

## Diagnozowanie sieci komputerowej na podstawie opinii diagnostycznych o poszczególnych komputerach sieci

Diagnozowanie systemu, w tym przypadku, pojmowane jest jako metoda określania stanu niezawodnościowego komputerów sieci komputerowej za pomocą analizy wyników wzajemnego testowania się określonych jej komputerów.

Metodę taką przyjęto (ogólnie) nazywać metodą PMC (od nazwisk: Preparata F.P.; Metze G.; Chien R.T.- autorów pierwszej publikacji z tego zakresu) [1967].

W metodzie PMC nie stosuje się testera, który z założenia jest traktowany jako urządzenie zdadne (niezawodny rdzeń systemu), a o elemencie systemu który testuje określone inne elementy systemu, nie wiadomo a priori, czy jest zdalny czy też nie. Stąd, metodę PMC nazywa się również metodą diagnozowania o rozproszonym niezawodnym rdzeniu systemu (NRS).

### Konfiguracje NRS:

- wewnętrzny (scentralizowany),
- rozproszony,
- zewnętrzny (tester).

W ramach metody PMC, wyróżnia się wiele bardziej szczegółowych metod w zależności od sposobów wzajemnego testowania się komputerów sieci komputerowej i analizowania wyników tego testowania. Dla przykładu, wyróżnia się metody **opiniowania diagnostycznego** i **metody dialogu diagnostycznego** w zależności od tego czy wynik testowania komputera  $e''$  przez komputer  $e'$ , jest tylko oceną stanu niezawodnościowego komputera  $e''$  wyrażoną obiektywnie gdy komputer  $e'$  jest w stanie zdadności, czy też wynik ten daje możliwość obiektywnej oceny stanu niezawodnościowego również komputera  $e'$ .

Wyróżnia się również **metody globalne** i **metody sekwencyjne**, w zależności od tego, czy analiza wszystkich wyników wzajemnego testowania się komputerów sieci komputerowej systemu umożliwia zlokalizowanie wszystkich (o dopuszczalnej liczbie  $m$ ) niezdatnych komputerów sieci komputerowej, czy też ogranicza się tylko do wskazania (ze zbioru możliwych dla uzyskanych wyników wzajemnego testowania się komputerów sieci komputerowej) stanu niezawodnościowego sieci o minimalnej liczbie niezdatnych komputerów sieci komputerowej.

Sposób wzajemnego testowania się określonych komputerów sieci komputerowej przedstawiony jest, z reguły, w postaci odpowiedniego grafu nazywanego (w przypadku ogólnym) grafem diagnostycznym, który odpowiednio (do metody wzajemnego testowania się komputerów sieci komputerowej) nazywa się grafem opiniowania diagnostycznego lub grafem dialogu diagnostycznego.

## Model diagnostyki systemowej (PMC)

### Założenia:

- Diagnostowanie systemu przeprowadza się bez wyróżnionego testera, który z założenia traktowany jest jako urządzenie zdadne.
- Węzły systemu testują się nawzajem. Pojedynczy węzeł może testować inny węzeł (komputer) poprzez wprowadzenie sekwencji testów, a następnie pobranie i analizę wyników testowania. Rezultat diagnozy przekazywany jest do pozostałych węzłów systemu.
- Wynik testu ma zawsze binarną klasyfikację, tj. jednostka przeprowadzająca testowanie ocenia testowany moduł zawsze jako „zdatny” lub „niezdatny”.
- Wyniki testu są zawsze poprawne: zdatny (wolny od błędów) moduł jest zawsze diagnozowany jako „zdatny”.









O elemencie systemu, który testuje (opiniuje) inne elementy systemu, nie wiadomo *a priori*, czy jest zdatny, czy też nie.



Sposób wzajemnego testowania się elementów systemu opisuje się przy pomocy **grafu opiniowania diagnostycznego (GOD)**.

Spójny digraf bez pętli  $G, (G = \langle E, U \rangle)$  nazywamy **grafem opiniowania diagnostycznego** zbioru  $E$  elementów systemu, jeżeli  $\langle e_i, e_j \rangle \in U, (e_i, e_j \in E)$ , wtedy gdy element  $e_i$  testuje  $e_j$ .

