

# NGN 자원제어 스킴의 고속화 방안에 관한 연구

차 영 옥<sup>\*</sup> · 한 태 만<sup>\*\*</sup> · 정 유 현<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

차세대 네트워크(NGN)는 QoS가 지원되는 광 대역 전달 망에서 세션 및 비-세션 서비스를 지원하기 위한 패킷 기반의 융합 망이다. NGN에서 네트워크 사용자에게 따라 차별화된 서비스를 제공하기 위해서는 QoS 기반 자원제어가 이루어져 한다. 본 논문에서는 세션 및 자원제어 지연을 최소화하기 위하여 NGN 자원제어 인터페이스에 병행형 제어 스킴을 정의하였다. 시뮬레이션을 통하여 기존 및 제안된 NGN 제어 스킴들의 제어지연과 완료율을 측정 및 분석하였다. 두 단계 자원 제어에서 도착율 120 까지는 병행형과 순차형의 완료율이 100%를 달성하였으며, 병행형의 제어지연이 순차형에 비하여 약 21.5% 개선되었음을 확인하였다.

키워드 : 차세대 네트워크, RACF, Rs 인터페이스, Rw 인터페이스, 병행형 자원 제어

## Study of High-Speed NGN Resource Control Schemes

YoungWook Cha<sup>\*</sup> · TaeMan Han<sup>\*\*</sup> · YouHyeon Jeong<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Next generation network (NGN) is a packet-based converged network to support session and non-session services in QoS-enabled broadband transport network. QoS based resource control must be defined to support differentiated services for various network users in NGN. This paper defined parallel control schemes for NGN resource control interfaces to minimize session and resource control delays. We simulated the existing and proposed NGN control schemes to measure and analyze control delays and completion ratios. By arrival rate of 120 in two-phase resource control, we checked out that completion ratios of sequential and parallel schemes achieved 100%, and the control delay of parallel scheme was improved by about 21.5% compared to that of sequential scheme.

Keywords : NGN, RACF, Rs Interface, Rw Interface, Parallel Resource Control

## 1. 서 론

NGN (Next Genration Network)은 기존의 다양한 통신 망을 통합하여 품질이 보장되는 광대역 멀티미디어 서비스를 언제 어디서나 끊김 없이 원활하게 제공할 수 있는 IP 기반의 광대역 통합망이다[1,2]. NGN의 기능 구조는 망 운영의 융통성을 위하여 여러 기능 엔티티들을 포함하는 서비스 층과 전송 층으로 구성된다[3]. 서비스 층에는 서비스 제어 기능(SCF : Service Control Functions)이 있으며, 전송 층의 제어 기능에는 NACF(Network Attachment Control Functions)[4]와 RACF(Resource and Admission Control Function)[5]가 포함된다. SCF는 NGN의 Rs 인터페이스를

이용하여 RACF와 자원의 권한 부여 및 QoS에 대한 요청과 응답을 교환한다. RACF는 Rw 인터페이스를 통하여 전송 기능에 있는 스위치나 라우터들에게 자원 수락 결정에 대한 사항을 실행하도록 지시한다.

NGN에서는 응용들이 요구하는 다양한 성능 요구사항을 지원하기 위하여 단일 단계(single-phase), 두 단계(two-phase) 그리고 세 단계(three-phase)의 세 가지 자원제어 스킴(scheme)이 정의되어 있다. 단일 단계 자원제어 스킴에서는 자원의 권한 확인, 예약과 할당이 하나의 단계로 같이 수행된다. 세 단계 자원제어 스킴에서는 자원의 권한 확인, 예약 그리고 할당이 연속적인 세 개의 단계로 구분되어 수행된다. NGN 기능 구조는 네트워크 운영의 융통성을 제공하기 위하여 서비스와 전송 층에 다양한 기능 엔티티들을 채택하고 있다. 그러나, 이들 다양한 기능 엔티티들 사이의 상호 작용에 의하여 자원제어의 오버헤드가 발생하게 된다[5].

ATM 망에서의 중앙 집중화된 연결제어 서버와 스위치들 사이에 병행형 연결제어 메커니즘을 도입하여 연결제어의 고속화를 달성하려는 연구들이 있었다[8,9,11]. 본 논문에서는 NGN 자원제어의 고속화를 위하여 기존 연구에서 제

\* 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. R11-2000-074-01003-0)와 ETRI 정보통신 연구개발사업의 위탁과제 연구 결과임.

<sup>\*</sup> 종신회원 : 안동대학교 컴퓨터공학과 부교수

<sup>\*\*</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 자동차용합기술연구팀 팀장

<sup>\*\*\*</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 방송통신융합연구부문 네트워크연구부 네트워크제어기술연구팀 팀장

논문접수 : 2009년 1월 9일

수 정 일 : 1차 2009년 2월 9일

심사완료 : 2009년 2월 12일

안되었던 병행형 연결 제어를  $R_w$  인터페이스에 적용하였다. RACF와 전송 망의 스위치 및 라우터들 사이의  $R_w$  인터페이스에 병행형 자원제어를 적용하기 위하여 트랜잭션 매핑 테이블과 자원제어 테이블을 정의하였다. 또한, NGN 기능 구조의  $R_s$  인터페이스에서 요구되는 세션제어와 자원 제어 프로토콜의 연동에 병행형 메커니즘을 정의하였다. 기존 및 제안된 NGN의 자원제어 스킴들에 대하여 제어지연과 완료율을 측정 및 분석하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다.

본 논문의 2장에서는 ATM 망에 적용된 고속 연결제어의 연구동향에 대하여 기술하며, 3장에서는 NGN의 기능 구조에서 자원제어를 위한 인터페이스와 자원제어 프로토콜의 연구동향을 기술한다. 4장에서는  $R_s$ 와  $R_w$  인터페이스에서 병행형을 이용한 NGN의 고속 자원제어 메커니즘을 정의하였다. 5장에서는 시뮬레이션을 통하여 기존 및 제안된 메커니즘의 제어지연과 완료율을 분석하였으며, 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

## 2. 고속 연결제어 기술의 연구동향

AT&T의 벨 연구소와 루슨트 테크놀로지(Lucent Technologies)는 ATM 망에서 중앙 집중화된 연결 서버와 ATM 스위치들 사이의 연결 제어에 대한 지연을 개선하기 위하여 병행형 연결 제어(PCC: Parallel Connection Control) 메커니즘을 제안하였다[8]. 제안된 병행형 연결 제어 메커니즘은 중앙 집중화된 연결 서버가 ATM 스위치들에게 동시에 연결의 설정 및 해제를 요구하는 것이다. 연결 서버가 경로 계산을 위하여 스위치 망의 토폴로지만 관리하며 링크 상태와 스위치의 자원들은 각 스위치에 탑재된 스위치 자원 서버가 관리하므로, PCC 메커니즘에서는 자원 예약 절차와 연결 구성 절차로 구분되는 두 단계 절차가 요구된다. 즉, 연결 서버는 단계 1에서 각 스위치에 탑재된 스위치 자원 서버에게 자원에 대한 가용 여부를 확인하여 예약을 수행하며, 단계 2에서 스위치들에게 연결의 설정을 수행하게 함으로 전체적인 연결 설정의 지연이 길어지는 단점이 있다. 고성능의 연결제어를 위해서는 연결 서버와 스위치 자원 서버들 사이에서 자원 예약과 연결 구성을 한꺼번에 수행할 수 있는 연결설정 메커니즘의 도입이 요구된다.

