

KIWIEL



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

WSPOMAGANIE DECYZJI

SYSTEMY EKSPERCKIE

pod redakcją

Romana Kulikowskiego i Lucyny Bogdan

Warszawa 1995

WSPOMAGANIE DECYZJI

SYSTEMY EKSPERCKIE

pod redakcją

Romana Kulikowskiego i Lucyny Bogdan

Warszawa 1995

Wydano z wykorzystaniem dotacji
KOMITETU BADAŃ NAUKOWYCH

Materiały konferencji: "Analiza Decyzyjna, Systemy Ekspertskie, Zastosowania Systemów Komputerowych",
Warszawa, 25-27 maja 1994r.

Komitet Programowy Konferencji:

Andrzej Ameljańczyk, Zdzisław Bubnicki, Wiesław Grudzewski, Olgierd Hryniewicz, Janusz Kacprzyk, Lech Kruś, Roman Kulikowski (przewodniczący), Kazimierz Mańczak, Ireneusz Nykowski, Zdzisław Pawlak, Roman Słowiński, Andrzej Straszak, Andrzej Weryński, Andrzej Wierzbicki.

Wykonano z oryginałów tekstowych dostarczonych przez autorów

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 1995

ISBN 83-85847-85-5

WYKORZYSTANIE TEORII DIAGNOSTYKI SYSTEMOWEJ JAKO BAZY WIEDZY

Henryk Krawczyk, Witold Malina
Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, 80-952 Gdańsk, ul.
Narutowicza 11/12

Streszczenie

W pracy przeanalizowano możliwość wykorzystania dorobku teorii diagnostyki systemowej jako bazy wiedzy do lokalizacji uszkodzeń w systemach wielokomputerowych. Zaproponowano schemat bazy uwzględniający zarówno znane twierdzenia jak i wyniki symulacyjne dotyczące diagnozowalności konkretnego systemu. Zasygnalizowano sposób rozbudowy bazy wiedzy w oparciu o nowe modele lub oryginalne wyniki symulacyjne.

1. Wprowadzenie

Diagnostyka systemowa dotycząca detekcji i lokalizacji uszkodzonych węzłów i linii komunikacyjnych w systemach wielokomputerowych rozwija się od 10 lat i posiada aktualnie znaczny dorobek [8]. Jako model systemu wielokomputerowego przyjęto graf diagnostyczny $G(U,T)$, którego wierzchołkom ze zbioru U odpowiadają komputery (węzły), zaś połączenia są określone przez zbiór relacji diagnostycznych T . Dane połączenie pomiędzy parą komputerów (u_i, u_j) istnieje wtedy, gdy komputer u_j może ocenić zachowanie się komputera u_i . Ogólnie zadania diagnostyki systemowej można podzielić na:

- 1) analizę, która zajmuje się oceną możliwości lokalizacji uszkodzonych jednostek dla przyjętego grafu diagnostycznego (przy konkretnych założeniach dotyczących uszkodzeń, testów oraz strategii diagnozy) [1, 2, 7, 9];
- 2) syntezę, która ma określić graf diagnostyczny systemu o zadanych możliwościach diagnostycznych (przy zadanej liczbie testów i przyjętych założeniach dotyczących uszkodzeń, testów i strategii diagnozy) [3, 5, 10, 14].

W literaturze znane są systemy ekspertowe umożliwiające podejmowanie decyzji diagnostycznych. Jednym z pierwszych przykładów jest system DART [4] (Diagnostic Assistance Reference Tools), gdzie diagnozowanie wymaga wiedzy o możliwych przyczynach, symptomach i ich wzajemnych powiązaniach. Wykorzystując takie relacje DART jest zdolny do zidentyfikowania najbardziej prawdopodobnego zbioru uszkodzeń. Wykorzystanie reguł Bayesa do podejmowania takich decyzji

przedstawiono w pracy [7]. W pracy [6] przedstawiono systemy ekspertowe wykorzystywane w diagnostyce urządzeń telekomunikacyjnych. Systemy takie są stosowane również przy projektowaniu konfiguracji centrali stosownie do wymogów administracji sieci telefonicznej. W pracy [12] zasygnalizowano koncepcję serwisu systemów informatycznych również w oparciu o metody sztucznej inteligencji. W każdym z powyższych rozwiązań najistotniejszym problemem jest utworzenie bazy wiedzy dla danej klasy zadań i odseparowanie jej od procedur wykorzystujących tę wiedzę w konkretnych obliczeniach.

