

KOMPARACYJNE DIAGNOZOWANIE UKŁADU KOMUNIKACJI

Marcin BEDNAREK*, Lesław BĘDKOWSKI**, Tadeusz DĄBROWSKI**

*Katedra Informatyki i Automatyki, Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Politechnika Rzeszowska, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, fax: 017 854 29 10, e-mail: bednarek@prz.rzeszow.pl

**Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, fax: 022 683 91 25, e-mail:
lbedkowski@wel.wat.edu.pl, tdabrowski@wel.wat.edu.pl

Streszczenie

W pracy scharakteryzowano komunikację pomiędzy komputerem nadrzędnym (master) a sterownikiem (slave). Przedstawiono sposoby diagnozowania układu komunikacji (wykorzystującego protokół Modbus). Objasniono metodę komparacyjnego diagnozowania układu komunikacji. Całość uzupełniają przykłady wykorzystania rezerwy czasowej do diagnozowania komparacyjnego.

Słowa kluczowe: układ komunikacji, diagnozowanie komparacyjne.

COMPARATIVE DIAGNOSING OF A COMMUNICATION SYSTEM

Summary

The communication between a host computer (master) and a controller (slave) is briefly characterized. Methods of communication diagnosing (a communication according to Modbus protocol) are given. A method of comparative diagnosing of the communication system is described. The paper is supplemented with examples of time redundancy utilization with use of comparative diagnosing.

Keywords: communication system, comparative diagnosing.

1. WPROWADZENIE

Rozważania przedstawione w artykule dotyczą diagnozowania układu komunikacji łączącego urządzenia przesyłające informacje przy pomocy magistrali komunikacyjnej: komputery – stacje operatorskie i sterowniki obiektowe – stacje procesowe rozproszonego systemu sterowania. Do rozważań przyjęto model wymiany informacji pomiędzy komunikującymi się stacjami (fizycznymi urządzeniami będącymi, oprócz magistrali komunikacyjnej, elementami układu komunikacji) określanymi jako „nadrzędny – podrzędny”. Oznacza to istnienie w systemie różnych typów urządzeń. Pierwszym z nich jest stacja operatorska będąca stacją nadrzędną – *master*. Drugim typem urządzenia jest stacja procesowa, podporządkowana *masterowi*, określaną jako *slave*. Każdą wymianę danych inicjuje zawsze *master*. Rolą *slave* jest odpowiadanie na komunikaty-polecenia (w aspekcie analizy zawartości komunikatu – także wykonywanie polecenia) Wymianę informacji bazującą na modelu *master-slave* można scharakteryzować następująco:

- interfejs komunikacyjny urządzenia nadrzędnego zawiera pewien „scenariusz wymian” komunikatów, z którego wybiera komunikat-polecenie do wysłania,

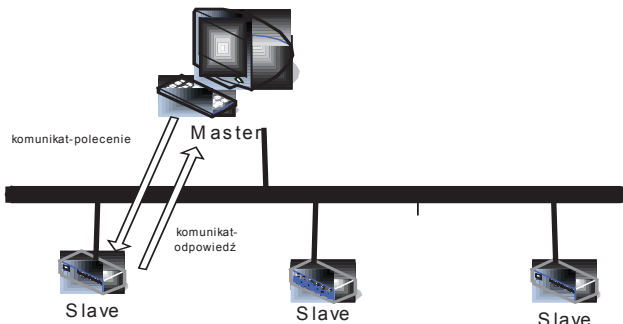
- *master* inicjuje połączenie wysyłając komunikat-polecenie do *slave*,
- w tym czasie urządzenie podrzędne oczekuje na komunikat-polecenie od *mastera*,
- po nadejściu komunikatu-polecenia i jego analizie *slave* odpowiada komunikatem-odpowiedzią,
- *master* analizuje nadchodzący komunikat-odpowiedź i przechodzi do nadawania kolejnego polecenia z listy.

