

WYBRANE FUNKCJE SYSTEMU DOZORUJĄCO-TERAPEUTYCZNEGO W UKŁADZIE 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 (17) 8542910, e-mail: bednarek@prz.rzeszow.pl
**Instytut Systemów Elektronicznych, Wydział Elektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna, ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, fax (22) 6839125,
e-mail: lbedkowski@wel.wat.edu.pl, tdabrowski@wel.wat.edu.pl

Streszczenie

Scharakteryzowano komunikację pomiędzy stacją operatorską (komputerem nadrzędnym) a stacją procesową (programowalnym sterownikiem wielofunkcyjnym) rozproszonego systemu sterowania. Przedstawiono wybrane funkcje systemu dozoru i terapeutycznego układu komunikacji. Podano przykład diagnozowania komunikacji (wykorzystującej protokół Modbus) bazujący na zastosowaniu standardowych funkcji odczytu protokołu. Objasniono algorytm grupowania komunikatów jako jedną z metod terapii przywracającej zdolność układowi komunikacji, w przypadku przeciążenia magistrali komunikacyjnej.

Słowa kluczowe: proces przeciwdestrukcyjny, układ komunikacji, system dozoru i terapeutyczny.

THE SELECTED FUNCTIONS OF SUPERVISION AND THERAPEUTIC SYSTEM IN A COMMUNICATION SYSTEM

Summary

The communication between an operator station (a host computer) and a process station (a multifunction programmable controller) of a distributed control system is briefly characterized. Selected functions of a supervision and therapeutic system of the communication system are presented. An example of communication diagnosing (a communication according to Modbus protocol) based on an application of standard reading functions of protocol is given. The messages grouping algorithm as one of the therapeutic methods restoring communication system fitness in case of bus overload is described.

Keywords: anti-destructive process, communication system, supervision and therapeutic system.

1. WPROWADZENIE

Zadaniem układu komunikacji jest połączenie elementów rozproszonego systemu sterowania (DCS – *Distributed Control System*) i zapewnienie niezawodnej komunikacji pomiędzy nimi. Magistrala komunikacyjna zapewnia połączenie stacji procesowych (tj. sterowników obiektowych realizujących sterowanie procesem) oraz komputera nadrzędnego (tj. stacji operatorskiej). Komputer nadrzędny może pełnić zarówno rolę stacji operatorskiej (wizualizacja procesu), inżynierskiej (konfiguracja) oraz diagnostycznej (dozorowanie procesu [1, 7]). Bieżącą funkcję komputera nadrzędnego określa rodzaj aktualnie uruchomionego oprogramowania (lub rodzaj wykonywanych czynności). W stacji operatorskiej może się odbywać zbieranie i przetwarzanie wyników badania diagnostycznego, a także inicjowanie odpowiednich działań terapeutycznych przywracających zdolność elementom systemu.

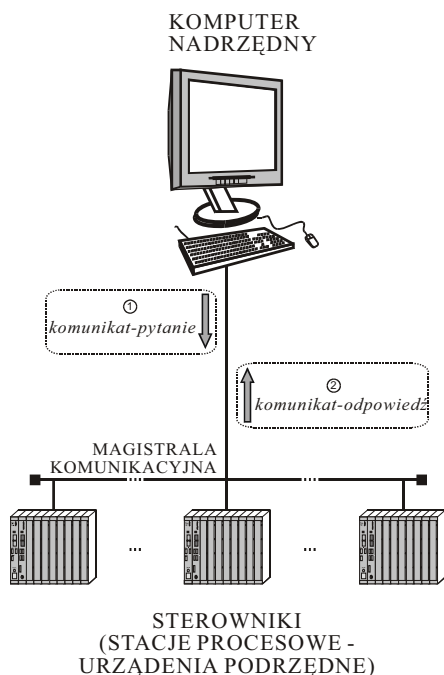
Artykuł poświęcony jest przede wszystkim analizie stanu komunikacji pomiędzy komputerem nadrzędnym a stacją procesową. Dozorowanie układu komunikacji oraz dozorowanie stacji procesowych i procesu sterowania należy do zadań komputera nadrzędnego.

W układzie komunikacji można wyróżnić następujące główne elementy:

- *interfejs komunikacyjny* komputera nadrzędnego;
- *magistralę komunikacyjną z protokołem komunikacji*;
- *interfejs komunikacyjny* stacji procesowej.

