

기술동향보고서

ISBN: 978-89-6211-454-6

융합망 글로벌 자원 스케줄러 기술 보고서

한국과학기술정보연구원
곽재혁, 함재균, 정용환, 이필우

성균관대학교
안성진, 임창선

목 차

제 1 장 개요	1
제 1 절 목적 및 중요성	1
제 2 절 기대효과	1
제 2 장 융합망 글로벌 자원 스케줄러 기술 현황	2
제 1 절 Phosphorus(EU)	2
제 2 절 EnLIGHTened Computing(US)	4
제 3 절 G-Lambda(JP)	6
제 3 장 티켓 기반 글로벌 스케줄러	8
제 1 절 티켓 기반 글로벌 스케줄러 서비스 정의	8
제 2 절 TGRS 설계안	9
제 3 절 TGRS 시나리오	22
제 4 장 결론	29

표 차례

<Table 3-1> Scheduling Manager function IN/OUT	11
<Table 3-2> Search function IN/OUT	11
<Table 3-3> Submit Function IN/OUT	11
<Table 3-4> Cancel Function IN/OUT	12
<Table 3-5> Modify Function IN/OUT	12
<Table 3-6> Resource Selector Main Function IN/OUT	13
<Table 3-7> Request to CRM function IN/OUT	13
<Table 3-8> Request to NRM function IN/OUT	13
<Table 3-9> Scheduler Function IN/OUT	14
<Table 3-10> Request to CRM function IN/OUT	15
<Table 3-11> Default Schedule Policy Function IN/OUT	16
<Table 3-12> Scheduling Policy for CRM Function IN/OUT	16
<Table 3-13> Scheduling Policy for NRM Function IN/OUT	16
<Table 3-14> Ticket Manager MainFunction IN/OUT	17
<Table 3-15> Search function IN/OUT	18
<Table 3-16> Insert function IN/OUT	18
<Table 3-17> Delete function IN/OUT	18
<Table 3-18> Info Manager Main function IN/OUT	19
<Table 3-19> Make CRM info Main function IN/OUT	20
<Table 3-20> Make NRM info function IN/OUT	20
<Table 3-21> Get CRM info function IN/OUT	20
<Table 3-22> Get NRM info function IN/OUT	20
<Table 3-23> Get CR info function IN/OUT	21
<Table 3-24> Get NR info function IN/OUT	21

