

논스톱 포워딩 기능을 지원하는 네트워크 시스템에 대한 다중화 모형의 가용도 분석

심재찬¹ · 류홍림² · 류호용¹ · 박재형³ · 이유태^{2*}

Availability Analysis of Redundancy Models for Network System with Non-Stop Forwarding

Jaechan Shim¹ · Hongrim Ryu² · Hoyong Ryu¹ · Jaehyung Park³ · Yutae Lee^{2*}

¹Network SW Platform Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon 34129, Korea

²Department of Information and Communications Engineering, Dongeui University, Busan 47227, Korea

³Electronics and Communication Engineering, Computer and Information, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

요 약

본 논문에서는 다양한 다중화 모형과 논스톱 포워딩 기능이 네트워크 서비스의 가용도에 미치는 영향을 비교 분석한다. 다중화 모형 중 no redundancy, 2N redundancy, N-way redundancy, N-way active redundancy 모형에 대한 확률적 리워드 넷(Stochastic Reward Net, SRN) 모델을 설계하고, 각각의 모형에 대해 논스톱 포워딩 기능을 추가한 SRN 모델을 설계한다. 확률적 페트리 넷 패키지(Stochastic Petri Net Package, SPNP)를 활용하여 설계한 SRN 모델의 가용도를 구한다.

ABSTRACT

In this paper, we analyse the effect of redundancy types and non-stop forwarding scheme on network service availability. We use stochastic reward net models as enabling modeling approach for the analytical evaluation. We first design stochastic reward nets for redundancy models with or without non-stop forwarding and then evaluate their availability using Stochastic Petri Net Package.

키워드 : 가용도, 다중화, 논스톱 포워딩, 확률적 페트리 넷 패키지

Key word : Availability, Redundancy, Non-stop forwarding, Stochastic Petri Net Package

Received 13 October 2015, Revised 03 November 2015, Accepted 17 November 2015

* 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, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.12.2828>

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. 서론

네트워크 서비스를 안정적으로 끊임없이 제공하기 위해 네트워크의 고 가용도 보장은 필수적이다[1]. 가용도란 시스템이 임의의 시간에 사용자에게 서비스를 제공할 수 있는 확률을 의미한다. 즉, 시스템의 총 운영 시간에 대한 시스템의 가용 시간의 비가 가용도이다[2]. 고 가용성 시스템 또는 고 가용성 서비스는 가용도 99.999% (five 9's) 즉, 1년에 5.28분 이하의 고장시간을 확실하게 보장해야 한다[3]. 네트워크에서 고 가용성 서비스를 제공하기 위한 대표적인 방법으로 다중화 방식이 있다[2]. 또한 논스톱 포워딩 기능도 네트워크의 가용도를 향상 시키는데 도움을 준다[4].

다중화란 두 개 이상의 시스템을 구성하여 서비스 중인 한 시스템이 고장나는 경우 고장난 시스템을 예비 시스템으로 대체하여 안정적으로 서비스할 수 있게 하는 방법이며, 예비 시스템의 수에 따라 단일화, 이중화, 삼중화 등으로 구분할 수 있다. 또한 예비 시스템을 운용하는 방식에 따라 no redundancy, 2N redundancy, N+M redundancy, N-way redundancy, N-way active redundancy 방식으로 구분할 수 있다[2].

논스톱 포워딩 기능은 네트워크 시스템에서 제어 평면과 포워딩 평면을 물리적으로 분리하여, 제어 평면이 오류로 인해 제 기능을 하지 못한다 하더라도 포워딩 평면은 포워딩 테이블의 업데이트를 보류하면서 일정 기간 동안 기존의 테이블 정보를 바탕으로 패킷 전달을 계속 수행할 수 있도록 하는 기능이다[4]. 따라서 논스톱 포워딩은 네트워크 시스템의 가용도를 향상시킬 수 있는 중요한 기술이다. 본 논문에서는 네트워크의 고 가용성을 보장하기 위해 단일화 시스템, 이중화 시스템 및 삼중화 시스템을 고려한다. 이중화 시스템에서는 no redundancy, 2N redundancy, N-way active redundancy 방식을 고려하며, 삼중화 시스템에서는 no redundancy, 2N redundancy, N-way redundancy, N-way active redundancy 방식을 적용한다. 각각의 방식에 대해 확률적 리워드 넷(stochastic reward net, SRN) 모형을 설계하고, 확률적 페트리 넷 패키지(Stochastic Petri Net Package, SPNP)를 활용하여 가용도를 분석하며, 각각의 방식에 논스톱 포워딩 기능을 적용하여 추가로 SRN 모형을 설계한 후, 역시 SPNP를 이용하여 가용도를 비교 분석한다.