Pożądana niezawodność komunikacji polega na zapewnieniu takiej jakości transmisji informacji pomiędzy urządzeniami systemu, aby możliwe było utrzymanie systemu w stanie zdolności stabilnej. Niezawodny układ komunikacji charakteryzuje się możliwością samodzielnego przejścia ze stanu chwilowej niezdatności lub zdolności niestabilnej do stanu stabilnej zdolności. Układ komunikacji rozproszonego systemu sterowania powinien – przede wszystkim – spełniać wymagania dotyczące

zapewnienia gwarantowanego czasu dostarczenia zmiennych [9]. Rys. 1 przedstawia fragment mini-DCS, składający się z komputera nadrzędnego oraz programowalnych sterowników wielofunkcyjnych. W artykule jest rozpatrywany system, składający się ze stacji operatorskiej oraz programowalnego sterownika wielofunkcyjnego, nazywany *programowalnym systemem wielofunkcyjnym* [4].



Rys. 1. Komunikacja pomiędzy komputerem nadrzędnym a sterownikami obiektowymi

Komputer nadrzędny wyposażony jest zazwyczaj w odpowiednio wykonane aplikacje, służące m.in. do sterowania nadrzędnego, diagnozowania i akwizycji danych. Wykonanie aplikacji specjalnie przystosowanej do konkretnego systemu oraz odpowiednich procedur diagnozowania spełniających oczekiwania projektanta - jest czynnością czasochłonną i kosztowną [8]. Zwykle więc do celów diagnozowania układu komunikacji wykorzystuje się firmowe pakiety SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) [13, 14] posiadające pewne ograniczenia w stosowaniu metod diagnozowania (ograniczenia możliwości implementacji zaplanowanych działań diagnostycznych). Urządzenia połączone układem komunikacji, na ogół, także nie wykorzystują pełnych możliwości zawartych w dokumentacji technicznej protokołu komunikacyjnego, z którego korzystają. Dlatego projektant systemu diagnostycznego musi wybrać sposób implementacji mechanizmów bezpieczeństwa [2] - przy pomocy dostępnych możliwości pakietu SCADA i sterownika. W punkcie 2.2 artykułu podano przykład sposobu odczytu liczników komunikatów, w przypadku braku implementacji odpowiednich funkcji diagnostycznych protokołu komunikacyjnego

Niezdatność układu komunikacji może być spowodowana (oprócz niezdatności magistrali, charakteryzującej się brakiem możliwości dostarczenia zmiennych z powodu funkcjonalnych niezdatności komunikujących się urządzeń) np. przeciążeniem magistrali komunikacyjnej wywołanym zbyt dużą liczbą wymian komunikatów. Jedną z metod terapeutycznych zmniejszającą obciążenie jest *grupowanie komunikatów* (grupowanie informacji w jednym komunikacie zamiast kilku pojedynczych). Powoduje to oszczędność czasu przeznaczony na transmisję informacji dodatkowej (narzutu protokołu).

Zasygnalizowane powyżej zagadnienia związane z procesem diagnozowania komunikacji „komputer nadrzędny-sterownik obiektowy” bazującej na zasadzie *master-slave* (rys. 1) [6] są rozwinięte w kolejnych punktach artykułu. Wspomniana zasada komunikacji polega na wysłaniu przez komputer nadrzędny (*master*) *komunikatów-pytań* do „nasłuchujących” i oczekujących na nadejście komunikatu stacji procesowych (*slave*) oraz na odpowiadaniu *komunikatami-odpowiedziami* komputerowi nadrzędnemu. Sterowniki obiektowe nie mogą samodzielnie inicjować wymian danych. Przedstawicielem tego typu komunikacji jest protokół *Modbus* [10, 5]. Na jego przykładzie przeprowadzono dalsze rozważania.

