

# 클라우드 시스템의 가상 스위치 모델링

노철우\*,  
신라대학교, 컴퓨터공학과\*

## Modeling of Virtual Switch in Cloud System

Cheul-Woo Ro\*  
Dept. of Computer Eng. Silla University\*

**요약** 가상화는 다중의 온라인 서비스를 소규모의 컴퓨팅 자원에 배치하는 혁신적인 접근방식이다. 가상화된 서버 환경은 가상머신 (virtual machine: VM)으로 불리는 플랫폼의 다중 성능사이에 공유되는 컴퓨팅 자원들을 허용한다. 서버 가상화를 통해 응용 서버는 가상머신 으로 인캡슐 되었으며 CPU나 메모리 자원 풀에 API와 함께 재배치되었다. 네트워킹과 보안은 네트워크 가상화라는 새로운 소프트웨어 추상화 계층으로 이동하기 시작했으며, 가상 네트워크를 생성함으로써 여러 응용에 대하여 네트워킹과 보안을 빠르게 배치할 수 있게 되었다. SRN은 추계적 페트리 네트의 확장형으로 시스템 분석을 위한 함축된 모델링 기능을 제공한다. 본 논문에서는, 가상 스위치를 기반으로 한 네트워크 가상화 SRN 모델을 개발하고 모델에서 관심 있는 성능지표인 스위칭 지연과 처리율에 대한 수치결과를 가상 스위치 용량과 실행 중인 가상머신 수에 따라 구한다. 이들 성능지표는 SRN 모델에서 적절한 보상율을 제공하는 함수의 기댓값으로 표현되어 그 해가 구해진다.

**주제어** : 클라우드 시스템, 네트워크 가상화, 가상 스위치, SRN, 페트리 네트

**Abstract** Virtualization is a promising approach to consolidating multiple online services onto a smaller number of computing resources. A virtualized server environment allows computing resources to be shared among multiple performance isolated platforms called virtual machines. Through server virtualization software, applications servers are encapsulated into VMs, and deployed with APIs on top generalized pools of CPU and memory resources. Networking and security have been moved to a software abstraction layer that transformed computing, network virtualization. And it paves the way for enterprise to rapidly deploy networking and security for any application by creating the virtual network. Stochastic reward net (SRN) is an extension of stochastic Petri nets which provides compact modeling facilities for system analysis. In this paper, we develop SRN model of network virtualization based on virtual switch. Measures of interest such as switching delay and throughput are considered. These measures are expressed in terms of the expected values of reward rate functions for SRNs. Numerical results are obtained according to the virtual switch capacity and number of active VMs.

**Key Words** : Cloud system, network virtualization, virtual switch, SRN, Petri Nets

Received 1 December 2013, Revised 20 December 2013  
Accepted 20 December 2013  
Corresponding Author: Cheul-Woo Ro  
Email: cwro@silla.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

ISSN: 1738-1916

## 1. 서론

산업계와 IT 리더들은 동적이고 적은 비용으로 비즈니스의 빠른 변화를 충족시킬 수 있는 IT 인프라 구조를 요구해 오고 있었다. 이러한 업체의 요구사항을 만족시키기 위하여 IT 제공자들은 가상화(virtualization) 기술과 서비스를 제공해 주기 시작했다[1-3]. 효율적인 IT 인프라구조의 사용은 서버, 하드웨어, 시스템 자원과 응용을 얼마나 쉽게, 효율적으로 사용할 수 있는가에 의존한다. 물리적 자원과 가상화 자원 사이의 매핑과 가상화 적용은 많은 도전적인 과제를 요구한다. IT 인프라를 통해 재사용 또는 결합 가능한 컴포넌트로 통합하는 표준화된 프레임워크인 서비스 지향 아키텍처를 구현하기 위한 핵심 기술이 가상화이다. 시간 소모적이고, 여러 유발 하드웨어 등 비효율적인 컴퓨터 문제를 해결하기 위한 방안이 소프트웨어 추상화를 통한 자동화이며 이는 서버 가상화에 의해 가능해진다. 서버 가상화를 통해 응용 서버는 가상머신(virtual machine: VM)으로 인캡슐되었으며 CPU나 메모리 자원 풀에 API와 함께 재배포되었다. 네트워킹과 보안은 네트워크 가상화라는 새로운 소프트웨어 추상화 계층으로 이동하기 시작했으며, 가상 네트워크를 생성함으로써 여러 응용에 대하여 네트워킹과 보안을 빠르게 배치할 수 있게 되었다. 네트워크 가상화를 통하여 보다 단순화한 논리 네트워킹 장치와 서비스들이 복잡한 물리네트워킹으로부터 추상화될 수 있었다[4-7].