Komunikaty-polecenia wysyłane przez urządzenie nadrzędne mają charakter cykliczny lub jednorazowy. Jako komunikaty cykliczne mogą być przesyłane np. kolejne odczyty-sprawdzenia wartości zmiennej reprezentującej stan czujnika poziomu w procesie dozoru napelniania zbiornika. Z kolei przykładem wymiany jednorazowej może być komunikat wysyłany na żądanie operatora, będący skutkiem kliknięcia na przycisk ekranu synoptycznego stacji operatorskiej. W kolejnych punktach zostaną omówione zagadnienia komparacyjnego diagnozowania układu komunikacji w odniesieniu do *Modbus*, który jest rozpowszechnionym protokołem sieci przemysłowych opierającym się na opisanej wyżej zasadzie „*master-slave*”.

2. DIAGNOZOWANIE UKŁADU KOMUNIKACJI

Rozpatrując układ komunikacji pod kątem zdatności należy brać pod uwagę realizację głównych rodzajów wymian komunikatów [2, 3, 4, 5]:

- komunikatu-polecenia odczytu przez urządzenie nadrzędne pewnej wartości rejestru urządzenia podrzędnego (przechowującego np. wartość zmiennej procesowej),
- komunikatu-polecenia zapisu pewnej wartości do rejestru.



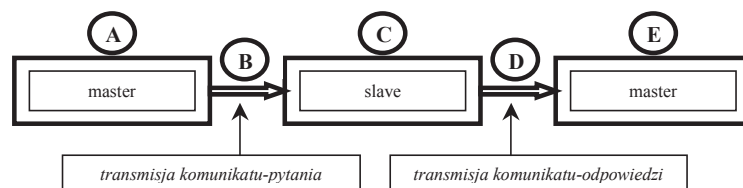
Rys. 1. Układ komunikacji działający wg zasady master-slave

Interesującym nas zagadnieniem jest diagnozowanie układu komunikacji w oparciu o wytwarzany przez obiekt (układ komunikacji) efekt – wynik odczytu lub zapisu wartości zmiennej z/do urządzenia podrzędnego (czyli przesył komunikatu i odpowiedzi).

W protokole Modbus slave odpowiada komunikatem zawierającym:

- informacje identyczne z odebranymi – w przypadku komunikatu-polecenia zapisu pewnych danych do rejestru pamięci slave,
 - informacje o pewnych wartościach zmiennych procesowych – w przypadku żądania informacji (odczytu rejestru) od slave,
 - jedną z kilku wartości kodu błędu (numery-kody błędów i oznaczenia zawarto w tab. 1),
- lub nie odpowiada – ignorując polecenie, w przypadku stwierdzenia niepoprawnego formatu komunikatu lub komunikatu rozgłoszeniowego (broadcast).

Można wymienić wiele sprzętowych lub programowych błędów będących przyczyną niepoprawnej pracy układu komunikacji (miejsca występowania oznaczono symbolami (A)-(E) na rys. 2), a co za tym idzie – niezdatności układu:



Rys. 2. Schemat przesyłu efektów (A)-(E) – oznaczenia miejsc występowania błędów

- błędy przetwarzania komunikatu-pytania w procesie nadawania (A, rys. 2)
- błędy transmisji komunikatu-pytania (B)
- błędy w procesie odbioru komunikatu-pytania, w czasie przetwarzania komunikatu, generowania komunikatu-odpowiedzi (C)
- błędy transmisji komunikatu-odpowiedzi (D)
- błędy przetwarzania komunikatu-odpowiedzi w procesie odbioru (E)