연구 [9]는 ATM 스위치의 연결 설정을 위하여 연결 매니저, 에이전트 그리고 가상 스위치 방식을 채택하여 단일 단계 및 두 단계 병행 연결 제어 메커니즘을 제안하였다. 에이전트와 가상 스위치는 호스트와 스위치에 탑재되며, 가상 스위치와 스위치 사이에는 스위치의 자원을 예약 및 할당하기 위하여 GSMP(General Switch Management Protocol) 프로토콜을[10] 사용한다. 이 연구의 두 단계 제어 메커니즘은 AT&T의 PCC 방식과 유사하다. 단일 단계 알고리즘에서는 연결 매니저가 랜덤하게 각 스위치의 출력 포트에 대한 VCI(Virtual Channel Identifier)를 선택하여 사용하므로, 스위치 자원의 가용 상태에 대한 확인절차 없이 자

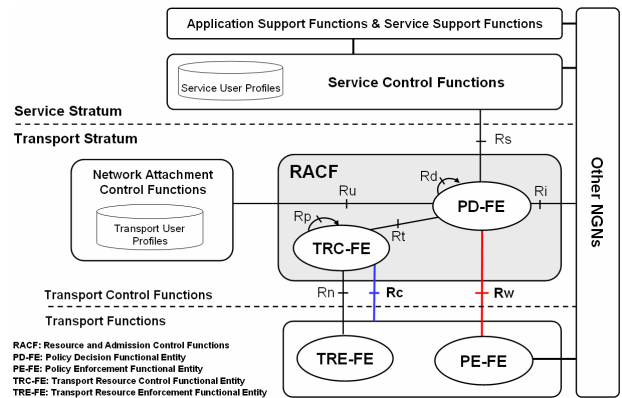
원 예약과 설정을 동시에 수행하게 된다. 단일 단계 알고리즘에서는 예약과 설정이 동시에 수행되므로 두 단계 알고리즘에 비하여 연결 설정의 지연 시간이 단축된다. 그러나, 랜덤한 VCI의 선택은 VCI 공간이 충분히 넓다고는 하나, 충돌이 일어날 가능성을 완전히 배제할 수 없다. 랜덤한 VCI의 선택에 있어서 충돌이 발생하는 빈도에 따라서 단일 단계 메커니즘의 성능이 좌우된다.

한편, 콜롬비아 대학에서는 ATM 스위칭을 위한 코바 기반 개방형 프로그래머블 신호 시스템의 xbind를 위한 고성능 연결 제어 메커니즘을 제안하고 성능을 분석하였다[11]. 고성능의 연결 제어를 위하여 xbind 연결 매니저에 네트워크 상태 캐싱(caching), 연결 요청 메시지의 통합(aggregation) 그리고 연결 매니저와 스위치 서버 사이의 병행형 연결 설정 방식을 적용하였다. 연결 식별자 캐싱을 이용하는 연결 매니저는 경로상의 스위치들에 대하여 가용한 출력 연결 식별자를 캐시에서 발견한다면 단일 단계의 연결 설정을 수행하며, 캐시에서 발견하지 못하면 두 단계의 연결 설정을 수행하게 된다. 병행형 연결 제어와 더불어 부과되는 호의 도착율에 따라 연결 요청 메시지의 통합 임계치를 적절히 조정함으로써 처리율과 연결 설정 지연의 개선 효과를 제시하였다.

## 3. NGN 연구동향

### 3.1 NGN 기능 구조 및 인터페이스

IP 기반의 광대역 통합망인 NGN의 기능 구조는 (그림 1)과 같이 서비스 층(Service Stratum)과 전송 층(Transport Stratum)으로 분리되어 있다[3]. 서비스 층은 다양한 응용 서비스를 사용자에게 제공하기 위해 지원 및 제어 기능으로 구성된다. 서비스 층의 응용/서비스 지원 기능은 제 3의 서비스 사업자와 종단 사용자에게 응용 레벨의 게이트웨이, 등록, 인증 및 권한 부여 기능을 제공한다. 서비스 제어 기능(SCF : Service Control Functions)은 미디어 자원제어 기능과 서비스 레벨에서의 세션 제어, 등록, 인증 및 권한 부여 기능 등을 수행한다.



(그림 2) NGN의 기능 구조 및 인터페이스

전송 층은 액세스 망과 코어 망을 통해 트래픽을 전송하기 위한 제어기능과 전송 기능으로 구성된다. 전송 제어 기능(Transport Control Functions)에는 NACF와 RACF가 포함된다. NACF는 사용자의 가입 정보 및 액세스 망의 정보를 관리하며[4], RACF는 전송 기능과 상호 작용하여 전송 자원제어와 수락 제어를 위한 중재자 역할을 수행한다[5]. RACF는 망 자원에 대한 수락 제어의 최종 결정을 내리는 PD-FE(Policy Decision Functional Entity)와 전송망의 관리 정보 수집 및 전송망 레벨에서의 자원 수락 제어를 수행하는 TRC-FE(Transport Resource Control Functional Entity)로 구성된다. 전송 기능은 PE-FE(Policy Enforcement Functional Entity)와 TRE-FE(Transport Resource Enforcement Functional Entity)로 구성된다.

서비스 층의 제어 기능인 SCF와 전송 층의 제어 기능인 RACF 사이의 Rs 인터페이스는 자원의 권한 부여 및 QoS에 대한 요청과 응답을 교환한다. 전송 층의 제어 기능에 있는 RACF의 PD-FE는 Rw 인터페이스를 통하여 전송 기능에 있는 PE-FE에게 자원 수락 결정에 대한 사항을 실행하도록 지시한다. Rc 인터페이스는 RACF의 TRC-FE가 전송 층의 여러 기능 엔티티들과 상호 협력하여, 액세스 및 코어 망의 토폴로지 정보와 자원 상태 정보를 수집한다. PD-FE는 TRC-FE에게 미디어 플로우의 경로에 대하여 액세스 및 코어망에서 사용할 자원의 가용 여부를 확인하기 위하여 Rt 인터페이스를 이용한다.

### 3.2 NGN 자원제어 프로토콜

RACF는 내부 기능 엔티티들간 혹은 외부 기능 엔티티들과의 상호 작용을 위해 (그림 1)과 같이 Rs, Rw, Rc, Rt 등의 자원제어 인터페이스를 가진다. ITU-T SG 11의 Q5/11에서는 RACF에 상호 연결된 각 인터페이스들의 자원제어 프로토콜들을 <표 1>과 같이 Q.330X 문서로 정의하고 있다. Q.330X 문서들은 NGN 구조의 각 인터페이스를 위한 프로토콜과 메시지 형식 및 동작 등을 정의하고 있다[12].

Rs 인터페이스의 자원제어 프로토콜로 IETF에 정의된 DIAMETER 기반의 Q.3301.1 문서가 제안되어 있다[6]. Q.3301.1은 NGN의 QoS 자원에 대한 권한(authorization) 확인과 예약(reservation) 및 집행(commitment)을 위한 메시지와 절차를 정의한다. Rw 인터페이스는 전송 망의 라우터나 스위치에게 수락된 자원의 예약과 정책 집행을 지시하는 기능을 수행한다. Rw 인터페이스를 위한 자원제어 프로토콜로 COPS 기반의 Q.3303.1과 H.248 기반의 Q.3303.2 그리고 DIAMETER 기반의 Q.3303.3 문서가 제안되었다. 토폴로지와 자원 상태 정보 수집을 위한 Rc 인터페이스에는 COPS 기반의 Q.3304.1과 SNMP 기반의 Q.3304.2 문서가 제안되어 있다[7].

