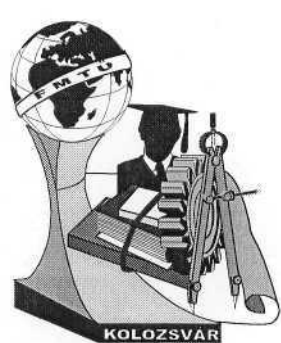


FIA TAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.



MULTIPROCESSZOROS RENDSZEREK MAXIMUM LIKELIHOOD DIAGNOSZTIKÁJA

Polgár Balázs

Abstract - Összefoglalás

Diagnostics is an important aspect of the availability and operability of IT systems. This paper present a new approach used in the system level tests of multiprocessor systems. The algorithm is based on the adaptation of the models of Process-graphs used in the field of process network synthesis problems. With the new approach more general problems can be solved. With the introduction of some probabilistic parameters a more accurate model of the real system can be created and thus, the diagnostic accuracy of the solution is also better. The paper sketches the modeling technique, the solution method and the efficiency of the approach.

Az informatikai rendszerek működőképességének és stabilitásának egyik fontos összetevője a diagnosztika. Ez a cikk egy új megközelítést mutat be, mely multiprocesszoros rendszerek rendszerszintű tesztelésében használható. Az algoritmus egy, a folyamatszintézis területén használt modellezési technika, a Processz-gráfok modellezés adaptálásán alapul. Ennek segítségével egy általánosabb problémakört sikerült megoldani és bizonyos valószínűségi paraméterek bevezetésével, amivel valószínűbb modell írható fel, a diagnosztika pontosságát is sikerült javítani. A cikk a modellezés menetét, megoldását és a módszer hatékonyságát vázolja fel.

1. Bevezetés

Összetett rendszerekben a megbízhatóság és rendelkezésreállítás biztosításának egyik alapfeltétele a diagnosztikai képesség megléte, a rendszer komponenseiben előforduló hibák mielőbbi megtalálása. Az egyik tipikus megvalósítási mód a rendszerszinten történő tesztelés: az „intelligens” komponensek vizsgálják egymást és a környezetüket, az így keletkező teszteredmények összegyűjtésre kerülnek és ezen információhalmaz, az ún. *szindróma* alapján kerül megállapításra a rendszer egyes elemeinek *jó* vagy *rossz* állapota. Ezt a folyamatot nevezzük *diagnosztikának*.

A multiprocesszoros rendszerekben az intelligens egységek maguk a processzorok, ezek

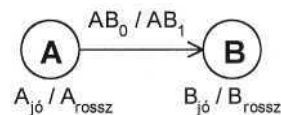
periodikusan tesztelik egymást, hogy bármelyiknek a hibája esetén a rossz processzor minél előbb kizárásra kerüljön, és így a rendszer egészének integritása ne sérüljön. Számtalan determinisztikus és valószínűségi diagnosztikai algoritmus született az idők folyamán, de ezek mind valamilyen korlátozó feltétel bevezetésén vagy a valóság leegyszerűsített modelljén alapultak. Az általunk bevezetett módszer jobb paraméterezhetősége révén a valós rendszert jobban megközelítő modellt használ és így nagyobb diagnosztikai pontosság érhető el vele. A módszerünk célja az, hogy megtalálja azt a hibamintát, amelynek fennállása esetén áll elő a legnagyobb valószínűséggel a megfigyelt szindróma. Ezt nevezzük *maximum likelihood diagnosztikának*.

A cikk további részében először bemutatásra kerülnek az alapfogalmak és a diagnosztika során használt hibamodell [1,2]; az ezt követő részben az egyes rendszerek ún. P-gráfok modelljei következnek. Az utolsó fejezetben pedig szimulációs mérések eredményei és más módszerekkel való összehasonlítás található.

2. A rendszerszintű diagnosztika alapfogalmai

A rendszerszintű diagnosztika a rendszer cserélhető egységeinek meghibásodását vizsgálja, de nem foglalkozik a hiba ezen egységeken belüli elhelyezkedésével. Multiprocesszoros rendszereknél ezek az egységek a processzorok a működésükhöz szükséges csatolt részekkel együtt. A rendszer tehát független, de együttműködő egységek által alkotott hálózatnak tekinthető. Egy egységnek két állapota lehet: vagy *jó* vagy *rossz*. A egységek állapotaiból képzett halmazt *hibamintának* nevezzük.