II. 관련 연구

2.1. 다중화 시스템

다중화란 두 개 이상의 시스템을 구성하여 서비스 중인 한 시스템이 고장나더라도 고장이 발생한 시스템을 예비 시스템으로 대체하여 안정적으로 서비스할 수 있게 하는 것을 말한다. 예비 시스템을 운용하는 방법에 따라 no redundancy, 2N redundancy, N+M redundancy, N-way redundancy, N-way active redundancy 방식이 있다. 본 논문에서는 하나의 서비스 인스턴스(service instance, SI)에 대해 다수 개의 서비스 유니트(service unit, SU)를 갖는 시스템을 고려한다. 각 SU는 액티브(active), 스탠바이(standby), 스페어(spare), 폴트(fault) 상태 중 어느 한 상태에 있을 수 있다. 하나의 SI만 고려하는 경우에 N+M redundancy 방식은 적용되지 않기 때문에, 이를 제외한 나머지 방식에 대해 설명하고자 한다. SU가 하나인 단일화 시스템은 no redundancy 외의 다중화 방식은 적용될 수 없다.

No redundancy 방식은 정상적인 상황에서 하나의 SU는 액티브 상태에 있고, 나머지 SU는 스페어 상태에 있다. Active 상태의 SU에 장애가 발생하면 해당 SU는 폴트 상태가 되고, 스페어 상태의 SU 중 하나가 액티브 상태로 전환하게 된다. 폴트 상태의 SU는 복구 후 스페어 상태가 된다[1]. SU가 하나인 단일화 시스템은 하나의 액티브 SU만 있고, SU가 두 개인 이중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 스페어 SU로 구성되며, SU가 세 개인 삼중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 두 개의 스페어 SU로 구성된다.

2N redundancy 방식은 정상적인 상황에서 하나의 SU는 액티브 상태에 있으며, 다른 하나의 SU는 스탠바이 상태에 있고, 나머지 SU는 스페어 상태에 있다. 액티브 상태의 SU에 장애가 발생하면 해당 SU는 폴트 상태가 되고, 스탠바이 상태의 SU가 액티브 상태로 전환하며, 스페어 상태의 SU 중 하나가 스탠바이 상태로 전환하게 된다. 폴트 상태의 SU는 복구 후 스페어 상태가 된다[1]. 정상적인 상황에서 SU가 두 개인 이중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 스탠바이 SU로 구성되며, SU가 세 개인 삼중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 스탠바이 SU 그리고 하나의 스페어 SU로 구성된다.

N-way redundancy 방식은 정상적인 상황에서 하나

의 SU는 액티브 상태에 있고, 다수 개의 SU는 스탠바이 상태에 있으며, 나머지 SU는 스페어 상태에 있다. 액티브 상태의 SU에 장애가 발생하면 해당 SU는 폴트 상태가 되고, 스탠바이 상태의 SU 중 하나가 액티브 상태로 전환하며, 스페어 상태의 SU 중 하나가 스탠바이 상태로 전환하게 된다. 폴트 상태의 SU는 복구 후 스페어 상태가 된다[1]. 정상적인 상황에서 SU가 두 개인 이중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 하나의 스탠바이 SU로 구성되어 2N redundancy 방식과 동일하며, SU가 세 개인 삼중화 시스템은 하나의 액티브 SU와 두 개의 스탠바이 SU로 구성할 수 있다.