NGN에서는 Rs 와 Rw 그리고 Rt 인터페이스의 자원제어 프로토콜로 DIAMETER를 이용하고 있다. DIAMETER는 인증, 권한 확인 그리고 회계를 위한 프레임워크를 제공하는 프로토콜이다[13]. 연구 [14]에서는 Rs 인터페이스의

<표 1> NGN 인터페이스와 자원제어 프로토콜

인터페이스	기능 엔티티	기반 프로토콜	Q.330X.X
Rs	SCF, PD-FE	DIAMETER	Q.3301.1
Rp	TRC-FE, TRC-FE	RCIP	Q.3302.1
Rw	PD-FE, PE-FE	Introduction	Q.3303.0
		COPS	Q.3303.1
		H.248	Q.3303.2
		DIAMETER	Q.3303.3
Rc	TRC-FE, TF	COPS	Q.3304.1
		SNMP	Q.3304.2
Rt	PD-FE, TRC-FE	DIAMETER	Q.3305.1
Rd	PD-FE, PD-FE	정의 예정	Q.3306.X
Ri	NACF, PD-FE	정의 예정	Q.3307.X
Rn	TRC-FE, TRE-FE	추후 연구 사항	--

QoS 기반 자원제어를 위하여 DIAMETER 정보요소와 SIP의 SDP(Session Description Protocol) 속성들의 매핑방안을 제시하였다. 또한, NGN 서비스 층에서 전송 층으로의 자원제어를 위하여 Rs와 Rw 인터페이스 사이의 메시지와 정보요소에 대한 매핑방안을 제시하였다.

### 3.3 자원제어 스킴

NGN의 자원제어는 권한(authorization) 확인, 예약(reservation) 그리고 할당(commitment)의 세 가지 논리적인 상태를 가진다. NGN에서는 다양한 응용 특성과 성능 요구사항을 지원하기 위하여 단일 단계, 두 단계 그리고 세 단계의 자원제어 스킴이 정의되어 있다.

단일 단계 스킴은 자원의 권한 확인, 예약과 할당이 하나의 단계로 같이 수행되므로, 서비스 요청과 컨텐츠 수신 사이에 지연의 최소화를 요구하는 클라이언트-서버 모델의 응용에 적당한 스킴이다. 두 단계 자원제어 스킴은 두 가지 경우로 나눌 수 있다. 첫 번째는 자원의 권한 확인과 예약이 수행된 뒤에 두 번째 단계에서 자원의 할당이 수행되는 경우이다. 두 번째는 첫 번째 단계에서 권한 확인만 수행되고 다음 단계에서 자원의 예약과 할당이 동시에 수행되는 경우이다. 두 단계 스킴은 까다로운 성능 요구사항을 가지고 있거나 사용 가능한 전송 자원을 충분히 가질 필요가 있는 상호 작용형 응용에 적절하다. 세 단계 자원제어 스킴은 자원의 권한 확인, 예약 그리고 할당이 세 개의 단계로 구분되어 수행되므로, 전송 자원이 부족한 환경에서의 네트워크-호스트 서비스를 위해 적당한 스킴이다[5].

### 4. 고속 자원제어 메커니즘

본 장에서는 자원제어에 있어서 중추적 역할을 수행하는 NGN의 Rs와 Rw의 각 인터페이스에 대한 고속화 메커니즘에 대하여 기술한다.

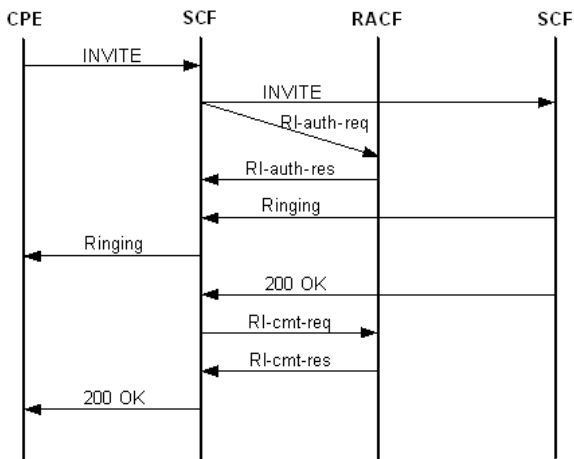
#### 4.1 Rs 인터페이스의 고속화

SCF는 세션 신호 프로토콜인 SIP에서 미디어 플로우가 요구하는 QoS 클래스, 대역폭, 우선 순위 등과 같은 자원 특성들을 Rs 인터페이스의 DIAMETER 정보요소로 매핑하여 RACF로 전달한다. 즉, NGN의 자원제어를 위해 SCF는 세션제어 프로토콜인 SIP와 Rs 자원제어 프로토콜의 연동을 수행하여야 한다. 이러한 프로토콜의 연동은 순차형과 병행형이 가능하다

SCF가 INVITE 메시지를 수신하면 Rs 인터페이스를 통하여 RACF에게 자원권한 확인요청(RI-auth-req) 메시지를 전달한다. 순차형 연동에서 RACF로부터 성공응답(RI-auth-res) 메시지를 수신하면, SCF는 다음 단의 SCF에게 INVITE 메시지를 전달한다. 이와 같이 SIP와 Rs 인터페이스 프로토콜이 순차형으로 연동하여 자원권한 확인을 수행하므로 전체적인 자원제어의 지연이 길어지게 된다.

본 논문에서는 Rs 인터페이스의 고속화를 위하여 SCF에서 INVITE와 자원권한 확인(RI-auth-req) 메시지의 연동을 병행형으로 수행하는 방안을 정의한다. 프로토콜 연동의 병행형에서 SCF가 CPE(Customer Premises Equirment)로부터 INVITE 메시지를 수신하면, RACF로 전달되는 RI-auth-req 메시지와 다음 단의 SCF에게 전달되는 INVITE 메시지를 동시에 전송하게 된다. 병행형을 이용하므로 권한부여에 대한 응답 메시지를 기다리지 않고 SIP의 INVITE를 다음 단계의 SCF로 전달하므로 자원제어 지연을 감소시킬 수 있다. 두 단계 자원제어 스킴에서 SIP와 자원제어 프로토콜의 병행형 연동 절차는 (그림 2)와 같다.

프로토콜 연동의 병행형은 세션제어와 NGN 자원제어가



(그림 2) 두 단계 자원제어 스킴에서 SIP와 자원제어 프로토콜의 병행형 연동

동시에 발생하므로, 세션과 자원제어가 모두 성공하여야 한다. 세션제어가 성공하였으나 자원제어가 실패한 경우, 또는 세션제어가 실패하였으나 자원제어가 성공한 경우에, 실패한 제어 부분을 해제하거나 취소하여야 한다. 이와 같이 세션제어 또는 Rs 자원제어 메시지의 손실이나 실패응답 등의 비정상 상황에 대처하는 방안이 프로토콜 연동의 병행형 제어 메커니즘에 도입되어야 한다. 두 단계 자원제어 스킴의 병행형 프로토콜 연동에서 SCF가 자원의 예약과 할당을 위한 집행(RI-cmt-req) 메시지의 전송 전에 RACF로부터 자원권한 요청의 응답(RI-auth-res)와 INVITE의 응답(200 OK) 메시지를 모두 수신하여야 한다. SCF가 자원권한 요청의 성공응답을 수신 후 다음 단의 SCF로부터 세션제어의 실패 응답 메시지를 수신하면 RACF에게 자원권한 요청에 대한 해제 메시지를 전달하여야 한다. 또한, SCF가 세션제어의 성공응답 메시지를 수신하였어도 RACF로부터 자원권한 요청의 실패응답을 수신하면 다음 단의 SCF에게 세션제어를 취소시켜야 한다.