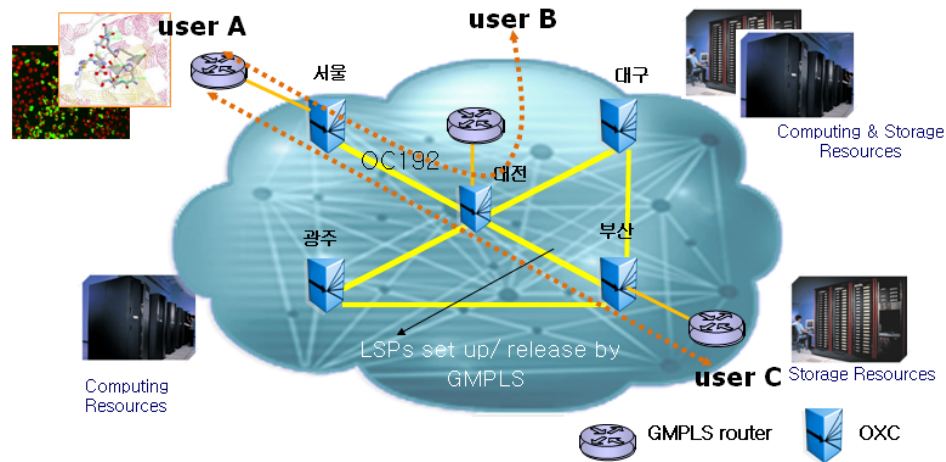
그림 차례

<Figure 1-1> Concept of Hybrid Research Network	1
<Figure 2-1> Improved UNICORE MSS in the PHOSPHORUS testbed	3
<Figure 2-2> Automated resource selection based on semantic annotation of applications	3
<Figure 2-3> Current EnLIGHTened Middleware Architecture	5
<Figure 2-4> Planned EnLIGHTened Middleware Architecture	5
<Figure 2-5> GridARS co-allocation framework	7
<Figure 2-6> GridARS-Coscheduler System Architecture	7
<Figure 2-7> GridARS-WSRF System Architecture	7
<Figure 3-1> Design of TGRS structure	9
<Figure 3-2> Internal Structure of Scheduling Manager Module	10
<Figure 3-3> Internal Structure of Resource Selector Module	12
<Figure 3-4> Internal Structure of Scheduler Module	14
<Figure 3-5> Internal Structure of Scheduling Policy Module	15
<Figure 3-6> Internal Structure of Ticket Manager Module	17
<Figure 3-7> Internal Structure of Info Manager Module	19
<Figure 3-8> Check Job Status Scenario	22
<Figure 3-9> Job Submission Scenario	23
<Figure 3-10> Ticket Info Registration Scenario	25
<Figure 3-11> Cancel Job Scenario	26
<Figure 3-12> Modify Job Scenario	28

제 1 장 개요

제 1 절 목적 및 중요성

최근의 첨단 과학기술 응용 연구는 지역적, 지리적인 한계를 뛰어 넘어 초고속 네트워크를 기반으로 한 원격 협업이 증가하고 있는 추세이다. 특히, 우주 관련 시뮬레이션, 기상 예측, 생물 및 인간 유전자 분석, 분자 단위 역학 분석 등의 다양한 분야에서 엄청난 규모의 과학 데이터가 발생하고 있으며 이러한 대규모의 데이터를 대역폭과 전송 지연이 보장되는 네트워크 환경에서 실시간적으로 공유, 분석 및 처리하기 위한 연구 기반 환경에 대한 요구가 점차적으로 증가하고 있는데, 이를 해결할 수 있는 방안 중 하나로 과학기술 자원 융합망(이하 융합망)이 주목받고 있다.



<Figure 1-1> Concept of Hybrid Research Network

융합망은 응용 연구자의 다양한 요구사항에 부합하는 계산 자원과 네트워크 자원을 융합하여 서비스를 제공할 수 있는 차별화된 네트워크 환경을 의미한다. 융합망은 크게 슈퍼 컴퓨터나 클러스터와 같은 계산 자원에 대한 관리를 담당하는 컴퓨팅 자원 관리 시스템 (CRM, Computing Resource Management)과 대역폭, 지연을 등과 같은 네트워크 자원에 대한 관리를 담당하는 네트워크 자원 관리 시스템(NRM, Network Resource Management), 그리고, 이 두개의 시스템을 이용하여 계산 자원과 네트워크 자원을 동시에 할당하는 글로벌 자원 스케줄러(GRS, Global Resource Scheduler)로 구성될 수 있다. 특히, 글로벌 자원 스케줄러는 융합망에 존재하는 다양한 형태의 계산 자원과 네트워크 자원을 통합적으로 관리 및 조율한다는 측면에서 융합망에서의 핵심 기술 요소로 생각할 수 있다.

본 보고서에서는 국내 융합망 환경에서 적용가능한 글로벌 자원 스케줄러를 개발하기 위해서 먼저 대표적인 해외 융합망 프로젝트의 글로벌 자원 스케줄러 기술 현황을 분석하

고, 국내 융합망 환경 구축을 위해서 개발되고 있는 글로벌 자원 스케줄러인 TGRS(Ticket Global Resource Scheduler)의 설계 사항에 대해서 정리하였다.