네트워크 가상화 기술은 기정사실로 여겨왔던 여러 과정과 IT 재배포 모델을 변화시키는 새로운 IT 패러다임을 보여준다. 즉 네트워크 가상화는 네트워크 설계와 IT 서비스에 대한 새로운 접근 방식을 보여준다. 네트워크 가상화에 의해 네트워크 자원은 물리적 자원보다 논리적 자원 서비스로 재배포되고 관리될 수 있다. 네트워크 가상화에 의해 ①기업의 유연성 확장, ②네트워크 효율성 향상, ③운영 자원 경감, ④안정성, 관리, 가용도의 고급 표준 유지 등의 장점을 가질 수 있다[8].

Stochastic Reward nets (SRN)은 추계적 페트리 넷의 확장형으로 시스템 분석을 위한 함축된 모델링 기능을 제공한다. SRN은 확장된 마킹종속 기능을 제공해 주며, 다중금지 아크, 가드함수 등의 모델링 기능을 강화하여 복잡한 시스템을 간결하게 모델링 해준다. SRN의 모

든 유형 마킹에 적당한 보상율(reward rate)을 결합하여 시스템의 유용한 성능지표 값을 구한다. 시간천이의 발사율, 입출력 아크의 다중성, 마킹에 대한 보상율 등은 SRN 각 장소에 있는 토큰 수의 함수로 표현할 수 있다. 또 하나의 큰 기능은 천이에 대한 가드함수로 발사 가능/불가능 조건을 표현할 수 있어 모델링을 보다 함축적으로 표현할 수 있다. 시스템의 성능지표를 구하기 위하여 SRN 모델에 적절한 보상율을 배정한다[9-10].

SRN 모델의 해는 SRN 모델로부터 도달성 그래프를 생성하고, 생성된 도달성 그래프를 마르코프 보상 모델로 변환한 후 구해진 해의 기댓값으로 성능지표를 계산한다. SRN 모델의 해를 구하기 위해 SRN 모델링 도구인 SPNP(Stochastic Petri Net Package)[11]를 사용한다. SRN은 SPNP에 의해 마르코프 보상 모델(Markov Reward Model)로 변환되며 마르코프 보상 모델의 수치적해를 구하여 SRN에서 지정한 성능지표를 구한다. Duke 대학에서 개발된 SPNP 소프트웨어는 SRN 모델에 내재되어 있는 마르코프 프로세스를 자동으로 생성하고, 이들 프로세스의 안정상태의 해와 주어진 reward값을 이용하여 구하고자하는 성능지표 값을 계산한다.

SRN 모델은 SPNP를 이용하여 다음 분석 단계에 의하여 해석적-수치적으로 해를 구한다.

첫째, SRN 모델로부터 도달성 그래프가 생성되며 둘째, 도달성 그래프는 마르코프 보상 모델로 변환된다. 셋째, 마르코프 보상 모델은 수치적으로 해를 구하며, 마지막으로 구해진 해의 기댓값으로 성능지표를 계산한다.

