

# 그리드 네트워크 자원 관리 매니저의 설계 및 구현

진진수\*, 김해현\*, 공정욱\*\*, 석우진\*\*, 김준희\*\*\*, 차영욱\*

\*안동대학교 컴퓨터공학과

\*\*한국과학기술정보연구원

\*\*\*대구사이버대학교 컴퓨터·경영학과

e-mail:bluejinsu@gmail.com

## Implementation and Design of Grid Network Resource Manager

Jin-Su Jeon\*, Hae-hyun Kim\*, Jong-uk Kong\*\*, Woo-jin Seok\*\*, Choon-Hee Kim\*\*\*, Young-Wook Cha\*

\*Dept of Computer Engineering, Andong National University

\*\*Korea Institute of Science and Technology Information

\*\*\*Dept of Computer · Management Administration, DaeGu Cyber University

### 요 약

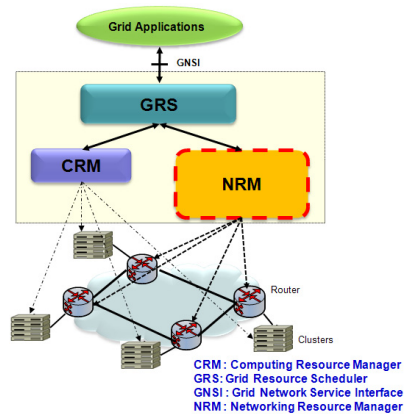
그리드는 지리적으로 분산된 다양한 컴퓨팅 자원을 초고속 네트워크로 연결하여 고속 연산, 대용량 데이터 처리를 가능케 하는 기술이다. 그리드 컴퓨팅 자원을 안정적으로 지원하기 위해서는 표준화된 그리드 기술과 그리드 네트워크 자원에 대한 관리가 요구된다. 본 논문에서는 네트워크 자원관리를 위하여 네트워크 매니저를 그리드 표준화 기구인 OGF의 WSRF 요구 사항을 기반으로 설계하였다. 또한, 단계별로 추상화된 네트워크 토폴로지 모델을 채택하여 2 단계의 자원 예약과 예약 시간에 따른 자원 할당 및 해제를 수용할 수 있도록 설계하였다. 설계된 그리드 네트워크 매니저를 이용하여 GMPLS 기반의 제어 및 전송망에서 예약 시간을 통한 자원의 예약 및 할당을 실험하였다.

### 1. 서론

미국에서 1998년부터 연구되기 시작한 그리드는 지리적으로 분산된 다양한 컴퓨팅 자원을 초고속 네트워크로 연결하여 고속 연산, 대용량 데이터 처리, 가상공간에서 협업 연구 및 작업을 가능하게 하는 기술이다. 그리드 기술의 개발과 표준화를 진행하고 있는 OGF(Open Grid Forum)[1]에서는 2002년에 그리드와 웹 서비스 기술을 상호 결합한 개방형 통합 표준인 OGSA(Open Grid Services Architecture)를 제정 하였다. 일반적인 그리드 미들웨어에서는 컴퓨팅 자원의 관리만이 정의되어 있으며, 네트워크 자원의 관리는 충분히 고려되어 있지 않다. 서비스 품질이 보장되는 신뢰성 있는 그리드 환경의 작업 수행을 위해서는 컴퓨팅 자원뿐만 아니라 네트워크 자원의 관리도 요구된다. 그리드 환경에서 네트워크 자원의 관리는 대역폭, 지연, QoS, 신뢰성, 예약시간을 고려하여 라우터와 광 스위치들 사이의 경로에 대한 예약과 할당 및 해제 기능을 수행하는 것이다.

그림 1은 일본의 G-Lambda[2], 유럽의 Phosphorus[3] 그리고 미국의 EnLighTened[4]와 DCN[5] 등의 프로젝트에서 채택하고 있는 그리드 작업 환경의 스케줄러와 매니저의 구성도이다. GRS(Grid Resource Scheduler)의 요구에 의하여 NRM(Network Resource Manager)은 네트워크 자원의 예약과 할당을 수행한다. 그리드 환경에서 네트워

크는 트래픽 엔지니어링이 제공되는 GMPLS(General Multi-Protocol Label Switching) 기반의 제어망과 전달망을 많이 사용하고 있다.



