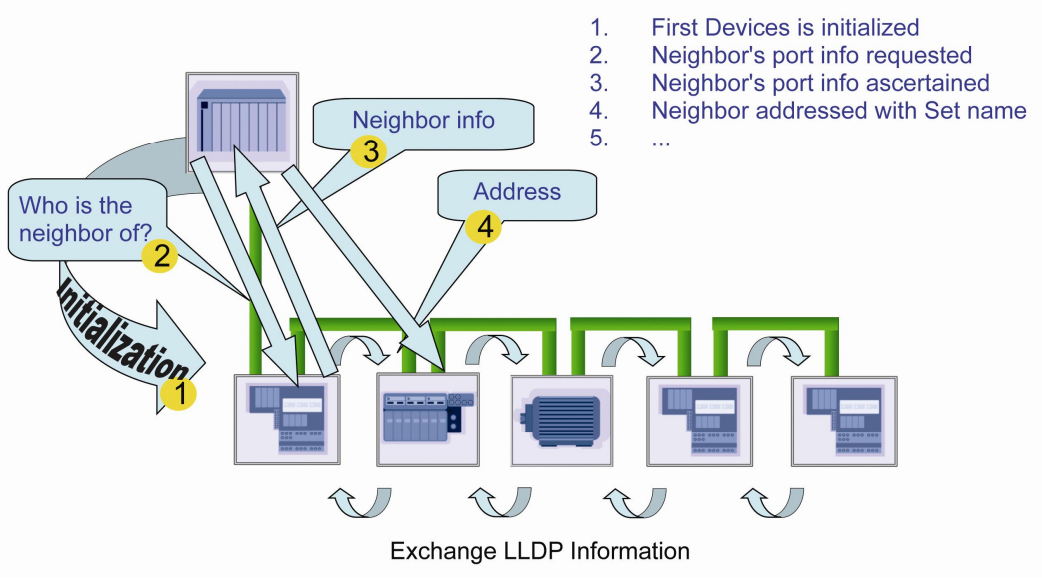
Rys. 12: Urządzenia PROFINET wykrywają swoich sąsiadów

4.3 Reprezentacja topologii

Użytkownik instalacji może wykorzystać odpowiednie narzędzia do graficznej reprezentacji topologii instalacji i jej diagnostyki (rys. 13). Informacje znalezione w czasie wykrywania sąsiedztwa są gromadzone za pomocą protokołu SNMP. Zapewnia to operatorowi instalacji szybki przegląd stanu instalacji.



Rys. 13: Topologia instalacji



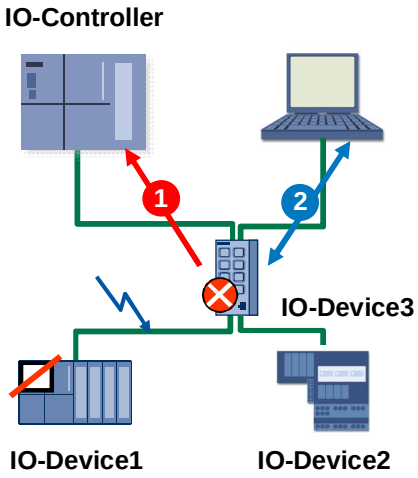
Rys. 14: PROFINET IO wspiera wygodne rozmieszczenie urządzeń i wyświetla topologię instalacji.

4.4 Rozmieszczenie urządzeń

Jeśli urządzenie polowe ulegnie awarii w znanej topologii, możliwe jest sprawdzenie, czy urządzenie zastępcze zostało podłączone na właściwej pozycji. Możliwe jest zastąpienie urządzeń bez użycia narzędzi inżynierskich: po wymianie, urządzenie na danym stanowisku pracy w topologii otrzymuje tę samą nazwę i parametry jak jego poprzednik.

4.5 Integracja diagnostyki sieci w systemie diagnostycznym IO

Switch musi zostać skonfigurowany jako urządzenie PROFINET IO-Device i sygnalizować wykryte błędy w sieci na najniższym poziomie linii w sieci Ethernet bezpośrednio do stacji IO-Controller. Działając jako stacja IO-Device, switch może sygnalizować błędy i określone tryby pracy do stacji IO-Controller poprzez przekazywanie acyklicznych alarmów za pomocą powiązań "alarm CR". W ten sposób, diagnostyka sieci może zostać zintegrowana jako diagnostyka systemowa IO. (Rysunek 15).



Rys. 15: Integracja diagnostyki sieci w system diagnostyczny IO

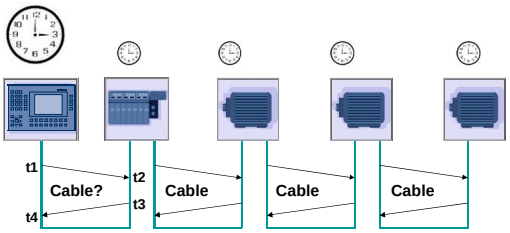
5. Izochroniczny czas rzeczywisty zgodność klasy C

Zgodność Klasy C zawiera wszystkie niezbędne funkcje synchronizacji całej sieci dla aplikacji z najbardziej rygorystycznymi wymaganiami deterministycznego zachowanie. Sieci oparte na zgodności klasy C umożliwiają aplikacjom na odchyłki poniżej 1 mikrosekundy. Cykliczne pakiety danych są przesyłane jako pakiety synchroniczne na zarezerwowanym paśmie. Wszystkie inne pakiety, takie jak pakiety diagnostyki lub TCP/IP, dzielą pozostałe pasma Ethernet.

Domyślnie, minimalna częstotliwość odświeżania jest zdefiniowana na 250 µs zgodnie z klasą C. Dla maksymalnej wydajności, dopuszcza się redukcje do zaledwie 31,25 µs, w zależności od użytego sprzętu. W celu rozszerzenia ilości danych dla cykli ustawionych na mniej niż 250 µs, stosowana jest metoda optymalizacji ramki wiadomości (Dynamic frame packing, DFP). Dzięki tej metodzie, węzły, które są połączone ze sobą w strukturze liniowej adresowane są przez jedną ramkę wiadomości. Ponadto, dla czasów cyklu poniżej 250 µs, komunikacja TCP/IP poddawana jest fragmentaryzacji i następuje przekazywane danych w mniejszych pakietach.

5.1 Komunikacja synchroniczna

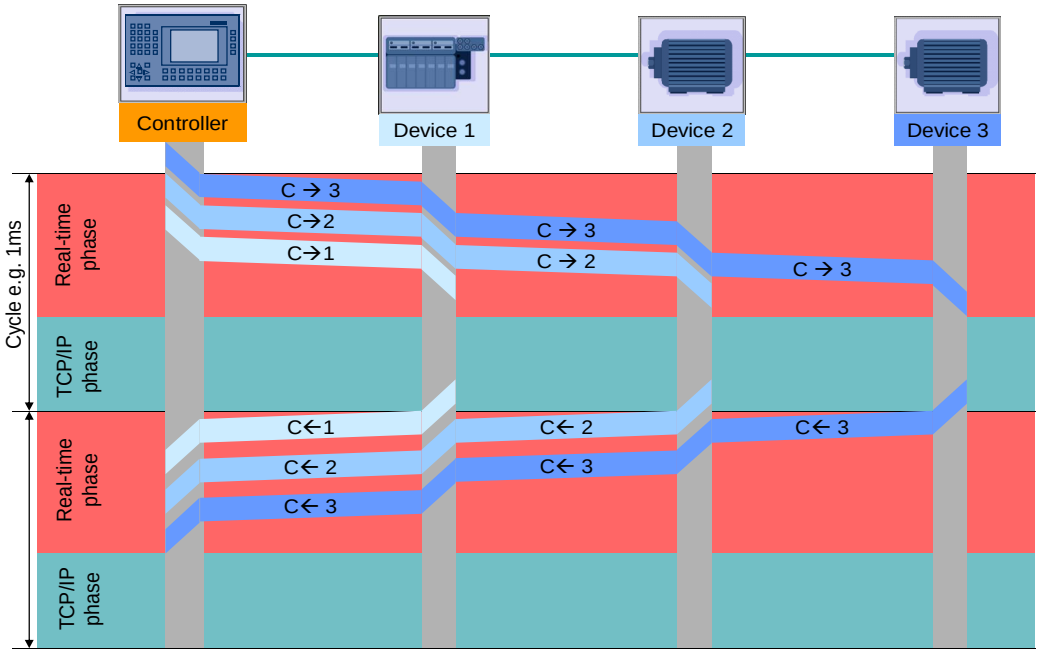
Aby cykle magistrali były synchroniczne (ten sam czas cyklu), z maksymalnym odchyleniem rzędu 1 µs, wszystkie urządzenia biorące udział w komunikacji synchronicznej musza mieć wspólny zegar. Zegar Clock Master używa ramek do synchronizacji wszystkich lokalnych generatorów impulsów urządzeń zegarowych (domeny IRT) do tego samego zegara (Rys. 16). W tym celu wszystkie urządzenia biorące udział w tego typu systemie zegarowym musza być podłączony bezpośrednio do siebie, bez podpinania jakikolwiek niezsynchronizowanych urządzeń. Możliwe jest zdefiniowanie kilku niezależnych systemy zegarowych w jednej sieci.