Niech  $d_{ij}$  oznacza, wynik testu, za pomocą którego węzeł  $e_i$  weryfikuje  $e_j$ .

Wyniki testu mogą być następujące:

$e_i$	$e_j$	$d_{ij}$
 $\longrightarrow$ 		0
 $\longrightarrow$ 		1
 $\longrightarrow$ 		x
 $\longrightarrow$ 		x

 - węzeł zdalny,  - węzeł niezdatny

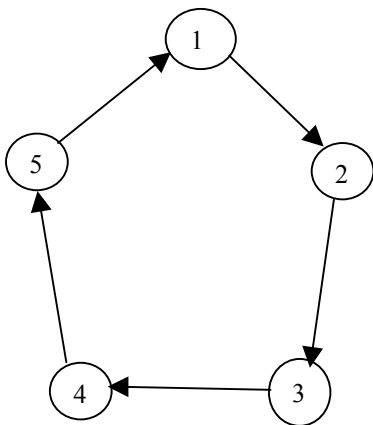
Tak więc, jeżeli komputer testujący [opiniujący] jest w stanie zdalności, to jego opinia o tym czy komputer testowany [opiniowany] jest zdalny czy też niezdatny, jest zgodna z faktycznym stanem niezawodnościowym testowanego komputera, natomiast jeżeli jest niezdatny, to opinia taka jest przypadkowa.

Niech  $k$ -wymiarowy, ( $k = |E|$ ) wektor binarny  $n$ , ( $n = (n_1, \dots, n_k)$ ) oznacza taki stan niezawodnościowy zbioru  $E$  komputerów sieci komputerowej, że jeżeli  $n_s = 0$ , ( $1 \leq s \leq k$ ) to komputer  $e_s$  jest zdalny oraz jeżeli  $n_s = 1$  to komputer  $e_s$  jest niezdatny, a  $N$  - zbiór wszystkich możliwych takich stanów niezawodnościowych.

Dla ustalonego  $G$ , ( $G = \langle E, U \rangle$ ) oraz określonego  $n$ , ( $n \in N$ ) zgodnie z zależnościami (5-1) i (5-2), po ustalonym uporządkowaniu zmiennych  $d_{st}$ , otrzymamy określony podsześcian  $d(n)$ ,  $|U|$ -wymiarowego hipersześcianu binarnego, natomiast po identycznym uporządkowaniu opinii (wydanych przez wszystkie komputery, które testują inne komputery) otrzymamy  $|U|$ -wymiarowy wektor binarny  $d$ , nazywany **opinią globalną (syndromem)** węzłów sieci komputerowej.

Opinia globalna komputerów sieci jest zmienną losową, zależną od zmiennej losowej  $n$ , którą jest nieznaną stan niezawodnościowy sieci komputerowej oraz od grafu  $G$  opiniowania diagnostycznego tej sieci.

Przykład 1.



	$d_{12}$	$d_{23}$	$d_{34}$	$d_{45}$	$d_{51}$	węzły niezdatne
a	x	0	0	0	1	1
b	1	x	0	0	0	2
c	x	x	0	0	1	{1,2}

Niezdatności w węzłach 1 i 2 są rozróżnialne (różne syndromy).  
 Niezdatności w węzłach 1 oraz {1,2} są nierozróżnialne.

Gdy jednostka testująca jest uszkodzona, wyróżnić możemy dwa typy unieważniania się testów:

- symetryczny,
- asymetryczny.

Z symetrycznym unieważnianiem testu mamy do czynienia wówczas, gdy wynik testowania jest losowy (0 lub 1) bez względu na stan jednostki badanej.

Asymetryczne unieważnianie się testu zachodzi wówczas, gdy jedynie wynik testowania jednostki zdatnej przez jednostkę uszkodzoną jest losowy, natomiast gdy obie jednostki są uszkodzone, to wynik jest zawsze równy 1.

Biorąc pod uwagę sposób naprawy systemu, można podać następującą klasyfikację strategii samodiagnozy:

- strategia jednokrokowa,
- strategia wielokrokowa (sekwencyjna).