제 2 절 기대효과

응용 연구자는 융합망 환경에서 글로벌 자원 스케줄러를 통해 계산 자원과 네트워크 자원의 통합 활용이 가능해짐에 따라서 응용별로 특화된 다양한 연구자 요구 사항에 부합하는 사용자 맞춤형 자원 제공 서비스가 가능해질 것으로 기대된다. 또한, 글로벌 자원 스케줄러를 통해 융합망에 연동된 다양한 연구 자원들을 통합 관리하여 공동 활용할 수 있게 됨으로 인해 보다 효율적인 연구 자원에 대한 관리가 가능해지고 이로 인해 대규모 자원을 필요로 하는 과학기술 응용 프로젝트의 수행 시간이 단축될 수 있을 것으로 기대된다.

제 2 장 융합망 글로벌 자원 스케줄러 기술 현황

제 1 절 Phosphorus(EU)

1. 개요

Phosphorus 프로젝트는 EU 혹은 전세계적인 규모로 구축된 멀티 도메인/멀티 벤더 연구 네트워크 환경 하에서 그리드 사용자나 응용 연구자에게 고도화된 종단간 네트워크 서비스 프로비저닝을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. Phosphorus 환경에서 네트워크는 제1급의 그리드 자원으로 간주되기 때문에 사용자는 그리드 자원과 네트워크 자원에 대해 인지하고 있으며, GMPLS 환경에서 다양한 NRPS(Network Resource Provisioning Systems) 기반으로 응용 미들웨어 간의 상호 연동성을 가능하게 하는 것을 목적으로 하고 있다.

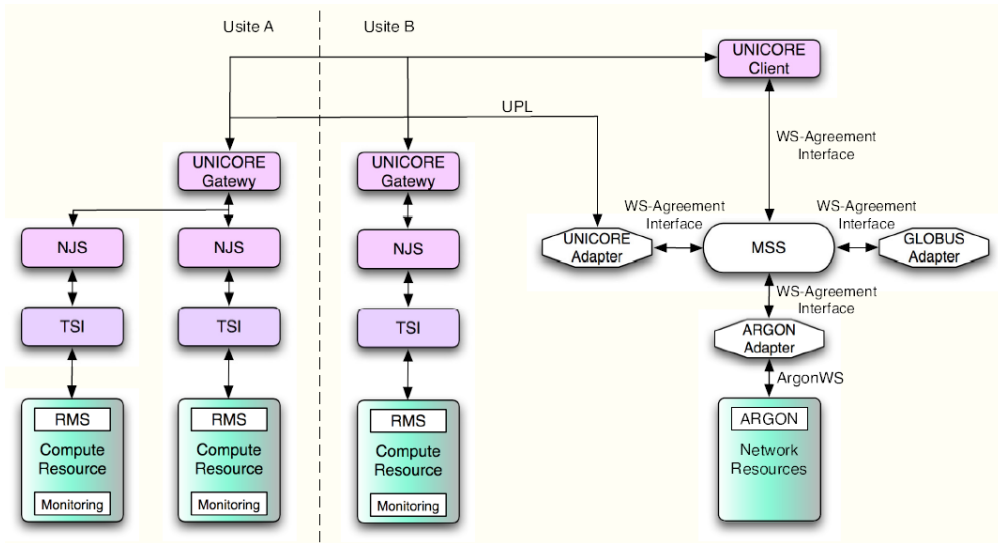
2. 미들웨어 구조

Phosphorus 미들웨어는 UNICORE 6 기반으로 MSS(MetaScheduling Service)로서 구현하고 있다. MSS는 UNICORE에서 몇가지 수정을 필요로 하는데, 먼저, UNICORE TSI(Target System Interface)는 자원 예약과 관련한 기능을 지원하기 위해서 확장될 필요가 있다. 또한, Gateway나 XNJS(eXtended Network Job Supervisor)와 같은 다른 UNICORE 서버 컴포넌트들이 MSS와 TSI간의 통신을 지원하기 위한 프로토콜 확장이 요구된다. 마지막으로 UNICORE 클라이언트가 MSS 서비스를 통해 사전 자원 예약, 즉 시 자원 예약과 같은 기능들을 이용할 수 있도록 확장되어야 한다.