Rys. 16: Synchronizacja generatora pulsu zegara w domenie IRT przez mastera zegara

Aby osiągnąć pożądaną dokładność synchronizacji i synchroniczne działania, czas pracy na każdym przyłączonym kablu musi być mierzony za pomocą zdefiniowanych ramek wiadomości Ethernet i wpasowany w synchronizację. Należy stosować specjalny sprzęt aby osiągnąć cel synchronizacji zegara.

Cykl magistrali jest podzielony na różne cykle dla komunikacji synchronicznej (rysunek 17). Po pierwsze, dane synchroniczne przekazywane są w czerwonym cyklu. Czerwony cykl jest chroniony przed opóźnieniami spowodowanymi przez inne dane i pozwala na wysoki poziom determinizmu.



Rys. 17: Komunikacja IRT dzieli cykl magistrali na wydzieloną częstotliwość (czerwony) oraz częstotliwość otwartą (zielony)

Natomiast otwarty zielony kanał, wykorzystywany jest przez wszystkie inne dane przekazywane zgodnie z IEEE802 i poszczególnymi priorytetami.

Podział na określone kanały może być różny. Jeśli przekazywanie danych przed rozpoczęciem kolejnego cyklu nie jest zapewnione, ramki są tymczasowo przechowywane i wysyłane w następnym zielonym cyklu.

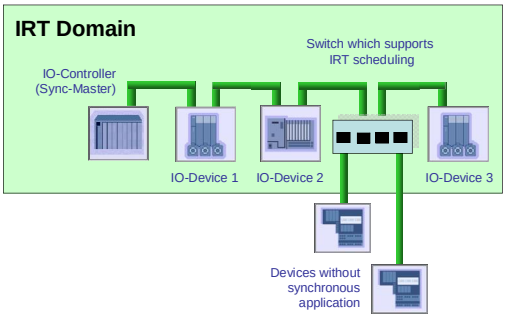
5.2 Operacje łączone

Połączenie komunikacji synchronicznej i asynchronicznej w ramach systemu automatyki jest możliwe, po spełnieniu określonych warunków. Operacja łączona jest pokazana na rysunku 18. W tym przykładzie, switch z funkcjami pracy synchronicznej został zintegrowany w urządzeniu polowym dla urządzeń od 1 do 3. Dzięki temu możliwe jest ustalenie czasu pracy i utrzymanie precyzyjnej synchronizacji systemu zegarowego. Pozostałe dwa urządzenia są podłączone za pomocą standardowego portu Ethernet, a tym samym komunikują się asynchronicznie. Switch zapewnia, że komunikacja ta pojawia się tylko w zielonym cyklu.

5.3 Zoptymalizowany tryb IRT

Kiedy wskaźniki czasowe podlegają rygorystycznym wymaganiom, wydajność komunikacji synchronicznej zorientowanej na topologię można zoptymalizować za pomocą dynamicznej paczki ramki (DFP) (Rys. 19).

Dla struktury liniowej, dane synchroniczne większości urządzeń są opcjonalnie łączone w jednej

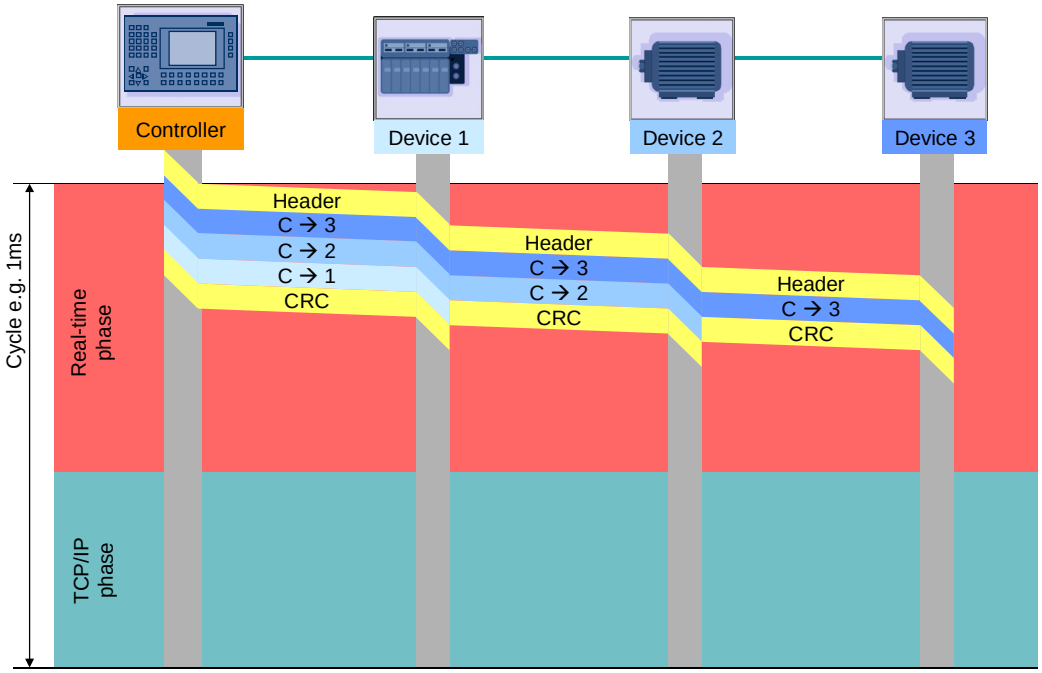


Rys. 18: Operacje łączone aplikacji synchronicznych i asynchronicznych

ramce Ethernet. Poszczególne cykliczne dane czasu rzeczywistego mogą być odbierane przez każdy z węzłów. Ponieważ dane z urządzenia polowego dla kontrolera są również synchroniczne, mogą zostać one zebrane w pojedynczej ramce Ethernet.

Idealnie, tylko jedna ramka jest przekazywana do wszystkich urządzeń polowych w czerwonym przedziale. Jeśli jest to konieczne, ramka jest rozbijana lub tworzona w odpowiednim switchu.

Technologia DFP jest opcjonalna dla systemów o restrykcyjnych wymaganiach. Działanie łączone możliwe jest również przy zachowaniu funkcjonalności innych cykli. Jednak aby osiągnąć krótkie czasy cyklu do 31,25 µs, konieczne jest znaczne ograniczenie zielonego cyklu. Aby to osiągnąć, standardowe ramki Ethernet aplikacji są rozbijane na mniejsze fragmenty, przekazywane w małych kawałkach, i ponownie łączone.



Rys. 19: Łączenie indywidualnych wiadomości w ramkę wiadomości grupowej

6. Funkcje opcjonalne

Dodatkowo, PROFINET zapewnia dużą liczbę funkcji opcjonalnych, które nie są zawarte domyślnie w urządzeniach zgodnie z klasami kompatybilności (tabela). Aby skorzystać z dodatkowych funkcji, należy sprawdzić indywidualnie dla każdego przypadku właściwości urządzenia (dane katalogowe, opis techniczny, plik GSD).

