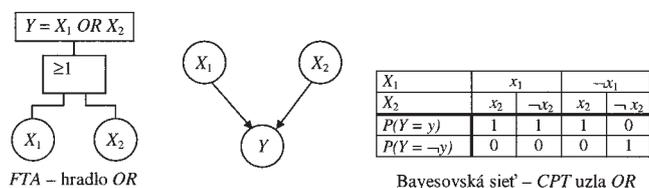


Bayesovské siete – rozšírené možnosti analýzy spoľahlivosti (2)

Konverzia stromu porúch do bayesovskej siete

Jednou z najobľúbenejších analytických metód, ktoré sa používajú na analýzu bezpečnosti a spoľahlivosti najmä zložitých systémov (programovateľné elektronické systémy, riadiace systémy jadrových elektrární, dopravných, chemických a iných priemyselných procesov, komunikačné systémy a pod.), je metóda stromov poruchových stavov [8]. Lubovoľné hradlo použité v strome poruchových stavov je možné konvertovať do uzla bayesovskej siete. Ako príklad uvádzame konverziu OR hradla (obr. 2). Rodičovským uzlom X_1 a X_2 sú priradené apriórne pravdepodobnosti, uzol potomka Y má priradenú tabuľku CPT. Pretože hradlo OR reprezentuje deterministické kauzálne vzťahy, všetky hodnoty v zodpovedajúcej CPT tabuľke sú 1 a 0. Konverzia ostatných typov hradiel (AND, „k z n“, XOR a pod.) je analogická. Formálnu definíciu algoritmu konverzie možno nájsť napr. v [1].

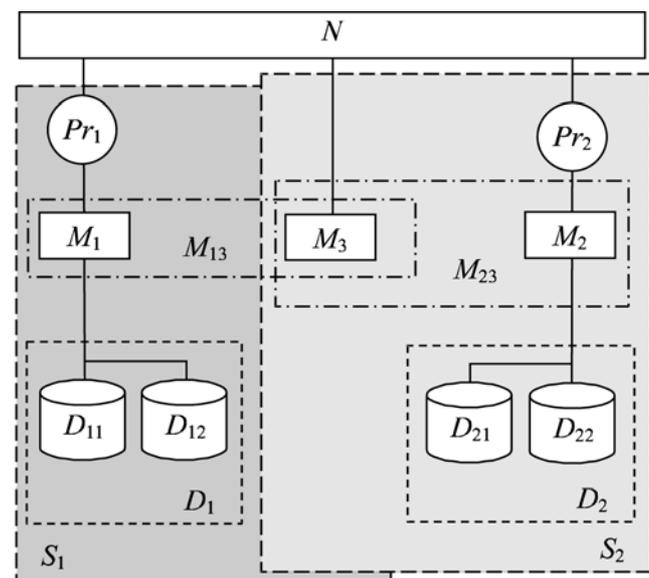


FTA – hradlo OR

Bayesovská sieť – CPT uzla OR

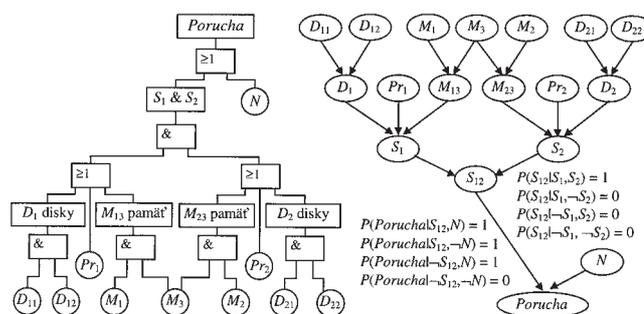
Obr.2 Konverzia OR hradla do uzla bayesovskej siete