2. DIAGNOZOWANIE KOMUNIKACJI PROWADZONEJ WG PROTOKOŁU MODBUS

2.1. Funkcje diagnostyczne protokołu

Komunikat w protokole *Modbus* składa się z kolejno ułożonych pól: znacznika początku, adresu urządzenia *slave*, funkcji, danych, kontroli parzystości i znacznika końca. Analiza numeru funkcji przez urządzenia podrzędne pozwala określić czynność, którą powinny wykonać. Najczęściej wykorzystywanym trybem pracy protokołu jest RTU. Szczegółowy opis funkcji protokołu *Modbus* można znaleźć w [10]. Protokół udostępnia grupy funkcji związanych (rys. 2):

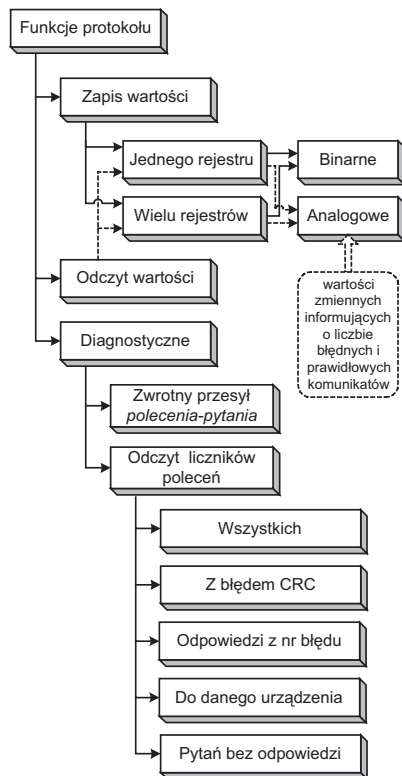
- z odczytem wartości zmiennych analogowych i binarnych (rejestrów, wyjść i wejść),
- z zapisem wartości zmiennych (rejestrów) analogowych i binarnych,
- ze zbiorem podfunkcji funkcji 08 przeznaczonych do celów diagnozowania. Realizują one m.in. zwrotny przesył *komunikatu-pytania* testowego (podfunkcja 00) oraz dostarczają informacje dotyczące wartości wyjść liczników komunikatów urządzenia *slave* (podfunkcje 11-15):
- wszystkich *komunikatów-pytań* na magistrali,
- odebranych *komunikatów-pytań* z błędem CRC,
- wysłanych *komunikatów-odpowiedzi* z nr błędem,
- *komunikatów-pytań* adresowanych do *slave*,
- *komunikatów-pytań* do *slave'a* bez odpowiedzi.

2.2. Sposoby diagnozowania komunikacji

Diagnozowanie komunikacji może odbywać się np. niżej wymienionymi sposobami:

1. poprzez analizę odpowiedzi urządzenia podrzędnego (właściwy komunikat lub odpowiedni numer błędu, [10] podaje osiem kodów),
2. wykorzystując podfunkcje funkcji 08 (rys. 2 – wybrane podfunkcje).

W pierwszym ze sposobów, mechanizmy interwencyjne [5] sterowników obiektowych powinny odpowiednio zidentyfikować przyczynę aktualnego stanu systemu. W razie stwierdzenia nieprawidłowości w procesie komunikacji (np. błędów w nadesłanym komunikacie), protokół Modbus oferuje komunikaty-odpowiedzi zawierające numery błędów. Często spotyka się implementację pierwszych trzech kodów oznaczających otrzymanie: nieprawidłowego kodu funkcji, adresu lub danych o wartościach poza zakresem.