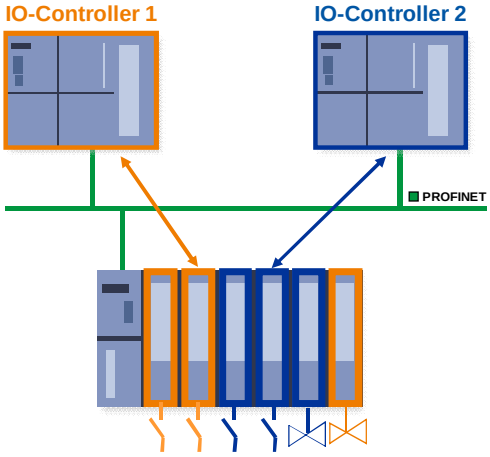
Wymagania	Funkcje techniczne/rozwiązan
Wielokrotny dostęp do wejść, przez różne kontrolery	Współdzielone wejścia
Dystrybucja funkcji urządzenia do różnych kontrolerów	Wspólne urządzenia
Rozszerzona identyfikacja urządzeń	Identyfikacja & Serwis IM1-4
Automatyczny przydział parametrów urządzeń przy użyciu zestawu parametrów	Indywidualny zestaw parametrów
Zmiany konfiguracyjne podczas operacji	Konfiguracja w czasie pracy (CiR)
Stempel czasowy danych I/O Szybki restart po odzyskaniu napięcia	Time sync Szybki restart (FSU)
Wyższa niezawodność poprzez pierścień redundantny	MRP/MRPD
Wywołanie narzędzi inżynierskich dla urządzenia	Interfejs Tool Calling (TCI)

Tabla 2: Lista możliwych funkcji opcjonalnych

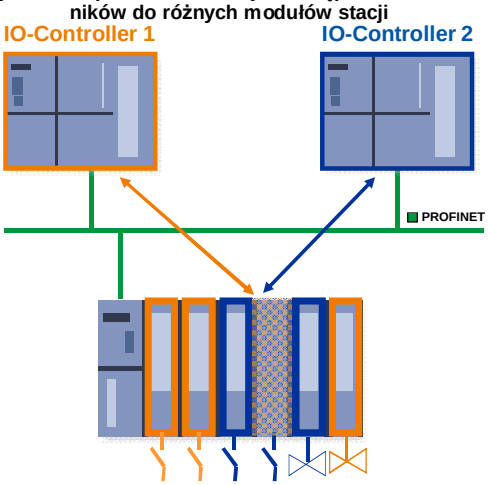
6.1 Wielokrotny dostęp do urządzeń polowych

Innowacyjnym rozwiązaniem **dla współdzielonych urządzeń** jest równoległy i niezależny dostęp dwóch różnych kontrolerów do tego samego urządzenia (rys. 20). W przypadku współdzielonego urządzenia, użytkownik konfiguruje przypisanie poszczególnych modułów I/O używanych w urządzeniu, do wybranego kontrolera. Jedną z możliwości zastosowania współdzielonych urządzeń, jest w aplikacjach fail-safe, w których CPU safety kontroluje bezpieczną części urządzenia, a standardowy kontroler kontroluje standardowe I/O w tej samej stacji. W części bezpiecznej F-CPU powoduje bezpieczne wyłączyć zasilania wyjść.

W przypadku współdzielonego wejścia, istnieje równoległy dostęp do tego samego wejścia przez dwa różne kontrolery (rys. 21). Tym samym, niezależny sygnał, który musi zostać przetworzony w dwóch różnych kontrolerach nie musi być dwa razy podpinany lub przesyłany przez komunikację CPU-CPU.



Rys. 20: Współdzielona stacja: dostęp kilku sterowników do różnych modułów stacji



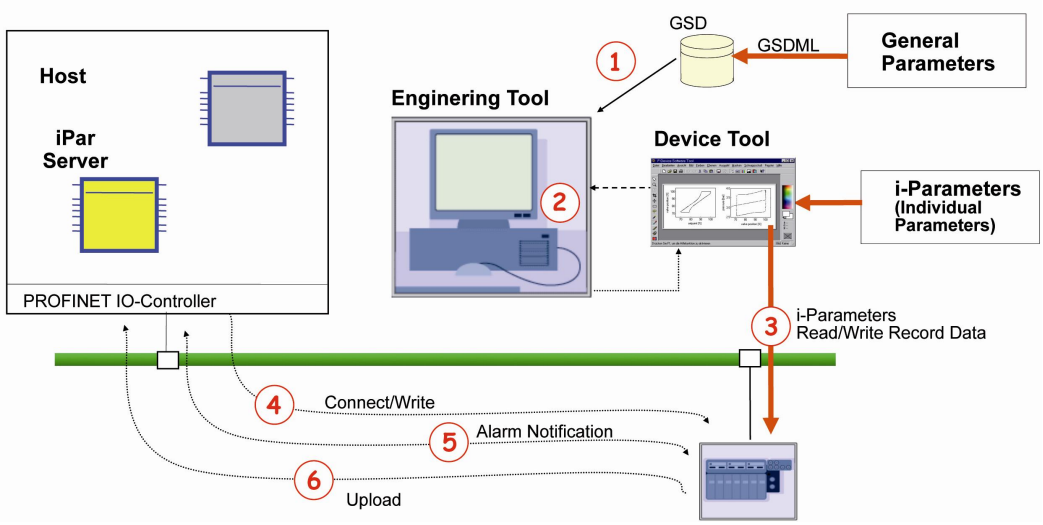
Rys. 21: Współdzielone wejścia: kilka sterowników czyta te same wejście stacji

6.2 Rozszerzona identyfikacja urządzenia

Więcej informacji o znormalizowanej i uproszczonej identyfikacji i serwisie zdefiniowano w dodatkowych rekordach danych I&M. I&M1-4 zawierają informacje specyficzne dla instalacji, takie jak miejsce i data instalacji, są one tworzone podczas konfiguracji i zapisywane w urządzeniu (tabela 3).

IM1	TAG_FUNCTION TAG_LOCATION	Znacznik instalacji Znacznik miejsca
IM2	INSTALLATION_DATE	Data Instalacji
IM3	DESCRIPTOR	Komentarze
IM4	SIGNATURE	Sygnatura

Tabla 3: Rozszerzona identyfikacja urządzenia



Rys. 22: Serwer parametryzacji może zostać użyty do automatycznego ładowania danych podczas wymiany urządzenia

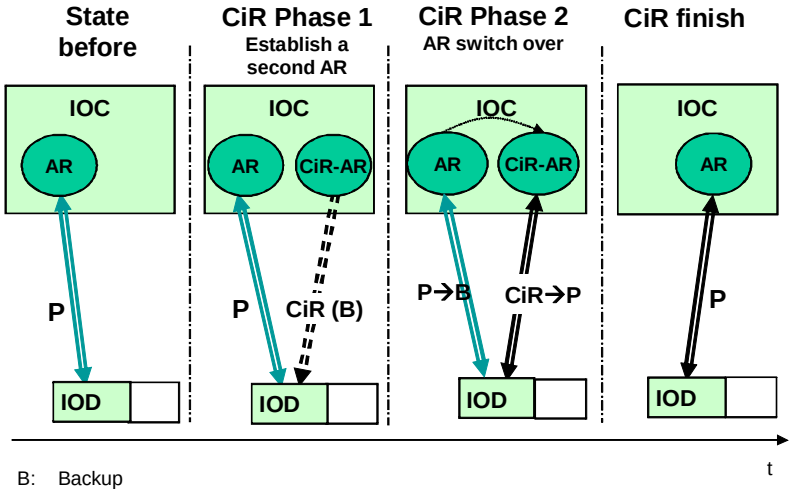
6.3 Serwer indywidualnych parametrów

Funkcjonalność serwera indywidualnych parametrów polega na tworzeniu kopii zapasowych i przeładowywaniu opcjonalnych parametrów, określonych urządzeń polowych (rys. 22).

Podstawowa parametryzacja urządzeń przeprowadzana jest przy użyciu parametrów zdefiniowanych w pliku GSD dla urządzenia polowego. Plik GSD zawiera, między innymi, parametry modułów I/O. Są one zapisywane jako statyczne i mogą być ładowane ze stacji IO-Controller do stacji IO-Device podczas uruchomienia systemu. Dla niektórych urządzeń polowych niemożliwe lub nieodpowiednie jest inicjowanie parametrów za pomocą podejścia GSD z powodu ilości, wytycznych użytkownika, czy też wymogów związanych z bezpieczeństwem. Takie dane dla poszczególnych urządzeń i technologii, określane są jako indywidualne parametry (iPar). Często mogą one zostać określone tylko podczas uruchamiania. Jeśli takie urządzenie ulegnie awarii i należy je wymienić, parametry te muszą być załadowane do nowego urządzenia polowego bez użycia dodatkowego narzędzia. Serwer indywidualnych parametrów zapewnia użytkownikom urządzeń wygodne i jednolite rozwiązanie tego problemu.

