

Zastosowanie rozwiązań programowych standardu IEC 61850 typu Open – Source do integracji systemów pomiarowo – sterujących

Streszczenie. W artykule omówiono wybrane zagadnienia integracji urządzeń pomiarowo – sterujących przy użyciu dostępnych rozwiązań programowych typu Open - Source realizujących zadania zapewnienia interoperacyjności zgodnie ze standardem IEC 61850. Przedstawiono możliwe scenariusze rozbudowy istniejących systemów pracujących pod nadzorem systemu operacyjnego Linux. Omówiono cechy oprogramowania budowanego przy użyciu dostępnych bibliotek IEC 61850 typu Open Source.

Abstract. The paper presents selected issues of integration of measuring and control systems using IEC 61850 standard. Available Open - Source software based solutions to implement tasks of ensuring interoperability are described. Process of building a software for IEC 61850 gateway for existing control measuring systems with the use of Open Source software solution is presented. Description of the software modules that must be implemented are shown. (**Usage of Open - Source IEC 61850 software solutions for integration of measuring and control systems**).

Słowa kluczowe: IEC 61850, biblioteki Open – Source, integracja urządzeń pomiarowy - sterujących.

Keywords: : IEC 61850, Open – Source solutions, gateway.

doi:10.12915/pe.2014.11.15

Wstęp

Współczesne urządzenia i systemy pomiarowo - sterujące stosowane w przemyśle są złożonymi konstrukcjami, które przeznaczone są do wielu zadań, wśród których również występuje konieczność zapewnienia możliwości współpracy z innymi urządzeniami i podsystemami, czyli tzw. interoperacyjność. Ze względu na dużą liczbę używanych przemysłowych standardów komunikacji i protokołów, zadanie zintegrowania danego urządzenia z urządzeniem lub systemem pochodzącym od innego producenta sprawia często różne, nieoczekiwane problemy. Są one związane zazwyczaj z brakiem informacji na temat szczegółów stosowanych protokołów lub brakiem zgodności rozwiązań różnych producentów. Przykładem standardu, który z założenia powinien zmniejszać lub likwidować wspomniane niedogodności jest IEC 61850 [1] opracowany początkowo dla potrzeb sterowania i nadzorowania podstacji energetycznych. Standard ten został wprowadzony w roku 2004 i od tego czasu jest rozwijany pod kątem zastosowania do sterowania, nadzorowania i wykonywania pomiarów w sposób zdalny z wykorzystaniem sieci komputerowej Ethernet. W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia wykorzystania standardu IEC 61850 w istniejących urządzeniach przy użyciu ogólnodostępnych rozwiązań, określanych tu jako typu Open - Source. Zakłada się, że integrowane urządzenia pracują pod kontrolą systemu operacyjnego Linux, tego samego typu.

Podstawowe informacje o standardzie IEC 61850

Standard IEC 61850, początkowo przeznaczony do wykorzystania w podstacjach energetycznych, coraz częściej jest używany także do innych zadań, np. do nadzorowania elektrowni wiatrowych lub wodnych. Jego podstawowym założeniem jest zapewnienie interoperacyjności urządzeń przy użyciu mechanizmów programowych oraz sieci Ethernet. Standard powstał na bazie wieloletnich doświadczeń wielu firm i wielu istniejących rozwiązań systemów pomiarowo – sterujących. Wiele z funkcjonalności opisanych przez standard bazuje na wykorzystaniu stosu TCP/IP do realizacji zadań komunikacyjnych (MMS - Manufacturing Message Specification). Innego rodzaju funkcjonalności służą do obsługi zdarzeń, które wymagają bardzo krótkich czasów reakcji, na poziomie pojedynczych ms. Są one realizowane przez zadania komunikacyjne z pominięciem tego stosu