Tab. 1. Wybrane kody błędów zawartych w odpowiedzi slave

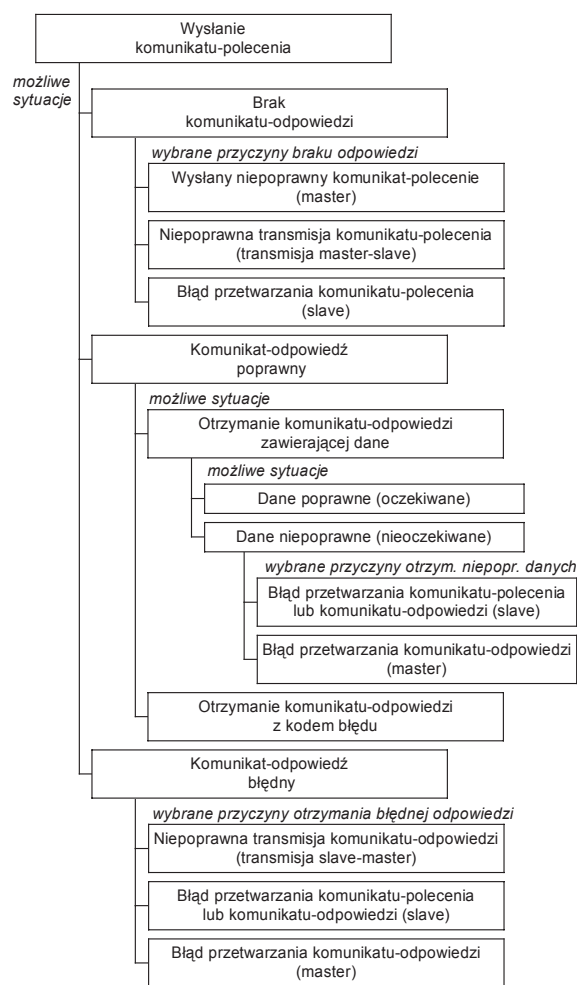
Kod	Opis	Przyczyna
01	Niedozwolona funkcja	- brak implementacji funkcji - urządzenie w fazie konfiguracji
02	Niedozwolony zakres danych (adres)	- adres nie występuje - pytanie o większą liczbę adresów niż to możliwe
03	Niedozwolona wartość	- wartość poza zakresem
04	Błąd urządzenia slave	- wystąpienie nieznanego błędu podczas przetwarzania komunikatu-polecenia
05	Potwierdzenie pozytywne	- akceptacja polecenia i jednoczesny brak możliwości odpowiedzi
06	Brak gotowości urządzenia slave	- slave zaangażowany (przetwarzanie), master powinien retransmitować komunikat-polecenie w następnym cyklu

Rys. 3 przedstawia reakcje układu (protokół Modbus) na wysłanie komunikatu-polecenia ze wskazaniem na możliwe przyczyny wystąpienia zdarzenia.

Po dokonaniu analizy odpowiedzi urządzenia podrzędnego master stwierdza poprawność (lub nie) przesyłu i na tej podstawie formułuje diagnozę w oparciu o uzyskane efekty. O niezdatności układu komunikacji świadczą również komunikaty-odpowiedzi z kodami błędu urządzenia slave lub brak odpowiedzi. Każdy komunikat zabezpieczony jest również przed utratą integralności sumą kontrolną.

W przypadku diagnozowania w oparciu o komunikaty-polecenia i komunikaty-odpowiedzi służące do zapisu wartości zmiennej do rejestru urządzenia, znane jest kryterium zdatności zadaniowej. Otrzymana zwrotnie informacja identyczna z wysłaną może świadczyć o uzyskaniu poprawnego efektu i o zdatności układu komunikacji. Jeżeli jednak stacja nadrzędna wysłała żądania odczytu pewnych wartości zawartych w rejestrach stacji podrzędnej sytuacja jest odmienna. Nie jest wtedy znane kryterium zdatności zadaniowej układu. Operatorowi (ściślej: diagnozoterowi) nie jest bowiem znana poprawna wartość wysłanych przez *slave* zmiennych [6, 7].

W tej sytuacji należy zastosować komparacyjne diagnozowanie układu komunikacji.