6.4 Konfiguracja w trakcie pracy

Tak jak redundancja, nieprzerwana eksploatacja instalacji – włączając w to pracę podczas rekonfiguracji urządzeń i sieci i podczas wstawiania, usuwania lub wymiany urządzeń lub poszczególnych modułów - odgrywa ważną rolę w automatyce procesowej (rys. 23). Wszystkie metody "Configuration in Run" (CIR) w PROFINET prowadzone są bezpiecznie i bez negatywnego wpływu na komunikację w sieci. Gwarantuje to, że naprawy instalacji, modyfikacje lub rozbudowa mogą być wykonywane bez wyłączania instalacji.



Rys. 23: Zmiana konfiguracji bez konieczności przerywania pracy instalacji przez połączenie redundantne

6.5 Stempel czasowy

W dużych zakładach, często wymagana jest możliwość przypisania alarmów i komunikatów do sekwencji zdarzeń. W tym celu, w PROFINET IO możliwa jest opcjonalne przypisanie stempla czasowego dla tych wiadomości. W celu sygnowania czasem do danych oraz alarmów, odpowiednie urządzenia polowe muszą mieć ustawioną tę samą godzinę. Aby to osiągnąć, wykorzystuje się zegar clock master i protokół synchronizacji czasu do ustawiania zegarów.

6.6 Szybki restart

Szybki restart (FSU) definiuje zoptymalizowane włączenie zasilania systemu, w którym wymiana danych zaczyna się dużo szybciej, ponieważ wiele parametrów jest już przechowywanych w urządzeniach polowych. Ta opcjonalna ścieżka może być stosowany równolegle do standardowego włączenia zasilania (które jest nadal używane po włączeniu zasilania i podczas pierwszego włączenia zasilania lub resetu). W celu zastosowania szybkiego restartu konieczne jest przechowywania parametrów komunikacyjnych.

6.7 Wysoka niezawodność

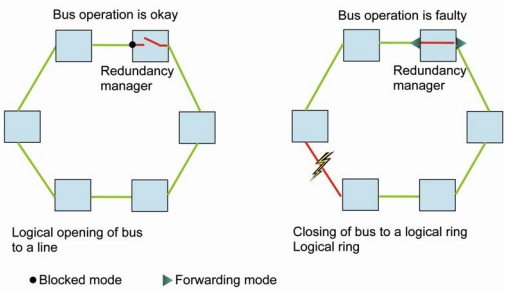
Łączenie wieloportowych switchy, pozwala na skuteczne łączenie topologii gwiazdy często stosowanej w Ethernet wraz ze strukturą linii. Kombinacja ta szczególnie dobrze nadają się do sterowania połączeniami szafy, czyli liniowe połączenie pomiędzy szafami sterowniczymi w układzie gwiazdy dla urządzeń polowych. Jeśli połączenie między dwoma urządzeniami przemysłowymi w linii zostanie przerwane, urządzenia polowe położone za miejscem przerwania nie są dostępne. Jeśli wymagane jest zwiększenie dostępności, przy planowaniu systemu należy ustanowić nadmiarowe kanały komunikacyjne, należy użyć urządzenia polowe/switche PROFINET, które obsługują redundancję.

Topologia linii może zostać zamknięta i utworzyć pierścień, aby zapewnić redundantną komunikację. W przypadku wystąpienia błędu połączenia ze wszystkimi węzłami są zapewniane poprzez alternatywne połączenia. Zapewnia to tolerancję dla *jednego* błędu. Należy podjąć odpowiednie środki tak, aby błąd ten został wyeliminowany przed pojawieniem się drugiego błędu.

PROFINET dysponuje dwoma mechanizmami, które zapewniają redundancję mediów w formie pierścienia, w zależności od potrzeb:

Protokół redundancji mediów (MRP)

Protokół MRP zgodnie z IEC 62439 opisuje PROFINET z typowym czasem przekonfigurowania po awarii <200 ms dla kanałów komunikacji z TCP/IP i ramek RT. Bezbłędne działanie systemu automatyki obejmuje menedżera mediów redundancji (MRM) i kilku klientów mediów (MRC) ułożonych w pierścień, jak pokazano na rysunku 24.



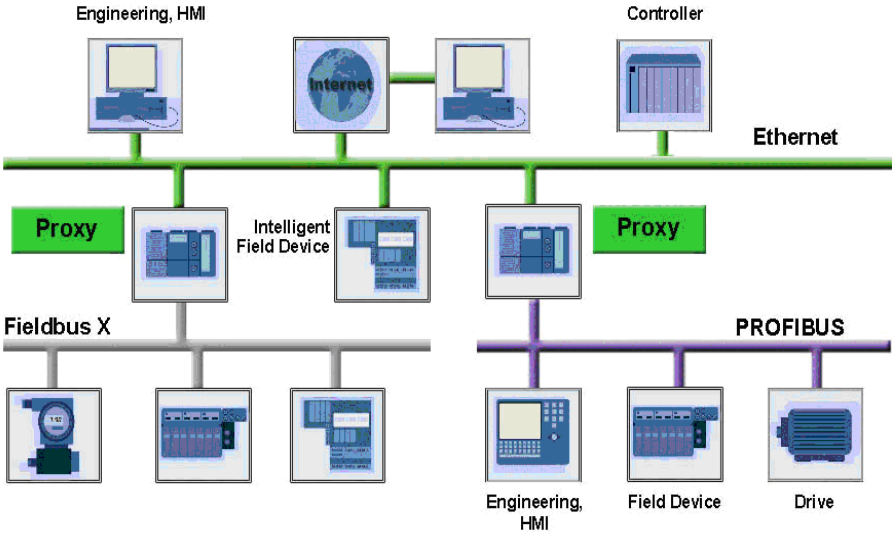
Rys. 24: Logiczny podział zapobiegający krążeniu ramek w instalacji

Zadaniem menedżera mediów redundancji (MRM) jest sprawdzenie funkcjonalnych możliwości skonfigurowanej struktury pierścieniowej. Odbywa się to poprzez cykliczne wysyłanie ramek testowych. Dopóki otrzymuje zwrotnie wszystkie ramki testowe, struktura pierścieniowa jest nienaruszona. W wyniku tego zachowania, MRM zapobiega krążeniu ramek w obiegu i zamienia strukturę pierścienia w strukturę liniową.

Klient redundancji mediów jest switchem, który działa jedynie jako "przekaźnik" ramek i na ogół nie odgrywać aktywnej roli. Musi mieć dwa porty, w celu łączenia się z innymi MRCs lub MRM w pojedynczym pierścieniu.

Redundancja medium dla planowanej duplikacji (MRPD)

IEC 61158 opisuje koncepcję redundancji MRPD (Media Redundancy for Planned Duplication) dla zoptymalizowanej topologii komunikacji IRT, która umożliwia płynne przejście z jednego typu komunikacji do drugiej, w przypadku awarii. Podczas uruchomienia systemu, IO Controller ładuje dane z kanałów komunikacyjnych do obu kanałów komunikacyjnych (kierunków) w pierścieniu do poszczególnych węzłów. Tak więc, nie ma znaczenia, który węzeł nie działa, ponieważ załadowany "harmonogram" jest dostępny dla obu tras w urządzeniach polowych, monitorowany. Załadowanie ustawień jest wystarczające, aby wykluczyć obieg ramek, ponieważ porty docelowe są jednoznacznie zdefiniowane.