Niniejsza praca jest próbą utworzenia bazy wiedzy dla analizy i syntezy diagnostycznych systemów wielokomputerowych. Proponuje się program ekspertowy, w którym baza wiedzy zawiera znane twierdzenia. Zgodnie z ideą systemów ekspertowych program ma możliwość wzbogacania wiedzy poprzez wprowadzenie nowych warunków opisujących diagnozowalność różnych modeli oraz zastosowanie różnych algorytmów wyznaczania stanu systemu samodiagnozowalnego.

Głównym zadaniem opracowanego programu jest ocena diagnozowalności systemu opisanego grafem diagnostycznym. Stan systemu jest wyznaczony za pomocą jednego z zaimplementowanych algorytmów lokalizacji uszkodzeń [1, 2, 8, 10], którego wybór zależy od sugestii użytkownika. W ten sposób możemy zweryfikować zachowanie się systemu w szczególnych przypadkach, na przykład gdy liczba jednostek uszkodzonych nie spełnia warunków koniecznych i wystarczających diagnozowalności systemu przedstawionych w zapamiętanych twierdzeniach. Opisany program jest napisany w języku PROLOG, a współpraca z użytkownikiem odbywa się za pomocą rozwijanych menu.

2. Twierdzenia diagnostyki systemowej

W celu przedstawienia konkretnego projektu bazy wiedzy konieczne jest szczegółowe przedstawienie modelu diagnostyki systemowej, jak i wybranych twierdzeń określających warunki diagnozowalności systemu. Warunki diagnozowalności zależą

Tabela 1. Podstawowe założenia diagnostyki systemowej.

Założenia	Rozpatrywane warianty
Typ modelu systemu komputerowego	Jednopoziomowy, wielopoziomowy, hierarchiczny
Typ uszkodzeń węzła lub połączenia komunikacyjnego	Trwałe, zmienne, chwilowe
Sposób zachowania się uszkodzonego elementu podczas testowania	Maskowanie błędu (testowanie przechodzi) unieważnienie testu (test nie przechodzi) przypadkowy wynik testu (wynik losowy)
Rodzaj wykorzystywanych testów	Kompletne (wykryją wszystkie błędy) niekompletne, wewnętrzne (BIST), zewnętrzne (VUT)
Rodzaj strategii testowania	Off-line, on-line, współbieżna scentralizowana, rozproszona. Jednokrotna (bez naprawy), wielokrotna (stopniowa naprawa systemu)

z kolei od podstawowych założeń dotyczących analizowanych modeli. W tabeli 1 przedstawiono takie założenia i możliwe warianty analizowane w literaturze [8]. Poza tym istotne jest również zachowanie się jednostek podczas testowania. To zachowanie opisuje się poprzez zasady unieważniania wyniku testu wykonywanych na jednostce u_j i nadzorowanych przez jednostkę testującą u_i . Wynik taki oznaczony jest przez a_{ij} . Tabela 2 podaje możliwe warianty wyników testowania. Wariantowi 1 odpowiada

Tabela 2. Zasady unieważniania się testu t_{ij} ,

u_i - węzeł testujący, u_j - węzeł testowany; s - sprawny, u - uszkodzony,
0 - testowanie nie wykrywa błędu, 1 - testowanie wykrywa błąd, $x \in \{0,1\}$

u_i	u_j	Analizowane warianty wyników testowania a_{ij}								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
s	s	0	0	0	0	0	0	0	0	x
s	u	1	1	1	1	1	1	1	x	x
u	s	0	x	x	0	1	x	x	x	x
u	u	1	1	1	0	x	x	x	x	x

doskonały tester, gdyż wszystkie wyniki są zgodne ze stanem jednostki testowanej. Wariant 9 z kolei przedstawia całkowicie przypadkowy rozkład wyników testowania. Najczęściej w literaturze są analizowane modele 2, 7 i 8.