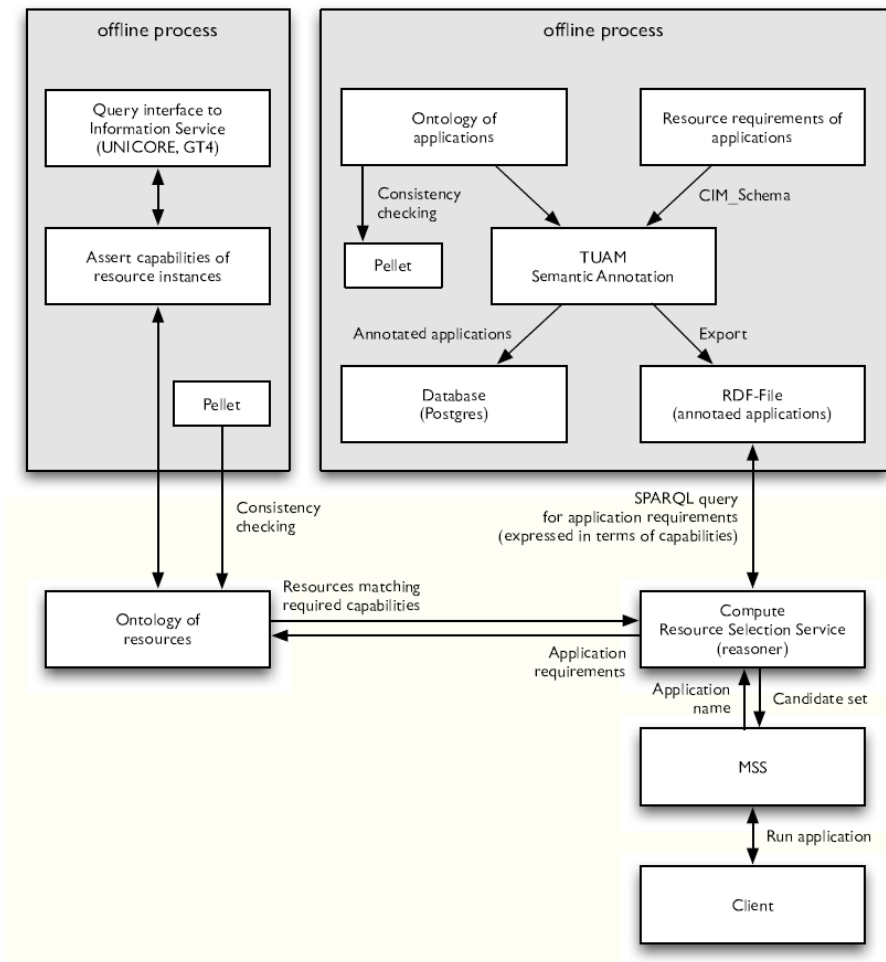
Phosphorus 환경에서 MSS는 WS-Agreement에 기반한 단일 어댑터 인터페이스를 통해서 UNICORE의 TSI와 UNICORE Gateway에 대한 접근을 허용하고 있다. 이와 같은 단일 어댑터 패턴은 MSS가 ARGON과 같은 NRPS나 Globus Toolkit과 같은 다른 그리드 미들웨어로의 확장을 용이하게 할 수 있다.

MSS에서는 사용자 작업을 실행할때 최적의 자원 선택을 위해서 자원 요구사항에 온톨로지를 적용하고 있다. 사용자가 응용 작업을 수행할 때 응용 작업에 대한 최선의 자원 요구사항은 응용 개발자에 의해서 명시될 수 있다. 따라서, 응용 개발자는 자원 요구 사항과 관련한 어노테이션을 미리 작성하여 등록시켜 두고 응용 작업이 실행될 때마다 이 정보를 활용하게 한다는 것이다. 여기서 온톨로지는 자원이나 응용 요구 사항에 대한 개념을 추상화하여 기록하는데 사용되며, 어노테이션 도구에 의해서 응용 작업을 수행하는데 필요한

구체화된 정보로 변환된다.