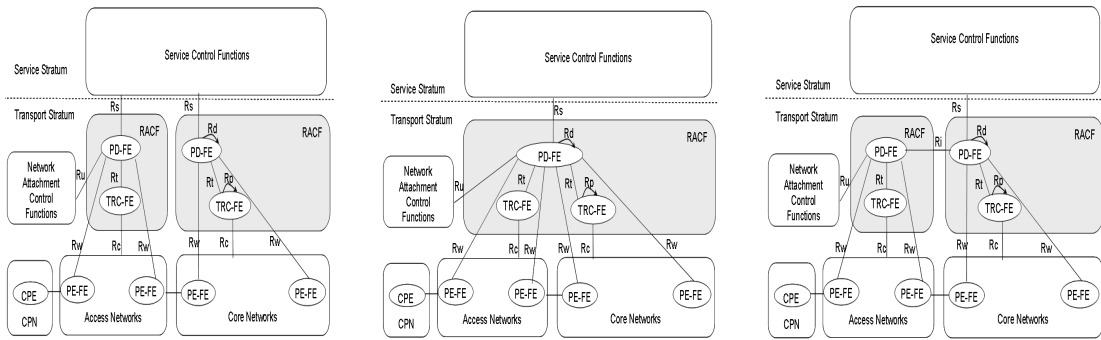
#### 4.2 Rw 인터페이스의 고속화

RACF는 Rs 인터페이스를 통하여 수집된 전송망의 토폴로지 및 자원상태의 정보를 이용하여 망 자원에 대한 수락 제어의 최종 결정을 수행한다. 라우터와 스위치에 탑재되는 PE-FE는 RACF가 결정한 자원의 예약과 설정을 위한 정책 규칙을 Rw 인터페이스를 통해 전달받아 전송망에 반영시키고 집행한다. Y.2111 문서에 정의되어 있는 RACF의 구현 예는 (그림 3)과 같다.

그림의 첫번째는 액세스와 코어망의 RACF들이 SCF와 별도의 Rs 인터페이스를 가지며 각각 해당 PE-FE를 제어하는 예이다. 두 번째 그림은 액세스망과 코어망의 RACF들이 각각 자신의 PE-FE들을 제어하지만 SCF와는 동일한 Rs 인터페이스를 가지며 PD-FE들 사이에 Ri 인터페이스를 갖는 예이다. 세 번째는 하나의 RACF가 액세스와 코어망의 모든 PE-FE들을 제어하는 예이다.

기존 연구[8,9,11]에서는 연결제어 서버에서 스위치의 자원상태 정보를 관리하는 방안이 정의되어 있지 않으므로, 스위치와 연결제어 서버 사이에 예약과 집행 단계가 분리되어 수행되는 두 단계의 자원제어 메커니즘을 정의하고 있다. NGN에서는 전송망의 토폴로지와 자원 상태에 대한 정보를 RACF가 Rc 인터페이스를 통하여 관리하므로, 단일 단계와 두 단계 자원제어 스킴에서의 Rw 인터페이스에서 라우터와 스위치의 자원에 대한 예약과 집행을 동시에 수행할 수 있게 된다. 즉, RACF는 Rc 인터페이스를 통하여 수집된 토폴로지 및 자원의 상태 정보를 이용하여 경로를 계산하며, Rw 인터페이스에서의 자원제어는 순차형과 병행형이 가능하다.

Rw 인터페이스의 순차형 자원제어는 경로에 있는 전송망의 모든 라우터와 스위치의 PE-FE들에 대하여 자원제어가 순차적으로 처리된다. 즉, RACF는 경로 상의 PE-FE에게 전송자원의 정책 집행을 요청하여 응답을 받으면 다음



(그림 3) RACF의 구현 예

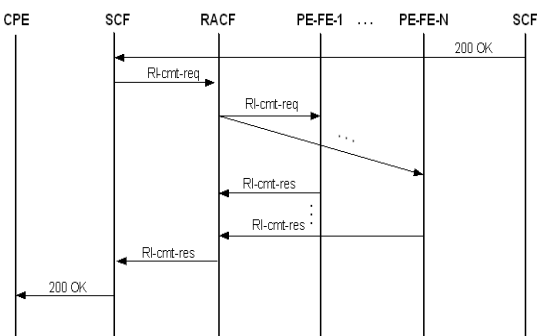
PE-FE에게 전송 자원의 정책 집행을 순차적으로 요청한다. RACF와 PE-FE 들의  $R_w$  인터페이스를 통하여 요청과 응답메시지를 순차적으로 교환하므로, 순차형 자원제어는 경로상에 있는 전송망의 라우터와 스위치 수에 비례하여 자원 제어의 지연이 증가하게 된다.

4.2.1.  $R_w$  인터페이스의 병행형 자원제어

INVITE에 대한 응답(200 OK) 메시지를 수신한 SCF는 RACF에게 전송자원의 정책 집행을 위하여 RI-cmt-req 메시지를 전송한다. RACF는 경로계산을 통하여 전송망에서 사용할 노드들을 결정하며, 최종 자원수락 제어를 수행한다. RACF는 경로 상의 각 PE-EF 들에게  $R_w$  인터페이스를 통하여 전송자원의 정책 집행을 요청(RI-cmt-req)하는 메시지를 전송하게 된다.  $R_w$  인터페이스의 병행형 자원제어는 기존 연구[8]와 같이 RACF가 경로 상에 있는 전송망의 모든 PE-FE들에게 동시에 전송자원의 정책 집행을 요청하므로, 순차형에 비하여 자원제어에 대한 지연을 감소시킬 수 있다. RACF는 경로 상의 모든 PE-FE들로 부터 응답(RI-cmt-res) 메시지를 수신하면 SCF에게 전송 망의 노드들에 대한 정책 집행이 완료되었음을 통보한다. SCF는 RACF로부터 RI-cmt-res 메시지를 수신하면 200 OK 메시지를 CPE에게 전달한다.  $R_w$  인터페이스의 병행형 자원제어 절차는 (그림 4)와 같다.

4.2.2. 병행형 자원제어를 위한 테이블

$R_w$  인터페이스의 병행형 자원제어를 위하여 RACF는 수



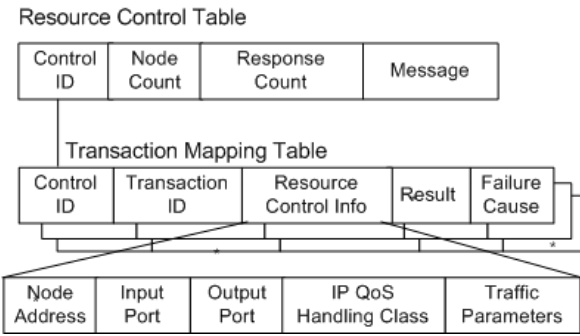
(그림 4)  $R_w$  인터페이스의 병행형 자원제어 절차

신한 자원제어의 응답 메시지가 어느 PE-FE에서 그리고 어떤 요청에 대한 응답인지를 구분할 수 있어야 한다. 또한, RACF는 경로상의 모든 PE-FE들에서 자원집행이 완료되었는지를 판단하기 위하여 경로상의 노드 개수와 노드들로 부터 수신한 응답의 개수가 일치하는지 확인할 수 있어야 한다. 본 연구에서는  $R_w$  인터페이스의 병행형 자원제어를 수행하는데 요구되는 RACF의 내부 자료를 정의한다. (그림 5)는 병행형 자원제어를 위하여 RACF에서 유지하는 자원 제어 테이블(RCT: Resource Control Table)과 트랜잭션-매핑 테이블(TMT: Transaction Mapping Table)의 관계와 각 테이블에서 유지하는 필드들을 나타낸다.