## 2. 네트워크 가상화

### 2.1 네트워크 가상화시 고려사항

하나의 물리 NIC (Network Interface Card)가 여러 VM에 의하여 공유된다면 VM은 다른 VM의 성능에 서로 영향을 줄 수 있다. 그래서 최상의 망 성능을 위하여, 네트워킹 I/O가 많은(heavy networking I/O) VM과 latency에 민감한 workload를 갖는 VM에게는 서로 다른 분리된 물리 NIC를 사용하게 해야 한다. VM들이 서로 다른 가상 스위치에 연결되어 있다면 같은 가상 스위치

에 연결된 것 보다 트래픽이 증가하고 불필요한 CPU의 사용과 망의 오버헤드를 야기 시킬 수 있다.

망 입출력 제어(network I/O control)는 망 자원 풀에 망의 대역폭을 할당할 수 있다. 미리 정의된망 자원 풀의 예는 Fault Tolerance traffic, iSCSI traffic, vMotion traffic, management traffic, vSphere Replication (VR) traffic, NFS traffic, and virtual machine traffic을 들 수 있다 [6]. 각 자원 풀은 특별히 802.1p 우선순위 레벨로 배정된 포트그룹과 관계를 가진다. 네트워크 대역폭은 공유(share)와 제한(limit) 두 방식 중 하나를 사용하여 자원 풀에 할당될 수 있다.

공유는 자원 풀에 대한 대역 풀의 공유 비율을 일정하게 할당해 주며 한 VM에 전체를 할당해 주지는 않는다. 사용되지 않는 대역폭은 다른 자원 풀에 의해 사용 가능하다. 반면 제한은 특정 가상 스위치를 통한 한 개의 물리 NIC 당 자원 풀의 최대 대역폭 활용률을 정의하는데 사용된다. 한 가상 스위치가 포화 상태가 아니라도 자원의 대역폭 사용에 제한을 가하여 다른 VM이 사용할 수 있도록 해준다. 자원 풀의 대역폭 활용률이 설정된 제한보다 작으면 사용되지 않는 대역폭을 다른 자원 풀에 가용하게 해준다.

네트워크 가상화는 공유하는 서브스트레이트(데이터 평면) 위에서 자신의 가상 네트워크를 동적으로 구축하여 혁신적인 네트워크 아키텍처 및 서비스 기술을 시험하고 전개하기 위한 방법을 제공한다. 이러한 네트워크 가상화 기술을 적용하게 되면 하나의 물리적인 네트워크 위에서 다양한 가상 네트워크가 존재하여 각각의 가상 네트워크가 특정 목적의 기능을 수행하면서도 가상 네트워크들 간 자원은 격리된채로 동작하여 서로에게 영향을 주지 않으면서, 필요하면 가상 네트워크들의 상호 연동도 수행한다[12-14].

## 2.2 네트워크 가상화 기능

네트워크 가상화는 여러 물리적 네트워크를 하나의 가상 네트워크로 재배치할 수 있다. 또한 물리적 네트워크의 논리 세그먼트를 다중의 논리네트워크로 재배치 할 수 있다. 네트워크 가상화는 다음 3가지 중요한 기능을 갖는다.

### • Access control (접근제어)

접근제어는 외부의 위협으로부터 개인 또는 그룹의 기업 망을 위한 안정되고, 맞춤형향적인 접근을 제공해 준다. 이 제어는 ①인가된 사용자와 VPN 사이의 연결을 위한 IEEE 802.1x 와 같은 표준을 사용한 포트 인가 기능을 제공한다. ② 좋지 않은 트래픽을 제거하여 보안 리스크를 최소화 시켜주는 네트워크 접근제어 (Network Admission Control: NAC)를 제공한다.

### • 경로분리 (path isolation)

정확하고 안전한 가용자원 (VPN 등)을 인증된 사용자나 장치에게 제공한다. Cisco의 경우 Generic routing encapsulation (GRE), Virtual routing forwarding (VRF), Multiprotocol label switching (MPLS) 세 가지의 경로분리 해를 제공한다[8].

