

Análise da Dependabilidade em Redes Utilizando Reliability Block Diagram

Helder May Nunes da Silva Oliveira¹, Rodolfo Barros de Moraes², Almir Pereira Guimarães³

Ciência da Computação – Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus Arapiraca

Caixa Postal n_ 61 – 57.309-005 – Arapiraca – AL – Brasil

{helder.ufal¹, rodolfobmoraes²}@gmail.com, apguimar@hotmail.com³

Abstract. : *This article aims to study aspects of the dependability of computers networks. These aspects which refer to the reliability considering an different mechanisms modeling for an analytical evaluation. Complex scenarios were created with the participation of different redundancy mechanisms to evaluate the system behavior in different situations. We adopted an approach using combinatorial models, such as Reliability Block Diagram for a high-level approach. Subsequently, we present the results and outcomes.*

Resumo. : *Este artigo tem por objetivo o estudo de aspectos relativos à dependabilidade de redes de computadores. Aspectos esses que se refere à confiabilidade considerando diversos mecanismos de modelagem para uma avaliação analítica. Foram criados cenários complexos com inserção de diferentes mecanismos de redundância para avaliar o comportamento do sistema em diferentes situações. Foi adotada uma abordagem utilizando modelos combinatoriais, tal como Reliability Block Diagram para uma abordagem em alto nível. Posteriormente, são mostrados os resultados obtidos e os resultados esperados.*

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, o uso de redes de comunicação tem aumentado significativamente. Este crescimento considerável é algo relacionado com a interoperabilidade oferecida pela integração dos serviços de dados, voz e vídeo e a conseqüente redução dos custos associados. Estes serviços devem ser prestados de forma contínua, mesmo quando ocorrem falhas de hardware ou de software. O correto funcionamento dos equipamentos tem um impacto significativo tanto na integração de negócios quanto na qualidade dos serviços prestados aos usuários.

Nas comunidades acadêmicas em geral, diversas abordagens têm tratado sobre dependabilidade em redes de computadores.

Segundo [Chu, Pant, Richman e Wu 2006] apresenta uma abordagem sistemática para quantificar a confiabilidade das redes VoIP corporativas. Essa abordagem fornece um método aperfeiçoado através de um procedimento de cálculo da confiabilidade, utilizando-se de representações através de Reliability Block Diagram (RBD). Por sua vez, [Zou, Janic, Kooij e Kuipers 2007] descreve métodos algorítmicos para a obtenção de valores da disponibilidade através de diversas topologias de redes de computadores. Além disso, este trabalho apresenta duas ferramentas para o cálculo da disponibilidade em redes grandes e complexas. [Trivedi, Kim, Roy e Medhi 2009] apresenta uma nova classificação para os modelos de dependabilidade e segurança voltado a sistemas e redes de comunicação. Em seguida, apresenta vários tipos de modelos, tais como

disponibilidade, confidencialidade, integridade, desempenho, confiabilidade, segurança e manutenibilidade. Os modelos de dependabilidade/segurança podem ser representados tanto através de modelos combinatoriais quanto de modelos baseados em espaço de estado e modelos hierárquicos.

Este trabalho irá apresentar modelos de dependabilidade para redes de computadores de maneira a analisar a confiabilidade tanto em termos dos componentes que a constituem quanto de sua topologia. Serão tratados modelos utilizando Reliability Block Diagram, de maneira a viabilizar a análise de diferentes topologias em redes WANs.

O resto do artigo é organizado como segue: seção II apresenta alguns conceitos fundamentais de dependabilidade, tais como confiabilidade, além de Reliability Block Diagram (RBD). A Seção III descreve a metodologia utilizada na realização deste trabalho. A Seção IV apresenta alguns modelos de redes de longa distância (WANs) utilizando Reliability Block Diagram. Seção V realiza um estudo de caso, utilizando os modelos baseado em Reliability Block Diagram para redes de longa distância, em diferentes arquiteturas. Finalmente, a seção VI discute os resultados deste estudo e introduz novas idéias para futuras pesquisas.

2. Conceitos Fundamentais

2.1. Dependabilidade

Com a crescente dependência das atividades sociais e econômicas em sistemas de informação, existe grande expectativa da confiabilidade e robustez para as redes de computadores e de comunicação subjacentes a estes sistemas. Essa expectativa é devida à presença de falhas que podem ser originadas de diversas fontes tais como falhas de hardware, bugs de software, ataques mal-intencionados, erros humanos de operação/manutenção e desastres naturais. A possibilidade de evitar falhas que podem colocar os serviços em risco é um direcionamento que deve ser seguido. Portanto, a dependabilidade é uma questão-chave em tais sistemas.