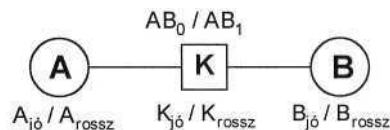
Az egyik gyakran használt modellben a rendszer szomszédos elemei tesztelik egymást; megkülönböztetjük a *tesztelő* és a *tesztelt egységet* (1. ábra). A teszteredmények az egységek állapotának megfelelően binárisak (0/1), ezek halmazát *szindrómának* nevezzük. A



1. ábra

diagnosztika során a szindróma alapján próbáljuk megtalálni a rendszer hibamintáját; maximum likelihood diagnosztika esetén azt a hibamintát, amelyik esetén a legnagyobb valószínűséggel áll elő a megfigyelt szindróma. A szindróma dekódolásában az a nehézség, hogy a teszteredmény nem feltétlenül egyezik meg a tesztelt egység állapotával (pl. ha a tesztelő rossz vagy ha a teszt hibafedése nem 100 %). A rendszernek ezt a viselkedését valószínűségi paraméterek írják le (7. táblázat).

Egy másik lehetséges tesztelési modell a *komparátoros modell*. Itt a tesztelésben résztvevő mindkét egység ugyanazt a tesztet futtatja le, és egy komparátor összehasonlítja az eredményüket. A teszteredmény ennek megfelelően „*egyeznek*” (0) vagy „*nem egyeznek*” (1) lehet. Ha a komparátort hibátlan-



2. ábra

nak tekintjük, akkor az előző modell egy részproblémáját kapjuk ($p_{a0} = 1$, $p_{b0} = p_{c0} = 0$). A komparátor hibájának (2. ábra) figyelembevételéhez viszont további paramétereket kell bevezetni (2. táblázat).

| Tesztelő egység állapota | Tesztelt egység állapota | Teszteredmény valószínűsége | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | 0 | 1 |
| jó | jó | p_{a0} | $p_{a1} = 1 - p_{a0}$ |
| jó | rossz | p_{b0} | $p_{b1} = 1 - p_{b0}$ |
| rossz | jó | p_{c0} | $p_{c1} = 1 - p_{c0}$ |
| rossz | rossz | p_{d0} | $p_{d1} = 1 - p_{d0}$ |

1. táblázat

| Kompa- rátor állapota | Tesztelő egység állapota | Tesztelt egység állapota | Teszteredmény valószínűsége | |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | | | 0 | 1 |
| jó | jó | jó | 1 | 0 |
| jó | jó | rossz | 0 | 1 |
| jó | rossz | jó | 0 | 1 |
| jó | rossz | rossz | p_{d0} | $p_{d1} = 1 - p_{d0}$ |
| rossz | jó | jó | p_{e0} | $p_{e1} = 1 - p_{e0}$ |
| rossz | jó | rossz | p_{f0} | $p_{f1} = 1 - p_{f0}$ |
| rossz | rossz | jó | $p_{g0} = p_{f0}$ | $p_{g1} = p_{f1}$ |
| rossz | rossz | rossz | p_{h0} | $p_{h1} = 1 - p_{h0}$ |

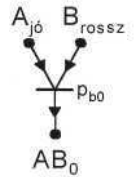
2. táblázat

3. A diagnosztikai rendszer P-grafos modellje

A P-gráf elnevezés a folyamatszabályozás területén használt Processz-gráfból származik; a modell matematikai háttere ezzel a területtel kapcsolatosan került kidolgozásra [3].

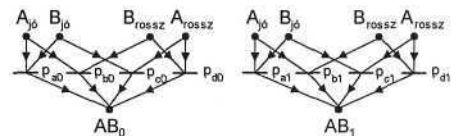
A P-gráf irányított élekkel rendelkező gráf, melynek csomópontjai két diszjunkt halmazra oszthatók. A mi modellünkben az egyik halmaz az *ismeret*, a másik az ismeretek közti *logikai kapcsolatot* tartalmazza. A csomópontokhoz valószínűsége is rendelhető.

A multiprocesszoros rendszerekben az ismeretek halmazában az egységek lehetséges állapotai (A_{j0} , A_{rossz} , B_{j0} stb.) és a teszteredmények (AB_0 , AB_1 , CA_0 stb.) vannak. A „ha A jó és B rossz akkor p_{b0} valószínűséggel lesz a teszteredmény 0” logikai kapcsolatot a 3. ábrán látható módon lehet modellezni. Az egy teszthez (ld. 1. ábra) tartozó összes logikai reláció, melyek a teszteredmények lehetséges előállási módjait határozzák meg, a