### • 서비스 에지 (service edge)

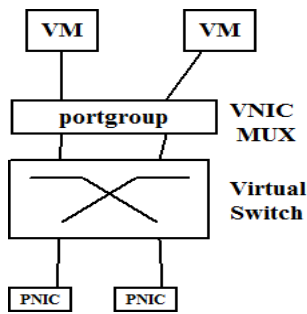
서비스 에지는 운영 비용의 최소화, 망의 서비스 모듈에 대한 공유, 그리고 전체 망을 통한 정책과 서비스의 빠른 재배치 정책을 사용하여 사용자와 장치의 합법적인 서비스에 대한 접근을 제공한다.

## 2.3 링크 가상화

링크 가상 화라 함은 하나의 물리적인 네트워크 디바이스(예: 10G 이더넷 디바이스)에서 다수의 가상 네트워크 인터페이스(VNIC) 기능을 지원해 주는 기술을 말한다.

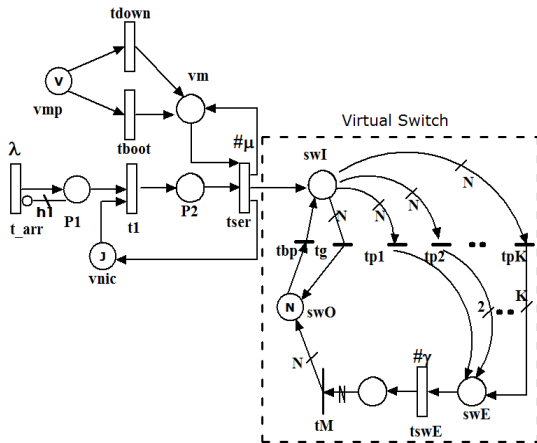
### • VMware

VMware에서 가상머신들은 하나 또는 그 이상의 자신의 IP 주소와 가상 네트워크 인터페이스를 가지고 있다 [2]. 가상 네트워크 인터페이스를 물리적 네트워크 인터페이스와 접속시키기 위해 포트그룹이라는 가상 네트워크 인터페이스에 대한 다중화 개념을 적용한다. 이를 통해 네트워크 보안, 네트워크 분할, 성능, 그리고 트래픽 관리 등 제반 네트워크 정책을 설정할 수 있다. 최종적으로 가상 스위치는 포트 그룹과 물리적 네트워크 인터페이스 사이에서 트래픽 스위칭 역할을 수행한다. [그림 1]은 이러한 VMware의 링크 가상화를 나타낸다.



[Fig. 1] Network Link Virtualization

### 3. 시스템 모델링



[Fig. 2] Network Virtualization SRN Model

[그림 2]는 가상 스위치를 갖는 네트워크 가상화에 대한 SRN 모델로 크게 세 서브모델로 구성된다: ① 그림 1의 포트그룹, 가상스위치를 모델링 한 가상스위치 SRN 서브모델 (그림 2 SRN 모델의 점선 사각형으로 표시한 부분), ② job 도착과 수행을 나타내는 job 관리 모델, ③ VM pool로부터 job 요청시 VM booting과 더 이상의 job 수행이 없을 때 pool로 다시 돌아가는 down의 VM 행위를 모델링한 VM 관리 모델

#### • job 관리 SRN 모델

장소  $P1$ 은 크기  $h1$ 을 갖는 job 큐이고, 천이  $t_{arr}$  과  $tser$  는 job의 도착과 서비스를 나타내며 각각 도착률

$\lambda$ 와 서비스율  $\mu$ 를 갖는다. 장소  $P1$ 의 토큰 수는 job수를 나타낸다. 큐 용량은 천이  $t1$ 에서 장소  $P1$  으로 크기  $h1$ 을 갖는 다중 금지야크로 표현된다. 서비스율은 VM 용량 (사용가능한 VM 수), vNIC 용량, 그리고 job수에 대한 함수로 표현되며 이는 천이  $tser$ 에 의하여 처리된다.  $tser$ 의 서비스율은 마킹 종속 함수로 표현되며 SRN 모델에서  $\# \mu$  로 표현된다[12].