Aplikáciu algoritmu budeme demonštrovať na príklade redundantného multiprocessorového systému na obr. 3, prevzatého z [6]. Systém pozostáva zo zbernice N , spájajúcej dva procesory Pr_1 a Pr_2 , z ktorých každý má prístup ku svojej lokálnej pamäti (M_1 , resp. M_2) a k spoločnej zdieľanej pamäti M_3 cez zbernicu N , takže ak lokálna pamäť zlyhá, procesor môže používať zdieľanú pamäť. Každý procesor je pripojený k jednej diskovej jednotke (D_{11} , resp. D_{21}). Ak táto zlyhá, procesor sa prepne na záložnú jednotku (D_{12} , resp. D_{22}). Celý systém je funkčný, ak je funkčná zber-



- N zbernica
- Pr_1, Pr_2 procesory
- M_1, M_2 lokálna pamäť pre Pr_1, Pr_2
- M_3 pamäť zdieľaná procesormi Pr_1, Pr_2
- D_{11}, D_{12} hlavný a záložný disk pre Pr_1
- D_{21}, D_{22} hlavný a záložný disk pre Pr_2
- S_1, S_2 subsystémy

Obr.3 Príklad redundantného procesorového systému



Obr.4 Ekvivalentné reprezentácie pre vznik poruchy v uvažovanom systéme

nica N a jeden z podsystémov S_i ($i = 1, 2$). Na obrázku je tiež znázornené rozdelenie do logických podsystémov, t. j. podsystémov S_i ($i = 1, 2$), diskových jednotiek so zálohovaním D_i ($i = 1, 2$) a pamäťových podsystémov M_{i3} ($i = 1, 2$). Strom poruchových stavov pre tento systém je na obr. 4a. Vrcholový udalost ako funkciu množín minimálnych rezov by sme zapísali:

$$\begin{aligned}
 \text{Porucha} = & N + D_{11} \cdot D_{12} \cdot D_{21} \cdot D_{22} + D_{11} \cdot D_{12} \cdot M_2 \cdot M_3 + \\
 & + D_{11} \cdot D_{12} \cdot Pr_2 + M_1 \cdot M_3 \cdot D_{21} \cdot D_{22} + M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 + \\
 & + M_1 \cdot M_3 \cdot Pr_2 + Pr_1 \cdot D_{21} \cdot D_{22} + Pr_1 \cdot M_2 \cdot M_3 + Pr_1 \cdot Pr_2
 \end{aligned}$$

Zodpovedajúca bayesovská sieť je na obr. 4b, kde sú ako príklad vyjadrené zodpovedajúce hodnoty pravdepodobností pre dva vybrané uzly (AND a OR). Kvantifikácia obidvoch modelov si vyžaduje priradenie pravdepodobností porúch každému komponentu listovým uzlom stromu poruchových stavov a koreňovým uzlom bayesovských sietí ako apriórne pravdepodobnosti. Pretože poruchy komponentov majú exponenciálne rozdelenie pravdepodobnosti, pravdepodobnosť výskytu základnej udalosti X_i bude

$$P(X_i = x_i, t) = 1 - e^{-\lambda_{x_i} \cdot t}$$

kde λ_{x_i} je intenzita porúch komponentu X_i . Z uvedeného vyplýva, že ľubovoľný strom poruchových stavov môžeme transformovať na bayesovskú sieť.

Literatúra

(vybrané tituly)

- [1] BOBBIO, A. – PORTINALE, L. – MINICHINO, M. – CIANCAMERLA, E.: Improving the analysis of dependable systems by mapping fault trees into Bayesian networks. Reliability Engineering and System Safety, 71. Elsevier 2001, s. 249 – 260.
- [6] MALHOTRA, M. – TRIVEDI, K.: Dependability modeling using Petri nets. IEEE Trans Reliabil, R-44, 1995, s. 428 – 440.
- [8] RÁSTOČNÝ, K.: Model for safety analysis of the interlocking system. In: Proc. of 3-rd international scientific conference ELEKTRO '99. Section: Information & safety systems. University of Žilina 1999, s. 13 – 18.

Pokračovanie v budúcom čísle.

Ing. Aleš Janota, PhD., Eur Ing

Katedra radiacích a informačných systémov
 Elektrotechnická fakulta Žilinskej univerzity
 Veľký diel, 010 26 Žilina
 Tel.: 041/565 55 59
 e-mail: ales.janota@fel.utc.sk