Segundo [Avizienis 2004] a dependabilidade de um sistema de computadores deve ser entendida como a habilidade de se evitar falhas em serviços que são mais freqüentes e mais severas do que é aceitável. Por sua vez, as exigências de dependabilidade englobam os conceitos de disponibilidade, confiabilidade, integridade, manutenibilidade e segurança [Avizienis 2004]. Neste trabalho, com relação à dependabilidade, iremos tratar principalmente com os conceitos de confiabilidade e disponibilidade.

A confiabilidade é a probabilidade de que um sistema esteja operacional em um dado intervalo de tempo $[0, t]$, desde que estava operacional no tempo $t=0$ [Pradhan 1996]. Um sistema de alta confiabilidade é aquele que mais provavelmente continuará a funcionar sem interrupção durante um período de tempo relativamente longo. Este atributo mede a correta continuidade de um serviço, a partir de um tempo de referência inicial: $R(t) = 1 - F(t)$, onde $F(t)$ é a função de distribuição cumulativa a qual pode ser considerada como não confiabilidade.

2.2. Reliability Block Diagram

Reliability Block Diagram (RBD) é considerado um modelo tipo combinatorial, não baseado em espaço de estados. Ele representa a estrutura lógica de um sistema com relação à forma de como a confiabilidade de seus componentes afetam a confiabilidade do sistema. Os componentes são combinados em blocos, em configurações do tipo série, em paralelo ou em k-out-of-n. Todos estes construtores podem ser utilizados juntos em um único diagrama de blocos. Componentes do mesmo tipo que aparecem mais do que

uma vez na estrutura do sistema são assumidos serem cópias com funções de distribuição independentes e idênticas. Eles mapeiam a dependência operacional de um sistema em relação a seus componentes. O subsistema representando os componentes em série implica que a falha de qualquer componente resulta em uma falha daquele subsistema. Por outro lado, o subsistema representando os componentes em paralelo implica que apenas a falha de todos os componentes resulta na falha daquele subsistema. Por fim um subsistema representando os componentes em k-of-n implica que o subsistema é operacional se k ou mais dos n componentes estão trabalhando.

Configurações em série e em paralelo são casos especiais de configuração tipo k-of-n. Uma estrutura em série é do tipo n-of-n e uma estrutura em paralelo é do tipo 1-of-n. Figura 1 mostra um exemplo de RBD que modela um multiprocessador tolerante a falhas com múltiplos módulos de memória compartilhados garantindo que o sistema é operacional se ao menos um processador e um módulo de memória é operacional.

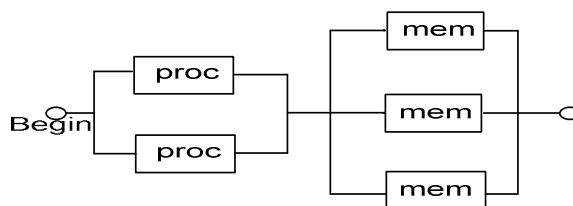


Figura 1. Um exemplo de Reliability Block Diagram

3. Metodologia

Esta seção apresenta o processo para avaliar a dependabilidade em redes de computadores. A metodologia consiste de quatro etapas: A primeira é a elicitação das características do sistema e o escopo do estudo a ser realizado. A segunda etapa trata da coleta dos dados que serão utilizados para parametrizar o modelo. A terceira etapa observa a modelagem e validação do modelo do sistema em estudo. Por fim, a quarta etapa consiste dos métodos de avaliação, da definição dos cenários a serem avaliados e interpretação de resultados. A primeira etapa trata sobre a caracterização do sistema a ser avaliado, identificação dos componentes relevantes do sistema e interface entre estes componentes. Para atingir os objetivos da segunda etapa, inicialmente é necessário definir as métricas que serão observadas. As informações coletadas e analisadas são referentes aos principais componentes da rede. Informações de dependabilidade são relacionadas às seguintes variáveis: Tempo Médio para Falha (MTTF - Mean Time To Failure) e Tempo Médio para Reparo (MTTR - Mean Time To Repair). A terceira etapa, correspondente à modelagem do sistema, considerando tanto RBD ou FT como modelos formais de representação do sistema. A última etapa do processo concerne à escolha dos métodos de avaliação a serem conduzidos (análise ou simulação, estacionária ou transiente).