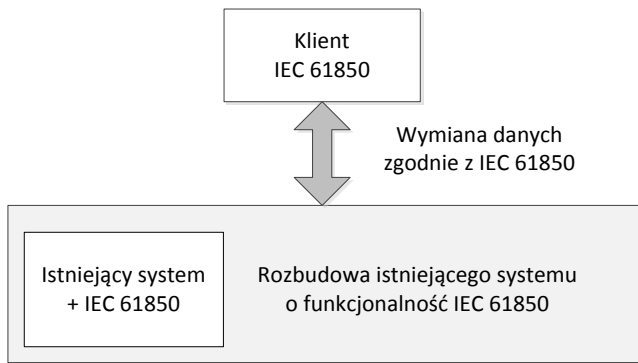
przez bezpośrednie wysyłanie ramek z odpowiednimi priorytetami (GOOSE - Generic Object Oriented Substation Events). Jedną z istotnych właściwości standardu jest sposób opisu urządzeń realizowany przy założeniu, że urządzenie samo określa swoje możliwości w sposób hierarchiczny. Zestaw używanych do opisu oznaczeń jest elementem standardu i jest wspólny dla określonych typów urządzeń. Do opisu dostępnych funkcjonalności urządzeń stosuje się tekstowe pliki SCL (Substation Configuration Language) w formacie XML.

Problemy integracji istniejących urządzeń zgodnie ze standardem IEC 61850

Integracja istniejących urządzeń zgodnie ze standardem IEC 61850 może być zadaniem trudnym do zrealizowania ze względu na dużą ilość i złożoność opisanych w normie mechanizmów programowych. Istnieje wiele urządzeń wyposażonych w interfejs Ethernet, które są wyposażone w protokoły komunikacyjne umożliwiające wykorzystanie protokołu TCP/IP. W przypadku, gdy pojawia się potrzeba integracji z procedurami komunikacyjnymi IEC 61850 możliwe są co najmniej trzy podejścia do rozwiązania tego zadania. Zakłada się, że dane urządzenie kontrolowane jest przez system operacyjny, który umożliwia uruchamianie oprogramowania napisanego w językach C lub C++. Mogą to być wyspecjalizowane systemy czasu rzeczywistego, jak MS Windows CE lub systemy ogólnego przeznaczenia, jak MS Windows, różne wersje systemu Linux i inne. Najlepszym rozwiązaniem wydaje się opracowanie rozwiązań programowych integrujących istniejącą funkcjonalność z dodatkowymi funkcjami IEC 61850 (rys. 1). Takie rozwiązanie jednak wymaga bardzo dobrej znajomości budowy rozwiązań programowych standardu IEC 61850 i zasad ich integracji z resztą systemu. Może to spowodować konieczność zaprojektowania całego rozwiązania od początku ze względu na złożoność procedur programowych lub ograniczenia sprzętowe uniemożliwiające uruchomienie dodatkowych funkcji.

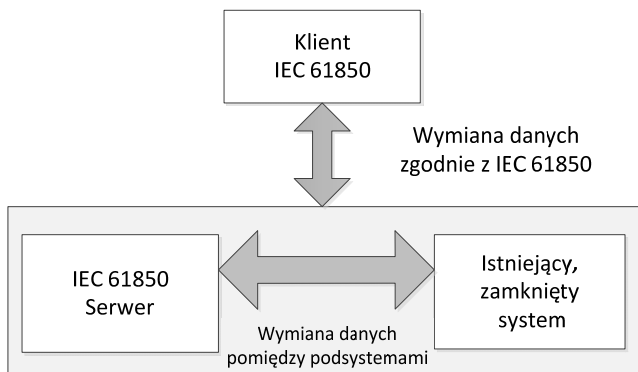
W przypadku dostępu do biblioteki programowej realizującej zadania IEC 61850 wydaje się, że lepszym rozwiązaniem byłoby zintegrowanie programów bibliotecznych z istniejącym oprogramowaniem urządzenia, pod warunkiem istnienia możliwości wymiany danych z jego modułami programowymi. W takim przypadku, gdy dostępne zasoby sprzętowe na to pozwalają można w systemie uruchomić kolejny moduł programowy pełniący

rolę serwera IEC 61850, jak pokazano to na rysunku 2. Moduł realizujący funkcje serwera może działać niezależnie od modułów programowych istniejących w systemie.