Rys. 25: PROFINET upraszcza znacząco integrację istniejących systemów polowych

6.8 Uruchamianie narzędzi inżynierskich

Skomplikowane urządzenia, takie jak dyski, skanery laserowe itp., często posiadają własne oprogramowanie inżynierskie i narzędzia do wprowadzania ustawień IO-Devices. Dzięki narzędziu wywoływania interfejsu (TCI) narzędzia tego urządzenia mogą być wywoływane bezpośrednio z systemu inżynierskiego przy parametryzacji, czy diagnostyce. W tym przypadku komunikacja PROFINET jest stosowana bezpośrednio do zmiany ustawień w urządzeniu polowym. Oprócz bezpośrednio zintegrowanych narzędzi urządzenia, przy odpowiedniej adaptacji oprogramowania możliwe jest użycie technologii, takich jak EDDL i FDT. TCI składa się z następujących głównych składników:

- **Interfejs aktywacji:** Użytkownik może wywoływać różne interfejsy urządzeń polowego (Device Tool = DT) z systemu inżynierskiego (ES). Funkcje są inicjowane przede wszystkim w Device Tool przez użytkownika.
- **Interfejs komunikacji:** Serwer komunikacyjny TCI umożliwia komunikację interfejsu użytkownika urządzenia polowego (DT) z urządzeniem na instalacji.

Dzięki powszechnie dostępnej specyfikacji TCI, każdy producent może stworzyć narzędzie, które będzie działać samodzielnie i zintegrować go z dowolnym systemem inżynierskim posiadającym możliwość współpracy z TCI. Zastosowanie TCI jest dobrym rozwiązaniem dla urządzeń polowych prostych i niedrogich, jak i skomplikowanych urządzeniach wyposażonych w interfejs użytkownika.

7. Integracja różnych systemów polowych

PROFINET definiuje model integracji Istniejących systemów magistrali PROFIBUS i innych systemów magistrali takich jak np. INTERBUS i DeviceNet (rys. 25).

Oznacza to, że skonfigurowana może zostać każda kombinacja magistrali polowej i podzespołów na bazie PROFINET. W ten sposób możliwy jest płynny przekaz technologiczny z systemów opartych na dowolnej magistrali sieciowej do sieci PROFINET. Wymagania stawiane przy integracji:

- Użytkownik instalacji ma możliwość łatwego zintegrowania istniejących instalacji z nowo zainstalowanym system PROFINET.
- Producenci instalacji i urządzeń mają możliwość korzystania ze sprawdzonych i znanych urządzeń bez żadnych modyfikacji projektów automatyki PROFINET.
- Producenci urządzeń chcą mieć możliwość integracji istniejących urządzeń polowych z systemem PROFINET bez konieczności ponoszenia kosztów modyfikacji.

Rozwiązania stosowane dla magistrali mogą być łatwo i bezproblemowo zintegrowane w systemie PROFINET przy użyciu serwerów proxy i gateways. Proxy działa jako urządzenie w sieci Ethernet. Integruje węzły podłączone do systemów niższego poziomu magistrali z systemami wyższego poziomu PROFINET. W rezultacie, zalety sieci przemysłowych, takie jak wysoka dynamika odpowiedzi, diagnostyka i automatyczna konfiguracja systemu bez ustawiania urządzeń, mogą być wykorzystywane również w sieci PROFINET. Zalety te ułatwiają planowanie nowej instalacji z wykorzystaniem znanych mechanizmów. Podobnie, uruchomienie i obsługa są łatwiejsze dzięki kompleksowej diagnostyce systemu magistrali. Urządzenia i narzędzia programowe są obsługiwane w znany sposób i włączone do obsługi systemu PROFINET.

8. Profile aplikacji

Domyślnie, PROFINET przesyła określone dane w sposób transparentny. Od użytkownika zależy interpretacja wysłanych lub odebranych danych za pomocą programu użytkownika lub rozwiązania opartego na PC lub programowalnego sterownika PLC.

Profile aplikacyjne stanowią opisem właściwości, charakterystyki działania i zachowania urządzeń oraz systemów, które zostały opracowane przez grupę producentów i użytkowników. Termin "Profil" można zastosować do kilku specyfikacji konkretnej klasy urządzeń lub kompleksowego zestawu specyfikacji dla aplikacji w danym sektorze przemysłu.

Ogólnie, wyróżnia się dwie grupy Profili aplikacji:

- **Ogólne profile aplikacji,** które można wykorzystywać w różnych aplikacjach (przykłady obejmują profile PROFIsafe i PROFIenergy)
- **Szczegółowe profile aplikacji,** każdy zaprojektowany dla konkretnego typu aplikacji, jak PROdrive lub urządzenia dla automatyzacji procesów

Te profile aplikacji określone przez PI w oparciu o zapotrzebowanie rynku i są dostępne na stronie internetowej PI**.**

8.1 PROFIsafe

Oznaczenie PROFIsafe odnosi się do protokołu zdefiniowanego w normie IEC 61784-3-3 dla realizacji bezpieczeństwa funkcjonalnego (fail-safe) i uznanego przez IFA i TÜV. PROFIsafe może być używany w sieci PROFIBUS, jak i PROFINET.

Zastosowanie PROFIsafe pozwala na bezpośredni transfer elementów fail-safe do sterowania procesami w tej samej sieci. Zlikwidowana zostaje potrzeba dodatkowego okablowania.

8.2 PROFIdrive

Oznaczenie PROFIdrive odnosi się do specyfikacji standardowego interfejsu dla sieci PROFIBUS i PROFINET. Ten profil został unormowany w IEC 61800-7 i zawiera standardowe definicje (składnia i semantyka) do komunikacji pomiędzy napędami i systemami automatyki, zapewniając w ten sposób neutralność dostawców, współdziałanie i ochronę inwestycji.

Profil aplikacji PROFIdrive stanowi podstawę do niemal każdego zadania napędu w dziedzinie automatyki inżynierii przemysłowej. Określa on zachowanie urządzenia i procedury dostępu do danych oraz napędów, a także optymalnie integruje dodatkowe profile PROFIsafe i profile PROFIenergy.

8.3 PROFIenergy

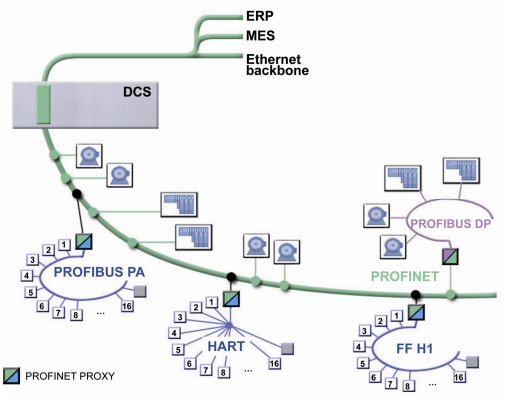
Wysoki koszt energii i zgodności z przepisami prawnymi skłaniają do oszczędzania energii w przemyśle. Najnowszym trendom w stosowaniu energooszczędnych napędów i zoptymalizowanych procesów produkcyjnych towarzyszy znaczna oszczędność energii. Jednak w dzisiejszych zakładach i jednostkach produkcyjnych, często pochłaniające energię systemy działają nieprzerwanie, nawet podczas przerw w produkcji. PROFIenergy odnosi się do tego typu sytuacji.

PROFIenergy umożliwia aktywne i skuteczne zarządzanie energią. Przez celowe wyłączenie niepotrzebnych odbiorników i dostosowywanie parametrów, takich jak częstość załączania zależna od tempa produkcji, powoduje, że zapotrzebowanie na energię, można znacznie zredukować, a co za tym idzie i koszty energii. W ten sposób pobór mocy elementów automatyki, takich jak roboty i urządzenia tnące laserowo oraz innych podsystemów stosowanych w przemyśle produkcji jest sterowany za pomocą komend PROFIenergy. Węzły PROFINET, w których stosuje się PROFIenergy mogą korzystać z polecenia elastycznego reagowania na przerwy. W ten sposób pojedyncze urządzenia lub niepotrzebne fragmenty maszyny można wyłączyć w czasie krótkich postojów, a cała instalacja może zostać wyłączona w sposób uporządkowany podczas długich przerw. Ponadto PROFIenergy może pomóc zoptymalizować produkcję instalacji na podstawie zużycia energii.