4. Cenários e Modelos

Nessa seção são apresentados os cenários (Figuras 2, 4 e 6) e seus respectivos modelos de dependabilidade (Figuras 3, 5 e 7). Estes modelos podem ser avaliados utilizando ferramentas tais como SHARPE.

Com relação às redes WANs, a Figura 2 mostra um cenário composto por duas máquinas, um switch, dois roteadores (R0 e R1), sendo que estes estão interligados por um simples enlace (L0). Este cenário está representado pelo modelo Reliability Block Diagram mostrado na Figura 3.

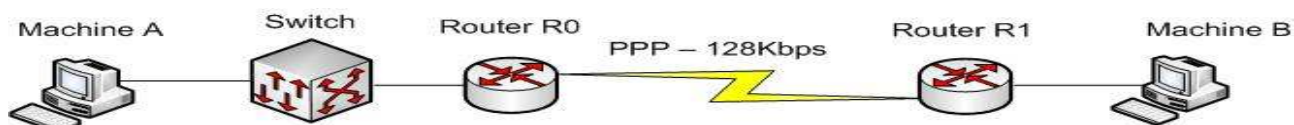


Figura 2. Cenário 1

O modelo representado pela Figura 3 está representando uma rede WAN (ver Figura 2), através de Reliability Block Diagram. Os blocos deste modelo representam os roteadores (R0 e R1) e o enlace (L0). Segundo este modelo, para que o sistema esteja operacional, é necessário que não ocorra nenhuma falha nos blocos (R0, L0 e L1), sendo mantido um caminho de funcionamento entre a entrada e a saída do sistema.

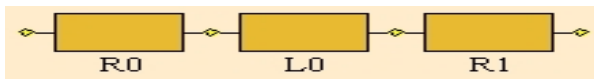


Figura 3. Modelo – Cenário 1

O cenário 2, também relacionado às redes WANs (ver Figura 4), mostra um cenário composto por duas máquinas, um switch, dois roteadores (R0 e R1), sendo que estes estão interligados por enlaces redundantes (L0 e L1). Este cenário está representado pelo modelo RBD mostrado na Figura 5.

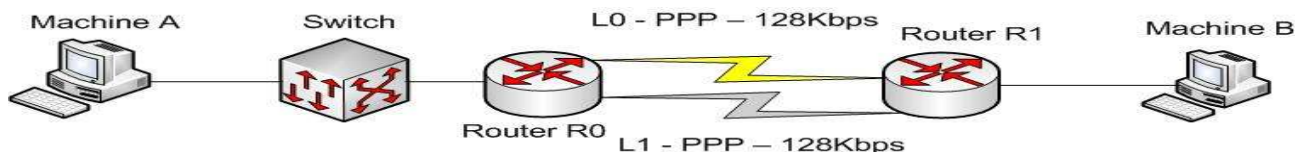


Figura 4. Cenário 2

O modelo representado pela Figura 5 representa uma rede WAN (ver Figura 4) através de RBD. Os blocos deste modelo estão representados pelos roteadores (R0 e R1) e pelos enlaces (L0 e L1). Ao observar a vulnerabilidade ocorrida no modelo da figura 3, foi incluso enlaces redundantes para avaliar o comportamento da rede. Segundo este modelo, para que o sistema esteja operacional mesmo com a presença de falhas, é necessário que ocorra apenas uma falha em um dos blocos referentes ao enlace (L0 ou L1), mas de nenhuma forma poderá ocorrer falha nos blocos R0 ou R1, pois deve ser mantido ao menos um caminho entre a entrada e a saída do sistema.

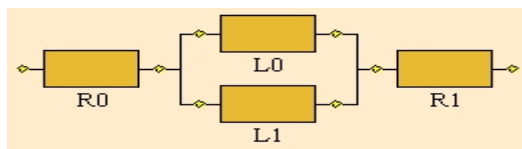


Figura 5. Modelo – Cenário 2

No terceiro cenário ainda relacionado às redes WANs (ver figura 6), é apresentado um cenário composto por duas máquinas, um switch, quatro roteadores (R0, R1, R2 e R3), sendo que o roteador R1 se mantém em standby, ou seja, enquanto o roteador R2 estiver ativo e operacional, o roteador R1 estará ativo mais não operacional. Caso R2 fique não operacional, R1 assume e se mantém ativo e operacional até que R2 se torne ativo novamente. O roteador R2 está interligado ao roteador R0 e R3 respectivamente pelos enlaces L2 e L3, da mesma forma o roteador R1 está interligado ao roteador R0 e R3 respectivamente pelos enlaces L0 e L1. Este cenário está representado pelo modelo Reliability Block Diagram mostrado na Figura 7.