#### • VM 모델

장소  $vmp$ 로 표시되는 VM pool은 VM용량 (초기 토큰  $V$ 로 표시)을 나타내며 job 요청이 있을시 이 pool로부터 VM은 천이  $tboot$ 에 의하여 부팅되며 active 상태의 VM이 된다 (장소  $vmp$ 로부터 장소  $vm$ 으로의 토큰 이동,  $vm$  토큰 하나는 한 개의 VM 표시).

#### • 가상 스위치 SRN 모델

스위치의 용량은  $N$ 으로, job은 같은 비율로 입출력 포트에 할당되며 job 크기 역시에 같은 크기의 비율을 갖는다고 가정한다. 또한 모든 job은 입력 포트에서 출력 포트에 스위칭된다.스위치의 용량  $N$ 은 장소  $swO$ 의 초기 토큰 수  $N$ 으로 나타낸다. 장소  $swI$ 는 스위치의 포트그룹을, 천이  $tp1$ 에서  $tpK$ 까지는 스위치의 각 포트를 나타낸다.  $K$ 는 가변적이며 현재 스위칭을 요청한 job 수 즉 현재 스위칭할 개수를 나타낸다. 천이  $tswE$ 는 가상스위치에서의 스위칭 행위를 나타낸다. 장소  $swI$ 는 포트그룹의 크기를 표시하기 위하여 토큰 수를  $N$ 으로 유지한다. job이 도착한 후, 처리된 job 수 만큼 ( $=J$ ) 이 장소  $swI$ 에 입력되며 (토큰 이동), 이 후 가용한 VM과 처리할 job이 없으면 ( $\# VM == 0$  &&  $\#P2 == 0$ ), 즉시천이  $tbp$ 에 의하여  $N$ 에서 그 나머지 만큼의 토큰 ( $N - J$ )이 바로  $swI$ 에 쌓이므로 초기 크기  $N$ 을 유지하게 한다. 또한 출력 그룹 포트를 나타내는  $swO$ 의 토큰 수도 즉시천이  $tg$ 에 의하여 바로  $N$ 을 유지하게 된다. job은 스위칭될 개수 만큼 같은 확률로 각 입력 포트인  $tp1$ 에서  $tpK$ 에 의하여 장소  $swE$ 로 오며 실제 스위칭은 천이  $tswE$ 에 의하여 이루어진다.

스위칭 될 포트 수는 동적으로 현재 스위칭을 요청한 job 수인 K로 표시되며 이는 SRN에서 다음다음 동적함수로 표현할 수 있다.

```
for(i=1;i<=K;i++) {
    sprintf(rt, "tRT_%d",i);
    imm(rt);guard(rt,en_RT);
    priority(rt,20);
    probval(rt,probRT[i]);
    miarc(rt,"RC",N1);
    moarc(rt,"pMTX",i);
}
```

여기서, imm, miarc, moarc는 즉시천이, 천이의 다중 입력아크, 다중 출력아크를, guard, priority,probability는 해당 천이의 발사조건 함수인 guard 함수, 천이의 우선순위, 확률을 각각 나타내며 이들은 전부 SPNP의 함수이다. <표 1>은 해당 천이의 가드함수를 나타낸다.

<Table 1> Guard Functions of SRN Model Transitions

transition	Guard function
tser	if (#P1<= V) return (#p1 x m) else return (V x m)
tswE	if (#swE <= K) return (#swE) x g ) else return(K x g);
tboot	if (#P1    # P2) return 1; else retrun 0;
ttdown	if (#P1    # P2) return 0; else retrun 1;
tbp	if (#P1 && #vm) return 0; else retrun 1;
tg	if (#P1 && #vm) return 1; else retrun 0;
tM	return(max(1, #swV));

### 3. 성능분석

#### 3.1 성능지표

##### • 스위칭 지연 시간

스위칭 지연시간은 Little's result를 스위치 서브 시스템에 적용하여 구할 수 있으며, SRN모델에서 다음 수식으로 구할 수 있다. 여기서, expected(장소)는 장소의 평균 토큰 수를 expected(rate(천이))는 천이의 처리율을 나타내며 이들은 모두 SPNP의 함수이다[11].

