

Adam MARKOWSKI, Wiesław Miczulski
 UNIwersytet ZIELONOGÓRSKI, INSTYTUT METROLOGII ELEKTRYCZEJ

Algorytm pracy symulatora bezprzewodowego rozproszonego systemu pomiarowo – sterującego z przetwarzaniem regułowym

Dr inż. Adam MARKOWSKI

Od roku 1996 pracownik Politechniki Zielonogórskiej i Uniwersytetu Zielonogórskiego. Jest autorem 19 publikacji naukowych oraz kilku opracowań zrealizowanych na zamówienie przemysłu. Jego zainteresowania związane są z projektowaniem i analizą rozproszonych systemów pomiarowo – sterujących. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Metrologii Elektrycznej Uniwersytetu Zielonogórskiego.



e-mail: A.Markowski@ime.uz.zgora.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono algorytm pracy symulatora bezprzewodowego rozproszonego systemu pomiarowo - sterującego z przetwarzaniem regułowym, który umożliwia prowadzenie badań właściwości czasowych tych systemów.

Słowa kluczowe: rozproszony system pomiarowo – sterujący, symulacja zdarzeń dyskretnych, przetwarzanie regułowe, analiza czasowa.

Running algorithm of simulator of wireless distributed measurement-control system with rule based processing

Abstract

In the paper, algorithm of work of simulator of wireless distributed measurement-control system with rule based processing, is presented. Use of simulator to assesment of time parameters of designed systems with implemented rule based processing was introduced.

Keywords: Distributed measurement-control system, Discrete-event simulation, Timing analysis.

1. Wprowadzenie

Wśród rozproszonych systemów pomiarowo – sterujących (RSPS) dużą dynamikę zarówno w obszarze prac badawczych jak i wdrożeniowych obserwuje się w obszarze sieci czujników (*ang. Sensor Networks*) z transmisją bezprzewodową np. w standardzie ZigBee [1]. Nową cechą węzła sieci czujników w porównaniu do węzłów stosowanych dotychczas jest to, że węzły te poza zdolnością do gromadzenia i przetwarzania informacji mogą realizować również funkcje routowania. W tego typu sieciach występuje także węzeł realizujący funkcje koordynatora, w którym zarejestrowane są węzły pracujące w danej domenie. Domena jest obszarem, w którym pracują węzły zarejestrowane i skojarzone z węzłem koordynatora. W takim systemie możliwe jest zrealizowanie przetwarzania rozproszonego typu regułowego polegającego na umieszczeniu w węzłach systemu reguł zawierających część warunkową i konkluzyjną [2]. Część warunkowa operuje na danych wejściowych pozyskiwanych przez system, natomiast część konkluzyjna związana jest z wyjściami systemu. Ważnym zagadnieniem w takim systemie jest określenie czasu reakcji systemu to znaczy czasu, który upływa od momentu wykonania pomiaru wartości zmiennej wejściowej systemu do momentu uaktualnienia stanu wyjść systemu. W artykule przedstawiono algorytm pracy symulatora, który można zastosować do badania właściwości czasowych bezprzewodowego RSPS.

Dr hab. inż. Wiesław MICZULSKI

Od roku 1973 pracownik WSInż, a następnie Politechniki i Uniwersytetu Zielonogórskiego. W latach 2002 – 2004 prodziekan i 2004 – 2005 dziekan Wydziału Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji UZ. Aktualnie dyrektor Instytutu Metrologii Elektrycznej. Autor ponad 60 publikacji. Specjalizuje się w dziedzinie inteligentnej aparatury i systemów pomiarowych. Członek Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN.

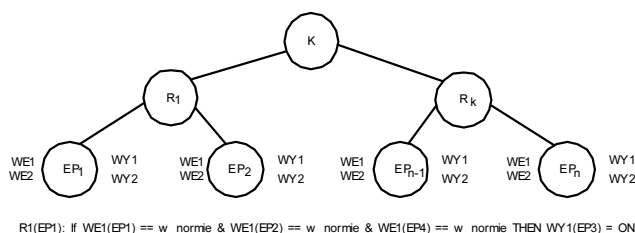


e-mail: W.Miczulski@ime.uz.zgora.pl

2. Przetwarzanie regułowe

W systemie (rys. 1), w którym może być realizowane przetwarzanie regułowe, wyróżnia się trzy rodzaje węzłów: węzły końcowe (EP), węzły routujące (R) i węzeł koordynatora (K).