N-way active redundancy 방식은 정상적인 상황에서 N 개의 SU가 액티브 상태에 있고, 나머지 SU는 스페어 상태에 있다. 액티브 상태의 SU에 장애가 발생하면 해당 SU는 폴트 상태가 되지만, 다른 액티브 SU에 의해서 서비스는 정상적으로 이루어진다. 이 때 스페어 상태의 SU 중 하나가 액티브 상태로 전환하게 된다. 폴트 상태의 SU는 복구 후 스페어 상태가 된다[1]. 정상적인 상황에서 SU가 두 개인 이중화 시스템은 두 개의 액티브 SU로 구성할 수 있고, SU가 세 개인 삼중화 시스템은 두 개의 액티브 SU와 하나의 스탠바이 SU로 구성할 수도 있고, 세 개의 액티브 SU로 구성할 수도 있다.

2.2. 시스템 분석 모델

복잡한 네트워크 시스템을 비교적 간편하게 모형화하는 방법으로 페트리 넷트가 있다[5]. 페트리 넷트는 장소, 전이, 아크, 토큰으로 구성되며, 장소는 원, 전이는 막대, 토큰은 점이나 숫자로 표시한다. 토큰들은 한 장소에서 다른 장소로 전이를 통해 움직이게 되는데 이를 발사라고 한다. 이때 전이는 활성화 상태에 있어야 하며, 전이와 입력아크로 연결된 장소들에 각각 토큰이 한 개 있으면 그 전이는 활성화 상태에 있다고 한다[6].

추계적 페트리 넷트는 페트리 넷트를 확장한 것으로 각 전이가 활성화된 후 토큰을 발사하는데 걸리는 시간이 지수분포를 따른다[6]. 따라서 추계적 페트리 넷트는 발사하는데 걸리는 시간을 고려하지 않는 페트리 넷트에 비해 복잡한 시스템을 분석하는데 더 용이하다.

추계적 페트리 넷트를 확장한 일반 추계적 페트리 넷트는 일반적인 전이인 지연 전이 외에 즉시 전이라는 개념을 도입한다. 지연 전이는 전이가 활성화되고 일정 시간이 지난 후 발사가 되는데 반해, 즉시 전이는 전이

가 활성화되자마자 토큰이 발사된다[7].

일반 추계적 페트리 넷트에 모델링 기능을 강화하여 복잡한 시스템을 간결하게 모델링해 줄 수 있도록 확장한 것이 SRN이다. SRN은 전이가 활성화되는 조건을 설정할 수 있는 가드 기능이 있으며, 각 상태에 보상을 부여할 수 있다. SRN에서는 장소 내의 토큰 수에 대한 함수로 보상물을 지정하여, 원하는 결과 값을 얻을 수 있다. SRN은 SPNP를 이용하여 분석할 수 있다. SPNP는 수학적인 방법이나 시뮬레이션을 통하여 SRN 모형을 분석하는 도구이다.

III. 다중화 시스템의 SRN 모형

다중화 시스템의 SRN 모형은 기본적으로 active, standby, active_faulty, standby_faulty, instantiated, uninstantiated 중 하나의 상태에 있게 되지만, standby, standby_faulty 상태가 없는 다중화 방식도 존재한다.

그림 1은 standby 상태가 없는 SRN 모형이다. Standby 상태가 없는 SRN 모형은 active, active_faulty, uninstantiated, instantiated 중 하나의 상태에 있게 되고, 각각의 상태를 하나의 장소로 표시한다. 그 중 active에 토큰이 있을 때 active SU, instantiated에 토큰이 있을 때 spare SU 이라고 한다. 전이 T_{af} 는 SU_i 가 active 상태에서 결함이 발생하는 것을 나타내는데, 정상 상태에서 결함이 발생할 때까지의 시간은 발생률이 λ_{af} 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 임의의 SU_i 가 active 상태에서 active_faulty 상태로 전이된 경우, 아직 장애에 대한 격리가 이루어지지 않는다.