<Figure 2-1> Improved UNICORE MSS in the PHOSPHORUS testbed



<Figure 2-2> Automated resource selection based on semantic annotation of applications

제 2 절 EnLIGHTened Computing(US)

1. 개요

EnLIGHTened(ENL) Computing 프로젝트는 그리드 응용이 사전 예약 방식이나 온디맨드 방식을 통해 동적으로 어떤 형태의 그리드 자원, 예를 들면, 컴퓨터, 스토리지, 고대역 네트워크 대역폭 등을 이용할 수 있게 하기 위한 아키텍처 프레임워크를 설계하기 위해서 시작되었다. ENL 미들웨어는 그리드 자원 관리자와의 통신을 통해서 모든 필요한 자원을 조율하는데, 최적의 자원 브로커링 결정을 수행하기 위해서 모든 그리드 자원에 대한 준실시간 성능 정보를 유지하고 있다. 그리드 응용이 수행되는 네트워크 자원은 ENL의 도메인 자원 관리자에 의해서 관리되며 GMPLS를 기반으로 요구된 모든 네트워크 자원을 동적으로 관리하게 된다.

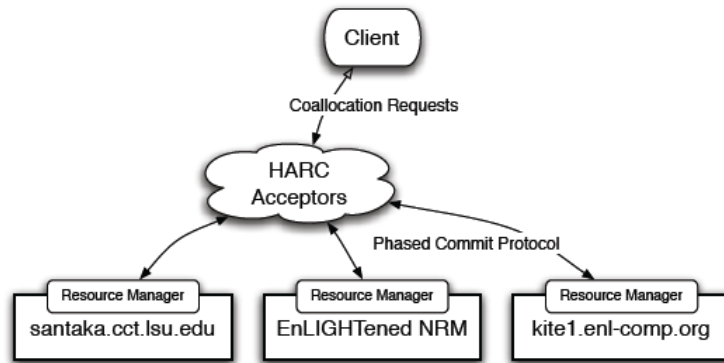
2. 미들웨어 구조

현재 ENL 미들웨어는 HARC(High-Available Resource Co-allocator)에 기반하고 있는데, HARC는 GMPLS 네트워크 상에서 고성능 컴퓨팅 자원, 광경로와 같은 복수개의 분산된 자원을 원자적으로 할당하는데 사용된다. 복수개의 자원을 원자적으로 할당하기 위해서는 트랜잭션 커밋 프로토콜이 매우 중요한데, HARC는 Paxos Commit protocol을 지원하여 안정적인 자원 예약이 가능하다.