(그림 1) 그리드 스케줄러와 자원 관리 매니저의 구성도

NRM은 광 경로를 설정하기 위하여 추상화된 가상의 토폴로지를 유지하고 있으나, 네트워크 자원의 단계별 추상화 레벨에 대한 정의는 되어있지 않다. NRM은 QoS의 요구사항, 예약시간, 신뢰도 및 보안 등의 제약사항에 기반

하여 트래픽 엔지니어링이 제공되는 GMPLS 전달망에 대하여 추상화된 네트워크의 경로계산과 동적인 자원 할당이 수행되어야 한다. GNSI(Grid Network Service Interface) 인터페이스는 신뢰성 있는 자원 관리를 수행하기 위하여 OGF의 WSRF(Web Services Resource Framework) 기반의 2단계 자원예약을 정의하고 있다. 또한, 자원의 예약, 변경, 해제, 상태 조회 등의 메시지가 포함되며, GMPLS 트래픽 엔지니어링을 만족하기 위한 QoS 및 다양한 형태의 연결 구성을 위한 파라미터가 포함되어 있다.

본 논문에서는 OGF의 WSRF를 수용하는 GRS의 QoS 요구사항, 예약시간, 신뢰도, 보안 등의 제약사항에 기반하여 네트워크 자원예약과 할당을 동적으로 수행하는 NRM을 설계하였다. GMPLS 기반의 제어망과 전달망의 테스트-베드를 구축하여 본 논문에서 설계된 NRM을 이용하여 네트워크 자원의 예약과 할당 및 해제를 실험하였다. 본 논문의 2장에서는 그리드의 GNSI 인터페이스 메시지에 대하여 기술하며, 3장에서는 본 논문에서 제안한 단계별 추상화 레벨의 네트워크 자원 관리에 기반하여 설계된 NRM에 대하여 기술한다. 4장에서는 그리드 환경에서 네트워크 자원의 예약과 할당을 수행하는 NRM을 시험하기 위하여 구축한 GMPLS 기반의 테스트-베드를 기술한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

## 2. GNSI 인터페이스 메시지

GRS와 NRM 사이의 인터페이스인 GNSI에서 사용되는 메시지는 표 1과 같다.

<표 1> GNSI 인터페이스 메시지

서비스	메시지 이름
Grid Network Path Service	createGridNetPath
	modifyGridNetPath
	deleteGridNetPath
Grid Network Resource Service	createGridNetResource
	deleteGridNetResource
	getAllGridNetResource
	netResourceResv(준비 단계)
Resource Reservation Service	netResourceResvModification
	netResourceResvCancel
	netResourceResvRelease
	netResourceResvQuery
	netResourceResvStatusQuery
	netResvAvailableResourceQuery
Notification	Notification
Reliable Commit Service	ResvCommit (승인 단계)
	Abort

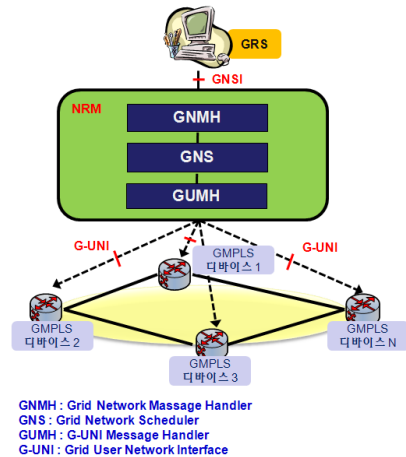
GNSI 인터페이스 메시지는 그리드 네트워크 경로, 자원 서비스, 자원 예약 서비스, 승인 서비스로 구분하고 서비

스별로 각 메시지들이 정의되어 있다. 그리드 네트워크 경로 서비스에는 가상 경로를 생성, 변경, 삭제 할 수 있는 메시지가 정의되어 있으며, 네트워크 경로를 생성하기 위해서 특정 홉을 지정 할 수 있다. 그리드 네트워크 자원 서비스에는 생성된 가상의 경로위에 논리적 경로를 생성, 삭제 그리고 검색 할 수 있는 메시지가 정의되어 있다. 자원 예약 서비스에는 논리적인 경로에 네트워크 자원 예약을 할 수 있는 메시지들이 정의되어 있다. 또한, 신뢰성 있는 자원 예약을 위해 2 단계 자원 예약의 메시지가 정의되어 있으며, 자원의 할당, 해체에 대한 결과를 통보하기 위한 통보 메시지가 정의되어 있다.