9. PROFINET w automatyce procesowej

W porównaniu z automatyką linii produkcyjnych i maszyn, automatyka procesów ma kilka szczególnych cech, a mianowicie instalacje może pracować wielu dziesięcioleci i to bez przerw. Wymaga to ze strony operatorów instalacji, współistnienia starszych i nowszych technologii w sposób funkcjonalnie kompatybilny. Dodatkowo, wymagania dotyczące niezawodności instalacji procesowych, zwłaszcza w procesach ciągłych, są często znacznie większe. W wyniku tych dwóch czynników, decyzje inwestycyjne dotyczące nowych technologii są znacznie bardziej konserwatywne w automatyzacji procesów, niż w automatyzacji linii produkcyjnych.

Dla optymalnego wykorzystania sieci PROFINET we wszystkich sektorach automatyzacji procesów, PI stworzył katalog wymagań. W ten sposób zapewniono właścicielom instalacji możliwość polegania na przyszłościowym systemie opartym na sieci PROFIBUS już dziś oraz możliwość przejścia do PROFINET w dowolnym momencie. Wymagania obejmują głównie cykliczne i acykliczne funkcje wymiany danych, integrację sieci przemysłowych (PROFIBUS PA, HART i FF), integrację i parametryzację urządzeń w tym konfigurację na ruchu, diagnostykę i serwis, redundancję oraz synchronizację zegara.



Rys. 26: Przykładowa architektura użycia sieci PROFINET w automatyzacji procesów

10. Instalacja sieci

PROFINET opiera się na sieci o prędkości 100 Mbps, full-duplex ethernet. Szybsza komunikacja jest możliwa na wszystkich odcinkach sieci (np. pomiędzy switchami, systemami PC, czy systemami wizyjnymi).

PROFINET definiuje nie tylko funkcjonalność, ale także pasywne komponenty infrastruktury sieciowej (okablowanie, złącza, wtyczki). Komunikacja może odbywać się z wykorzystaniem kabli miedzianych lub światłowodów. W sieci klasy Conformance A (CC-A), komunikacja jest również możliwa poprzez bezprzewodowe systemy przesyłowe (Bluetooth, WLAN) (tabela 4).

Podręcznik okablowania definiuje dla wszystkich klas kompatybilność 2-parowy kabel zgodnie z normą IEC 61784-5-3. Zastosowanie 4-parowych kabli jest dozwolone dla systemów transmisji z wymaganiami Gigabit'owymi.

W sieci CA-A network, dozwolona jest sieć z aktywnymi i pasywnymi elementami według ISO/IEC-24702, w odniesieniu do opisu okablowania CA-A. Podobnie, dopuszcza się stosowanie aktywnych elementów infrastruktury (np. switche) zgodnie z IEEE 801.x, jeżeli priorytetowo obsługują VLAN tag.

Przygotowane zostały wytyczne tak, aby umożliwić bezproblemowe projektowanie, instalację i uruchomienie sieci PROFINET IO. Są one dostępne dla każdej zainteresowanej osoby na stronie internetowej PI. W podręcznikach tych można znaleźć wyczerpujące informacje.

10.1 Konfiguracja Sieci

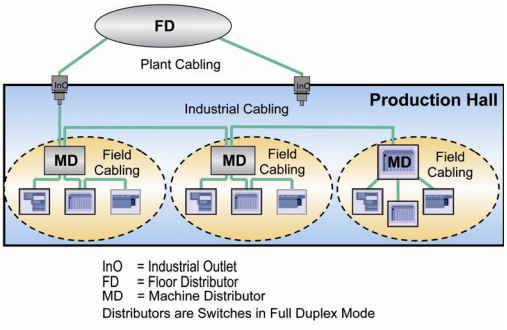
Podłączenie urządzeń polowych PROFINET IO odbywa się z wykorzystaniem switchy jako elementów aktywnych sieci. Zazwyczaj służą do tego switche zintegrowane w urządzeniach polowych (np. z dwoma portami). Odpowiednie dla PROFINET switche muszą obsługiwać "autonegotiation" (negocjowanie parametrów transmisji) oraz "autocrossover" (autonomiczne zamiana linii wysyłania i odbioru). W efekcie komunikacja możne zostać ustalona samodzielnie, a okablowanie jest unormowane: użyte mogą zostać tylko kable 1:1.

PROFINET obsługuje poniższe topologie komunikacji ethernet:

- topologia linii, która łączy przede wszystkim terminale ze zintegrowanymi switchami na instalacji (rys. 27).
- topologia gwiazdy, która wymaga centralnie ulokowanego switcha, najlepiej w szafie sterowniczej.
- topologia pierścienia, w której linia jest zamknięta, tworząc pierścień, aby osiągnąć redundancję medium.
- topologia drzewa, w której zostały połączone wyżej wymienione topologie .

Tabela 4: Instalacja sieci dla różnych klas

Okablowanie sieciowe oraz infrastruktura komponentów	Rozwiązanie	Klasa zgodności
Pasywne komponenty sieciowe (wtyczki, kabel)	RJ45, M12	A, B, C
Miedziane oraz światłowodowe systemy transmisyjne	TX, FX, LX,	A, B, C
Połączenia bezprzewodowe	WLAN, Bluetooth	A
Switch IT	posiada VLAN tag wg IEEE 802.x	A
Switch z funkcją IO-Device	PROFINET z RT	B
Switch z funkcją IO-Device i rezerwacja kanałów	PROFINET z IRT	C



Rys. 27: Sieci Ethernet w środowisku przemysłowym, zazwyczaj posiadają topologię liniową

10.2 Kable dla PROFINET

Maksymalna długość segmentu **elektrycznej transmisji danych** z miedzianymi kablami, między dwoma węzłami (urządzenia polowe lub switch) wynosi do 100 m. Kable miedziane są określone zgodnie z AWG 22. Instrukcja instalacji definiuje różne rodzaje kabli, których zakres został optymalnie dostosowany do ogólnych wymagań przemysłu. Wystarczające rezerwy systemowe pozwalają na dopasowaną do przemysłu instalację bez ograniczeń w odległości transmisji

Kable PROFINET odpowiadają typom kabli używanym w przemyśle:

- **PROFINET Typ A:** Standardowy kabel mocowany na stałe, brak ruchu na instalacji
- **PROFINET Typ B:** Standardowy kabel elastyczny, sporadyczny ruch lub wibracje
- **PROFINET Typ C:** Specjalistyczne użycie: na przykład, wysoce elastyczny, ciągły ruch (skręt lub kabel wyjściowy)

Jeżeli wyrównanie potencjałów na poszczególnych obszarach zakładu jest trudne do ustalenia, ze względu na izolację elektryczną, przy transmisji danych, wskazane jest korzystanie z kabli światłowodowych. Światłowody dają przewagę nad kablami miedzianymi w przypadku ekstremalnych wymagań dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej. W przypadku transmisji światłowodowej, możliwe jest stosowanie polimerowych światłowodów 1 mm (POF), których użycie optymalnie odpowiada wymaganiom przemysłowym.

10.3 Wtyczki

PROFINET określa warunki środowiskowe, na zaledwie dwie klasy. Eliminuje to niepotrzebną złożoność i pozwala na specyfikację potrzeb automatyki. Środowiskowe klasy PROFINET dla aplikacji automatyki są podzielone na jedną klasę **wewnętrzną**, np. w szafy sterownicze oraz jedną klasę **zewnętrzna** poza szafami sterowniczymi dla aplikacji znajdujących się bezpośrednio w terenie (rysunek 28).

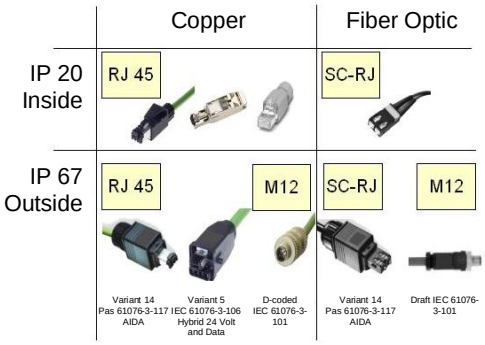
Wybór odpowiednich wtyczek PROFINET odnosi się do aplikacji. Jeżeli nacisk kładziony jest na uniwersalność sieci, która ma być kompatybilna z biurem, elektroniczna transmisja danych odbywa się poprzez wtyczki RJ 45, która przewidziane są dla "wewnętrznych" warunków środowiskowych. Dla środowiska "zewnętrznego" , opracowano wtyczkę push-pull, która jest wyposażona w gniazdo RJ 45 do elektrycznej transmisji danych. Określono również wtyczkę M12 dla PROFINET.