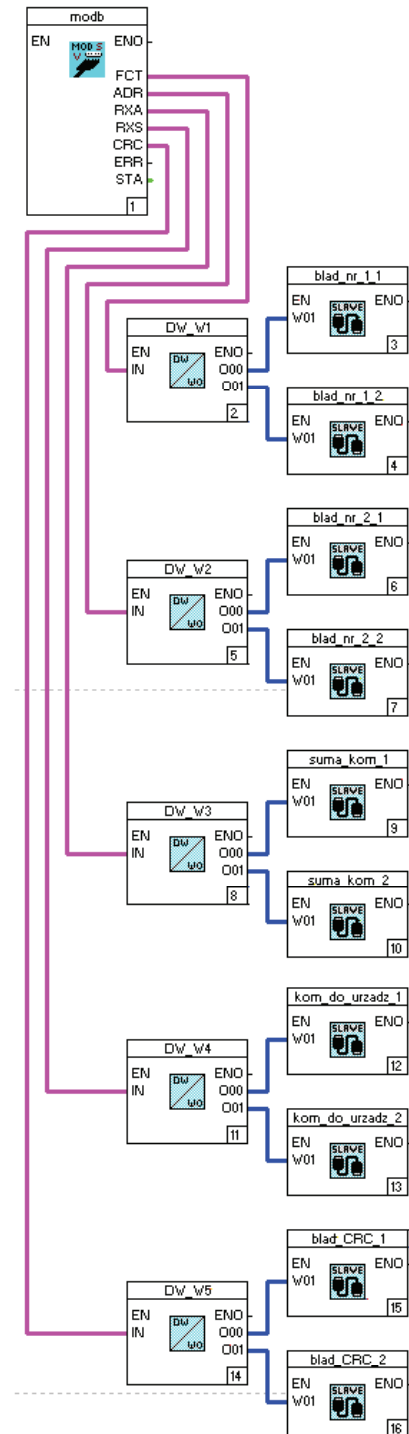
Rys. 2. Funkcje protokołu Modbus

Funkcję diagnostyczną 08 realizują sterowniki Modicon (drugi sposób) [10]. Jednak część urządzeń komunikujących się wg Modbus'a wykorzystuje tylko podfunkcję 00 (testowanie poprawności zwrotnej odpowiedzi - np. Digimatik [11]).

Sytuację braku odpowiednich funkcji diagnostycznych można poprawić w sposób opisany poniżej.

Jeżeli urządzenie, które nie jest wyposażone w podfunkcję odczytu liczników komunikatów prowadzi wewnętrzną statystykę, to udostępnienie tych wartości komputerowi nadrzędnemu – w celu diagnozowania komunikacji – może nastąpić

poprzez odpowiednie przyłączenie wyjść liczników komunikatów do wyjściowych rejestrów analogowych, przeznaczonych do odczytu przez master'a. Rys. 3 przedstawia przykład właśnie takiego połączenia. Jest on zrealizowany w formie schematu FBD (*Function Block Diagram*) – jednej z metod programowania sterowników (przykład – sterownik Digimatik).



Rys. 3. Odczyt liczników poleceń

Wyjścia liczników komunikatów bloku komunikacji (blok nr 1 – rys. 3), poprzez odpowiednie bloki konwersji typów (nr 2, 5, itd.),

połączone są z blokami reprezentującymi rejestry analogowe (nr 3 i 4, 6 i 7, itd.). Komputer nadrzędny dokonuje odczytu rejestrów powszechnie stosowaną funkcją 03 [10], równoważną, w tym przypadku, zastosowaniu odpowiednich podfunkcji funkcji 08. Sposób ww. równoważnego odczytu zilustrowano na rys. 2 w formie przerywanej ścieżki.

Zróznicowane możliwości oferuje nie tylko oprogramowanie stacji procesowych (*slave*), ale także pakiety SCADA komputera nadrzędnego [3].

3. NIEZDATNOŚĆ MAGISTRALI KOMUNIKACYJNEJ

3.1. System dozoru i terapeutyczny układu komunikacji

Układ komunikacji łączący stacje systemu, w przypadku konieczności przestrzegania ściśle określonego czasu dostarczenia zmiennych, powinien być wyposażony w system dozoru i terapeutyczny (SDT_{UK}) [5]. Nie wszystkie spośród czynności terapeutycznych mogą być przeprowadzane *on-line* podczas pracy systemu (niektóre z nich wymagają chwilowego zatrzymania i restartu). Złożony system dozoru i terapeutyczny, którego działania powinny obejmować realizację wcześniej założonego algorytmu „ratunkowego” pozwala na ograniczenie czasu niezbędnego na obsługiwanie systemu (zamiast manualnego oddziaływania operatora reagującego na komunikaty doradcze).

Jedną z przyczyn niezdatności układu komunikacji, oprócz czynników spowodowanych przez awarię połączonych urządzeń, jest często próba równoczesnego przesłania zbyt dużej liczby komunikatów. Powoduje to przeciążenie magistrali komunikacyjnej co jest stanem niezdatności. Opis czynników powodujących przeciążenie można znaleźć w [3].

Wskaźnikiem obciążenia magistrali może być suma ilorazów czasu transmisji komunikatu (pytania i odpowiedzi) do czasu jego cyklu. Przeciążenie występuje, gdy wskaźnik ten przekracza wartość 1 (tylko teoretycznie, bo w zależności od przyjętej metody szeregowania wysyłanych wiadomości, wartość obciążenia magistrali, przy której system staje się niewydolny może być mniejsza).