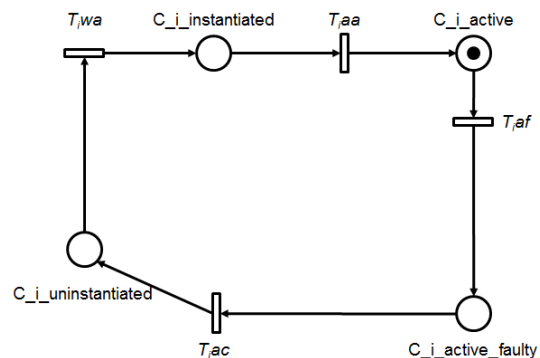


Fig. 1 SRN model for SU without standby state

전이 T_{iac} 는 SU_i 가 active_faulty 상태에서 클린업 과정을 수행하는 것을 나타내며, 그 기간은 발생률이 λ_{iac} 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 따라서 SU_i 가 클린업 과정을 마치고 uninstatiated 상태가 되어야 복구 절차를 수행할 수 있다. 전이 T_{iwa} 는 SU_i 가 복구 절차를 수행함을 의미하며, 그 기간은 발생률이 λ_{iwa} 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 전이 T_{iia} 는 instantiated 된 SU 에 active 역할이 할당됨을 의미하며, 전이를 완료하는데 걸리는 시간은 발생률이 λ_{iia} 인 지수분포를 따른다고 가정한다[7].

다음은 standby 상태가 있는 SRN 모형의 설명이다.

그림 2는 standby 상태가 있는 SRN 모형이다. Standby 상태가 있는 SRN 모형은 active, active_faulty, standby, standby_faulty, uninstatiated, instantiated 중 하나의 상태에 있게 되고, 각각의 상태를 하나의 장소로 표시한다. 그중 active에 토큰이 있으면 active SU , standby에 토큰이 있으면 standby SU , instantiated에 토큰이 있으면 spare SU 이다.

전이 T_{iaf} 와 T_{isf} 는 SU_i 가 각각 active 상태와 standby 상태에서 결함이 발생하는 것을 나타내는데, 정상 상태에서 결함이 발생할 때까지의 시간은 발생률이 각각 λ_{iaf} 와 λ_{isf} 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 전이 T_{iac} 와 T_{isc} 는 SU_i 가 각각 active_faulty 상태와 standby_faulty 상태에서 클린업 과정을 수행하는 것을 나타내는데, 그 기간은 발생률이 각각 λ_{iac} 와 λ_{isc} 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 전이 T_{iwa} 는 SU_i 를 복구 절차를 수행하는 과정을 나타내며, 그 기간은 발생률이 λ_{iwa} 인 지수분포를 따른다고 가정한다.

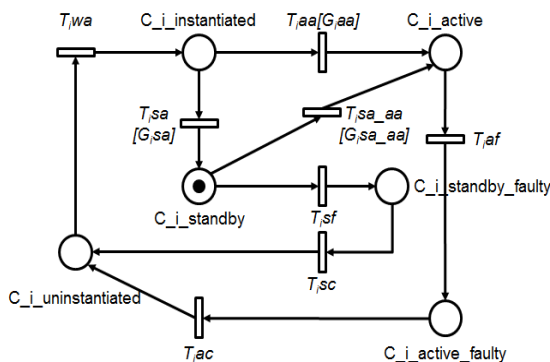


Fig. 2 SRN model for SU with standby state

전이 T_{isa_aa} 는 SU_i 가 standby 상태에서 active 상태로 전환하는 것을 나타내며, 가드(guard) 조건 G_{isa_aa} 를 만족할 때 활성화되고, 전이를 완료하는데 걸리는 시간은 발생률이 λ_{isa_aa} 인 지수 분포를 따른다고 가정한다. 그리고 전이 T_{isa} 와 T_{iaa} 는 instantiated된 SU_i 가 각각 standby 상태와 active 상태로 전환하는 것을 나타내며, 각각 가드 조건 G_{isa} 와 G_{iaa} 를 만족할 때 활성화되며, 전이를 완료하는데 걸리는 시간은 발생률이 각각 λ_{isa} 와 λ_{iaa} 인 지수분포를 따른다고 가정한다. 가드 조건들은 표 1과 같다.

Table. 1 Guard conditions for SRN model with standby state

Guard	Condition
G_{isa_aa}	There are neither active SUs nor active_faulty SUs .
G_{iaa}	There is at most one active or active_faulty SU , but there are neither standby SUs nor standby_faulty SUs .
G_{isa}	There are neither active SUs , active_faulty SUs , nor standby SUs .