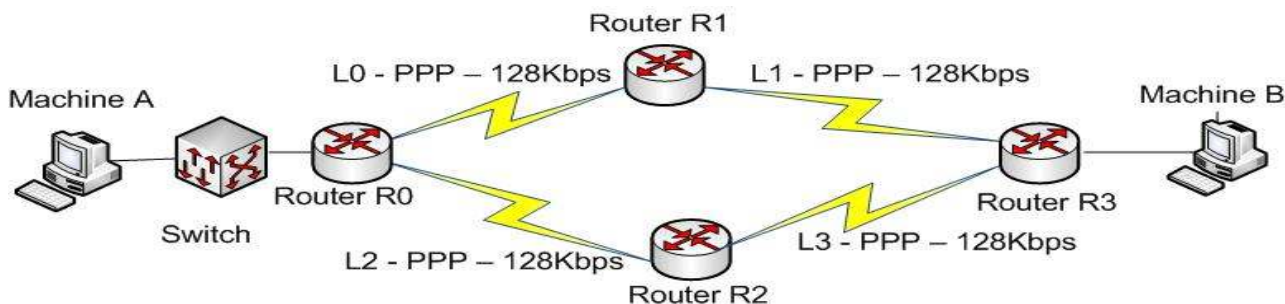


Figura 6. Cenário 3

O modelo representado pela Figura 7 representa uma rede WAN (ver Figura 6) através de RBD. Os blocos deste modelo estão representados pelos roteadores (R0, R1, R2 e R3) e pelos enlaces (L0, L1, L2 e L3). Segundo este modelo, para que o sistema esteja operacional os blocos R0 e R3 e ao menos uma das duas séries (L0, R1 e L1) e (L2, R2 e L3) devem estar funcionando, pois deve ser mantido ao menos um caminho entre a entrada e a saída do sistema.

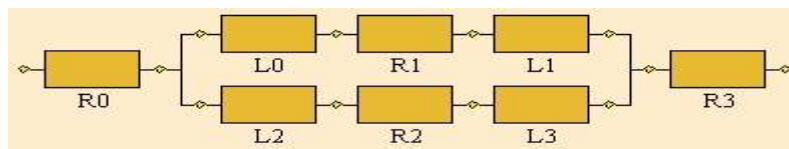


Figura 7. Modelo – Cenário 3

5. Resultados

Nesta seção iremos considerar os cenários e modelos apresentados na seção anterior. Através dos modelos baseado em Reliability Block Diagram foram realizadas simulações através da ferramenta SHARPE a fim de avaliar a confiabilidade e determinar o comportamento dos pontos críticos dentro de cada rede.

A figura 8 é composta por três gráficos A, B e C. Estes gráficos representam a simulação dos modelos das figuras 3, 5 e 7 respectivamente, utilizando os valores dos MTTFs da Tabela 1. O gráfico A corresponde a simulação de uma rede WAN simples sem redundância. O gráfico B corresponde à simulação de uma rede WAN com redundância no enlace. Por sua vez, o gráfico da figura C corresponde à simulação de uma rede WAN com redundância nos roteadores.