3.2. Metody terapii przywracające zdadność układowi komunikacji

Po rozpoznaniu przez SDT_{UK} stanu niezdatności komunikacji (przeciążenia magistrali), podejmowane są czynności terapeutyczne zmierzające do przywrócenia stanu zdadności. Kolejnymi etapami przywracania stanu zdadności mogą być [3]:

- zwiększenie szybkości transmisji,
- zmniejszenie ilości przesyłanych informacji,
- zwiększenie okresu aktualizacji zmiennych,
- grupowanie komunikatów.

3.3. Grupowanie komunikatów

W przypadku grupowania komunikatów, zamiast kilku oddzielnych *komunikatów-pytań* oraz *komunikatów-odpowiedzi*, w magistrali pojawia się wspólne pytanie o kilka zmiennych oraz wspólna odpowiedź. Grupowanie komunikatów polega więc na przesłaniu większej liczby wartości zmiennych w jednym komunikacie. Intuicyjną metodą grupowania komunikatów jest łączenie w grupy zmiennych o identycznych okresach aktualizacji. Takie grupowanie nie daje jednak możliwości minimalizacji obciążenia magistrali komunikacyjnej, dlatego niezbędne jest zastosowanie właściwego algorytmu grupowania.

Przyjmijmy, że grupowanie odbywa się zgodnie z niżej wymienionymi regułami.

Rozpatruje się komunikację z jednym urządzeniem (można grupować komunikaty adresowane tylko do jednego urządzenia), a w przypadku większej liczby *slave* grupowanie należy powtórzyć dla każdego urządzenia oddzielnie. Grupowanie komunikatów o różnych cyklach (okresach aktualizacji) zakłada wysyłanie komunikatu grupowego z najmniejszym wymaganym czasem cyklu spośród składowych grupy. Niedopuszczalne jest grupowanie z okresem aktualizacji większym niż pierwotnie zaplanowany (należy zapewnić gwarantowany czas dostarczenia).

Podstawowymi, używanymi dalej, pojęciami są:

- *wiadomość pojedyncza* – komunikat, przy pomocy którego jest przesyłana wartość jednej zmiennej,
- *grupowanie wiadomości* - łączenie komunikatów w grupy wg pewnego kryterium,
- *wiadomość grupowa* – komunikat, w którym jest przesyłana pewna liczba wartości zmiennych,

W wyniku prowadzonych prac powstał algorytm grupowania komunikatów tzw. metodą *komparatywnej przewagi*. Rys. 4 przedstawia schemat algorytmu tej metody. W celu dokładniejszego opisu algorytmu grupowania metodą komparatywnej przewagi wprowadźmy pojęcia czasu transmisji danych i obciążenia magistrali:

- czas przesyłu α zmiennych pojedynczo

$$T_{\alpha} = T_u \alpha = (T_d + T_n + T_{dod}) \alpha \quad (1)$$

gdzie:

T_u - czas przesyłu komunikatu

T_d - czas przesyłu informacji użytecznej (dane)

T_n - czas przesyłu inf. nadmiarowej (narusz protokołu)

T_{dod} - czas dodatkowy (m.in. detekcji komunikatu)

- czas przesyłu α zmiennych grupowo

$$T_{\alpha_{gr}} = \alpha T_d + T_n + T_{dod} \quad (2)$$

- obciążenie magistrali

$$S = \sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n \frac{T_{u_i}}{T_{a_i}} \quad (3)$$

gdzie:

- S_i - obciążenie magistrali komunikatem i
 T_{d_i} - czas transmisji komunikatu i
 T_{a_i} - czas aktualizacji (cyklu) komunikatu i
 n - liczba komunikatów.

Grupowanie metodą komparatywnej przewagi opiera się na następującej zasadzie: celowe jest grupowanie komunikatów, które są pierwotnie wysyłane z różnym cyklem pod warunkiem, że obciążenie magistrali przesyłem wartości zmiennej (bez narzutu protokołu) z mniejszym cyklem, jest mniejsze niż obciążenie przesyłem tej samej wartości oddzielnym komunikatem z cyklem pierwotnym. Inaczej mówiąc, metoda bazuje na porównaniu rzeczywistego obciążenia, które wnosi cały pojedynczy komunikat z obciążeniem spowodowanym wysłaniem tylko informacji użytecznej z innym (nowym) cyklem oraz na sprawdzeniu, czy nowy cykl komunikatu grupowego nie jest większy od pierwotnego.

