

네트워크 서비스의 가용도 향상을 위한 재활기법의 다중화 시스템 분석

류홍림¹ · 심재찬² · 류호용² · 이유태^{1*}

Analysis of Redundant System with Rejuvenation for High Availability of Networking Service

Hong-Rim Ryu¹ · Jaechan Shim² · Hoyong Ryu² · Yutae Lee^{1*}

^{1*}Department of Information and Communications Engineering, Dongeui University, Busan 47227, Republic of Korea

²Network SW Platform Reserch Section, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 34129, Republic of Korea

요 약

가용도는 사용자에게 고가용 서비스를 제공하는 네트워크 시스템의 주요 성능지표로서 임의의 시간에 사용자에게 서비스를 제공할 수 있는 확률이다. 네트워크 서비스의 가용도를 향상시키는 대표적인 방법으로 다중화 방식과 재활기법이 있다. 본 논문에서는 2N redundancy와 시간 기반의 재활기법이 가용도에 미치는 영향을 분석한다. 2N redundancy는 active 시스템과 standby 시스템으로 구성하는 다중화 방식이다. 재활주기에 의존하는 시간기반의 재활기법이다. 본 논문은 시간기반의 재활기법을 적용한 2N redundancy 모델을 stochastic reward net으로 설계한다. 설계한 모델은 stochastic Petri net package를 이용하여 분석한다. 수치해석을 통해 재활기법을 적용한 시스템의 가용도가 적절한 주기에서 재활기법을 적용하지 않은 시스템의 가용도보다 높다는 것을 알 수 있다.

ABSTRACT

Availability, one of the important metrics used to assess the performance of network system, is defined as the probability that a system is operational at a given point in time under a given set of environmental conditions. To improve the availability of the network service, the redundancy models and the rejuvenation schemes are the effective schemes to be typically used. In this paper, we analyse the effect of 2N redundancy model and/or rejuvenation scheme on the availability of network service. The 2N redundancy model consists of one active and one standby component and the performance of time-based rejuvenation scheme mainly depends on its rejuvenation period. We design stochastic reward net model for the 2N redundancy model with time-based rejuvenation scheme and analyse the service availability of the model using stochastic Petri net package. We provide some numerical examples of the service availability, which shows that the system with rejuvenation has higher availability than the system without rejuvenation.

키워드 : 가용도, 다중화, 재활기법, SPNP

Key word : Availability, Redundant, Rejuvenation, Stochastic Petri Net Package

Received 05 July 2016, Revised 08 July 2016, Accepted 18 July 2016

* Corresponding Author Yutae Lee(E-mail: ylee@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-1682)

Department of Information and Communications Engineering, Dongeui University, Busan 47227, Republic of Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.9.1717>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

네트워크 시스템은 사용자에게 끊임 없는 서비스를 제공할 필요가 있다. 끊임 없는 서비스는 사용자가 어떤 시점에서나 서비스를 제공받을 수 있어야 하며, 가용도로 시스템의 서비스성능을 알 수 있다[1]. 가용도는 사용자가 어떤 시간에서나 서비스를 제공 받을 수 있는 확률로서 시스템의 상태에 따라 영향을 받는다. 시스템은 시간이 지남에 따라 노화되고, 노화 상태인 시스템은 고장 발생 확률이 높아지게 되며, 고장나면 사용자에게 서비스를 제공하지 못해 가용도가 낮아지게 된다 [2]. 낮아질 수 있는 가용도를 향상 시킬 수 있는 방법으로 다중화 방식과 재활기법이 있다.

다중화 방식은 고장후 처리하는 방법으로, 동일한 복수의 시스템을 이용하여 서비스 중인 시스템이 고장나면, 동일한 예비 시스템으로 대체하여 계속해서 서비스를 제공하여 가용도를 향상 시키는 방법이다. 다중화 방식은 구성 방식에 따라 2N redundancy, N+M redundancy, N-way redundancy 등으로 분류 할 수 있다 [3].