Do optycznej transmisji danych za pomocą polimerowych włókien światłowodowych, określono wtyczkę SCRJ, która opiera się na złączu wtyczki SC. SCRJ jest używany zarówno w środowisku „wewnętrznym", jak również w połączeniu ze wtyczką push-pull w środowisku "zewnętrznym". Złącze optyczne wtyczki dostępne jest dla rodziny M12 i może ono być używane dla sieci PROFINET i 1 mm transmisji światłowodowej (POF).

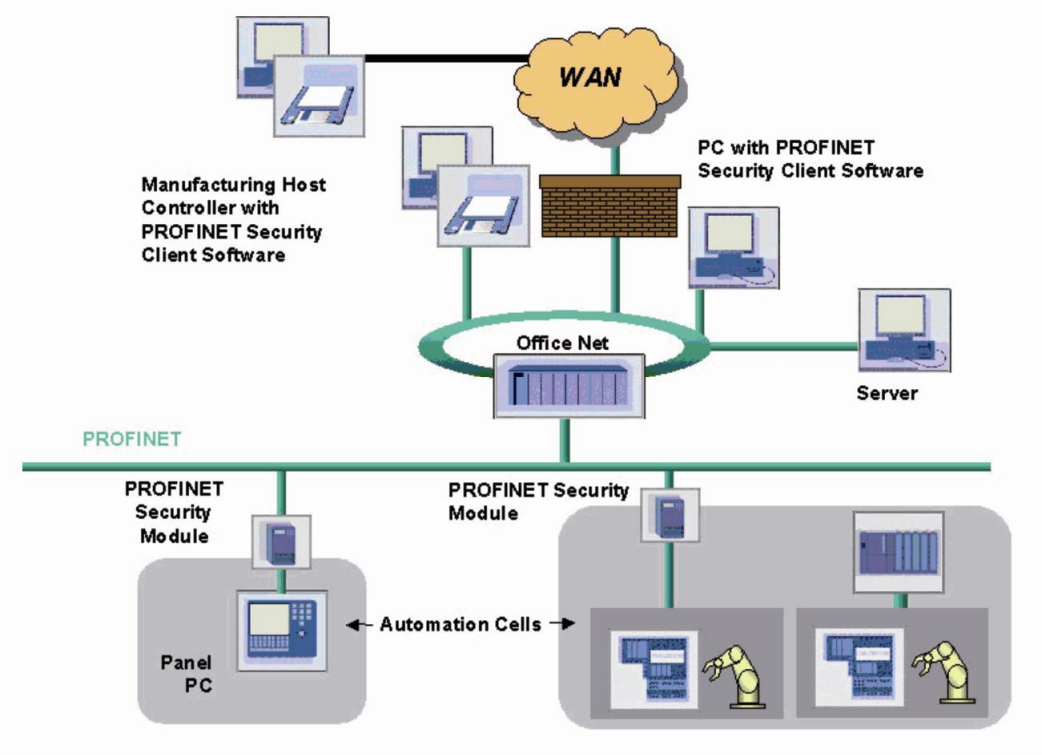
Jednocześnie, złącza wtykowe określono również dla zasilania, w zależności od topologii i napięcia zasilającego. Poza tym, można również użyć wtyczki push-pull, wtyczkę 7/8", wtyczkę hybrydową lub wtyczkę M12. Różnica między tymi złączami tkwi w ich stopniu ochrony, a tym samym w ich maksymalnym obciążeniu.

10.4 Ochrona

W przypadku sieci w większym obiekcie produkcyjnym lub przez Internet, PROFINET opiera się na stopniowej koncepcji bezpieczeństwa. Zaleca koncepcję bezpieczeństwa zoptymalizowaną dla konkretnego przypadku aplikacji, z jedną lub więcej strefą bezpieczeństwa - upstream. Z jednej strony, odciąża to urządzenia PROFINET, a z drugiej pozwala na optymalizację koncepcji bezpieczeństwa, do ciągle zmieniających się wymagań bezpieczeństwa automatyki.



Rys. 28: PROFINET oferuje szeroki zakres wtyczek przemysłowych



Rys. 29: Podział sieci w automatyce przemysłowej

Koncepcja bezpieczeństwa zapewnia ochronę zarówno pojedynczych urządzeń jak i całych sieci przed nieautoryzowanym dostępem. Ponadto, istnieją moduły zabezpieczające, które pozwalają na segmentację sieci, a więc także oddzielenie i ochronę z punktu widzenia bezpieczeństwa. Tylko szczególnie zidentyfikowane i upoważnione wiadomości będą miały możliwość dotarcia do urządzeń w takich segmentach z zewnątrz (rys. 29).

11. PROFINET IO-technologia oraz certyfikacja

PROFINET jest znormalizowany wg IEC 61158. Na tej podstawie, urządzenia w zakładach przemysłowych mogą być łączone i wymieniać dane bez błędnie. Odpowiednie służby kontroli jakości zapewniają wzajemne współdziałanie urządzeń w systemach automatyki. Z tego powodu, PI opracował proces certyfikacji urządzeń PROFINET, w którym certyfikaty zostają wydane na podstawie raportów z badań akredytowanych laboratoriów badawczych. Certyfikacja PI dla urządzeń polowych PROFIBUS nie była obligatoryjna, jednak wytyczne dla PROFINET zostały zmienione tak, aby każde urządzenie noszące nazwę PROFINET musi być certyfikowane. Doświadczenia z PROFIBUS w ciągu ostatnich 20 lat wykazały, że aby chronić systemy automatyki, instalacje oraz producentów urządzeń polowych niezbędny jest bardzo wysoki standard jakości.

11.1 Wsparcie technologiczne

Producenci urządzeń, którzy chcą opracować interfejs PROFINET IO mają możliwość rozwoju urządzeń polowych w oparciu o istniejące kontrolery ethernet. Alternatywnie, członkowie PI oferują wiele możliwości efektywnej implementacji interfejsu PROFINET IO.

Aby opracowanie interfejsu PROFINET IO było łatwiejsze dla producentów urządzeń, Centrum Kompetencyjne PI i firmy członkowskie oferują technologię podstawową PROFINET IO (udostępnienie technologii). Dostępne są również usługi konsultingowe i specjalne programy szkoleniowe dla programistów. Przed rozpoczęciem projektu rozwoju PROFINET IO, producenci urządzeń zobowiązani są do przeprowadzenia analizy w celu określenia, czy wewnętrzny rozwój urządzenia PROFINET IO jest opłacalne, czy też korzystanie z gotowych modułów komunikacyjnych zaspokoi ich wymagania.

Szczegółowe informacje na ten temat można znaleźć w broszurze “PROFINET Technology – The easy way to PROFINET”, którą można pobrać ze strony internetowej PI.

11.2 Narzędzia rozwoju produktu

Producenci urządzeń są wspierani przez narzędzie programowe przy opracowywaniu i testowaniu swoich produktów. Narzędzia te są dostępne dla członków PI bez dodatkowych opłat. Edytor GSD pomaga producentom stworzyć plik GSD dla swojego produktu. Edytor ten może być wykorzystywany do tworzenia odpowiednich plików i ich sprawdzania.

Podobnie, w celu testowania funkcjonalności PROFINET, udostępniany jest tester oprogramowania PROFINET. Obecna wersja wspiera testowanie wszystkich klas kompatybilność oraz funkcji IRT. Dodatkowy tester zabezpieczeń umożliwia testowanie bezpiecznego funkcjonowania urządzeń na instalacji, w tym w warunkach dużego obciążenia.

Dla podjęcia szczegółowych analiz, istnieje możliwość wykorzystania darmowego narzędzia Wireshark, do interpretacji ramek PROFINET. Dekodowanie ramek PROFINET jest zawarta w wersji standardowej.