$$sw\_del = \text{expected}(m\_subsw)/\text{expected}(\text{rate}(tmu));$$

$$, m\_subsw = \#swI + \#swE + \#pswo + swO$$

##### • job response time (job\_RT)

job response time은 job이 도착해서 가상스위치의 스위칭 시간을 거쳐 VM에 의하여 처리되는 시간으로 Little's result로부터 다음 식으로 구할 수 있다. job이 도착 및 VM에 의하여 처리되는 시간 (resp\_T)와 스위칭 지연 시간의 합이된다.

$$resp\_T = \text{expected}(m\_job)/\text{expected}(\text{rate}(t\_arr));$$

$$m\_job = \#P1 + \#P2$$

$$job\_RT = resp\_T + m\_subsw$$

##### • 스위칭 처리율

sw\_thp = expected(rate(tswE));  
rate(tmu)는 job의 실제 처리율, 즉 실제 처리된 job 수를 나타낸다. rate(tswE)는 실제 스위칭 된 개수로 스위치의 처리율이 된다.

##### • job 처리율

job 처리율은 job의 서비스 천이인 tmu의 실제처리율로 다음 식으로 계산된다.

$$job\_thp = \text{expected}(\text{rate}(tmu));$$

##### • 스위치 포트 점유 확률

스위치 포트의 점유 확률은 요청되는 job 수에 따라 구해질 수 있으며, 가상 스위치 SRN 모델에서 다음 함수에 의하여 구해진다.

```
double get_probRT() {
    if((#vm)==ntoken && #P2>=ntoken) || (#VM >=ntoken && #p1==ntoken)return(1.0);
    else return(0.0);}
for(ntoken=0; ntoken <= K; ntoken++){port[ntoken] = expected(get_probRT);}
```

#### 3.2 수치결과

SRN 모델로부터 관심있는 성능지표를 수치적으로 구하기 위하여 SRN 모델의 소프트웨어 도구인 SPNP를 사용한다. 모델에서 사용하는 모든 천이의 발사율은 지수 분포를 따르는 것으로 가정하며 구축된 SRN 모델의 안정상태 분석을 수행한다. 입력데이터로 λ=5, μ=8.0일 경우의 각 성능지표에 대한 수치결과를 구하였다.

트래픽 타입은 active 상태의 vm 개수 (nvm)와 vnic (vnvc) 개수에 따라 다음 같이 low, medium, high 로 정

한다.

〈Table 2〉 Traffic type

traffic type	nvm	nvnic
low	2	3
medium	5	6
high	18	17

가상 스위치의 용량 N=9로 정하였으며, 가상 스위치의 포트는 active 상태의 vm 수 만큼 스위칭 하여 job을 실행시킨다. 즉 가상 스위치는 nvm만큼 스위치의 입력 포트가 활성화 되어 job을 vm과 링크시켜 실행하게 된다.

〈Table 3〉 probabilities of Port Occupation

port	low	medium	high
port[0]	0.249184	0.279496	0.262065
port[1]	0.264732	0.282945	0.266396
port[2]	0.486084	0.175002	0.172096
port[3]	0.000000	0.106836	0.111793
port[4]	0.000000	0.092030	0.071223
port[5]	0.000000	0.000000	0.044890
port[6]	0.000000	0.000000	0.027921
port[7]	0.000000	0.000000	0.017172
port[8]	0.000000	0.000000	0.010505
port[9]	0.000000	0.000000	0.006373

〈Tble 4〉 Values of Measures of Interes

traffic type	switching delay	job response	switchig thp.	job thp.
low	2.3450792	3.8192	1.75947	2.5114
medium	1.70555	2.8277	1.22759	3.1741
high	1.7387	2.87866	1.599857	3.305619