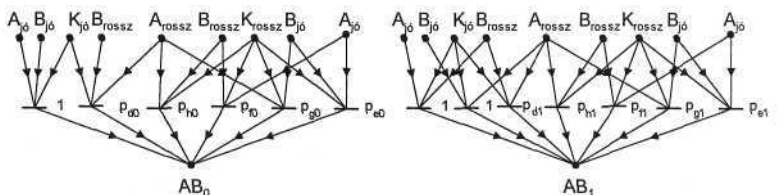
3. ábra

4. ábrán láthatók (az azonos nevű csomópontok természetesen ugyanazok, csak a jobb áttekinthetőség kedvéért lettek többször feltüntetve). A teljes rendszer modelljében minden teszthez hasonlóan hozzá van rendelve 8 logikai reláció. A modellt még néhány *logikai kényszerrel* kell kiegészíteni, melyek azt kötik ki, hogy egy egység nem lehet egyszerre jó és rossz.



4. ábra

A komparátoros modellben egy teszthez a 2. táblázatnak megfelelően valamivel több reláció kapcsolódik (5. ábra), de egyébként hasonlóan épül fel a modell.



5. ábra

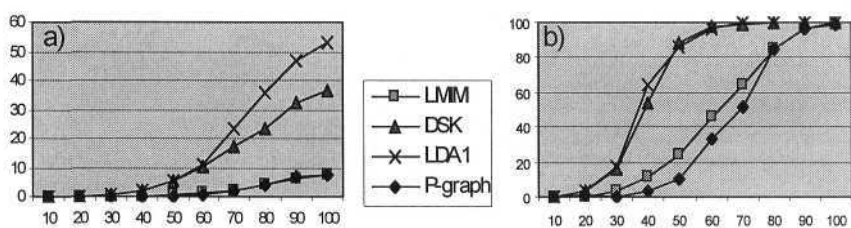
4. A megoldás menete és hatékonysága

A megoldás során először a P-gráf releváns részét kell kiválasztani: ez a teszteredmények által

meghatározott fele a gráfnak. Ezután a kényszereket kielégítő részgráfokat (megoldásstruktúrákat) kell keresni, melyekhez mérőszámként a benne szereplő relációk valószínűségeinek szorzata rendelődik. Ez a mérőszám a *szindróma előállításának valószínűsége adott hibaminta esetén*. A cél megtalálni a legnagyobb mérőszámmal rendelkező megoldásstruktúrát; ez például adaptált branch-and-bound algoritmussal [3] tehető meg egyszerűen.

Mivel valószínűségi algoritmusról van szó, ezért megvan a pozitív esélye annak is, hogy a megtalált hibaminta nem egyezik a rendszerben lévő hibamintával. A diagnosztikai pontosság mérésére szimulációs program készült, melyben néhány gyakran használt algoritmus (LDA1 [4], DSK [5], LMIM [1]) is implementálásra került. A 6.a ábrán az átlagosan félrediaosztizált egységek %-os száma, a 6.b ábrán a hibás diagnosztika valószínűsége látható szintén %-ban 8x8-as tórusz topológia és változó processzor-meghibásodási valószínűségek esetén. Látható, hogy egy nagyobb pontossággal rendelkező algoritmust

sikerült kifejleszteni, mely a valós rendszerek szempontjából fontos tartományban gyakorlatilag hibátlanul működik.



6. ábra

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Selényi Endrének, aki tanácsaival segítette munkám előrehaladását.

Hivatkozások

- [1] T. Bartha, E. Selényi. Probabilistic Fault Diagnosis in Large, Heterogeneous Computing Systems, *Periodica Polytechnica*, vol. 43/2, p. 127-149, 2000.
- [2] B. Polgár, Sz. Nováki, A. Pataricza, F. Friedler. A Process-Graph Based Formulation of the Syndrome-Decoding Problem, *DDECS-2001, Workshop on Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems*, p. 267-272, Hungary, 2001.
- [3] F. Friedler, K. Tarján, Y. W. Huang, and L. T. Fan. Combinatorial Algorithms for Process Synthesis. *Computers Chem. Engng*, 16, p. 313-320, 1992.
- [4] A. Somani and V. Agarwal. Distributed syndrome decoding for regular interconnected structures, in *19th IEEE Int. Symp. on Fault Tolerant Computing*, p. 70-77, IEEE 1989.
- [5] A. Dahbura, K. Sabnani, and L. King. The comparison approach to multiprocessor fault diagnosis, *IEEE Transactions on Computers*, vol. C-36, p. 373-378, Mar. 1987.

Polgár Balázs, tanársegéd

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Méréstechnika és Inf. Rendszerek Tansz.

H-1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

Telefon: +36-1-4633579, Fax: +36-1-4632667, E-mail: polgar@mit.bme.hu