Rys. 1. Rozbudowa istniejącego systemu o funkcje IEC 61850

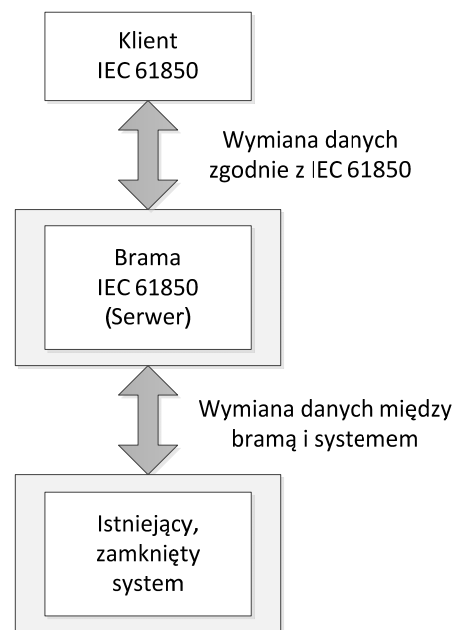
Takie rozwiązanie pozwala szybciej uruchomić docelowy system ograniczając koszty opracowania. Mogą jednak zaistnieć problemy z dotrzymaniem zależności czasowych wymaganych dla protokołów IEC 61850. Powodem tego mogą być ograniczenia protokołów komunikacyjnych zastosowanych w istniejącym, zamkniętym na zmiany systemie.



Rys. 2. Rozbudowa istniejącego systemu za pomocą biblioteki programowej

W przypadku wielu istniejących, zamkniętych urządzeń jedynym rozwiązaniem może być zastosowanie pośredniego modułu realizującego funkcję bramy IEC 61850 (ang. gateway). W tym przypadku istniejący system musi być wyposażony w interfejs komunikacyjny umożliwiający nadzorowanie jego pracy z zewnątrz, np. Ethernet. Drugi wymóg to możliwość komunikacji między urządzeniami, np. za pomocą protokołów Modbus, CAN, DNP 3.0. Wiele istniejących urządzeń ma takie możliwości. W takim przypadku brama może pracować pod kontrolą systemu operacyjnego, którym może być przykładowo Linux działający w dodatkowym komputerze przemysłowym iMod [2]. Komputer ten powinien być wyposażony w interfejs komunikacyjny Ethernet wykorzystywany przez oprogramowanie klienckie IEC 61850 oraz drugi do komunikacji z właściwym urządzeniem, co przedstawiono na rysunku 3. Możliwe jest wykorzystanie komercyjnych bibliotek programowych niezależnych producentów oprogramowania lub bibliotek Open - Source. Dzięki zastosowaniu modułu bramy w postaci osobnego elementu można rozbudować istniejące urządzenie w sposób umożliwiający integrację z systemami wymagającymi interoperacyjności na poziomie IEC 61850. Rozwiązanie to jednak powinno być traktowane jako tymczasowe, gdyż umożliwi uruchomienie tylko części funkcjonalności IEC 61850 związanej z użyciem systemowego stosu TCP/IP. Reżymy czasowe funkcjonalności GOOSE mogą być trudne

wówczas do spełnienia w przypadku, gdy konieczna jest komunikacja dwóch urządzeń w bardzo krótkim czasie rzędu pojedynczych ms.