## 3. 단계별 추상화 레벨의 자원관리를 위한 NRM 설계

### 3.1 단계별 추상화 레벨의 자원관리

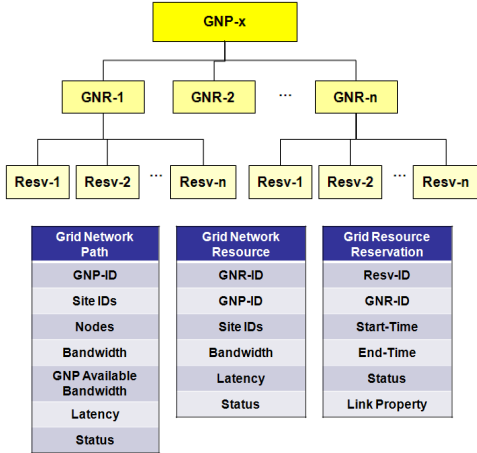
그림 2는 NRM의 모듈 구성도와 GNSI 인터페이스를 나타낸다.



(그림 2) NRM의 모듈 및 GNSI 인터페이스

NRM에는 GRS와의 인터페이스를 위한 GNMH(Grid Network Message Handler), 네트워크 자원 추상화와 스케줄링을 수행하는 GNS(Grid Network Scheduler), GMPLS 제어망과의 인터페이스를 위한 GUMH(G-UNI Message Handler)로 구성된다. GNS에서는 네트워크 자원의 추상화 단계를 체계화하기 위해서 그리드 네트워크 경로(GNP : Grid Network Path)로 구성되는 추상화된 토폴로지를 생성하며, GRS는 생성된 GNP를 통해 논리적인 그리드 네트워크 자원(GNR : Grid Network Resource)을 생성한다. 생성된 GNR에 대하여 시간대 별로 여러 개의 예약이 이루어지며, 각 예약은 Resv ID(Reservation ID)를

통하여 유일하게 관리되어 네트워크 자원의 예약과 활성화가 이루어진다. 그림 3은 GNP, GNR 그리고 Resv ID 사이의 관계와 자료구조를 나타낸다.

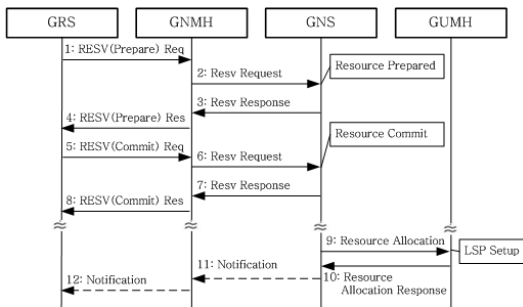


(그림 3) GNP, GNR, Resv 관계와 자료구조

GNP 테이블과 GNR 테이블의 관계는 1:N 개의 관계를 가질 수 있으나 N 개의 GNR 테이블이 요구하는 총 대역폭은 GNP 테이블에서 제공하는 대역폭을 초과할 수 없다. GNR 테이블과 GRR(Grid Resource Reservation) 테이블의 관계는 1:N 개의 관계를 가질 수 있으나 하나의 GNR 테이블에서 한 순간의 예약 시간은 중복될 수 없다.

### 3.2 NRM 설계

그림 4는 NRM에서 자원 예약과 할당에 대한 동작 순서 및 정보 흐름을 정의하기 위하여 GRS, GNMH, GNS 및 GUMH의 순서 다이어그램을 나타낸다.