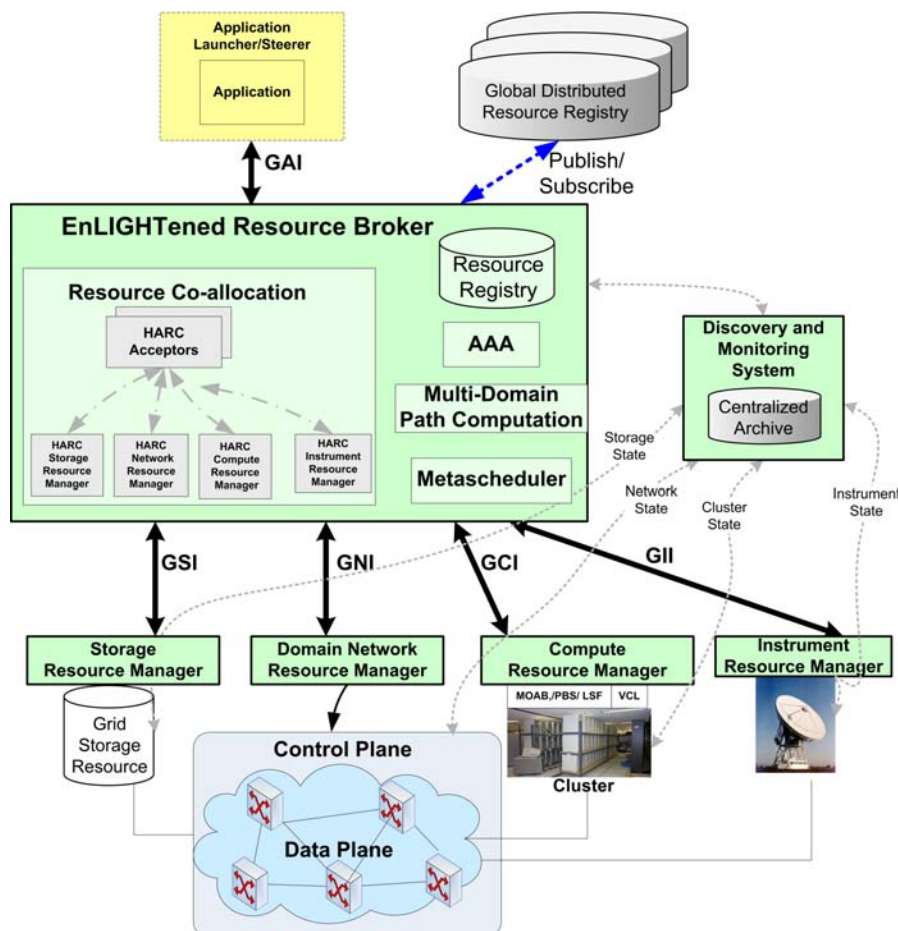
HARC는 CRM과 NRM을 모두 포함하고 있다. CRM은 PBSPro와 같은 로컬 배치 스케줄러에 대한 래퍼로서 구현되어 있으며, 로컬 배치 스케줄러가 사용자 설정이 가능한 사전 예약 기능을 지원해야 한다. 사용자 작업은 Globus Toolkit을 통해서 제출되는데, 사전 예약 기능을 수용하기 위해서 수정된 pre-Web Services GRAM 서비스를 사용한다. NRM은 ENL 네트워크에 대한 중앙 집중적인 관리가 가능하도록 새롭게 타임테이블 기반 시스템으로 구현하였으며 GMPLS 스위치에 대한 제어 명령을 실행함으로써 광경로를 설정하거나 해제한다.

새로운 ENL 미들웨어는 기존의 아키텍처에 자원 브로커링(EnLIGHTened Resource Broker), 자원 모니터링(Discovery and Monitoring System), 네트워크 스케줄링 컴포넌트(Domain Network Manager)를 추가하였다. ERB는 그리드 자원 예약 요청을 처리하기 위해서 자원 선택 과정을 진행한다. 자원 선택은 두 단계로 나뉘는데, 먼저 DMS로부터 수집된 정보를 사용하여 application, environment와 같은 정적인 요구 사항을 충족

하는 자원 리스트를 추출한다. 자원 리스트는 processor count, deadline과 같은 동적인 요구 사항을 적용하여 다시 한번 축소되는데, HARC에 가능한 자원 예약 슬롯을 요구하여 확인함으로써 이루어진다. 최종적인 선택은 사용자 자원 선호도를 적용하거나 사용자의 수동적인 선택으로 결정되게 된다. 자원 선택이 결정되면, ERB는 HARC 자원관리자를 사용하여 선택된 시간 범위 동안 요구된 자원을 동시 할당하게 된다.



<Figure 2-3> Current EnLIGHTened Middleware Architecture



<Figure 2-4> Planned EnLIGHTened Middleware Architecture

제 3 절 G-Lambda(JP)