Testowanie systemu polega więc na wykonywaniu założonego zbioru testów T i utworzeniu wektora wyników $\mathbf{a} = \{a_{ij} | t_{ij} \in T\}$, który nazywa się syndromem. Syndrom reprezentowany jest przez ciąg binarny. Na podstawie takiego ciągu staramy się określić uszkodzone elementy w systemie. Zlokalizowanie uszkodzonych elementów jest możliwe tylko przy pewnych warunkach, tzn. gdy nie przekroczymy maksymalnie dopuszczalnej liczby uszkodzonych węzłów, którą oznaczamy przez t . Mówimy wówczas, że system jest t -diagnostowalny [14]. Dla systemów t -diagnostowalnych istnieją algorytmy lokalizacji uszkodzonych węzłów. W rzeczywistym systemie nie zawsze możemy być pewni jednak, czy liczba pojawiających się uszkodzeń nie przekracza wartości dopuszczalnej t . Wówczas zachowanie się systemu jest nieokreślone. Dlatego też proponuje się sprawdzenie zachowania się systemu dla konkretnego podzbioru uszkodzonych jednostek FÚ. Jeżeli podzbiory takie należą do rodziny \mathcal{F} to mogą być jednoznacznie określone na podstawie otrzymanego syndromu. Wtedy mówimy, że system jest \mathcal{F} -diagnostowalny [11].

Istnieje wiele udowodnionych twierdzeń dla założeń z tabeli 1 i 2 dotyczących systemów t bądź \mathcal{F} -diagnostowalnych. Poniżej podamy tylko jedno z nich [9], dla tzw. systemów t/t_j -diagnostowalnych. System S jest t/t_j -diagnostowalny, $0 < t_j < t$ (gdzie t - jest dopuszczalną liczbą wszystkich uszkodzonych węzłów; zaś t_j - dopuszczalną liczbą węzłów uszkodzonych przejściowo), jeżeli jest w stanie zidentyfikować dokładnie wszystkie uszkodzone węzły pod warunkiem, że ich liczba nie przekracza odpowiednio wielkości t oraz t_j , a otrzymany syndrom, jest zgodny ze syndromem dla uszkodzeń trwałych. Wówczas słuszne jest twierdzenie: System z diagnozą scentralizowaną jest t/t_j

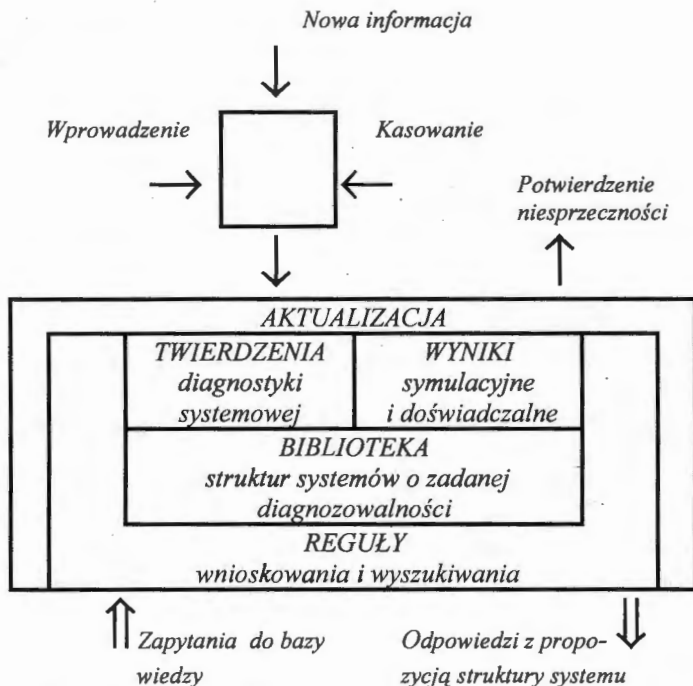
- diagnozowalny jeśli i tylko jeśli dla dowolnego zbioru węzłów $U_1 \dot{\cup} U_2$, $|U_1| \leq t$, przynajmniej jeden z poniższych warunków jest prawdziwy dla każdego innego zbioru węzłów U_2 takiego, że $|U_2| \leq t$ oraz $U_1 \cap U_2 = \emptyset$:
 $W1: G^{-1}(U_1) \cap U_2 = \emptyset$, $W2: |G(U - U_1 - U_2)| > t - |U_1|$,
 gdzie $G^{-1}(X)$ jest zbiorem węzłów testujących węzły ze zbioru X , zaś $G(X)$ jest zbiorem węzłów testowanych przez węzły ze zbioru X .

Warunki powyższego twierdzenia nie są proste do przebadania, z uwagi na liczbę możliwych podzbiorów U_1 i U_2 . Poza tym dotyczą one tylko niewielkiej grupy syndromów (tylko zgodnych z syndromami dla uszkodzeń trwałych). W pozostałych przypadkach ocena stanu systemu jest niejednoznaczna i opiera się na intuicji, lub wykonaniu badań symulacyjnych [5].