RCT 테이블의 각 엔트리에는 제어 식별자(Controll ID), 경로에 포함되는 라우터 및 스위치의 노드 개수(Node Count), 요청에 대하여 응답한 노드의 개수(Response Count) 및 메시지 필드로 구성된다. 메시지 필드에는 RACF가  $R_s$  인터페이스를 통하여 수신한 자원제어 요청 메시지의 원본이 저장되며, 경로의 재계산이나 자원의 재설정 시에 사용된다. RCT의 엔트리 하나에 대하여 해당 경로에 포함되는 노드의 개수만큼 TMT 테이블의 엔트리들이 생성되며 각 엔트리들의 Control ID 필드는 RCT 엔트리의 Control ID와 동일한 값을 가진다.

TMT 테이블의 트랜잭션 식별자(Transaction ID)는 RACF와 전송망 노드 사이에서 자원제어 트랜잭션을 식별하기 위한 필드이다. TMT의 자원제어 정보(Resource Control Info) 필드는 경로상의 노드에게 집행을 요청한 자원제어 정보를 나타내며, 자원제어가 완료되어 해제를 수행할 때 참조하게 된다. 자원제어 정보에는 주소, 노드, QoS 처리 클래스 및 트래픽 파라미터 등이 포함된다. 결과(Result) 필드는 자원제어 요청에 대한 결과를 나타내며, 실패원인(Failure Cause) 필드는 라우터 또는 스위치로부터 실패 응답을 수신한 경우에 실패에 대한 원인을 나타낸다. RACF는 응답 메시지가 어떤 노드 그리고 어느 자원제어에 대한 응답인지를 구분하기 위하여 TMT 테이블의 Transaction ID와 Control ID 필드를 사용한다. 또한, RCT와 TMT의 Control ID 필드를 매핑시킴으로써 경로상의 모든 노드들에 대한 자원제어 집행이 완료되었는지 판단하게 된다.

만약 경로 상의 한 노드에서 자원정책의 집행이 실패하거나  $R_w$  인터페이스 프로토콜의 오류로 자원제어 집행이 실패



(그림 5) Rw 인터페이스의 자원제어를 위한 자료 구조

패하는 경우에, RACF는 실패한 노드를 제외하고 새로운 경로를 계산하여 자원제어 집행을 다시 수행하게 된다. 새로이 계산된 경로와 이전 경로를 비교하여 이전 경로에 있었던 노드 중에서 제외된 노드에 대해서는 자원을 해제하며, 새로 추가된 노드에 대해서는 전송 자원의 정책 집행을 수행하도록 요청한다.

4.3 자원제어 스킴의 고속화 방안

권한확인, 예약과 집행이 한꺼번에 수행되는 단일 단계 자원제어 스킴에서는 Rw 인터페이스의 자원제어에 대한 병행성을 이용하여 고속화를 달성할 수 있다. 두 단계 자원제어 스킴의 첫 단계에서는 SCF와 RACF 사이의 Rs 인터페이스에서 자원권한의 요청 처리를 수행하여, 다음 단계에서는 Rs 인터페이스 그리고 RACF와 전송 노드 사이의 Rw 인터페이스에서 자원예약과 할당에 대한 처리를 수행한다. 두 단계 자원제어 스킴의 고속화를 위하여 첫 단계의 자원

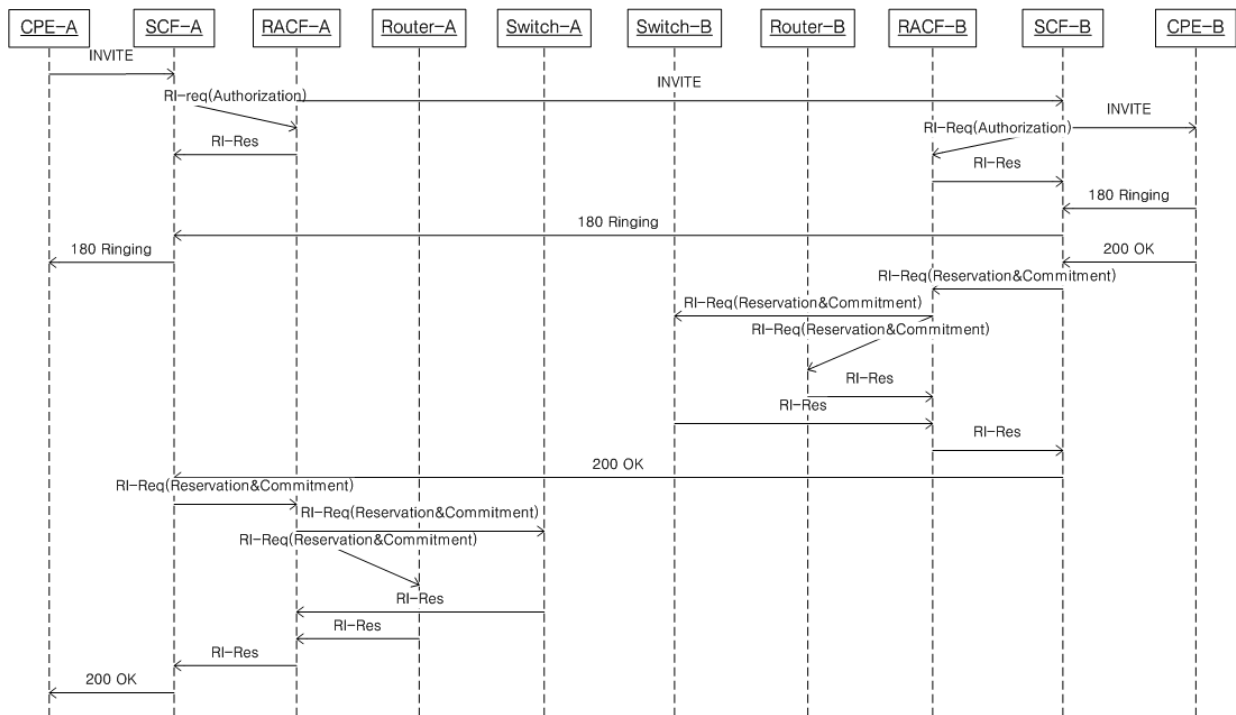
권한 요청시에 SCF에서 세션제어 프로토콜(SIP)와 자원제어 프로토콜 연동의 병행성을 이용하며, 다음 단계의 자원예약 및 집행시에 RACF와 PE-FE들 사이에서 자원제어의 병행성을 이용한다. (그림 6)은 4.1에서 기술한 Rs 인터페이스의 프로토콜 연동에 대한 병행성과 4.2에서 기술한 Rw 인터페이스의 자원제어에 대한 병행성을 이용하는 두 단계 자원제어 스킴의 고속화 절차를 나타낸다.