다음은 단일화 시스템, 이중화 시스템 그리고 삼중화 시스템에 대해 설명한다. 먼저 단일화 시스템은 SU 가 1개로 구성되고, 그림 1의 standby가 없는 SRN 모형으로 구성된다. 이중화 시스템은 SU 가 2개로 구성된다. 그림 1의 standby가 없는 SRN 모형이 active SU 와 spare SU 로 구성되면 no redundancy 이중화 시스템이고, 두 개의 active SU 로 구성되면 N-way active redundancy 이중화 시스템이다. 그림 2의 standby가 있는 SRN 모형이 active SU 와 standby SU 로 구성되면 2N redundancy 이중화 시스템이다.

삼중화 시스템은 SU 가 3개로 구성된다. 그림 1의 standby가 없는 SRN 모형이 active SU 1개와 spare SU 2개로 구성되면 no redundancy 삼중화 시스템이고, active SU 3개로 구성되면 N-way active redundancy 삼중화 시스템이다. 그림 2의 standby가 있는 SRN 모형이 active SU 1개, standby SU 1개 그리고 spare SU 1개로 구성되면 2N redundancy 삼중화 시스템이고, active SU 1개와 standby SU 2개로 구성되면 N-way redundancy 삼중화 시스템이다.

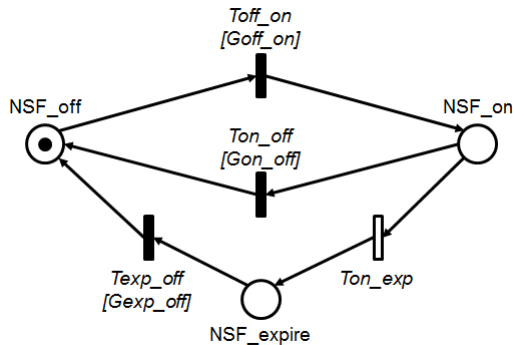


Fig. 3 SRN model for non-stop forwarding

이렇듯 다양한 다중화 시스템과 논스톱 포워딩 기능을 추가하면 네트워크 가용도를 향상 시킬 수 있다. 다음은 논스톱 포워딩 기능에 대한 설명이다.

그림 3은 논스톱 포워딩의 SRN 모형이다. 논스톱 포워딩은 NSF_off, NSF_on, NSF_expire 중 하나의 상태에 있게 되고, 각각의 상태를 하나의 장소로 표시한다. 여기서 NSF_off는 시스템이 정상 운영되고 있는 상태, NSF_on은 논스톱 포워딩 기능이 동작하는 상태, NSF_expire는 논스톱 포워딩 기능 동작은 종료했으나, 시스템이 복구 되지 않은 상태를 의미한다. 즉시 전이 $Toff_on$ 은 시스템이 운영 중에 고장으로 논스톱 포워딩 상태로 전환하는 것을 나타내며, 가드 조건 $Goff_on$ 을 만족할 때 활성화된다. 즉시 전이 Ton_off 는 논스톱 포워딩 상태에서 논스톱 포워딩 기능을 종료하고, 시스템 운영 상태로 전환하는 것을 나타내며, 가드 조건 Gon_off 를 만족할 때 활성화된다.

전이 Ton_exp 는 논스톱 포워딩 기간이 끝나는 것을 나타내는데, 논스톱 포워딩 기간은 발생률이 λ_{nsf} 인 지수분포를 따른다고 가정하였다. 즉시 전이 $Texp_off$ 는 논스톱 포워딩 기간이 끝났으며, 시스템이 복구된 상태로 전환되는 것을 말하며, 가드 조건 $Gexp_off$ 를 만족할 때 활성화된다.

Table. 2 Guard conditions for non-stop forwarding

Guard	Condition
$Goff_on$	There are no active SUs.
Gon_off	There is at most one active SU.
$Gexp_off$	There is at most one active SU.