3. Proponowana baza wiedzy

Schemat proponowanej bazy wiedzy przedstawia rys.1. W bazie tej przechowuje się trzy rodzaje informacji:

- twierdzenia dotyczące diagnostyki systemowej,
- uogólnienia wniosków wynikających z badań symulacyjnych konkretnych rozwiązań,
- szczegółowe algorytmy identyfikacji błędów wykorzystywanych w szczególnych przypadkach jak i konkretne przykłady systemów o zadanej diagnozowalności.



Rys.1. Proponowana baza wiedzy.

Ponieważ baza wiedzy była implementowana w PROLOGU istotne było przyjęcie odpowiedniej notacji symbolicznej do przedstawiania tego typu informacji [14].

Wprowadzono specjalny język do opisu twierdzeń jak i wniosków z symulacji. Formuły w tym języku są bezpośrednio transformowane na instrukcje w języku PROLOG. W ten sposób otrzymujemy przyjazny interfejs z użytkownikiem, oraz możliwość aktualizacji bazy wiedzy poprzez dopisanie nowych formuł. Z uwagi na liczbę analizowanych wariantów, przedstawiona metoda może być wykorzystywana dla systemów złożonych co najwyżej z 10 węzłów. Otwartą sprawą jest więc przyspieszenie obliczeń. Sugeruje się tutaj wykorzystanie systemów równoległych. Istotne wydaje się również powiązanie bazy wiedzy z narzędziami oceny niezawodności systemów komputerowych [3].

LITERATURA

1. A.Bestavros: *An Algorithm for Self-Diagnosis in Distributed System*. Int. Journal of Mini and Microcomputers, Vol.13, No 2, 1991.
2. D.M.Blough, G.F.Sullivan, G.M.Masson: *Almost Certain Diagnosis for Intermittently Faulty Systems*. Proc. of Int. Symposium on Fault Tolerant Systems FTCS-18, 1988.
3. R.Geist, K.Trivedi: *Reliability Estimation of Fault-Tolerant Systems: Tools and Techniques*. IEEE Computer, No 6, 1990.
4. P.S.Khedkar, S.Shekar: *Artificial Inteligence Applications in Computer Science*. Computing Futures, Inaugural Issue, 1990.
5. W.E.Kozłowski, H.Krawczyk: *SEEDS: Simulation Evironment for Dynamic Valuation of Diagnostic Strategies*. Proc of 5th Int. Conf. on Fault Tolerant Computing Systems Tests, Diagnosis, Fault Treatment. Spring- Verlag, 1991.
6. A.Kraśniewski, S.Pilarski: *Systemy Ekspertowe w testowaniu układów cyfrowych*. Materiały Krajowego Sympozjum Telekomunikacji, 1990.
7. H.Krawczyk, W.Malina: *Zastosowanie reguły decyzyjnej Bayesa w diagnostyce systemów komputerowych*. Archiwum Automatyki i Telemekhaniki, 4, 1986.
8. H.Krawczyk: *Self-diagnosible Multicomputer Systems. Models and Architectures*. EC Newsletter, Vol.4, No 1, Italy, 1992.
9. S.Mallela, G.M.Masson: *Diagnosis Without Repair for Hybrid Fault Situations*. IEEE Trans on Computers, Vol.29, No 6, 1980.
10. V.Raghavan, A.R.Tripathi: *Improved Diagnosability Algorithms*. IEEE Trans, on Computers, Vol.40, No 2, 1991.
11. A.K.Somani, V.K.Agrawal, D.Avis: *A Generalized Theory for Systems Level Diagnosis*. IEEE Trans. on Comput. Vol.36, No 5, 1987.
12. M.Strial: *On line Intelligent Maintenance for System Reliability*. Proc. of RELCOMEX'89, Poland, 1989.
13. E.Ch.Tyugu: *Programowanie z bazą wiedzy*. WNT, Warszawa, 1989.
14. Ch.L.Yang, G.M.Masson: *Hybrid Fault Diagnosability with Unreliable Communication Links*. Proc. of Int. Conf. on Fault-Tolerant Computing FTCS-18, 1988.

ISBN 83-85847-85-5

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt
z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 36-19-01 w. 241 e-mail: kotuszew@ibspan.waw.pl**