W węzłach końcowych mogą być umieszczone odpowiednio przygotowane reguły. Przykładową regułę przedstawiono na rys. 1. W węzłach końcowych następuje wykonywanie pomiarów zmiennych wejściowych systemu oraz sterowanie wyjściami na podstawie wartości zmiennych wyjściowych. Po każdym pomiarze zmiennej wejściowej następuje sprawdzenie w jakim z wcześniej określonych przedziałów aktualnie znajduje się odczytana wartość zmiennej. Jeżeli nastąpiła zmiana przedziału (kwantu) wartości zmiennej wejściowej, to wynik pomiaru jest przesyłany do koordynatora. Koordynator rozsyła wynik pomiaru zmiennej do wszystkich węzłów, w których zmienna ta jest użyta w składniach reguł. Jeżeli w wyniku realizacji reguły nastąpi zmiana stanu zmiennej wyjściowej, to ta wartość także jest przesyłana do węzła koordynatora w celu przesłania do węzła z fizycznie realizowanym wyjściem.



Rys. 1. Przykładowy system z przetwarzaniem regułowym
 Fig. 1. Example of system with rule based processing

3. Model strukturalny

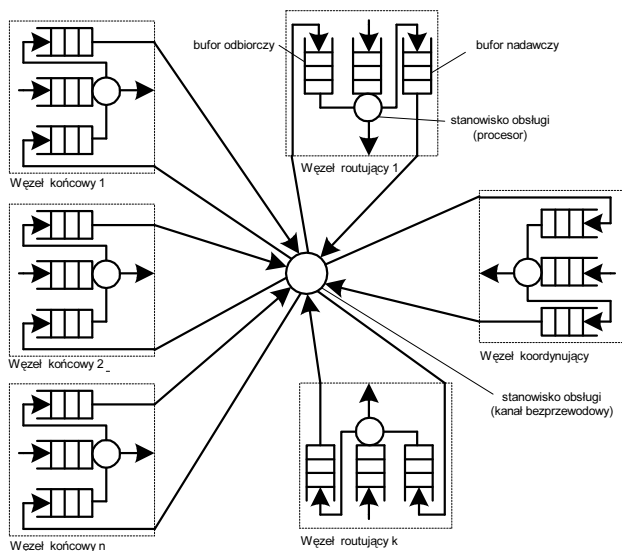
Modelowanie systemów pomiarowo-sterujących może być prowadzone w oparciu o metody formalne (np. sieci Petriego) lub nieformalne, w których działanie systemu jest opisywane w sposób programowy, a przebieg symulacji odbywa się w oparciu o metodę przeglądania działań lub metodę planowania zdarzeń [3]. Do budowy algorytmu pracy symulatora zastosowano metodę planowania zdarzeń.

W metodzie planowania zdarzeń RSPS jest traktowany jako sieć stanowisk obsługi występujących we wszystkich węzłach. Stanowiskiem obsługi jest także medium komunikacyjne systemu.

Strukturę modelu uwzględniającą wymienione stanowiska obsługi przedstawiono na rys. 2. Zgodnie z nazewnictwem stosowanym w teorii kolejek, węzły systemu są prostymi jednokanałowy-

mi i jednokolejkowymi stanowiskami obsługi, natomiast medium komunikacyjne systemu jest wielokolejkowym jednokanałowym stanowiskiem obsługi. W systemie może występować n węzłów końcowych, k węzłów routujących oraz jeden węzeł koordynatora.

W węzłach modelu odbywa się szeregowanie przypisanych dla danego węzła zadań. Każdy z węzłów współpracuje z przeznaczonym dla niego buforem nadawczym i odbiorczym. W buforach następuje przechowywanie danych odebranych lub do przesłania. Z buforami nadawczymi oraz odbiorczymi węzłów współpracuje blok medium komunikacyjnego, w którym realizowany jest mechanizm dostępu do medium komunikacyjnego oraz szeregowanie zadań związanych z przesyłaniem danych.



