

CONSTRUCTION OF RELIABILITY MODELS FOR ADVANCED DIGITAL SYSTEMS

Jan Trávníček

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xtravn09@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jan Kaštil

E-mail: ikastil@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with the systems reliability. At first, there is discussed the concept of reliability itself and its indicators, which can specifically express reliability. The second section describes the different kinds of reliability models and their advantages and disadvantages. It further describes the basic methods for construction of reliability models. The third section is devoted to a very important Markov models. Markov models are very powerful and complex model for calculating the reliability of advanced systems. Their suitability is explained here for recovered systems, which may contain absorption states.

Keywords: Reliability models, Markov chain, Standby redundancy, Markov Chain Monte Carlo.

1 ÚVOD

Každý den používáme různá elektronická a elektrotechnická zařízení. Spolehlivost u většiny z nich nemá pro nás veliký dopad. Existují ale skupiny zařízení, na jejichž spolehlivosti může záviset náš život. Pro příklad si můžeme uvést oblast medicíny nebo avioniky. Můžeme se setkat i s dalšími důvody pro zvyšování spolehlivosti. Mohou to být systémy, u kterých požadujeme dlouho životnost bez možnosti zásahu a opravy. Tato vlastnost je typická například pro kosmonautiku.

Nezanedbatelnou oblast tvoří taková zařízení, u kterých by jejich porucha způsobila velké finanční ztráty. Typicky se jedná o systémy použité v bankách a pojišťovnách. Platí zde jednoduché pravidlo: Čím větší může být případná ztráta, tím více prostředků bychom měli vynaložit pro zabezpečení vyšší spolehlivosti.

Spolehlivostí a jejím výpočtem je nutné se zabývat. Tento příspěvek se zabývá tvorbou spolehlivostních modelů, díky kterým jsme schopni vypočítat spolehlivostní ukazatele. Konkrétně se jedná o spolehlivostní modely pro pokročilé číslicové systémy s možností opravy.

2 SPOLEHLIVOST A SPOLEHLIVOSTNÍ UKAZATELE

Spolehlivost je definována dle normy ČSN 010102 jako „obecná vlastnost objektu spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených technických podmínek“. Spolehlivost je tedy komplexní vlastnost, která v sobě jako pojem zahrnuje například bezporuchovost, životnost nebo udržovatelnost. Nejsme ji tedy schopni vyjádřit jedním konkrétním číslem.

Norma ale zavádí několik spolehlivostních ukazatelů, které jsme již schopni přesně vyčíslit konkrétním číslem. Tyto veličiny si můžeme rozdělit do dvou skupin. Jedná se o ukazatele spolehlivosti pro neobnovované objekty, kam patří pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$, intenzita poruch $\lambda(t)$ a střední doba bezporuchového stavu T_s . Skupinu ukazatelů spolehlivosti pro obnovované objekty tvoří střední doba mezi poruchami T_s , střední doba cyklu T_c , okamžitý součinitel pohotovosti $K_p(t)$ a intenzita oprav μ .

2.1 METODY ŘÍZENÍ SPOLEHLIVOSTI

Zlepšit všechny ukazatele spolehlivosti by znamenalo snížit hodnotu intenzity poruch λ . To je často ale velmi nákladné nebo až fyzikálně a technologicky neproveditelné. Metody, které se snaží i přesto nadále zlepšovat spolehlivost právě tímto způsobem, se nazývají jako předcházení poruchám (anglicky „fault avoidance“).

Další možný přístup je ten, který s výskytem chyb počítá a snaží se je maskovat. Takové metody se nazývají jako odolnost proti poruchám (anglicky „fault tolerance“). U těchto systémů je vyžadováno, aby systém fungoval správně i při výskytu chyby nějaké dílčí součástky. Pokud ji nedokáže již dále maskovat, jedná se již i poruchu celého systému. Správná funkčnost systému je definována pomocí tří podmínek: Zpracování dat nebylo zastaveno ani změněno v důsledku poruchy, výsledek je správný a výsledek byl získán v předepsané době.

3 SPOLEHLIVOSTNÍ MODELY

Pod pojmem spolehlivostní model si můžeme představit grafické nebo matematické znázornění vztahů v systému. Převod těchto vzájemných závislostí a vztahů pak můžeme převést do matematického modelu, který jsme již schopni vypočítat a zjistit tak požadovaný ukazatel spolehlivosti. Nejčastěji se používají následující spolehlivostní modely.

Blokové spolehlivostní modely a stromy poruch můžeme použít pro výpočet ukazatelů spolehlivosti pouze u takových systému, které splňují následující omezující podmínky. V systému se vyskytují pouze trvalé poruchy. Systém neumožňuje rekonfiguraci. Poruchy nejsou závislé na čase nebo na pořadí. V systému se nevyskytují různá chování v závislosti na aktuálním stavu.