소프트웨어 재활기법은 시스템의 노화로 인해 고장확률이 높아진 시스템을 프로그램 재시작, 리부팅 등을 통하여 초기상태의 시스템으로 만든다. 초기상태인 시스템은 노화된 시스템보다 고장날 확률이 줄어들어 끊임없는 서비스를 할 수 있게 된다. 재활기법은 특정 재활주기 마다 상태와 관계 없이 재활하는 시간 기반 재활기법과 매시간 시스템의 상태를 체크하여 노화상태일 때만 재활을 하는 조건 기반 재활기법이 있다[4].

본 논문에서는 하나의 메인 시스템과 하나의 예비 시스템으로 이루어진 2N redundancy와 재활주기 마다 재활하는 시간기반의 재활기법을 적용하여 가용도를 비교 분석한다. 시스템 모델은 Stochastic Reward Net (SRN) 모델링 하여 Stochastic Petri Net Package (SPNP) 를 활용하여 분석한다. SRN 모델은 4가지로 분류 하여 분석하며, 두가지 방식이 적용되지 않은 모델, 다중화 방식만 적용된 모델, 재활기법만 적용된 모델, 두가지 방식을 적용된 모델이다.

II. 관련연구

2.1. 다중화 방식

다중화 방식이란 복수의 동일한 시스템을 이용하여 메인시스템에 고장이 발생시, 동일한 예비시스템으로 대체하여 가용도를 향상 시킬 수 있는 방법이다. 다중화 방식은 시스템 형태에 따라 2N redundancy, N+M redundancy, N-way redundancy 등으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 다중화 방식중 2N redundancy를 다룬다. 다중화 방식은 [3]에서 자세하게 설명되어 있다. 2N redundancy는 하나의 서비스 인스턴스(Service Instance, SI)에 두 개의 서비스 유닛(Service Unit, SU)을 갖는 이중화 시스템이다. 이중화 시스템은 하나의 서비스 유닛을 메인으로 운용하며, 다른 하나의 서비스 유닛은 스탠바이 상태에서 대기한다. 만약 메인으로 운용하는 서비스유닛이 고장이 나면, 스탠바이상태의 서비스 유닛이 전환 하여 메인 유닛을 대체하게 된다. 각 서비스 유닛은 액티브(active), 스탠바이(standby), 스페어(spare) 상태중 하나에만 있을 수 있다. 고장이 난 SU는 수리후 Active상태의 SU가 있다면, Standby상태의 SU가 된다[3].

2.2. 소프트웨어 재활기법

시스템들은 계속해서 운영하였을 때, 노화가 발생한다. 노화상태인 시스템은 초기상태인 시스템보다 상대적으로 고장날 확률이 높아지게 된다. 시스템의 고장은 사용자가 서비스를 끊임없이 제공 받을 수 없는 상태가 되므로, 시스템의 가용도는 낮아지게 된다. 이런 현상을 예방하기 위해 재활기법들이 제안 되었다[5-7]. [5]에서는 시간기반과 조건기반 재활 기법을 다루고 있으며, [6]에서는 시간기반과 조건기반을 고려한 기회기반의 재활기법을 제시 하였다. [7]에서는 클라우드 시스템에서 시간기반의 재활기법이 가용도에 미치는 영향을 분석하였다.

노화 상태인 시스템을 프로그램 재시작, 운영체제 리부팅등을 통하여 시스템을 초기상태로 만들어서 고장날 확률을 줄여주는 방법이 재활기법이다[4]. 재활기법은 방식에 따라 시간기반의 재활기법과 조건기반의 재활기법이 있다. 시간기반의 재활기법은 시스템의 상태보다는 특정 재활주기마다 재활하는 방식이다. 주기마다 재활하는 방식인 경우에는 재활주기에 따라 가용도

미치는 영향이 크다. 만약 재활주기가 짧을 경우 불필요한 재활을 하게 되어 가용도가 낮아지는 현상이 발생할 수 있다. 그래서 시간기반의 재활기법인 경우에는 적절한 재활주기를 적용하게 되면 향상된 가용도를 얻을 수 있다. 조건기반의 재활기법은 시간기반의 재활기법과는 다르게 시스템의 상태를 체크하여 노화 상태인 경우에만 재활에 들어가게 된다. 본 논문에서는 시간기반의 재활기법을 사용하여 가용도를 분석한다. 재활주기는 고장시간을 중심으로 일정 주기로 분석한다.