Rys. 2. Model kolejki RSPS
Fig. 2. Queuing model od DMCS

W bloku węzła systemu realizowane jest założone szeregowanie zadań przewidzianych dla danego węzła. W modelu możliwe są do wykonania następujące typy zadań:

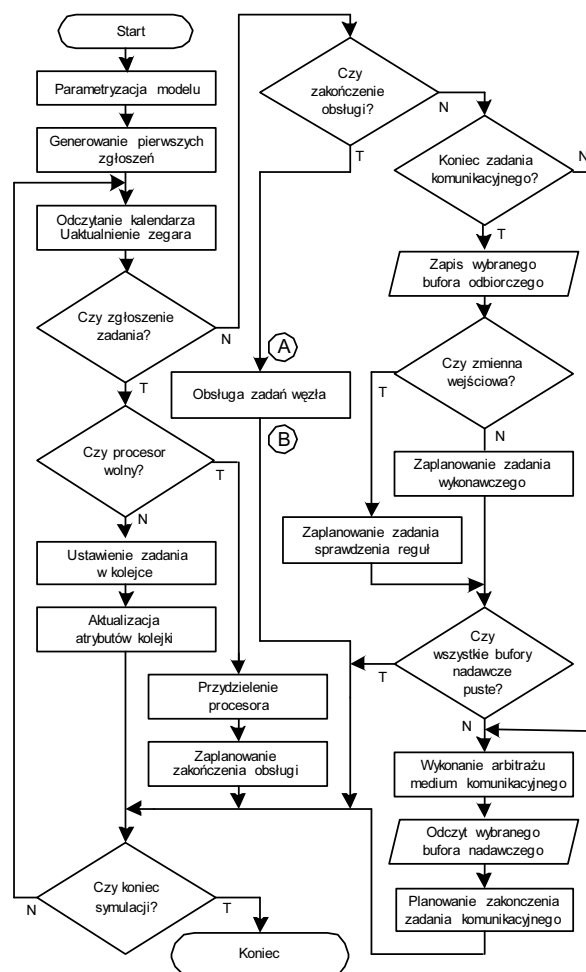
- zadania lokalne, które nie przetwarzają danych wpisywanych do bufora nadawczego węzła bądź odczytywanych z bufora odbiorczego węzła,
- zadania pomiarowe, które wykonują pomiar wartości zmiennej wejściowej na określonych wejściach węzła, wykonują kwantowanie zmierzonej wartości i w przypadku zmiany kwantu przesyłają wynik pomiaru do koordynatora,
- zadania wykonawcze, które sterują określonym wyjściem modułu na podstawie zmierzonej wartości zmiennej wyjściowej lokalnej lub odebranej z koordynatora,
- zadanie sprawdzenie reguł, które dokonuje sprawdzenia reguł umieszczonych w danym węźle i rozpoczyna się odczytem danych z bufora odbiorczego węzła lub realizuje przetwarzanie na zmiennej lokalnej,
- zadanie routera, które wykonuje przekazywanie przesyłanych danych z bufora odbiorczego do bufora nadawczego routera,
- zadanie koordynatora, które uaktualnia w tablicy zmiennych globalnych wartość zmiennej globalnej odebranej z węzła,
- zadanie wysyłanie z koordynatora, które rozsyła wartości zmiennych, zgodnie z zawartością tablicy zmiennych globalnych, do wybranych węzłów,
- zadanie komunikacyjne, które realizuje przesłanie danych pomiędzy dowolnymi węzłami.

Realizacja zadań przewidzianych dla węzła koordynatora jest możliwa tylko w węźle koordynatora, podobnie z zadaniem routera, które jest przewidziane dla węzła routera. Pozostałe zadania mogą być realizowane w węzłach końcowych i węzłach z funkcjami routowania.

4. Algorytm pracy symulatora

W algorytmie pracy realizującego model systemu wyróżniono następujące rodzaje zdarzeń bezwarunkowych i warunkowych [3]:

- zdarzenia bezwarunkowe:
 - zgłoszenie zadania węzła,
 - zakończenie obsługi zadania węzła,
 - zakończenie obsługi zadania komunikacyjnego,
- zdarzenia warunkowe:
 - rozpoczęcie obsługi zadania węzła,
 - rozpoczęcie obsługi zadania komunikacyjnego – arbitraż w dostępie do medium komunikacyjnego.