## V. 결론

클라우드 시스템의 핵심기술인 가상화는 서버, 단말, 네트워크 가상화로 집약된다. 본 논문에서는, 클라우드 시스템의 네트워크 가상화를 위한 SRN 모델을 가상 스위치를 기반으로 개발하였다. 가상 스위치의 포트그룹 및 입력 포트 등 SRN 모델에서 표현되는 장소와 천이에

대한 적절한 가드함수 등으로 성능지표를 표현하였다. 개발된 SRN 모델에서 관심 있는 성능지표인 스위칭 지연과 처리율에 대한 수치결과를 세 가지 트래픽 타입으로 분류하여 구하였다. 트래픽은 가상 스위치 용량과 실행 중인 가상머신 수에 따라 low, medium, high의 세 타입으로 분류 하였으며 이데 대한 수치결과를 구하였다. 본 논문은 향후 클라우드 가상화 성능분석 모델로 활용될 것이다.

## REFERENCES

- [1] Sushil Bhardwaj, Leena Jain, Sandeep Jain, "Cloud Computing: a Study of Infrastructure as a Service (IaaS)", International Journal of Engineering and Information Technology, vol. 2, no. 1, pp. 60-63, 2010
- [2] Amazon elastic compute cloud: <http://aws.amazon.com/ecs>. Accessed 03 March 2011
- [3] H. Castro, M. Villamizar, "Green flexible opportunistic computing with task consolidation and virtualization," Cluster Computing, Vol. 16, pp.545-557, 2013
- [4] Alin Zhong, H. Jin, S. Wu, X. Shi, "Performance implications of non-uniform VCP-PCPU mapping in virtualization environment," Cluster Computing, Vol. 16, pp.347-358, 2013
- [5] Microsoft Virtualization Management. [www.microsoft.com/VIRTUALIZATION/solution-tech-management.mspx](http://www.microsoft.com/VIRTUALIZATION/solution-tech-management.mspx)
- [6] <http://www.vmware.com/support/Performance> Best Practices for VMware vSphere5.1, VMware, 2012
- [7] <http://blogs.vmware.com/vmware/2013/03/vmware-nsx-network-virtualization.html>
- [8] <http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns658/#tab-a>
- [9] Cheul Woo Ro, Kyung Min Kim, "Stochastic Petri nets Modeling Methods of Channel Allocation in Wireless Networks", IJOC (International Journal of Contents), Vol.4, No.3, 2008.9
- [10] G. Ciardo and K. S. Trivedi, "A decomposition

- approach for stochastic reward net models,”  
Performance Evaluation, Vol 18, No. 1, pp.37-59,  
1993.
- [11] G. Giardo, K. S. Trivedi: SPNP Users Manual  
Version 6.0. Technical report, Duke Univ., 1999
- [12] Y.H.Kim, Technical Trends of Network  
Virtualization in Future Internet, Trends Analysis  
of Electronic Communication, ETRI , Vol. 25, No.1,  
2010.2
- [13] Fang Ha0, T.V. Lakshman, S. Mukherjee, and H.  
Song, Enhancing Dynamic Cloud-based services  
using Network Virtualization, VISA09, 2009.8
- [14] Y. Liao, D. Yin, and L. Ga, PdP: Parallelizing Data  
Plane in Virtual Network Substate, VISA09, 2009.8
- [15] Yang C. and C.W.Ro, “Adaptive Scheduling for  
QoS-based Virtual Machine Management in Cloud  
Computing”, International Journal of Contents, vol.  
8, no.4, pp. 7-11, 2012

#### 노철우(Ro, Cheul Woo)



- 1980년 2월 : 서강대학교 물리학과 (학사)
- 1982년 8월 : 동국대학교 전자계산학과(석사)
- 1995년 8월 : 서강대학교 컴퓨터공학과(박사)
- 1991년 4월 ~ 현재 : 신라대학교 컴퓨터공학과 교수

- 관심분야 : 클라우드, 시스템 모델링
- E-Mail : cwro@silla.ac.kr