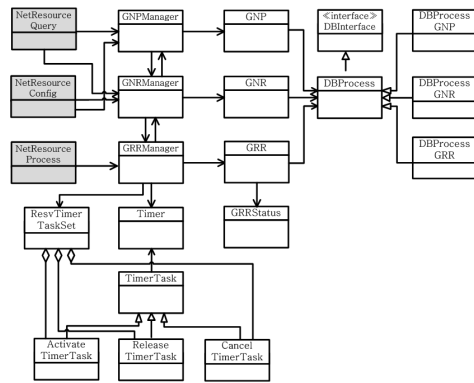


(그림 4) GRS, NRM의 순서 다이어그램

GRS가 2단계의 자원예약을 요청하면 GNMH는 어떤 메시지인지 확인하여 GNS의 1단계 자원 예약(Prepare)을 수행한다. 1단계 자원예약이 성공적으로 수행이 되면

GNMH는 GRS에게 자원 예약 요청에 대한 성공적인 응답을 보낸다. GRS는 성공적인 응답을 수신하면 2단계 자원 예약(Reserve)을 요청한다. GNS는 요청된 자원 예약에 대하여 올바른 요청인지 확인을 한 후에 2단계 자원 예약을 수행한다. 2단계 자원예약이 성공적으로 수행이 되면 자원 예약 시간 타이머에 의해 스케줄링되어 예약 시간에 자원에 대한 할당 메시지를 전송 층의 GMPLS에게 전달하여 LSP(Label Switched Path)를 생성하도록 지시한다. LSP가 성공적으로 생성되면 GNS는 자원 할당에 대한 결과를 GRS에게 GNMH를 통하여 통보한다.

그림 5는 NRM 모듈에 있는 GNS의 클래스 다이어그램을 나타낸다.

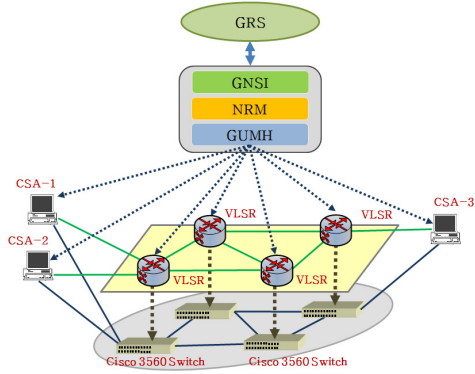


(그림 5) GNS의 클래스 다이어그램

WSRF 기반의 그리드 네트워크 자원에 대한 사용 체크를 위하여 NetResourceQuery, GNP와 GNR의 생성, 삭제를 위하여 NetResourceConfig, 생성된 GNR을 기반으로 네트워크 자원에 대한 예약과 할당을 수행하는 NetResourceProcess 클래스를 설계하였다. GNP를 관리하기 위하여 GNPManager, GNR을 관리하기 위하여 GNRManager 그리고 GRR을 관리하기 위하여 GRRManager 클래스를 설계하였다. GRRManager는 Timer를 유지하여 자원 예약, 해제와 할당에 대한 Timertask를 처리하므로 시간에 기반한 자원 관리를 스케줄링한다. GRRStatus는 GRR의 상태를 나타내고 있으며, 2단계 자원 예약을 위하여 Prepared와 Reserved의 상태가 존재한다. 또한 Timer에 의해 깨어난 할당 Timertask가 올바르게 처리되면 Activated의 상태로 변하도록 설계하였다.

### 4. NRM을 통한 자원 제어 테스트

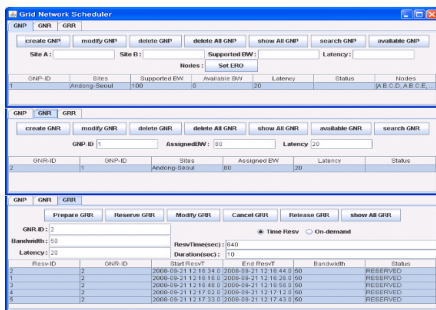
설계된 그리드 네트워크 매니저의 기능을 확인하기 위하여 GMPLS 기반의 제어 및 전송망에서 예약 시간을 통한 네트워크 자원의 예약과 할당 기능을 그림 6과 같은 테스트-베드를 구축하여 실험하였다.