Warunek ten można zapisać w postaci:

$$S_{d_j} < S_i \cap T_{a_i} \geq T_{awz_j} \quad (4)$$

gdzie:

- T_{a_i} - czas aktualizacji (cyklu) komunikatu i
 T_{awz_j} - przyjęty czas cyklu nowego komunikatu grupowego
 S_i - obciążenie magistrali komunikatem i
 S_{d_j} - obciążenie magistrali informacją użyteczną komunikatu i wysłanego z cyklem T_{awz_j}

$$S_{d_j} = \frac{T_{d_i}}{T_{awz_j}} \cdot S_i \quad (5)$$

Zysk grupowania (ZG) jest różnicą pomiędzy obciążeniem magistrali pierwotnym komunikatem pojedynczym, a obciążeniem informacją użyteczną wysłaną z nowo przyjętym cyklem:

$$ZG = S_i - S_{d_j} \quad (6)$$

Zapisując warunek granicznego zysku grupowania jako:

$$S_{d_j} = S_i \quad (7)$$

oraz wyrażając (7) w postaci ilorazów czasów:

$$\frac{T_{d_i}}{T_{awz_j}} = \frac{T_{d_i} + (T_n + T_{dod})}{T_{a_i}} \quad (8)$$

po przekształceniach otrzymuje się:

$$\frac{T_{a_i} - T_{awz_j}}{T_{a_i}} = 1 - \frac{T_{d_i}}{T_{d_i} + (T_n + T_{dod})} \quad (9)$$

Przyjmując, że względna odległość grupowanych cykli (OGC_W) komunikatów ma postać:

$$OGC_W = \frac{T_{a_i} - T_{awz_j}}{T_{a_i}} \quad (10)$$

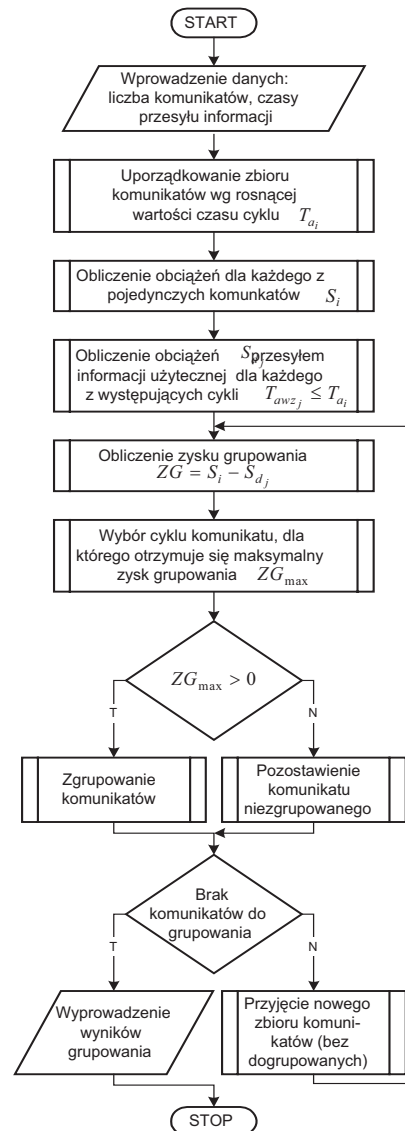
oraz, że współczynnik wypełnienia komunikatu (WWK) wyraża się w postaci:

$$WWK = \frac{T_{d_i}}{T_{d_i} + (T_n + T_{dod})} \quad (11)$$

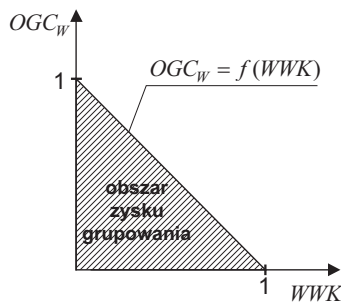
otrzymuje się: $OGC_W = 1 - WWK$. Zaznaczona strefa na wykresie $OGC_W = f(WWK)$ wyznacza obszar zysku grupowania (rys. 5).

Odkładając na osiach wartości współczynników OGC_W i WWK można odczytać, czy grupowanie komunikatów jest korzystne.