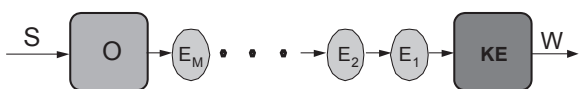
Rys. 3. Wybrane reakcje na komunikat-polecenie

3. KOMPARACYJNE DIAGNOZOWANIE EFEKTÓW WYTWARZANYCH SEKWENCYJNIE PRZEZ JEDEN OBIEKT

Diagnozowanie komparacyjne opiera się na porównaniu (komparacji) efektów wytwarzanych przez obiekt (układ komunikacji) w sytuacji braku informacji o kryterium zdatności zadaniowej

objektu. Poniżej przytoczony zostanie algorytm postępowania przy diagnozowaniu komparacyjnym w przypadku obiektu generującego sekwencyjnie efekt (obszerny opis znaleźć można w [1, 2]).

Otrzymany efekt jest funkcją sterowania i przebiegu procesu wytwarzania efektu. Proces ten może być zakłócony przez niestabilne (zanikające) niezdatności obiektu *O* lub niestabilne (zanikające) niesprzyjające oddziaływanie otoczenia. Właściwością obiektu jest możliwość wielokrotnego powtarzania procesu wytwarzania efektu (rys. 4). Poszczególne realizacje mogą się różnić od siebie. Odbiorca efektu nie wie, która z realizacji jest zgodna z pobudzeniem sterującym – czyli odpowiada wymaganiam. Zmuszony jest więc do wyboru efektu w oparciu o wynik „większościowy” metodą komparacyjną.



Rys. 4. Sekwencyjne wytwarzanie efektu przez obiekt

Oznaczenia: *S* – pobudzenia sterujące, *KE* – komparator efektów, *O* – obiekt, *W* – wynik komparacji efektów, *E₁-E_M* – efekty końcowe wytwarzane przez obiekt w kolejnych przedziałach czasu

Diagnozowanie otrzymanych efektów i porównanie wyników diagnozowania pozwala podzielić zbiór *W* otrzymanych wyników na *L* podzbiorów [1]:

$$W = \{W_1, W_2, \dots, W_L\} \quad (1)$$

Oznaczając przez *M* licznosc zbioru *W*, a przez *M₁*, *M₂*, ..., *M_L* licznosci podzbiorów *W₁*, *W₂*, ..., *W_L*:

$$M = \sum_{i=1}^L M_i \quad (2)$$

można przyjąć, że:

- skoro każdy efekt należący do podzbioru *W_i* (*i* = 1, 2, ..., *L*) ma taką samą postać to podzbiór ten zawiera wyłącznie efekty bezbłędne, tj. zgodne z wymaganiami lub zawiera efekty obarczone takim samym błędem;
- może istnieć co najwyżej jeden podzbiór zawierający efekty wymagane (bezbłędne);
- w każdym z podzbiorów zawierających błędne efekty występuje inny błąd – na co wskazują różnice w diagnozach:

$$\bigwedge_{\substack{i=1,2,\dots,L \\ j=1,2,\dots,L \\ i \neq j}} D(W_i) \neq D(W_j) \quad (3)$$

Na podstawie powyższych założeń:

- można wybrać zbiór zawierający efekty wymagane bez znajomości wzorca (kryterium) zdatości pod warunkiem, że zbiór W jest dostatecznie liczny,
- w przypadku dostatecznie dużego prawdopodobieństwa uzyskania wymaganego efektu można się spodziewać, że liczność podzbioru zawierającego efekty wymagane jest największa,
- w oparciu o zasadę większościową można uznać, że właśnie ten najliczniejszy podzbiór zawiera wyniki poprawnego funkcjonowania obiektu czyli efekty wymagane.