(그림 6) GMPLS 기반의 그리드 네트워크 자원 제어 테스트-베드

데이터의 안정적인 전송과 트래픽 엔지니어링을 제공하는 GMPLS 망은 DCN에서 제공하는 DRAGON(Dynamic Resource Allocation in GMPLS Optical Networks)[6] 소프트웨어의 CSA(Client System Agent)와 VLSR(Virtual Label Switching Router)를 사용하였다. CSA와 VLSR에는 Zebra OSPF[7]와 KOM RSVP[8] 소프트웨어가 동작한다.

CSA는 GUMH를 통하여 NRM으로부터 LSP 생성에 대한 요청을 수신하면 RSVP PATH 메시지를 VLSR에게 전송한다. VLSR은 OSPF를 통한 라우팅 테이블을 이용하여 다음 노드인 VLSR 또는 CSA에게 RSVP PATH 메시지를 전송한다. 마지막 목적지의 CSA는 PATH 메시지를 수신하면 RSVP RESV 메시지를 전송되었던 전 노드로 전송한다. VLSR은 RESV 메시지를 수신하면 자신이 관리하는 전달평면의 3560 스위치에 있는 포트 중에서 데이터 전송 포트를 동일한 VLAN으로 설정하도록 SNMP 프로토콜을 이용하여 지시한다. SNMP를 통한 스위치의 VLAN 제어가 성공적으로 수행되면 RESV 메시지를 다음 노드의 VLSR로 전송하여 동일한 작업을 수행하거나 발신지 CSA로 전송하여 네트워크 자원 할당을 완료한다.



(그림 7) NRM을 이용한 그리드 네트워크 자원 관리의 실험 결과

그림 7은 테스트-베드에서 네트워크 자원의 예약과 할당, 해제를 테스트하기 위한 NRM의 GUI를 나타낸다. GNP와 GNR을 기반으로 하여 예약 시간 또는 실시간으로 네트워크 자원 예약을 수행하는 GRR이 생성된 것을 확인할 수 있다.

### 5. 결론 및 향후과제

그리드는 지리적으로 분산된 다양한 컴퓨팅 자원을 초고속 네트워크로 연결하여 고속 연산, 대용량 데이터 처리, 가상공간에서 협업 연구 및 작업을 가능하게 하는 기술이다. 본 논문에서는 GRS의 QoS 요구사항, 예약시간, 신뢰도, 보안 등의 제약사항에 기반하여 그리드 네트워크 자원 예약과 할당을 동적으로 수행하는 NRM을 설계 및 구현하였다. NRM을 이용하여 GMPLS 기반의 제어망과 전달망의 테스트-베드에서 네트워크 자원의 할당과 해제를 실험하였다.

향후 연구 과제로는 전달 망의 토폴로지 정보를 동적으로 구축하여 이 정보를 기반으로 NRM에서 관리하는 네트워크 토폴로지의 추상화를 자동으로 수행하는 것이다.

본 논문은 한국과학기술정보연구원의 지원을 받아 수행된 연구결과이다.

### 참고문헌

- [1] Open Grid Forum. <http://www.ogf.org/>
- [2] Atsuko Takefusaa, Michiaki Hayashib, Naohide Nagatsuc, "G-lambda: Coordination of a Grid scheduler and lambda path service over GMPLS," Future Generation Computer Systems 22, 868-875, 2006.
- [3] G. Markidis, "EU Integrated Project PHOSPHORUS: Grid-GMPLS Control Plane for the Support of Grid Network Services," Transparent Optical Networks, 2007. ICTON '07. 9th International Conference on.
- [4] L. Battestilli. "EnLIGHTened Computing: An Architecture for Co-allocating Network, Compute, and other Grid Resources for High-End Applications," In Grid computing, high-performance and Distributed Applications (GADA'07), 2007.
- [5] Dynamic Circuit Network. <http://www.internet2.edu/network/dc/>
- [6] Xi Yang, Tom Lehman, Chris Tracy, "Policy-Based Resource Management and Service Provisioning in GMPLS Networks," INFOCOM 2006. 25th IEEE International Conference on Computer Communications. Proceedings
- [7] GNU Zebra Routing Protocol Suite, <http://www.zebra.org>
- [8] M. Karsten, KOM RSVP Engine, <http://www.kom.e-technik.tu-darmstadt.de/rsvp/>