Grupowanie komunikatów z jednej strony zmniejsza ilość przesyłanej informacji, z drugiej strony zwiększa częstotliwość przesyłu rzadziej pojawiających się komunikatów. Metoda grupowania pozwala na minimalizację obciążenia magistrali.



Rys. 4. Schemat algorytmu grupowania metodą komparatywnej przewagi



Rys. 5. Obszar zysku grupowania

4. PODSUMOWANIE

W dużej liczbie rozwiązań sprzętowych nie są implementowane funkcje diagnostyczne protokołu *Modbus*. Przykładem może być brak lub znaczne zawężenie możliwości stosowania funkcji 08.

Jedną z metod terapeutycznych zapobiegającą przeciążeniu magistrali jest grupowanie komunikatów. Może być ono zrealizowane, o ile pozwala na to konstrukcja oprogramowania urządzeń połączonych magistralą komunikacyjną [3]. Do poprawnej realizacji grupowania niezbędna jest informacja o możliwości kolejnego ułożenia adresów zmiennych w urządzeniu podrzędnym.

LITERATURA

- [1] Będkowski L.: Wielopoziomowe systemy dozoru i terapeutyczne. Biuletyn WAT nr 5/2004. Warszawa 2004. str. 5-17.
- [2] Będkowski L.: Elementy diagnostyki technicznej. WAT, wyd. 2, Warszawa 1992, rozdział 4.
- [3] Będkowski L., Dąbrowski T., Bednarek M.: Wpływ systemu dozoru i terapeutycznego na właściwości układu komunikacji systemu wielofunkcyjnego. Materiały XXXII Ogólnopolskiego Sympozjum „Diagnostyka Maszyn”, Węgierska Górka, 28.02÷05.03.2005.
- [4] Będkowski L., Dąbrowski T., Bednarek M.: Niedomiar potencjalności przeciwdestrukcyjnej systemu katalizatorem niezdatności. Materiały XXXIII Zimowej Szkoły Niezawodności. Szczyrk, 10÷15.01.2005, str. 32-43.
- [5] Bednarek M., Będkowski L., Dąbrowski T.: Procedury przeciwdestrukcyjne układu komunikacji w ujęciu wieloprotocowym. Materiały XXXII Ogólnopolskiego Sympozjum „Diagnostyka Maszyn”. Węgierska Górka, 28.02÷5.03.2005.
- [6] Bednarek M., Trybus L.: Sterownik modemu dla rozproszonego systemu sterowania. Materiały XIII KKA. Opole, 21÷24.09.1999, t.2, str. 67-72.
- [7] Korbicz J., Kościelny J., Kowalczyk Z., Cholewa W.: Diagnostyka procesów. Modele. Metody sztucznej inteligencji. Zastosowania. WNT, Warszawa 2002, rozdział 1.
- [8] Kościelny J.: Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych. Akademicka Oficyna Exit, Warszawa 2001, rozdział 1.

- [9] Sacha K.: Systemy czasu rzeczywistego. Oficyna Wydawnicza P.W. wyd. 2, Warszawa 1999.
- [10] Modicon Modbus Protocol Reference Guide. PI-MBUS-300 Rev. J, Modicon Inc., June 1996.
- [11] Hartmann&Braun - DigiTool (2). Functions and Function Blocks v.2.1. Frankfurt am Main, 1995.
- [12] Dokumentacja Wonderware Factory Suite.
- [13] <http://www.intellution.com>
- [14] <http://www.wonderware.com>



Prof. dr hab. inż. Lesław BĘDKOWSKI jest nauczycielem akademickim na 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 potencjałowo-efektowym, teoria użytkowania w ujęciu wieloprotocowym, wielopoziomowe systemy dozoru i terapeutyczne, diagnostyka bezpieczeństwa.



Dr hab. inż. Tadeusz DĄBROWSKI jest zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego i pełni funkcję prodziekana ds. kształcenia w Wydziale Elektroniki WAT. Zainteresowania naukowe koncentrują się 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; diagnozowanie obiektów technicznych (zwłaszcza wyposażenia elektrycznego statków powietrznych).



Mgr inż. Marcin BEDNAREK jest absolwentem Wydziału Elektrycznego Politechniki Rzeszowskiej. W 1995 roku uzyskał dyplom magistra inżyniera z wyróżnieniem. Pracuje na stanowisku asystenta 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.