5. 시뮬레이션 및 성능 분석

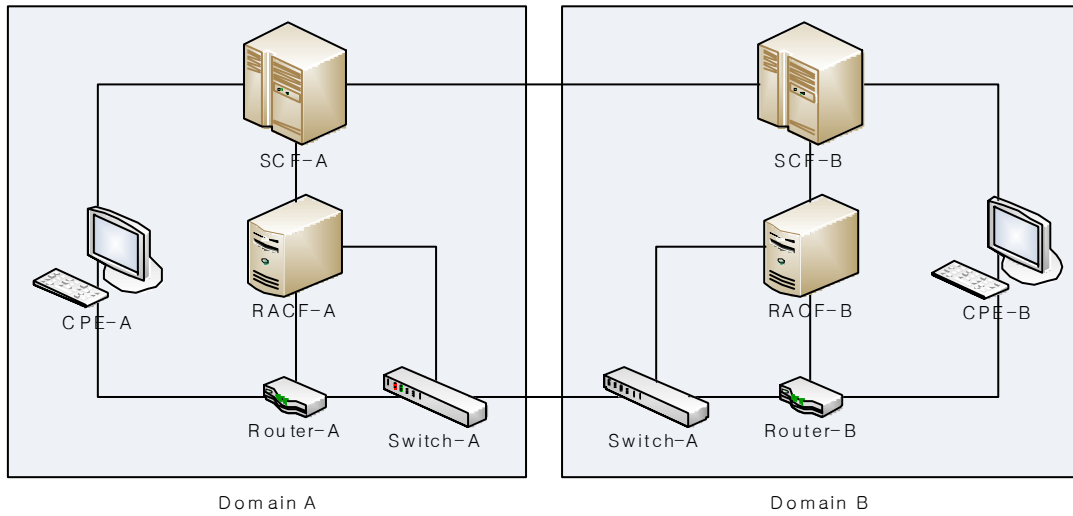
본 장에서는 단일 및 두 단계 자원제어 스킴에 대하여 ITU-T에서 정의한 순차형 기반과 본 논문에서 정의한 병행형 기반의 자원제어 스킴에 대하여 자원제어 지연과 완료율을 시뮬레이션을 통하여 측정하였다. 시뮬레이션 언어는 플로리다 대학에서 개발된 SimPack을 이용하였다[15].

5.1 시뮬레이션을 위한 망 구성도

NGN 자원제어 스킴에서 기본적으로 요구되는 인터페이스는 Rs와 Rw 인터페이스이며, 관련 기능 엔터티는 SCF, RACF 그리고 라우터와 스위치에 탑재되는 PE-FE들이다. 본 연구에서는 하나의 RACF가 액세스 망과 코어 망의 자원을 모두 관장하는 Y.2111 문서의 세 번째 구현 예를 기반으로 (그림 7)과 같이 NGN 자원제어 스킴의 시뮬레이션을 위한 망 구성도를 채택하였다. 도메인을 A와 B 두 개로 나누며, 각 도메인의 SCF와 RACF는 자신의 도메인에 있는 액세스 망의 라우터와 코어 망의 스위치에 있는 PE-FE들과 NGN 자원제어 메시지를 교환하므로 전달 망의 자원을 제



(그림 6) Rs와 Rw 인터페이스의 병행성을 이용한 고속의 두 단계 자원제어 스킴



(그림 7) NGN 자원제어 스킴의 시뮬레이션 구성도

어한다고 가정한다. CPE는 SCF와 세션의 설정 및 해제를 위하여 SIP 메시지를 교환한다.

시뮬레이션을 구성하는 노드들 중에서 세션제어와 NGN 자원제어 메시지를 동시에 처리하는 SCF 노드의 오버헤드가 가장 크며, 다음으로 NGN의 Rs와 Rw 인터페이스의 자원제어를 수행하는 RACF 노드이다. 라우터와 스위치의 각 PE-FE 노드는 RACF의 명령에 대하여 응답만 수행하므로 가장 오버헤드가 적은 노드들이다. 시뮬레이션을 구성하는 각 노드들의 오버헤드를 고려하여 SCF에는 5개, RACF에는 3개 그리고 라우터와 스위치의 PE-FE에는 각각 1개의 서버가 동작하는 것으로 가정하였다. 각 노드에서 메시지의 버퍼링을 위하여 사용하는 큐의 크기는 K(2048) 개의 유한 큐로 가정하였다.

### 5.2 메시지 평균 처리시간

NGN 자원제어 스킴의 정확한 시뮬레이션을 위하여 세션 제어 프로토콜인 SIP와 자원제어 프로토콜인 DIAMETER 메시지들의 수행시간을 정의하였다.

#### 5.2.1. SIP 프로토콜의 평균 메시지 처리 시간

SIP 메시지의 평균 처리 시간을 정의하기 위하여 Nokia 회사에서 수행한 SIP 프로토콜의 제어지연을 참조하였다. Nokia에서는 로컬 호, 국내 호 그리고 국제 호로 구분하여 SIP의 PDD(Post Dialing Delay)와 ASD(Answer Signal Delay) 그리고 CRD(Call Release Delay) 지연을 측정하였다 [16]. 거리에 따른 지연 변수를 적용하지 않기 위하여 본 연구에서는 Nokia에서 측정한 로컬 호의 PDD와 ASD 지연을 SIP 메시지의 길이에 대한 비율로 분배하여 각 SIP 메시지의 평균 처리 시간을 <표 2>와 같이 정의하였다.

#### 5.2.2. DIAMETER 프로토콜의 평균 메시지 처리시간

SIP과 관련된 메시지들의 수행 시간을 측정한 연구 결과는 있으나, NGN Rs와 Rw 인터페이스에 적용되는 DIAMETER

<표 2> SIP 메시지의 평균 처리 시간

지연구분	메시지 (bytes)	처리시간 (ms)
PDP=24ms	INVITE	8.65
	180 RINGING	3.4
ASD=23ms	200 OK	7.45
	ACK	4.05

메시지들의 수행 시간을 측정된 연구 결과는 확인되지 않고 있다. 본 연구에서는 앞에서 정의한 SIP 메시지의 평균 처리 시간을 이용하여 NGN Rs와 Rw 인터페이스에 적용되는 DIAMETER 메시지들의 수행 시간을 정의하였다. NGN 자원제어 시뮬레이션에 적용할 DIAMETER 메시지들의 평균 처리 시간은 <표 3>과 같다.