Chceme-li se zabývat spolehlivostí u systému, který porušuje alespoň jednu z uvedených podmínek, musíme pro jeho modelování použít Markovské modely.

3.1 BLOKOVÉ SPOLEHLIVOSTNÍ MODELY

Tyto modely jsou hojně využívané díky své přehlednosti a rychlé orientaci. Snadno zde můžeme vidět, jak jednotlivý prvek přispívá ke spolehlivosti celého systému. Pro použití blokových spolehlivostních modelů je nutné systém rozložit na jednotlivé na sobě nezávislé dílčí prvky.

Nejjednodušším příkladem těchto modelů může být sériový a paralelní blokový spolehlivostní model. Tyto dva modely jsou vlastně speciálním případem pro paralelně sériový a sériově paralelní blokový spolehlivostní model. Tyto modely lze samozřejmě libovolně dále kombinovat, kdy se nám vzniknou tzv. kombinované blokové spolehlivostní modely. Při jejich výpočtu se postupuje postupným výpočtem pro jednotlivé podsystémy. S těmito mezivýsledky se potom počítá dále pro vyjádření spolehlivosti celého výsledného systému.

3.2 STROMY PORUCH

Jedná se o hierarchický strom, který se skládá z událostí (poruchy) a hradel (anglicky „gates“). Nejčastěji se setkáme s hradly typu OR (odpovídá sériovému zapojení) a AND (odpovídá paralelnímu zapojení).

Mezi hlavní výhody pro použití stromů poruch patří přehlednost, libovolné zjemňování detailu, dělení na menší podstromy, které můžeme řešit samostatně, a snadný výpočet ukazatelů spolehlivosti.

3.3 MARKOVSKÉ MODELY

Stochastické procesy, jejichž chování je závislé pouze na aktuálním stavu, nazýváme Markovské procesy. Markovské procesy můžeme použít s diskretním nebo spojitým stavovým prostorem a s diskretním nebo spojitým časem. Nejvhodnější dynamický model pro modelování systémů s tolerancí chyb je pak Markovský proces s diskretním stavovým prostorem a spojitým časem.

Markovské procesy si můžeme dále rozdělit podle kritéria, zda obsahují, či neobsahují, absorpční stavy. Absorpční stav je takový stav, ze kterého se již proces nemůže dostat do jiného stavu. Absorpční stavy se většinou dají sloučit do jednoho stavu pro přehlednost a usnadnění výpočtu.

Postup pro použití Markovských modelů je tedy následující: Sestrojíme graf přechodů mezi stavy, které rozlišíme na provozuschopné a poruchové. Sepíšeme soustavu diferenciálních Kolmogorových rovnic pro časové funkce pravděpodobnosti stavů pro vytvořený graf přechodů. Získanou soustavu diferenciálních rovnic můžeme řešit analyticky nebo numericky. Součtem pravděpodobnosti provozuschopných stavů dostaneme pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$.

4 ZÁVĚR

V současné době je implementován a především testován nástroj pro výpočet spolehlivosti pro systémy s obnovou v programovacím jazyce Python. Tento nástroj pro výpočet používá právě Markovské modely a pro jejich řešení numerickou metodu. Nástroj umožňuje načítání architektury ze souboru v XML formátu. Jak ukázaly první výsledky výpočtů, numerické řešení diferenciálních soustav je pomalé. Následující práce bude spočívat v nastudování teorie ohledně řešení Markovských modelů pomocí metody Monte Carlo.

Po implementaci této metody bude třeba srovnat přesnost výsledků a rychlost výpočtu. Klíčové bude dobře odhadnout počet simulačních pokusů pro dostatečně přesný výsledek. Metoda Monte Carlo by měla hlavně přinést zrychlení výpočtu. Dále u ní budeme moci reálněji simulovat opravu poruchaných jednotek, kde bude čas potřebný pro jejich opravu přímo sledován a nebude nahrazován za pravděpodobnost přechodu do stavu po opravě. Jako další úvaha se jistě nabízí případná paralelizace simulačních výpočtů, kde bude třeba dobře ošetřit a nastavit inicializační hodnotu generátorů pseudonáhodných čísel (anglicky „Random Seed“).

REFERENCE

- [1] Pukite, J., Pukite, P.: Modeling for Reliability Analysis, Piscataway, IEEE Press 1998, ISBN 0-7803-3482-5
- [2] Hlavička, J., Racek, S., Golan, P., aj.: Číslicové systémy odolné proti poruchám, Praha, Vydavatelství ČVUT 1992, ISBN 80-01-00852-5
- [3] Polsterová, H.: Spolehlivost v elektrotechnice, [online], Naposledy navštíveno 12. 12. 2012, URL http://files.gamepub.sk/Bakalar/ET1/Spolehlivost_v_elektrotechnice.pdf