IV. 다중화 모형의 성능평가

4.1. 시스템 파라미터

다중화 모형의 성능지표는 가용도이다. 가용도를 구하기 위한 성능 파라미터들은 표 3과 같으며, 이들 파라미터 값 중 일부는 [8]에서 제시한 값을 사용하였다. 각 파라미터들은 지수분포를 따른다.

Table. 3 Performance parameters of redundancy model for non-stop forwarding

parameters	value (sec-1)	meaning
$\lambda_{i,af}$	$\frac{1}{43200}$	active failure rate (MTTF = 12 hours)
$\lambda_{i,sf}$	$\frac{1}{360000}$	standby failure rate (MTTF = 100 hours)
$\lambda_{i,ac}$	$\frac{1}{0.270}$	cleanup rate for an active component
$\lambda_{i,sc}$	$\frac{1}{0.230}$	cleanup rate for a standby component
$\lambda_{i,wa}$	$\frac{1}{0.542}$	instantiation rate
λ_{i,sa_aa}	$\frac{1}{0.400}$	switching from standby to active assignment rate
$\lambda_{i,aa}$	$\frac{1}{0.100}$	active assignment rate
$\lambda_{i,sa}$	$\frac{1}{0.100}$	standby assignment rate
$\lambda_{i,nsf}$	$\frac{1}{0.500}$	non-stop forwarding expiration rate

4.2. 논스톱 포워딩 기능이 추가된 다중화 시스템의 가용도

논스톱 포워딩 기능의 유무에 따른 다중화 시스템의 가용도 분석을 위해 다중화 모형을 SU 개수에 따라 no redundancy, 2N redundancy, N-way redundancy 그리고 N-way active redundancy 모델로 구분하여 가용도를 비교한다.

표 4는 논스톱 포워딩 기능 유무와 SU 개수 따라 다중화 시스템을 구분하여 가용도를 나타낸 표이다. 논스톱 포워딩 기능 유무에 따른 가용도 비교와 다중화 모형 간의 가용도 비교에 초점에 맞추어 설명한다. 먼저 SU가 1개인 경우는 단일 시스템으로 논스톱 포워딩

Table. 4 Availability of redundancy systems in one, two, and three SUs with/without NSF

number of SUs	redundancy type	redundancy figure	NSF	availability (%)
1	No redundancy	One active	X	99.998451
			O	99.999169
2	No redundancy	One active, one spare	X	99.999724
			O	99.999955
2	2N	One active, one standby	X	99.999844
			O	99.999985
2	N-way active	Two actives	X	100.000000
			O	100.000000
3	No redundancy	One active, two spares	X	99.999825
			O	99.999982
3	2N	One active, one standby, one spare	X	99.999845
			O	99.999986
3	N-way	One active, Two standbys	X	99.999891
			O	99.999992
3	N-way active	Three actives	X	100.000000
			O	100.000000

기능을 사용하지 않으면 가용도 99.998451%를 보였다. 따라서 고 가용도를 보장하지 않지만, 논스톱 포워딩 기능을 지원하면 99.999169%로 고 가용도를 보여 준다.

SU가 2개인 이중화 시스템의 경우는 3개의 다중화 모형들을 만들 수 있다. SU의 상태에 따라 no redundancy, 2N redundancy 그리고 N-way active redundancy 모형으로 구분된다. SU가 2개인 경우, 모두 고 가용도 서비스를 지원할 수 있으며, 논스톱 포워딩 기능을 지원함으로써 가용도를 더 향상시킬 수 있음을 알 수 있다. 논스톱 포워딩 기능의 유무에 따른 가용도 향상은 no redundancy 모형이 가장 많이 영향을 받음을 알 수 있다.

SU가 3개인 삼중화 시스템의 경우 4개의 다중화 모형을 만들 수 있다. SU의 상태에 따라 no redundancy, 2N redundancy, N-way redundancy 그리고 N-way active redundancy 모형으로 구분된다. SU가 3개인 경우에도 논스톱 포워딩 기능을 지원함으로써 가용도를 더 향상시킬 수 있고, no redundancy 모델이 논스톱 포워딩 기능 유무에 따라 가용도 향상에 가장 많이 영향을 받는다.