2.3. 시스템 분석 모델

복잡하게 이루어진 네트워크 모델을 간단하게 모형화하는 방법으로 Petri net이 있다. 페트리네트는 기본적으로 장소, 전이, 아크, 토큰으로 이루어진다[8]. 장소는 원으로 표시하고 상태를 나타낼 수 있으며, 검은 점으로 표현하는 토큰을 가질 수 있다. 토큰이 한 장소에서 다른 장소로 전이하기 위해서는 막대로 나타내는 전이로써 가능하다. 전이는 장소들을 연결 해주며, 장소에 반드시 하나 이상의 토큰이 있어야한다. 화살표로 나타내는 아크는 장소와 전이 사이를 연결해주며, 방향을 가질 수 있다.

페트리 네트는 추계적 페트리 네트, 일반적 추계적 페트리 네트로 확장되며 지수 분포의 시간을 가지는 시간 전이와 시간에 관계없이 발사하는 즉시전이를 사용하여 복잡한 모델을 분석하는데 용이하다.

확장된 페트리 네트에 모델링 기능을 강화 하여 나온 것이 SRN이다. SRN은 전이의 활성화 조건을 설정할 수 있는 가드기능이 있으며, 각 상태에 보상을 부여 할 수 있다. SRN는 각 장소의 토큰에 대한 값을 보상물로 지정할 수 있으며, SPNP를 활용하여 쉽게 분석할 수 있다. SPNP는 수학적인 방법과 시뮬레이션을 통하여 SRN 모형을 분석하는 도구이다[9].

III. 시스템 모델

재활 기법을 적용한 다중화 시스템은 다중화 시스템에서 재활 기법을 적용하여 재활 주기에 따라 재활을 수행하는 모델이다. 본 논문에서는 시간 기반 재활기법을 적용한 이중화 시스템을 모델링하여 가용도를 비교 분석 한다. 시간기반의 재활기법을 적용한 이중화 시

템은 2개의 서비스 유닛중 하나의 서비스 유닛만 서비스를 하며, 나머지 서비스 유닛은 스탠바이 상태에 있게 된다. 만약 서비스를 제공하는 서비스 유닛이 고장이 나게 되면 스탠바이 상태의 서비스 유닛이 전환하여 서비스를 대체하게 된다. 재활의 경우, 일정 재활 주기를 가지고 서비스하고 있는 서비스 유닛을 재활하게 된다. 재활과정에서 서비스는 정지 상태에 있지만 스탠바이 상태의 서비스 유닛은 메인 서비스 유닛으로 대체 되지 않는다.

IV. SRN 모형화

다중화 시스템과 재활기법이 적용된 시스템 모델은 기본으로 active, detect, failure, aging 중 하나의 상태만을 가진다. 그림 1은 두 방법을 적용하지 않은 Single system model이며, active, detect, failure, aging중 하나의 상태만을 가지게 된다. T_aging은 시스템이 노화가 이루어지는 시간을 나타낸다. T_fail, T_aging_fail은 시스템이 고장나는 시간을 나타내며, 노화상태의 고장 발생 시간은 초기상태의 고장 발생 시간에 비해 짧은 시간을 갖는다. T_detect는 고장을 발견하는 시간이고, T_recovery는 수리하여 정상상태로 돌아가는 시간을 나타낸다.