Zapisaćmy założenia formalne:

1. Efekt globalny (efekt na wyjściu obiektu) jest wynikiem zrealizowania zadania globalnego składającego się z pewnej liczby zadań cząstkowych.
2. Każde zadanie cząstkowe może zostać źle wykonane, a wówczas postać efektu globalnego jest nieprawidłowa (niezgodna z wymaganiami).
3. Błąd realizacji zadania cząstkowego (tj. uszkodzenie efektu cząstkowego) ma charakter losowy.
4. Prawdopodobieństwo poprawnego zrealizowania zadania cząstkowego wynosi R_e .
5. Prawdopodobieństwo poprawnego zrealizowania zadania globalnego wynosi:

$$R_g = R_e^N \quad (4)$$

gdzie: N – liczba zadań cząstkowych.

Wprowadźmy oznaczenia:

- ◆ $P(W_i/a)$ – prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że we wszystkich efektach należących do podzbioru W_i występuje jeden i ten sam błąd – różny od błędów w innych wadliwych (tj. zawierających efekty obciążone błędami) podzbiórach;
- ◆ a – warunek polegający na tym, że w pozostałych podzbiórach istnieje jeden podzbiór zawierający efekty bezbłędne oraz że wszystkie inne podzbiory zawierają efekty obciążone błędami – przy czym każdy wadliwy podzbiór zawiera jeden błąd, różny od błędów w innych wadliwych podzbiórach;
- ◆ $P(W_i/b)$ – prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że we wszystkich efektach należących do podzbioru W_i występuje jeden błąd, różny od błędów w innych wadliwych podzbiórach;
- ◆ b – warunek polegający na tym, że wszystkie pozostałe podzbiory zawierają efekty obciążone błędami – przy czym każdy podzbiór zawiera jeden błąd, różny od błędów w innych wadliwych podzbiórach;
- ◆ $P(W_i)$ – prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że wszystkie efekty

należące do podzbioru W_i są bezbłędne.

W rozważanej sytuacji możliwe są następujące zdarzenia złożone, którychprawdopodobieństwa a priori można zapisać w postaci iloczynów:

- ◆ Z_1 – w podzbiórze W_1 wszystkie efekty są bezbłędne, a wszystkie pozostałe podzbiory zawierają wyłącznie efekty błędne:

$$P(Z_1) \cong P(W_1) \cdot P(W_2/a) \cdots P(W_L/a) \quad (5)$$

- ◆ Z_2 – w podzbiórze W_2 wszystkie efekty są bezbłędne, a wszystkie pozostałe podzbiory zawierają wyłącznie efekty błędne:

$$P(Z_2) \cong P(W_1/a) \cdot P(W_2) \cdots P(W_L/a) \quad (6)$$

⋮

- ◆ Z_L – w podzbiórze W_L wszystkie efekty są bezbłędne, a wszystkie pozostałe podzbiory zawierają wyłącznie efekty błędne:

$$P(Z_L) \cong P(W_1/a) \cdot P(W_2/a) \cdots P(W_L) \quad (7)$$

- ◆ Z_{L+1} – wszystkie podzbiory W_i zawierają wyłącznie efekty błędne:

$$P(Z_{L+1}) \cong P(W_1/b) \cdot P(W_2/b) \cdots P(W_L/b) \quad (8)$$

Prawdopodobieństwa warunkowe a posteriori wymienionych zdarzeń wyznaczyć można z następujących wyrażań:

$$P_w(Z_1) \cong \frac{P(Z_1)}{\sum_{j=1}^{L+1} P(Z_j)}, \dots, P_w(Z_{L+1}) \cong \frac{P(Z_{L+1})}{\sum_{j=1}^{L+1} P(Z_j)} \quad (9)$$

W postępowaniu diagnostycznym w zbiorze wartości $P_w(Z_i)$ należy znaleźć wartość największą:

$$P_w(Z_i^*) = \max_{i=1,2,\dots,L+1} P_w(Z_i) \quad (10)$$

Wynik diagnozowania komparacyjnego można uznać za dostatecznie wiarygodny jeśli spełniona jest nierówność:

$$P_w(Z_i^*) \geq P_{gr} \quad (11)$$

gdzie:

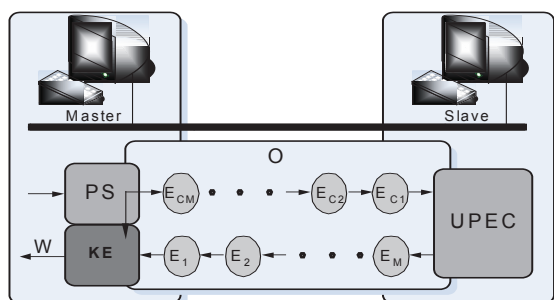
P_{gr} – wartość graniczna prawdopodobieństwa uznania za prawdziwą hipotezę mówiącą, że podzbiór W_i^* zawiera efekty bezbłędne (a podzbiory pozostałe są wadliwe) lub, że wszystkie podzbiory (łącznie z podzbiorem W_i^*) zawierają efekty błędne (rozumiemy oczywiście, że: $W_i^* : P_w(Z_i^*)$).

W przypadku niespełnienia warunku (11) należy zwiększyć liczbę M zrealizowanych efektów i powtórnie wyznaczyć zdarzenie (i odpowiadający mu zbiór) o najwyższym prawdopodobieństwie. Postępowanie takie można powtarzać tak długo, aż zostanie osiągnięty pożądany poziom prawdopodobieństwa $P_w(Z_i^*)$.

4. WIELOKROTNE POWTARZANIE WYTWARZANIA EFEKTU W UKŁADZIE KOMUNIKACJI

Rys. 5 przedstawia obiekt – układ komunikacji, w którym można wyróżnić kilka charakterystycznych elementów. W skład obiektu O wchodzi elementy znajdujące się zarówno w stacji master, jak i w stacji slave:

- generator pobudzeń sterujących PS (driver komunikacyjny ze scenariuszem wymian) stacji nadrzędnej wytwarza komunikaty-pytania traktowane w tym wypadku jako efekty cząstkowe (E_{Ci}),
- zadaniem układu przetwarzania efektów cząstkowych ($UPEC$) stacji podrzędnej jest reakcja na nadchodzące efekty cząstkowe – wykonanie polecenia oraz wygenerowanie odpowiedzi (traktowanej jako efekt końcowy E_i),
- komparator efektów (KE) znajduje się, podobnie jak generator pobudzeń w stacji nadrzędnej i pozwala wyznaczyć L podzbiorów wyników wytwarzania tego samego efektu (przesyłu polecenia – efektu cząstkowego oraz zbiorów różnych odpowiedzi).



Rys. 5. Układ komunikacji sekwencyjnie wytwarzający efekty

Oznaczenia:

- PS – generator pobudzeń sterujących,
 KE – komparator efektów, O – obiekt,
 W – wynik komparacji efektów,
 $UPEC$ – układ przetwarzania efektów cząstkowych, $E_{C1} - E_{CM}$ – efekty cząstkowe, $E_1 - E_M$ – efekty końcowe wytwarzane przez obiekt w kolejnych przedziałach czasu

Podstawowym warunkiem zastosowania metody komparacyjnego diagnozowania układu komunikacji jest generowanie przez obiekt sekwencyjnie takich samych efektów. Trudność realizacji polega na ciągłej zmianie przesyłanych w komunikatach wartości zmiennych. Są to przecież wartości zmiennych procesowych - dynamicznie zmieniające się podczas realizacji (przez stacje układu) procesów sterowania i wizualizacji. W jaki sposób zatem, można uzyskać zbiory efektów zawierające takie same wartości zmiennych. Mamy tu, jak wspomniano wcześniej do czynienia z dwoma głównymi rodzajami przesyłu.