다음으로 다중화 모형간 가용도를 비교 해 보자. 먼저 N-way active redundancy 모형의 경우 SU의 개수가 2개 이상이면 가용도 100%를 보장한다. SU가 2개인 no redundancy 이중화 모형과 SU가 3개인 no redundancy 삼중화 모형을 비교하면, 논스톱 포워딩 기능의 유무에 따른 가용도 향상은 SU가 2개인 경우에 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다. 2N redundancy 모형은 SU의 개수와 상관없이 가용도가 비슷하기 때문에 SU가 2개인 2N redundancy 이중화 모형이 운용비용 측면에서 더 유리함을 알 수 있다. 2N redundancy 모형보다 높은 가용도를 얻기 위해서는 N-way redundancy 삼중화 모형을 활용해야하며, 논스톱 포워딩 기능을 추가하면 더 좋은 가용도를 확보할 수 있다.

SU의 개수와 논스톱 포워딩 기능을 종합적으로 고려할 때 N-way active redundancy, N-way redundancy, 2N redundancy, no redundancy 모형 순으로 가용도가 좋은 걸 알 수 있으며, 논스톱 포워딩 기능 지원 여부에 따른 영향을 많이 받는 모형은 no redundancy 모형임을 확인할 수 있다. 따라서 논스톱 포워딩 기능을 사용하게 되면 보다 효율적인 시스템 설계가 가능할 것이다.

V. 결 론

다양한 영역에서 고 가용성에 대한 요구가 나날이 증가하고 있다. 특히 우리 생활과 밀접한 네트워크 분야에서 어떠한 상황에서도 끊김없는 네트워크 연결의 제공은 서비스 사용자 뿐 아니라 제공자 측면에서도 중요한 요구사항이다. 끊김없는 네트워크 연결성을 보장하기 위해서는 기본적으로 네트워크를 구성하는 네트워크 장치의 높은 가용성 보장이 필수이다.

본 연구는 네트워크 장치의 고 가용성을 보장하기 위한 논스톱 포워딩 기능의 유무에 대한 다중화 시스템들의 가용도를 분석하는 연구로서, 논스톱 포워딩 기능이 다중화 시스템에 미치는 영향을 알아보았다. 연구 결과 논스톱 포워딩 기능을 추가 하게 된다면 네트워크 장치를 다중화 시스템으로 설계 할 때 효율적인 설계가 가능하고, 이들 장치로 구성된 고 가용성 네트워크를 통해 결국 끊김없는 네트워크 서비스 제공이 가능함을 의미한다. 예를 들어, 2N redundancy 이중화 모형을 논스톱 포워딩 기능을 지원하면 99.999%의 가용도를 99.9999%로 향상시킬 수 있다는 것을 보였다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the ICT R&D program of MSIP/IITP. [10043380, Development of The High Availability Network Operating System for Supporting Non-Stop Active Routing]

REFERENCES

- [1] 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.
- [2] The Service Availability Forum, Application Interface Specification, April 2003, <http://www.saforum.org>
- [3] Telcordia Technology, "Generic Requirements for Operations Systems Platform Reliability," Telcordia Technology System Documentation, GR-2841-CORE, Issue 1, June, 1994.
- [4] IP Routing: OSPF Configuration Guide, CISCO IOS Release 15S, CISCO Systems, SanHose, CA, U.S.A
- [5] University of Hamburg, Petri nets world, <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>, 2015.
- [6] G. Ciardo and K. S. Trivedi, "SPNP User Manual, Version 6.0," Tecahnnical Report, Duke Univ., 1999.
- [7] 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, 1984.
- [8] 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.



심재찬(Jaechan Shim)

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



류홍림(Hongrim Ryu)

2015년 3월 ~ 현재 동의대학교 정보통신공학과 석사과정
※관심분야 : SPNP, 가용도분석



류호용(Hoyong Ryu)

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



박재형(Jaehyung Park)

2002년 3월 ~ 현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수
1998년 3월 ~ 2002년 2월 한국전자통신연구원 선임연구원
1997년 3월 한국과학기술원 전산학과 박사
※관심분야 : 인터넷 라우팅, 멀티캐스트 라우팅, 네트워크 보안, 무선 메시/에드혹 네트워크



이유태(Yutae Lee)

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