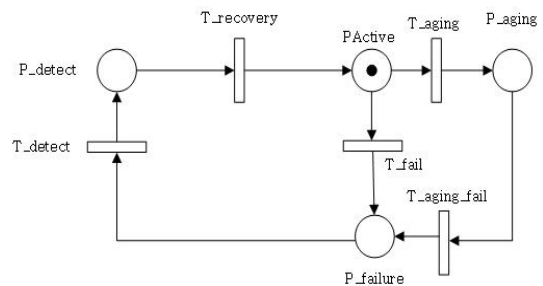


Fig. 1 SRN model for single system

다음은 재활기법이 적용된 시스템 모델이며 그림 2와 같다. 재활 기법이 적용된 모델은 기본 모형에서 재활 상태와 재활주기를 나타내는 상태가 추가된다. clock, reset은 재활주기를 정한다. Twait는 재활주기 시간을 나타내며 상수 값을 가지게 된다. P_1_rej, P_1_fin_rej는 재활과정을 나타내는 장소이다.

시스템의 가용도를 비교 분석한 것이다.

그림 5에서 단일 시스템은 재활을 하지 않기 때문에 재활주기와 관계없이 가용도는 일정하다. 재활기법이 적용된 단일 시스템은 재활주기가 400 시간이상일 때 재활을 하지 않은 단일 시스템보다 가용도가 높은 것을 알 수 있고, 600 시간 일 때 가용도가 최대임을 알 수 있다. 600 시간 이후 가용도는 낮아지며 재활을 하지 않은 단일시스템의 가용도로 수렴함을 알 수 있다.

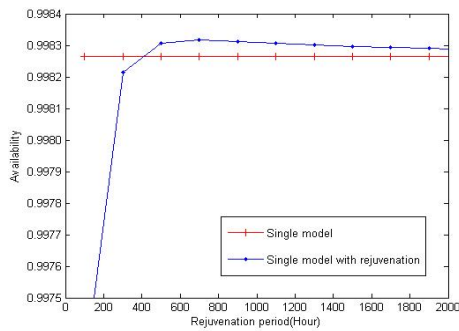


Fig. 5 Performance analysis for single model

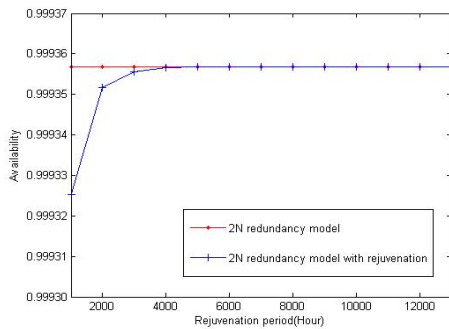


Fig. 6 Performance analysis for redundancy model

Table. 2 Performance analysis for 2N redundancy model

rejuvenation period(hour)	availability	
	2N redundancy	2N redundancy with rejuvenation
6000	0.9993565210	0.9993565032
7000	0.9993565210	0.9993565185
8000	0.9993565210	0.9993565219
9000	0.9993565210	0.9993565234
10000	0.9993565210	0.9993565223
11000	0.9993565210	0.9993565216
12000	0.9993565210	0.9993565212

그림 6과 표 2는 재활기법을 적용하지 않는 이중화시스템과 재활기법을 적용한 이중화시스템의 가용도를 비교 분석한 것이다. 재활주기가 8000 시간일 때 재활기법을 적용한 이중화 시스템의 가용도가 그렇지 않은 이중화 시스템보다 높아짐을 알 수 있고, 9000 시간일 때 최대가 되며, 그 후 재활주기가 길어질수록 가용도는 재활을 하지 않는 경우로 수렴한다.

VI. 결 론

본 논문에서는 다중화 방식과 재활기법이 적용된 네트워크 시스템의 가용도를 비교분석 하였다. 가용도는 재활기법을 적용한 다중화 시스템인 경우에 가장 높다. 단일 시스템인 경우 재활기법을 적용과는 상관없이 다중화 시스템보다 높은 가용도를 얻지 못한다. 하지만 적절한 주기의 재활기법을 사용하게 된다면 재활기법이 없는 단일시스템의 가용도를 크게 향상시킬 수 있는 것을 알 수 있다.