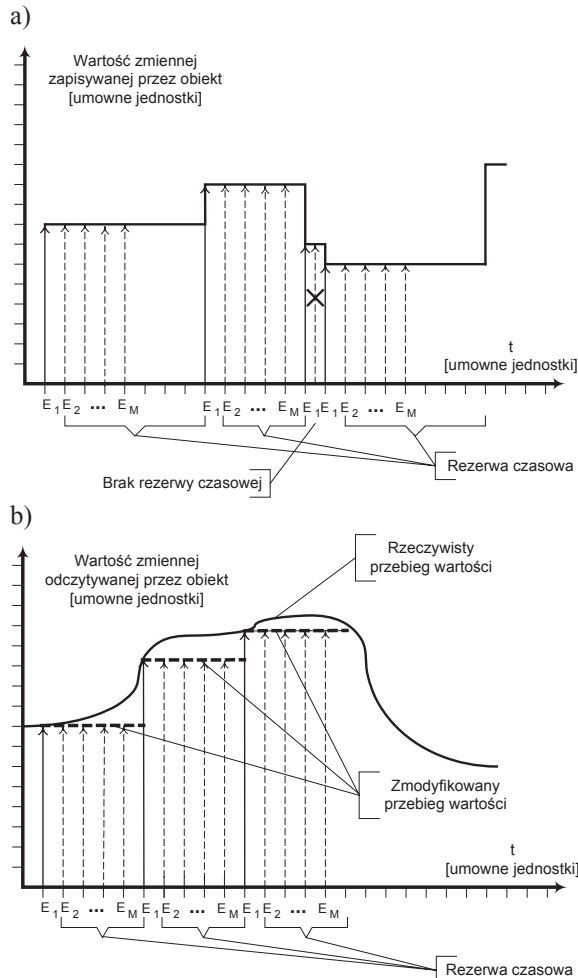
- zapisem wartości zmiennej do stacji slave,
- odczytem wartości zmiennej ze stacji slave.

W pierwszym przypadku rozwiązanie tego problemu można znaleźć poprzez kilkukrotny zapis tej samej wartości do stacji procesowej. Przesył komunikatu-polecenia zapisu wartości zmiennej do stacji dokonywany jest w pewnych odstępach czasu (rys. 6a, oznaczone ciągłymi strzałkami). Pozostały czas – rezerwę czasową – można wykorzystać na dodatkowe (nadmiarowe, oznaczone przerywanymi strzałkami) przesyły tego samego efektu, do chwili zmiany zapisywanej wartości. W niektórych przypadkach znacznego obciążenia magistrali komunikacyjnej i braku rezerwy czasowej (rys. 6a, oznaczone znakiem x) nie ma możliwości zastosowania tej metody w celu uzyskania zbioru wyników diagnozowania. Można wtedy spróbować korzystać z rezerwy czasowej po kolejnym przesłanym zgodnie ze scenariuszem efekcie (wraz z jego powtórzeniami).

Zastosowanie metody komparacyjnego diagnozowania efektów w drugim przypadku (odczytu wartości w procesie szybkozmiennym) wymaga pewnych dodatkowych „zabiegów”. Nawet jeżeli wartość w czasie szybko się zmienia, często cyklicznego odczytu dokonuje się z mniejszą częstością. Pozwala to na wykorzystanie czasu pomiędzy właściwymi przesyłami (rys. 6b, oznaczone ciągłymi strzałkami) i zgromadzenie dodatkowych (rys. 6b, oznaczone przerywanymi strzałkami) efektów potrzebnych do komparacji. Aby to nastąpiło, w czasie rezerwy czasowej wykorzystywanej na ponowne przesyły, wartość musi zostać „zatrzaśnięta” na poziomie pierwszego odczytu (w danej serii).