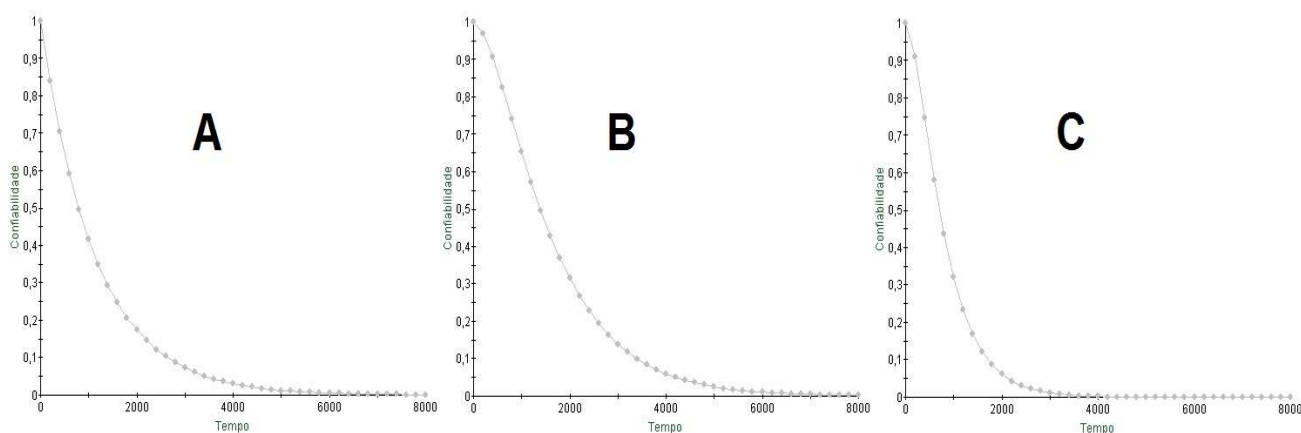


Figura 8. Gráficos referentes aos modelos

Por fim, comparando os diversos gráficos descritos nesta seção (ver Figura 8), podemos perceber que no gráfico A (rede sem redundância) a confiabilidade da rede decresce de maneira acentuada, alcançando um valor próximo à zero no tempo aproximadamente de 5.500 horas. No gráfico B, a confiabilidade do sistema é aumentada, alcançando um valor próximo à zero em um tempo próximo de 6.000 horas. No Gráfico C, o valor da confiabilidade do sistema atinge um valor próximo à zero no tempo de aproximadamente 3.200 horas.

Estes resultados mostram que um aumento no grau de redundância da topologia da rede irá acarretar um aumento de sua confiabilidade. Apresentamos resultados onde tanto no enlace quanto nos roteadores foi inserida a redundância. Em estudos posteriores, podem ser analisados os resultados da disponibilidade em função dos

parâmetros MTTF e MTTR, junto com diferentes topologias de redes de computadores, englobando tanto redes LANs quanto redes WANs.

A tabela a seguir apresenta os principais equipamentos da rede e seus respectivos MTTFs.

Tabela 1. Tabela com o MTTF dos equipamentos
***Dados Fornecidos pelo Fabricante**

Equipamento	MTTF/ Horas
Roteador	60.000
Enlace	1.188

6. Conclusão

Neste trabalho, foram propostos modelos baseados em RBD para avaliar a dependabilidade de redes de computadores. Os resultados obtidos ajudam a compreender o seu comportamento em relação a diversos cenários, considerando-se a variação em diversos parâmetros de seus principais componentes.

No que diz respeito a RBD o estudo teórico comprovou que sua aplicação como suporte para simulação é viável e está alinhada com os objetivos ao qual pretendemos alcançar.

Para trabalhos futuros, pretendemos estender esses modelos e incluir um maior número de redundâncias além de aumentar a quantidade de componentes. É prevista a utilização de Reability Graph para o cálculo de diversos parâmetros das redes de computadores, além da inclusão de diferentes topologias.

7. Referências

- Avizienis, A., Laprie, J.C., Randell, B. e Landwehr C. (2004) “Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing”, Em: IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, p. 11–33.
- Chu, C., Pant, H., Richman, S. e Wu. P. (2006) “Enterprise voip reliability”, Em: 12th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium.
- Kuo, W. e Zuo, W. (2003) “Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications.” Em: John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Sahner, R., Trivedi, K. S. e Puliafito, A. (2002) “Performance and Reliability Analysis of Computer Systems”. Kluwer Academic Publishers Group, ISBN: 0-7923-9650-2.
- Trivedi, K.S, Kim, D., Roy, A. e Medhi, D. (2009) “Dependability and security models.” Em: 7th International Workshop on Design of Reliable Communication Networks, DRCN 2009, p. 11-20.
- Trivedi, K.S. (2004). Em DUKE University. “<http://people.ee.duke.edu/~kst/>”.
- Trivedi, K.S. (2001) “Probability and Statistics with Reliability, Queuing, and Computer Science”. Em: Applications. John Wiley and Sons, New York.
- Weber, T.S. (2011) “Um roteiro para exploração dos conceitos básicos de tolerância a falhas.”, <http://www.inf.ufrgs.br/~taisy/disciplinas/textos/Dependabilidade.pdf>.
- Zou, W., Janic, M., Kooij, R. e Kuipers, F. (2007) “On the availability of networks.” Em: Proc. of the Broadband Europe 2007 Conference.