11.3 Test certyfikujący

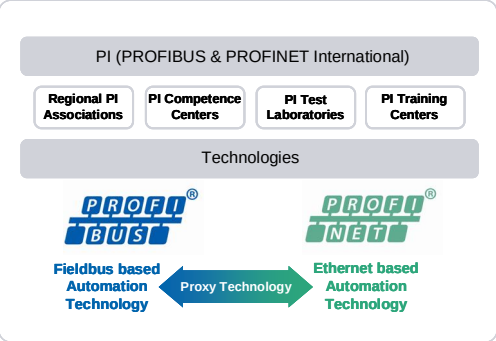
Test certyfikujący jest standardową procedurą, wykonywaną przez specjalistów, których wiedza jest stale aktualizowane i którzy są w stanie interpretować odpowiednie normy. Zakres badania opisano w obowiązujących warunkach w specyfikacji testów dla każdego laboratorium. Badania są realizowane jako tak zwane testy black-box, w których tester jest pierwszym prawdziwym użytkownikiem.

Wszystkie zdefiniowane przypadki testowe, które są uruchamiane podczas testu certyfikacji są zorientowane na warunki polowe i odzwierciedlają wymagania przemysłowe. Daje to wszystkim użytkownikom możliwie najwyższą gwarancję korzystania z urządzenia polowego w systemie. W bardzo wielu przypadkach, w laboratorium testowym możliwe jest symulowanie dynamicznego zachowania systemu.

PI przyznaje certyfikat producentom na podstawie raportu z badań z akredytowanego laboratorium testowego. Aby używać nazwy PROFINET, produkt musi posiadać taki certyfikat. Dla producentów i użytkowników instalacji, korzystanie z certyfikowanych produktów oznacza oszczędność czasu podczas uruchamiania i stabilne zachowanie się instalacji w trakcie jej całego okresu eksploatacji.

12. PROFIBUS & PROFINET International (PI)

Ze względu na ciągły rozwój i wymogi rynku, otwarte technologie wymagają niezależnej od firmy instytucji, która może służyć jako platforma do wspólnej pracy. Cel ten został osiągnięty w przypadku technologii PROFIBUS i PROFINET przez założenie Organizacji PROFIBUS PNO, jako organizacji non-profit, grupy producentów, użytkowników i instytucji związanych z sieciami polowymi. PNO jest członkiem PI (PROFIBUS & PROFINET International), grupy, która została założona w 1995 roku. Z jej 27 stowarzyszeniami oddziałami regionalnymi oraz w przybliżeniu z około 1.400 członkami, PI jest reprezentowana na wszystkich kontynentach i jest największą na świecie grupą w dziedzinie komunikacji przemysłowej (rys. 30).



Rys. 30: Struktura organizacji PROFIBUS & PROFINET International (PI)

12.1 Zadania PI

Kluczowymi zadaniami wykonywanymi przez PI są:

- Utrzymanie i nieustanny rozwój sieci PROFIBUS i PROFINET.
- Promowanie sieci na rynku międzynarodowym PROFIBUS i PROFINET
- Ochrona inwestycji użytkowników i producentów poprzez wpływ na standaryzację.
- Reprezentowanie interesów członków standardowych jednostek i stowarzyszeń.
- Zapewnianie firmom ogólnoświatowego wsparcia technologicznego poprzez PI Competence Centers (PICC).
- Kontrola jakości poprzez certyfikację produktów na podstawie testów zgodności w laboratoriach testowych PI (PITL).
- Ustanowienie światowego standardu szkoleń poprzez centra szkoleniowe PI (PITC).

Rozwój technologii

PI przekazał odpowiedzialność za rozwój technologii PNO w Niemczech. Komitet Doradczy PNO w Niemczech nadzoruje rozwój ich działalności. Rozwój technologii ma miejsce w ponad 50 grupach roboczych, z wkładem ponad 500 ekspertów głównie z działów technicznych firm członkowskich.

Wsparcie techniczne

PI obsługuje ponad 40 akredytowanych PICC na całym świecie. Centra te zapewniają użytkownikom i producentom wszelkiego rodzaju informacje i wsparcie. Jako instytucje PI są one niezależnymi dostawcami usług i stosują się do wzajemnie uzgodnionych przepisów. PICC są regularnie sprawdzane pod kątem ich kompetencji. Listę aktualnych adresów można znaleźć na stronie internetowej.

Certyfikacja

PI obsługuje 10 akredytowanych PITL na całym świecie w celu certyfikacji produktów z interfejsem PROFIBUS lub PROFINET. Jako instytucje PI są one niezależne z zachowaniem wzajemnie uzgodnionych przepisów. Usługi testowe świadczone przez PITL są regularnie kontrolowane zgodnie z surowym procesem akredytacji w celu zapewnienia wymogów jakościowych. Listę aktualnych adresów można znaleźć na stronie internetowej.

Szkolenia

Centra szkoleniowe PI zostały powołane w celu ustanowienia globalnego standardu szkoleń dla inżynierów i techników.
Ośrodki akredytowanych szkoleń i eksperci, którzy zostali do tego celu wyszkoleni gwarantują wysoką jakość usług inżynierskich i instalacji dla sieci PROFIBUS i PROFINET. Listę aktualnych adresów można znaleźć na stronie internetowej.

Internet

Aktualne informacje o technologii PI, PROFIBUS i PROFINET dostępne są na stronie internetowej PI www.profibus.com, www.profinet.com lub www.profibus.org.pl . Obejmują one na przykład wirtualny przewodnik po produktach, słowniczek, wiele informacji o sieci oraz specyfikacje, profile, wytyczne instalacyjne i inne dokumenty.

Miejsce na notatki:

Miejsce na notatki:

PROFINET Opis systemu – Technologie i aplikacje

Wersja czerwiec 2011

Numer 4.132

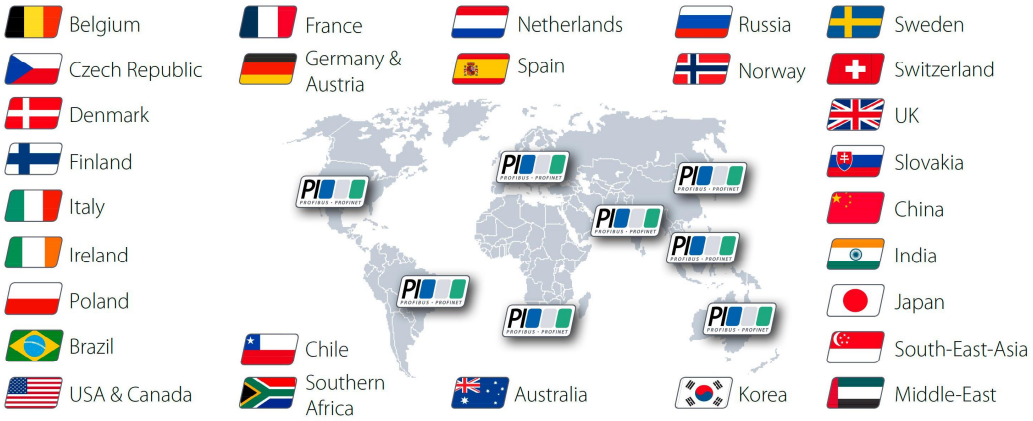
Wyłączenie odpowiedzialności
Organizacja PROFIBUS uważnie zbadała zawartość niniejszej broszury . Niemniej jednak błędy są nieuniknione. Odpowiedzialność Organizacji PROFIBUS jest wykluczona, niezależnie od przyczyny. Jednakże, dane zawarte w tej broszurze są sprawdzane okresowo. Niezbędne korekty będą nanoszone w kolejnych wersjach. Z wdzięcznością przyjmujemy propozycje zmian.

Określenia użyte w broszurze mogą być znakami towarowymi, a ich wykorzystanie przez osoby trzecie do innych celów może naruszać prawa właściciela.

Niniejsza broszura nie zastępuje norm IEC, np. IEC 61158 i IEC 61784, oraz związanych z nimi wymagań i wytycznych PROFIBUS i PROFINET International. W razie wątpliwości, dokumenty te biorą pierwszeństwo.

© Copyright by PROFIBUS Poland 2011
Wszelkie prawa zastrzeżone.

Worldwide support with PI!



PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. PNO
Haid-und-Neu-Str. 7
76313 Karlsruhe
Germany
Tel.: +49 (0)721 / 96 58 590
Fax: +49 (0)721 / 96 58 589

germany@profibus.com

Profibus PNO Polska
ul. St. Konarskiego 18
44-100 Gliwice
Polska
Tel.: +48 (0)32 208 41 36
Fax.:+48 (0)32 208 41 39

poland@profibus.com