5. WNIOSKI

1. Na podstawie wyniku komparacyjnego diagnozowania układu komunikacji istnieje możliwość wyboru efektu bezbłędnego ze zbioru dostępnych efektów, mimo braku wzorcowego.
2. Podczas procesu diagnozowania komparacyjnego należy przyjąć graniczną wartość prawdopodobieństwa uznania danego podzbioru wyników diagnozowania za prawdziwy.
3. Zastosowanie metody komparacyjnej wymaga implementacji dodatkowych algorytmów obliczeniowych po obydwu stronach procesu komunikacji.
4. Zwiększenie liczności dostępnego zbioru efektów zwiększa wiarygodność diagnozy przy jednoczesnym zwiększeniu obciążenia magistrali komunikacyjnej.



Rys. 6. Układ komunikacji:
a) zapis wartości; b) odczyt wartości

LITERATURA

- [1] Będkowski L., Dąbrowski T.: *Wpływ komparacyjnego diagnozowania efektu na niezawodność systemu*. Materiały XXXIV Zimowej Szkoły Niezawodności, Szczyrk 9÷14 stycznia 2006, ss.10.
- [2] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: *Układ komunikacji jako obiekt wielozadaniowy typu sieć – w ujęciu potencjalowym*. Materiały XXXIV ZSN, Szczyrk 9÷14 stycznia 2006, ss.10.
- [3] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: *Dozorowanie układu komunikacji w ujęciu potencjalowym*. Diagnostyka, PTDT, Vol. 33, 2005, str. 13÷18.
- [4] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: *Wieloprotocowe ujęcie eksploatacji układu komunikacji*, Diagnostyka, PTDT, Vol. 34, 2005, str. 31÷36.
- [5] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: *Wybrane funkcje systemu dozoru terapeutycznego w układzie komunikacji*. Diagnostyka, PTDT, Vol. 34, 2005.
- [6] Będkowski L., Dąbrowski T.: *Diagnozowanie na podstawie niepewnych syndromów stanu obiektu*.

Diagnostyka, PTDT, Vol. 1(37)/ 2006. str. 55÷60.

- [7] Będkowski L.: *Diagnozowanie z dwupoziomą komparacją niepewnych symptomów i syndromu stanu obiektu*. Diagnostyka, PTDT, Vol. 2(38)/ 2006. str. 109÷114.
- [8] Dąbrowski T.: *Badanie symulacyjne skuteczności diagnozowania komparacyjnego na przykładzie systemu alarmowego*. Diagnostyka, PTDT, Vol. 2(38)/ 2006. str. 115÷120.



Prof. dr hab. inż. **Lesław BĘDKOWSKI** jest nauczycielem akademickim w Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Zainteresowania naukowe Profesora skupiają się głównie wokół następujących problemów: teoria diagnostyki technicznej, optymalizacja procedur diagnostycznych, diagnostyka systemów antropotechnicznych, diagnostyka w ujęciu potencjalowo–efektowym, teoria użytkownika w ujęciu wieloprotocowym, wieloprotocowe systemy dozoru terapeutycznego, diagnostyka bezpieczeństwa.



Dr hab. inż. **Tadeusz DĄBROWSKI** jest zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego i pełni funkcję dyrektora Instytutu Systemów Elektronicznych Wydziału Elektroniki WAT. Zainteresowania naukowe koncentruje w obszarze teorii eksploatacji – głównie na diagnostyce technicznej. Do ważniejszych zagadnień, którymi się zajmował i/lub zajmuje należą: diagnostyka systemów antropotechnicznych (w aspekcie użytkowym i bezpieczeństwa); optymalizacja procesów diagnostyczno-obsługowych; komputerowe wspomaganie procesu diagnostyczno-obsługowego.



Dr inż. **Marcin BEDNAREK** jest absolwentem Wydziału Elektrycznego Politechniki Rzeszowskiej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał na Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. Pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Informatyki i Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Głównym obszarem jego zainteresowań jest diagnostyka systemów, komunikacja w sieciach komputerowych oraz wizualizacja procesów.