**Strategia jednokrokowa** polega na wykonaniu wszystkich dopuszczalnych testów w systemie i wyznaczeniu wszystkich uszkodzonych jednostek na podstawie otrzymanego syndromu.

W przypadku **strategii wielokrokowej** proces diagnozy i naprawy przeplatają się nawzajem. Przyjmuje się, że na podstawie syndromu jesteśmy w stanie określić tylko pewien niepusty podzbiór uszkodzonych jednostek. Następnie wymienia się je na zdadne i ponawia się testowanie. Proces powtarzany jest dopóty, dopóki nie stwierdzi się poprawnego funkcjonowania wszystkich jednostek systemu (wymagana liczba iteracji  $\leq m$  – niezdatności).

Wielokrokowe wykonywanie procesu diagnozy i naprawy znacznie wydłuża czas powrotu systemu do stanu zdadności. z drugiej strony jednak takie podejście znacznie upraszcza algorytmy lokalizacji uszkodzonej jednostki.

### **Miary diagnozowalności:**

#### Definicja.

System jest jednokrokowo ***m* – diagnozowalny**, jeżeli wszystkie uszkodzone jednostki mogą być zlokalizowane na podstawie jednego syndromu wyników testowania, o ile liczba aktualnie uszkodzonych jednostek nie przekracza ***m***.

#### Definicja.

System jest wielokrokowo ***m* – diagnozowalny**, jeżeli co najmniej jedna niezdatna jednostka może być zlokalizowana na podstawie jednego syndromu wyników testowania, o ile liczba aktualnie uszkodzonych jednostek nie przekracza ***m***.

W przypadku symetrycznego unieważniania się testów warunki konieczne ***m* – diagnozowalności** sformułowali Preparata, Metze i Chien.

#### Twierdzenie1.

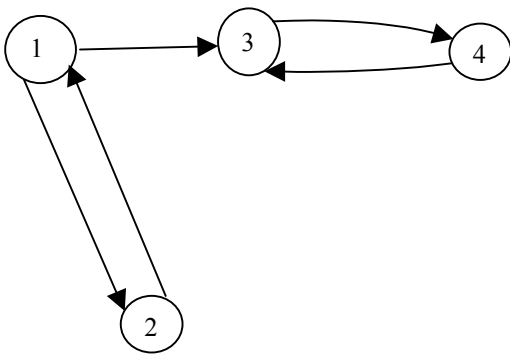
W ***m* – diagnozowalnym** systemie komputerowym złożonym z ***n*** – węzłów spełnione są warunki:

- 1)  $n \geq 2m + 1$ ,
- 2) każdy węzeł musi być testowany przez co najmniej ***m*** innych węzłów.

Dowód.

.....

Warunki 1) i 2) twierdzenia 1 są konieczne lecz nie są wystarczające, przykładem jest następujący system:



węzły niezdatne	$d_{12}$	$d_{13}$	$d_{21}$	$d_{345}$	$d_{43}$
(1)	x	x	1	0	0
(2)	1	0	x	0	0
(3)	0	1	0	x	1
(4)	0	0	0	1	x

Ponieważ syndromy testu przy niezdatnych węzłach (1) i (2) są nierozróżnialne – system nie jest **1- diagnostowalny** jednokrokowo.

GOD, który zapewnia zlokalizowanie  $m$  niezdatnych elementów systemu nazywa się grafem  **$m$  – diagnostowalny**, a graf  **$m$  – diagnostowalny** o minimalnej liczbie łuków – grafem  **$m$  – optymalnym**.

Warunki twierdzenia 1 mogą być wykorzystane do wykazania, że klasa systemów dla których  $n = 2m + 1$  i każdy węzeł jest testowany dokładnie przez  $m$  – innych węzłów jest optymalna.

**Graf optymalny** (system  $D_{\delta m}$ ) powiązanie testowe  $d_i$  z  $d_j$  istnieje wtedy i tylko wtedy gdy  $j = (i + \delta t) \bmod n$  gdzie  $\delta$  jest liczbą całkowitą,  $t=1,2,\dots,m$

Przykład 2.  
**system  $D_{2,2}$**