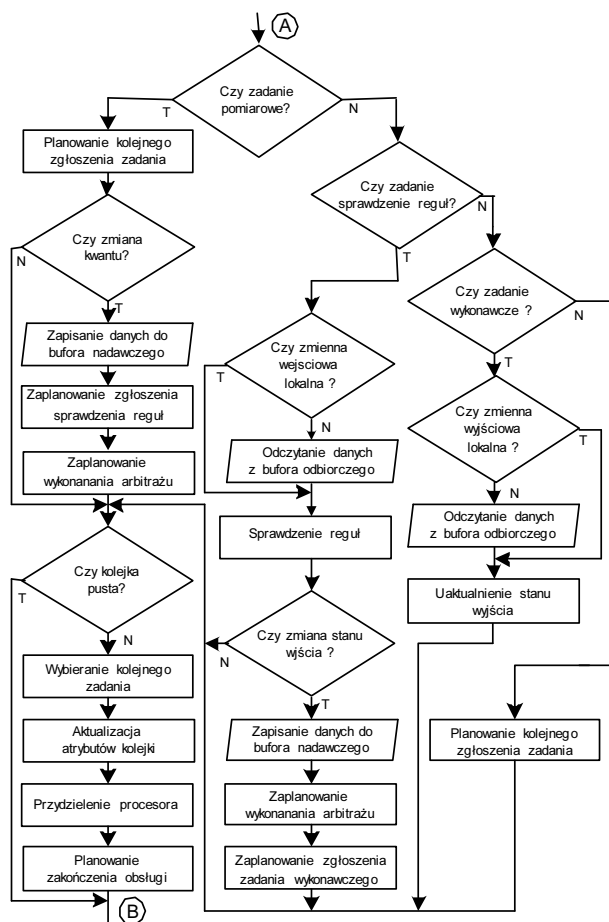


Rys. 3. Algorytm przebiegu symulacji w metodzie planowania zdarzeń
Fig. 3. Algorithm of simulation in method of event oriented discrete simulation

Podstawowy element modelu to dynamiczny kalendarz, który jest wspólny dla stanowisk obsługi realizowanych we wszystkich węzłach oraz stanowiska obsługi realizującego funkcje medium komunikacyjnego.

Prowadzona symulacja dotyczy równocześnie wszystkich węzłów, wszystkich buforów nadawczych i odbiorczych oraz medium komunikacyjnego. Algorytm pracy programu realizującego model systemu przedstawiono na rys. 3. Ze względu na zachowanie odpowiedniego poziomu czytelności rysunku algorytm uwzględnia tylko planowanie zdarzeń dla jednego węzła końcowego, a część algorytmu związana z zakończeniem obsługi zadań węzła (na rys. 3 blok obsługa zadań węzła) przedstawiono na rys. 4. Po wprowadzeniu w bloku parametryzacja modelu wartości początkowych dla wszystkich zmiennych wykorzystywanych podczas symulacji następuje wygenerowanie pierwszych zgłoszeń zadań realizowanych w węźle i wpisanie informacji o tych zdarzeniach do kalendarza zdarzeń.

Podczas realizacji pojedynczej pętli głównej programu następuje odczyt kolejnego zdarzenia z kalendarza zdarzeń. Po odczycie zdarzenia następuje zgodnie z zawartością kalendarza aktualizacja zegara modelu. Po każdym odczycie kalendarza następuje przesunięcie jego zawartości tak, aby wskaźnik odczytu zawsze wskazywał lokację o indeksie 0. Atrybutem zdarzenia, który decyduje o uporządkowaniu zawartości kalendarza jest atrybut przechowujący stan zegara modelu, przy którym ma wystąpić określone zdarzenie. Po odczycie zdarzenia z kalendarza zdarzeń następuje wykonanie przewidzianych dla danego zdarzenia czynności.



Rys. 4. Algorytm przebiegu symulacji dla czynności zakończenia obsługi zadań węzła

Fig. 4. Algorithm of simulation for final action of node task service

Kolejne bezwarunkowe zdarzenia umieszczane w kalendarzu są związane z wykonaniem następujących czynności:

- **Zgłoszenie zadania węzła.** Następuje sprawdzenie czy można rozpocząć obsługę zadania. Jeżeli tak to następuje zaplanowanie zakończenia obsługi zadania węzła. Jeżeli procesor węzła jest zajęty to zadanie umieszczane jest w kolejce i nadawany jest zadaniu status „czekaj”.
- **Zakończenie obsługi zadań węzła.** W zależności od typu końzonego zadania (lokalne, pomiarowe, wykonawcze, sprawdzenie reguły) podejmowane są działania zgodnie z algorytmem przedstawionym na rys.4. Po realizacji każdego z tych zadań następuje sprawdzenie czy są kolejne zadania do obsługi z tego węzła. Jeżeli są kolejne zadania do obsługi w danym węźle to jest wybierane jedno z nich i planowane jest jego zakończenie obsługi. Rozpoczęcie zadania komunikacyjnego jest zadaniem warunkowym związanym z zdarzeniem bezwarunkowym „zakończenie obsługi zadania” dla zadania pomiarowego i zadania sprawdzenia reguły. Jednak może się zdarzyć, że dla identycznego stanu zegara systemu w innych węzłach systemu także wystąpi uzupełnienie bufora nadawczego węzła. Dlatego, aby