단일 단계 자원제어 스킴의 Rs 인터페이스에서 자원사용의 권한 확인 및 예약과 집행을 위하여 사용하는 메시지 (RI-req)는 세션제어의 시작 메시지인 INVITE와 처리 시간이 동일하다고 가정하였다. 두 단계 자원제어 스킴에서 자원사용의 권한 확인과 자원집행이 단계 별로 SCF에서 RACF로 전달된다. 권한확인을 위한 RI-auth-req 는 INVITE 메시지의 수신 후에 전달되며, 집행을 위한 RI-cmt-req는 200 OK 메시지의 수신 후에 전달된다. RI-cmt-req는 집행만을 요청하는 메시지이므로 평균 처리 시간은 200 OK 메시지의 처리 시간과 동일하다고 가정한다

<표 3> DIAMETER 메시지의 평균 처리 시간

메시지	시간(ms)
RI-req	INVITE=8.65
RI-res	RI-req * 0.5
RI-cmt-req	200 OK=7.45
RI-cmt-res	RI-cmt-req*0.5
RI-auth-req	RI-cmt-req*0.8
RI-auth-res	RI-auth-req*0.5

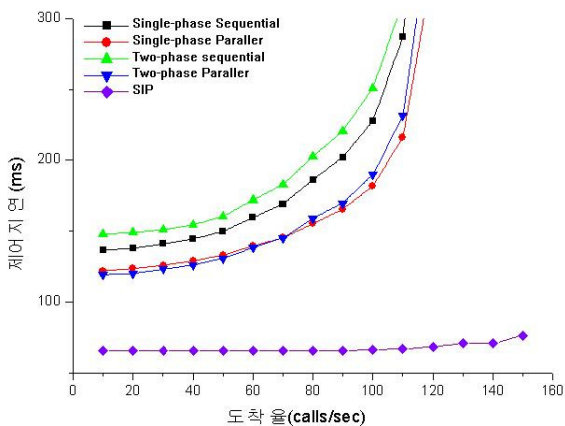


다. 권한확인 메시지는 집행 메시지에 비하여 단순히 자원의 사용 권한만을 확인하므로, RI-cmt-req 메시지 처리 시간의 80%로 가정한다. NGN Rs와 Rw 인터페이스의 자원 제어에서 응답 메시지는 요청 메시지에 대한 수행결과를 단순히 통보하므로, 각 응답 메시지는 해당 요청 메시지 처리 시간의 50%로 가정하였다.

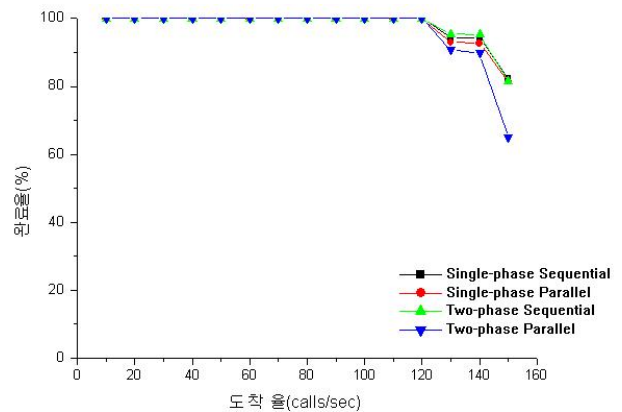
단일 단계 및 두 단계 자원제어 스킴에서 RACF는 전송층의 경로 선택과 경로 상에 있는 각 노드들의 자원 상태를 확인한 후에 최종 자원수락 여부를 결정한다. 자원수락이 이루어지면 RACF는 RI-cmt-req 메시지를 라우터와 스위치에 있는 PE-FE들에게 순차적으로 또는 병행으로 전달하게 된다. 시뮬레이션에서는 액세스 망에 있는 라우터에게 먼저 RI-cmt-req를 전송 후에 코어 망의 스위치에게 RI-cmt-req를 전송하는 것으로 가정한다. RACF에서 라우터의 PE-FE에게 전송하기 위하여 RI-cmt-req를 생성하는데 소요되는 시간은 SCF에서 수행되는 RI-cmt-req의 메시지 처리 시간과 동일하다고 가정한다. 그러나 RACF가 자원수락 제어를 모두 수행한 후에 두번째 RI-cmt-req를 코어 망의 스위치에게 전송하므로, 두번째 RI-cmt-req는 첫번째 RI-cmt-req 수행 시간의 50%로 가정하였다.

### 3. 시뮬레이션 결과 분석

NGN 자원제어 스킴의 제어지연은 발신 CPE에서 세션 설정 메시지인 SIP 프로토콜의 INVITE 메시지가 발생되어 200 OK 메시지를 수신할 때까지의 지연으로 정의된다. 이 지연에는 CPE와 중간 SCF 노드들에서 SIP 메시지의 처리 지연, SCF와 RACF 및 PE-FE들에서 Rs와 Rw 인터페이스에 대한 NGN 자원제어 프로토콜의 처리 지연이 포함된다. CPE에 도착하는 SIP의 INVITE 메시지 평균 도착율은 포아송 분포, SIP과 DIAMETER 프로토콜 메시지의 평균 처리 시간은 지수 분포로 가정한다. 대형 전자 교환기인 AT&T 4ESS의 호 처리 성능이 500,000 BHCA[18]임을 감안하여 본 시뮬레이션에서는 초당 120호 이상의 도착율을



(그림 8) NGN 자원제어 스킴의 제어지연



(그림 9) NGN 자원제어의 완료비

고려하였다. 다음 그림은 단일과 두 단계 자원제어 스킴의 제어지연을 나타내는 그래프이다.

그래프에서 NGN 자원제어 프로토콜이 동작하지 않고 순수하게 SIP 프로토콜만 동작하는 경우의 세션 설정 지연은 도착율이 10인 경우에 65.8 ms이며, 도착율이 120인 경우에 68.3 ms로 설정 지연의 변화가 크지 않다. 두 단계의 병행형 자원제어 스킴에서는 Rs 인터페이스에서 세션제어 프로토콜과 NGN 자원제어 프로토콜의 연동을 병행으로 처리하므로 단일 단계의 병행형 스킴에서 발생하는 제어지연과 차이가 크지 않음을 확인 할 수 있다. 반면에, 두 단계 자원제어 스킴에서는 SCF가 INVITE 메시지를 수신하면 RACF에게 자원 사용의 권한 확인을 요청하기 위하여 DIAMETER 메시지를 교환하는 오버헤드가 발생한다. 이러한 오버헤드로 인하여 순차형의 두 단계 자원제어 스킴이 순차형의 단일 단계 자원제어 스킴에 비하여 10에서 30ms 정도의 제어지연이 추가적으로 발생하였다.

순차형 및 병행형의 모든 자원제어 스킴에서 호의 도착율이 130 이후 부터는 Rw 인터페이스에 있는 PE-FE 노드들의 사용율 증가에 의하여 제어지연이 급격히 증가하고 있다. PE-FE 노드들의 사용율이 순차형 단일 단계 자원제어 스킴에서 도착율이 120인 경우에는 92.0이며, 도착율이 130인 경우에는 99.6 이상으로 급격히 증가하였다. 도착율 130 이상의 경우에도 적정 수준의 제어지연을 유지하려면 시뮬레이션의 구성에서 1개의 서버만이 동작하는 PE-FE의 서버 수를 2개 이상으로 늘려서 PE-FE 노드들의 처리율을 개선하여야 한다.

완료율은 발신 CPE에서 발생된 INVITE 메시지의 전체 수에 대하여 성공적으로 수신된 200 OK 메시지 수의 비율을 나타낸다. 다음 그림은 세션과 자원제어 설정에 대한 완료비를 나타낸다.

본 시뮬레이션 구성에서는 각 제어 스킴의 완료율이 도착율 120까지는 모두 100%를 달성하였다. 그러나, 도착율 130 부터는 PE-FE 노드들의 사용율이 급격히 증가하면서 각 제어 스킴의 완료율이 95% 이하로 급격히 저하되고 있다. 도착율 120까지는 완료율 100%를 유지하면서 단일 단계의 병행형은 순차형에 비하여 제어지연이 16.3%, 두 단계의



병행형은 순차형에 비하여 제어지연이 21.5% 개선되었음을 확인하였다. 본 시뮬레이션 구성에서는 하나의 RACF가 두 개의 전송 노드만을 제어하는 것으로 구성하였다. RACF가 제어하는 전송 노드의 수가 증가할수록 순차형에 비하여 병행형의 제어지연 개선 효과가 훨씬 커질 것으로 예상된다.