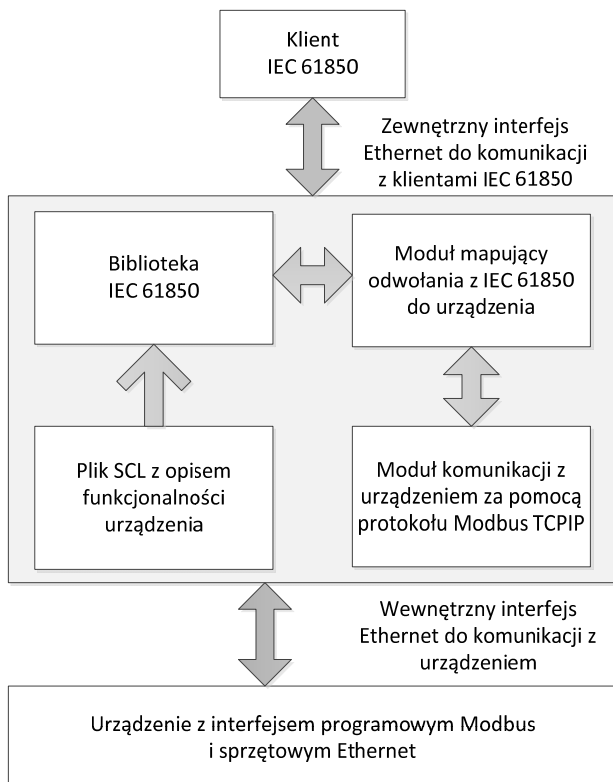


Rys. 3. Zastosowanie bramy do integracji systemów

Użycie rozwiązań typu Open - Source

Na rynku istnieje szereg programowych rozwiązań komercyjnych oferowanych przez kilka firm wyspecjalizowanych w integracji urządzeń zgodnie z normą IEC 61850 [3, 4, 5]. Zazwyczaj są to biblioteki programowe przeznaczone dla konkretnych systemów operacyjnych np. MS Windows lub Linux. Istnieje kilka sposobów licencjonowania, wśród których często spotykane są dwa rozwiązania: licencjonowanie każdej sprzedanej kopii urządzenia wykorzystującej biblioteki programowe dostawcy oprogramowania lub licencjonowanie tzw. Royalty Free, nie związane z liczbą sprzedanych urządzeń czy kopii bibliotek programowych. Często możliwe jest uzyskanie kodów źródłowych danej biblioteki programowej, co pozwala na pełne zintegrowanie biblioteki komunikacyjnej z oprogramowaniem danego urządzenia. To rozwiązanie daje największe możliwości, jednak zazwyczaj jest ono najdroższe ze względu na duże koszty licencji na dystrybucję wytworzonego oprogramowania. Programy biblioteczne najczęściej są z przeznaczone do kompilacji w językach ANSI C lub C++, przy czym dostępne są programy typu Open Source realizujące dużą część funkcjonalności IEC 61850. Są one dostępne wraz z kodami źródłowymi w różnych językach programowania, np. język C [6] lub Java [7]. Autor dokonał próby uruchomienia wybranych funkcji biblioteki LibIEC61850 [6] na platformie systemowej Linux Slackware [8] typu Open - Source, która często jest stosowana do budowy rozwiązań przemysłowych ze względu na dużą stabilność i łatwą dostępność. Uruchomienie rozwiązania wykorzystującego programy biblioteczne wymaga wykonania kilku kroków i opracowania odpowiednich modułów programowych, jak to pokazano na rys. 4. Biblioteka umożliwia zbudowanie modułu realizującego funkcje serwera IEC 61850 wykorzystującego stos TCP/IP wraz z implementacją funkcjonalności MMS. Możliwe jest również uruchomienie funkcji GOOSE, która nie wykorzystuje stosu TCP/IP lecz odwołuje się bezpośrednio do sterownika karty sieciowej zainstalowanej w danym systemie. Do realizacji prac uruchomieniowych użyto programów bibliotecznych

korzystających ze stosu TCP/IP, nie wykorzystano jednak funkcjonalności GOOSE.



Rys. 4. Schemat blokowy bramy IEC 61850

Na potrzeby uruchomienia modułu programowego bramy wymagane jest przygotowanie pliku SCL opisującego strukturę urządzenia. W zależności od właściwości danego urządzenia plik SCL może przyjmować duże rozmiary, a jego budowa może być dość złożona. Format pliku wykorzystuje zapis zgodny ze standardem XML i bazuje na zdefiniowanym zestawie znaczników. Format ten jest dość restrykcyjny jeśli chodzi o poprawność składni i trudny do analizy. Do sprawdzania poprawności formatu plików SCL istnieją specjalne programy tzw. walidatory, wśród nich również występują programy typu Open – Source [9].

Ponadto wymagane jest przygotowanie pliku odwzorowującego opis funkcjonalności urządzenia zamieszczony w pliku SCL na poszczególne dane wewnętrzne urządzenia. Po odwołaniu do urządzenia za pomocą protokołu IEC 61850 odwzorowanie zostanie użyte do skojarzenia informacji z danymi procesowymi dostępnymi w urządzeniu, np. przy użyciu protokołu Modbus.

Ostatnim krokiem jest opracowanie procedur do komunikacji z właściwym urządzeniem. W przypadku protokołu Modbus można także użyć istniejących rozwiązań typu Open – Source [10].