향후에는 재활기법 중 시스템의 상태를 체크하여 노화 상태일 때만 재활을 하는 조건기반의 재활기법과 다중화 방식을 적용하여 가용도를 비교 분석할 것이다.

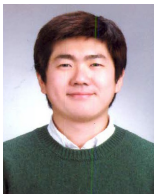
ACKNOWLEDGMENTS

This work was partially supported by Dongeui University Grant(201601360001) and by the ICT R&D program of MSIP/IITP[R0101-15-0070, Development of the High Availability Network Operating System for Supporting Non-Stop Active Routing].

REFERENCES

- [1] The Service Availability Forum, Application Interface Specification, April 2003 [Internet]. Available: <http://www.saforum.org>.
- [2] J. C. Shim, H. Y. Ryu, and S. H. Yang, Trends of High

- Availability Networking Services, *Electronics and Telecommunications Trends*, vol.30, no.6, pp. 79-89, 2015.
- [3] A. Kanso, F. Khendek, A. Mishra, and M. Toeroe, "Integrating Legacy Applications for High Availability: a Case Study," *2011 IEEE 13th International Symposium on High-Assurance Systems Engineering*, pp. 83-90, 2011.
- [4] E. C. Andrade, F. Machida, D. S. Kim, K. S. Trivedi, "Modeling and Analyzing Server System with Rejuvenation through SysML and Stochastic Reward Nets," *Proceedings of the 2011 Sixth International Conference on Availability, Reliability and Security*, p.161-168, August 22-26, 2011
- [5] L. Jiang, X. Peng, and G. Xu, "Time and Prediction based Software Rejuvenation Policy," *Proceedings of the 2010 Second International Conference on Information Technology and Computer Science(ITCS)*, Ukraine, pp. 115-117, July 24-25 2010.
- [6] D. Breuneo, S. Distefano, F. Iongo, A. Puliafito, and M. Scarpa, "Workload-Based Software Rejuvenation in Cloud Systems," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 62, no. 6, pp. 1072-1085, February 2013.
- [7] H. Okamura and T. Dohi, "Optimization of Opportunity-Based Software Rejuvenation Policy" *Proceedings of the 2012 IEEE 23rd International Symposium on Software Reliability Engineering Workshops(ISSREW)*, pp. 283-286, January 2013 .
- [8] A. A. Marsan and G. Balbo, "A class of generalized stochastic Petri nets for the performance evaluation of multiprocessor systems," *ACM Trans. Comp. Systems*, vol.2, no.2, pp.93-122, May 1984.
- [9] G. Ciardo and K. S. Trivedi, "SPNP User Manual, Version 6.0," Technical Report, Duke Univ., 1999.



류홍림(Hong-Rim Ryu)

2015년 3월 ~ 현재 동의대학교 정보통신공학과 석사과정
※관심분야 : 시스템 성능 분석, 고가용 시스템



심재찬(Jaechan Shim)

1994년 9월 ~ 현재 한국전자통신연구원 네트워크SW플랫폼연구실 책임연구원
1994년 8월 충남대학교 전산학과 석사
※관심분야 : 통신 프로토콜, 네트워크 운영체제, 고가용 시스템



류호용(Hoyong Ryu)

1999년 1월 - 현재 한국전자통신연구원 네트워크SW플랫폼연구실 실장
1999년 3월 광운대학교 통신공학과 박사
※관심분야 : 인터넷 라우팅, IP 이동성, 네트워크 운영체제



이유태(Yutae Lee)

2001년 3월 ~ 현재 동의대학교 정보통신공학과 교수
1998년 3월 ~ 2001년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
1997년 8월 한국과학기술원 수학과 이학박사
※관심분야 : 큐잉 이론, 응용확률론