uniknąć przedwczesnego rozpoczęcia zadania komunikacyjnego zdarzenie to jest wpisywane do kalendarza zdarzeń, ze stanem zegara identycznym jak w chwili zakończenia zadania, ale na ostatniej lokacji z grupy zadań o identycznym stanie zegara.

- **Zakończenie zadania komunikacyjnego.** Następuje wpisanie przesyłanych przez medium komunikacyjne danych do odpowiedniego bufora odbiorczego (rys. 3). Po sprawdzeniu czy przesłane dane dotyczą zmiennej wejściowej czy wyjściowej następuje odpowiednio zaplanowanie zgłoszenia zadania sprawdzenie reguł lub zadania wykonawczego. Następnie dokonywane jest sprawdzenie czy są jeszcze dane do przesłania, jeżeli tak to jest wykonywane zdarzenie warunkowe rozpoczęcie zadania komunikacyjnego. Następnie jest planowane zakończenie obsługi zadania komunikacyjnego.
- **Rozpoczęcie obsługi zadania komunikacyjnego.** Następuje sprawdzenie zawartości buforów nadawczych wszystkich węzłów, następnie wybranie bufora z danymi o najwyższym prioritycie oraz dokonanie odczytu danych z tego bufora. Następnie jest planowane zakończenie obsługi zadania komunikacyjnego.

Pojedyncza realizacja pętli głównej programu kończy się sprawdzeniem warunku zakończenia symulacji. Planowanie dowolnego zdarzenia związane jest z wpisem do kalendarza zdarzeń oraz z jego sortowaniem. Kryterium sortowania jest wartość atrybutu zegar, który określa dla jakiej wartości zegara systemu obsługa danego zdarzenia ma być przeprowadzona.

Wypełnianie buforów nadawczych, które podlegają rywalizacji w dostępie do medium komunikacyjnego występuje w chwili realizacji zdarzeń „zakończenie obsługi zadania węzła”, których typ jest określony jako zadanie pomiarowe i zadanie sprawdzenia reguły. Odczytanie kolejnych lokacji buforów nadawczych następuje po wykonaniu rozpoczęcia obsługi zadania komunikacyjnego. Wypełnianie buforów odbiorczych następuje w chwili realizacji zdarzenia „zakończeniu obsługi zadania komunikacyjnego”, natomiast ich odczytywanie jest wykonywane przez zdarzenia „zakończenia obsługi zadania węzła”, których typ jest określony jako zadanie sprawdzenie reguły oraz zadanie wykonawcze.

W opracowanym modelu przyjęto zasadę wyznaczania opóźnień, która polega na obliczeniu różnicy pomiędzy zarejestrowanymi stanami zegara modelu w momencie zakończenia określonej realizacji i stanem zarejestrowanym w momencie rozpoczęcia określonej realizacji.

5. Podsumowanie

Przedstawiony w artykule algorytm pracy symulatora bezprzewodowego RSPS z przetwarzaniem regułowym umożliwia badanie właściwości czasowych systemu, a tym samym może być przydatny w fazie projektowania bezprzewodowych systemów z przetwarzaniem rozproszonym typu regułowego. Przedstawiona wersja algorytmu dotyczy pojedynczej domeny kolizji w obszarze medium komunikacyjnego. Jednak istnieje możliwość rozbudowy algorytmu do postaci, w której uwzględniona będzie rywalizacja w kilku domenach kolizji.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2008 jako projekt badawczy rozwojowy.

6. Literatura

- [1] Michta E.: Tendencje rozwojowe w obszarze systemów pomiarowo – sterujących, PAK 6/2006.
- [2] Michta E.: Przetwarzanie rozproszone w sieciach przemysłowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Informatyka, z. 36, Gliwice, 1999.
- [3] Tyszer J.: Symulacja cyfrowa. WNT, Warszawa 1990.