Zadaniem projektanta jest zintegrowanie tych modułów w jeden moduł programowy przygotowany do kompilacji w języku C za pomocą kompilatora gcc dostępnego w systemie Linux. Po skompilowaniu powstaje moduł uruchamialny (aplikacja), który może pełnić rolę kontrolera modułu bramy. Można tak przygotować system operacyjny, żeby moduł był uruchamiany automatycznie po załadowaniu systemu operacyjnego. Moduł biblioteki LibIEC61850 w wersji testowanej przez autora po skompilowaniu zajmuje około 2,5 MB pamięci dyskowej, przy czym zajętość pamięci RAM komputera jest trudno oszacować, ponieważ zależy ona od szczegółów implementacji, liczby urządzeń itp. Dodatkowy obszar

pamięci jest potrzebny dla modułów komunikacji Modbus, modułów odwzorowania danych oraz pliku SCL. Taki rozmiar plików wykonywalnych narzuca określone wymagania co do rozmiaru używanej pamięci i może wymagać doboru odpowiednio wyposażonych modułów sprzętowych.

Aktualizacja danych, zależności czasowe i testowanie działania urządzenia

Wykorzystanie niektórych z funkcjonalności IEC 61850 wymaga spełnienia bardzo ostrych ograniczeń czasowych rzędu pojedynczych ms. Uzyskanie takich czasów odpowiedzi bramy może być trudne lub wręcz niemożliwe, między innymi z powodu ograniczeń protokołu Modbus oraz użycia stosu TCP/IP. Protokół Modbus nie daje możliwości informowania o zmianach zawartości rejestrów, moduł Master musi więc cyklicznie odczytywać zawartość rejestrów urządzenia Slave, nawet jeśli ich zawartość się nie zmienia zbyt często. Drugie ograniczenie spowodowane jest fizycznymi możliwościami urządzenia Slave w zakresie komunikacji za pomocą protokołu Modbus. Interfejs komunikacyjny może być zbyt wolny, żeby dotrzymać ograniczeń czasowych podczas dostarczenia wyników do bramy. Do testowania poprawności działania określonych funkcji opracowanego rozwiązania potrzebne jest oprogramowanie klienckie IEC 61850. Jest ono również dostępne w pakietach Open – Source w podstawowej wersji. Najbardziej wiarygodne testowanie zgodności urządzeń z normą IEC 61850 odbywa się jednak w wyspecjalizowanych centrach certyfikacyjnych.

Podsumowanie

Rozwiązania bazujące na wykorzystaniu bibliotek IEC 61850 typu Open – Source i przeznaczone do integrowania urządzeń za pomocą bramy pośredniczącej mimo swoich ograniczeń mogą być użyteczne ze względu na łatwość i szybkość uruchomienia oraz dostępność ich kodów źródłowych. Umożliwia to szybkie uruchomienie prototypowych modułów programowych bez ponoszenia dużych kosztów licencji bibliotek oprogramowania komercyjnego. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest szybkie i sprawne wdrożenie się projektanta oprogramowania pracy z nowym standardem, przetestowanie działania urządzenia i poznanie różnych zależności czasowych i systemowych

Biblioteki programowe typu Open – Source mają jednak zazwyczaj wiele ograniczeń i nie wspierają w pełni wszystkich elementów standardu IEC 61850, co może utrudniać lub wręcz wykluczać ich użycie w komercyjnych zastosowaniach.

LITERATURA

- [1] Mackiewicz R.E.: Overview of IEC 61850 and Benefits. SISCO USA, 2006. http://www.sisconet.com/downloads/iec61850_-_overview_and_benefits_paper_general.pdf.
- [2] <http://www.a2s.pl/>, Automatyka Elektronika Informatyka Przemysłowa
- [3] <http://www.systemcorp.com.au/products/softwarelibraries/iec61850/>, System Corp Embedded
- [4] <http://www.infotech.pl/>, Info Tech, Gdańsk
- [5] <http://www.trianglemicroworks.com/>, Triangle Micro Works Inc.
- [6] <http://libiec61850.com/libiec61850/>, Open - Source library for IEC 61850.
- [7] <http://www.openmuc.org/index.php?id=24>, Open Monitor and Control
- [8] <http://www.slackware.com>, The Slackware Linux Project
- [9] <http://www.iedmodeler.com/>, SCL IED Modeller
- [10] <http://libmodbus.org/>, A Modbus library for Linux, Mac OS X, FreeBSD, QNX and Win32

Autor: dr inż. Robert Szulim, Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej, ul. Podgórna 50, 62-246 Zielona Góra, E-mail: R.Szulim@ime.uz.zgora.pl