## 6. 결 론

NGN 기능 구조의 서비스 층에는 서비스 지원 기능과 서비스 제어 기능(SCF)이 있으며, 전송 층은 전송제어 기능과 전송 기능으로 구성된다. NGN에서는 네트워크 운영에 있어 다양한 융통성을 제공하기 위하여 서비스와 전송 층에 다양한 기능 엔티티들을 채택하고 있다. 그러나, 이들 다양한 기능 엔티티들 사이의 상호 작용에 의하여 자원제어의 오버헤드가 발생하게 된다.

본 논문에서는 NGN 자원제어의 고속화를 위하여 세션제어와 NGN 자원제어 프로토콜의 병행형 연동 메커니즘을 Rs 인터페이스에 정의하였으며, 기존 연구에서 제안되었던 병행형 연결 제어를 NGN의 Rw 인터페이스에 적용하였다. 또한, Rw 인터페이스의 병행형 자원제어를 적용하기 위하여 RACF와 전송 망의 스위치 및 라우터들 사이에서 요구되는 트랜잭션 매핑 테이블과 자원제어 테이블을 정의하였다.

단일 및 두 단계 자원제어 스킴에 대하여 ITU-T에서 정의한 순차형 기반과 본 논문에서 정의한 병행형 기반의 자원제어 스킴에 대하여 자원제어 지연과 완료율을 시뮬레이션을 통하여 측정하였다. 두 단계의 병행형 자원제어 스킴에서는 Rs 인터페이스에서 세션제어 프로토콜과 NGN 자원제어 프로토콜의 연동을 병행으로 처리하므로 단일 단계의 병행형 스킴에서 발생하는 제어지연의 차이가 크지 않음을 확인할 수 있었다. 각 제어 스킴의 완료율이 도착율 120까지는 100%를 유지하면서 단일 단계의 병행형은 순차형에 비하여 제어지연이 16.3%, 두 단계의 병행형은 순차형에 비하여 제어지연이 21.5% 개선되었음을 확인하였다.

본 연구의 시뮬레이션에서는 RACF가 두 개의 전송 노드를 제어하도록 구성하였다. 향후 과제로는 RACF가 제어하는 전송 노드의 수에 따른 순차형과 병행형 제어스킴의 성능을 측정 및 분석하는 것이다. 또한, Rs와 Rw 인터페이스의 병행형 절차에 대한 비 정상 상황의 대처 방안을 정의하며, 비 정상 상황을 고려한 성능 평가를 수행할 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Keith Knightson, Naotaka Morita and Thomas Towle, "NGN Architecture: Generic Principles, Functional Architecture, and Implementation," IEEE Communications Magazine, Vol.43, No.10, pp.49-56, October 2005.
- [2] Chae-Sub Lee and Dick Knight, "Realization of the Next-Generation Network," IEEE Communications Magazine, Vol.42, No.10, October 2005.
- [3] ITU-T Draft Document, "Draft Recommendation Y.2012 (formally Y.NGN-FRA)[Draft Version0.8]," Geneva, 17-28 July 2006.
- [4] ITU-T Draft Document, "Draft Recommendation Y.NACF, Functional requirements and architecture for NACF in Next Generation Network," Geneva, 16-27 April 2007.
- [5] ITU-T Draft Document, "Draft Recommendation Y.RACF (Y.2111) Release2 (Version 0.4.0)," Beijing, 10-21 September 2007.
- [6] ITU-T Draft Document, "Initial draft Recommendation Q.3301.1 Rs version 2, Protocol at the interface between service control entities and the Policy Decision Physical Entity (PD-PE) (Rs interface)," Geneva, 23-27 April 2007.
- [7] ITU-T Draft Document, TD 161 (PLEN/11) "WP 2/11 Meeting Report," in SG 11, Geneva, 16-22 January 2008.
- [8] Malathi Veeraraghavan, Gagan L. Choudhury and Madhu Kshirsagar, "Implementation and Analysis of PCC (Parallel Connection Control)," Proc. of INFOCOM' 97, April 1997.
- [9] I. Ming-Chit, W. Wang and A. Lazar, "A Comparative Study of Connection Setup on a Concurrent Connection Management Platform," IEEE Conference on Open Architectures and Network Programming, San Francisco, USA, April 1998.
- [10] A. Doria, et al., "General Switch Management Protocol V3," RFC 3292, June, 2002.
- [11] Mun Choon Chan and Aurel A. Lazar "Designing a CORBA-Based High Performance Open Programmable Signaling System for ATM Switching Platforms," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.17, No.9, pp.1537-1548, September 1999.
- [12] ITU-T Draft Document, "Draft Recommendation Q.3300, Architectural framework for the Q.33xx series of Recommendations, for consent," Geneva, 21 September 2007.
- [13] P. Calhoun, J. Loughney, E. Guttman, G. Zorn and J. Arkko, "Diameter Base Protocol," IETF RFC 3588, September 2003.
- [14] 전진수, 김해현, 차영욱, 김춘희, 정유현, "NGN에서의 QoS 정보 요소 매핑 및 Rs/Rw 인터페이스의 자원제어 프로토콜 구현," 정보처리학회논문지C, 제 15-C권 제 5호, pp.429-438, 2008년 10월.
- [15] P. A. Fishwick, "SIMPACT: Getting Started with Simulation Programming in C and C++," Proc. of Winter Simulation Conference, pp.154-162, 1992.
- [16] Igor D.D. Curcio, Miikka Lundan, "SIP Call Setup Delay in 3G Networks," proc. ISCC 2002 of IEEE Seventh International Symposium on Volume, Issue, pp.835-840, 2002
- [17] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, "SIP : Session Initiation Protocol," IETF RFC 3261, June 2002.
- [18] M. Schwartz, Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis. Reading, MA: Addison-Wesley, 1987.



### 차 영 옥

e-mail : ywcha@andong.ac.kr  
1987년 경북대학교 전자공학과(학사)  
1992년 충남대학교 계산통계학과(이학석사)  
1998년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)  
1987년~1999년 한국전자통신연구원 선임  
연구원

2003년~2004년 매사추세츠 주립대학 방문학자  
1999년~현 재 안동대학교 컴퓨터공학과 부교수  
관심분야: NGN, 광 인터넷, 개방형 통신망, 망 제어 및 관리 등



### 정 유 현

e-mail : yhjjeong@etri.re.kr  
1980년 광운대학교 전자계산학과(학사)  
1989년 광운대학교 컴퓨터과학과(공학석사)  
1998년 광운대학교 컴퓨터공학과(공학박사)  
1980년~현 재 한국전자통신연구원 방송  
통신융합연구부분 네트워크연구부  
네트워크제어기술연구팀 팀장

관심분야: 인터넷 QoS, 광 인터넷, 이미지 트랜스코딩 기술, 음  
성정보처리(음성인식 & 합성)기술 등



### 한 태 만

e-mail : tmhan@etri.re.kr  
1985년 경북대학교 전자공학과(학사)  
1986년 삼성전자 근무  
1987년 LG정보통신 근무  
2004년 충남대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
2008년 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

1995년~현 재 한국전자통신연구원 자동차융합기술연구팀 팀장  
관심분야: NMS/EMS, 차량용 임베디드시스템, 시스템공학, SW  
품질 인증 등