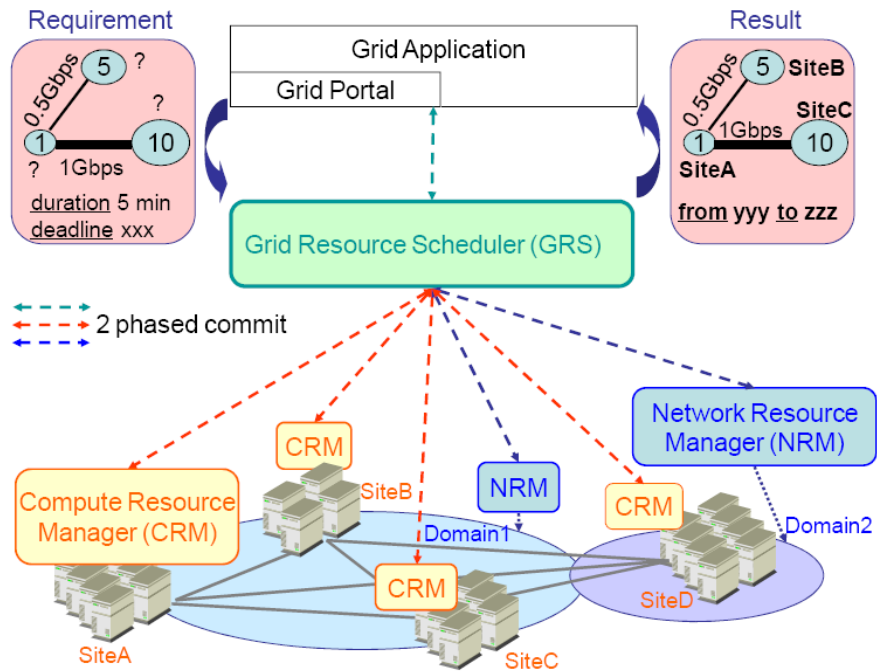
1. 개요

G-Lambda 프로젝트는 GMPLS 기반 광 네트워크 환경에서 사전 예약된 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원을 동시 할당할 수 있는 웹서비스 기반의 그리드 스케줄링 시스템을 개발하고 실증하는 것을 목표로 시작되었다. G-Lambda 미들웨어는 GRS(Grid Resource Scheduler), CRM(Computing Resource Manager), NRM(Network Resource Manager)로 구성되어 있는데, GRS는 사용자 요청에 기반하여 CRM과 NRM을 호출하여 요구된 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원을 사전 예약하여 동시에 할당하게 된다. 특히, G-Lambda는 GRS와 NRM 사이의 웹서비스 표준 인터페이스(GNS-WSI)를 정의하고 있는데, 이것은 향후에 응용 서비스 제공 회사와 상업 네트워크 운영자 사이의 협력을 통해 새로운 형태의 상업서비스를 도출하기 위한 도구로서 사용할 수 있다.

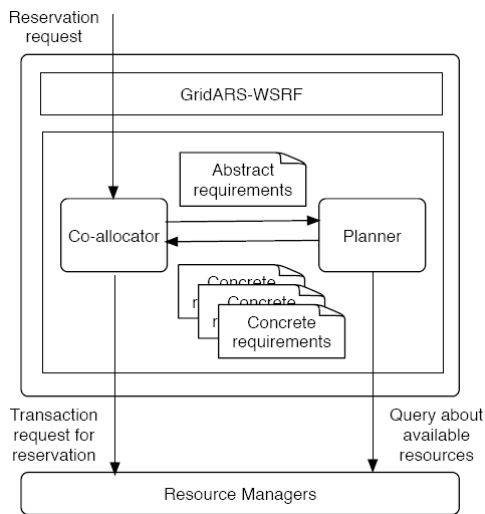
2. 미들웨어 구조

G-Lambda 미들웨어는 GridARS(Grid Advance Reservation-based System)로 구현되어 있으며, 다양한 조직과 자원 스케줄러에 의해서 관리되는 분산 자원을 동시 할당하는 역할을 한다. GridARS는 GRS, CRM, NRM으로 구성되어 있는데, CRM과 NRM은 각각 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원에 대한 사전 예약을 담당하며, GRS는 관련된 CRM과 NRM과 협력하여 선택된 자원에 대한 동시 할당을 담당한다. 특히, GridARS는 분산 자원을 동시에 예약할 때 분산 트랜잭션에 기반한 원자성을 보장하기 위해서 2PC 사전 예약 과정을 지원한다.

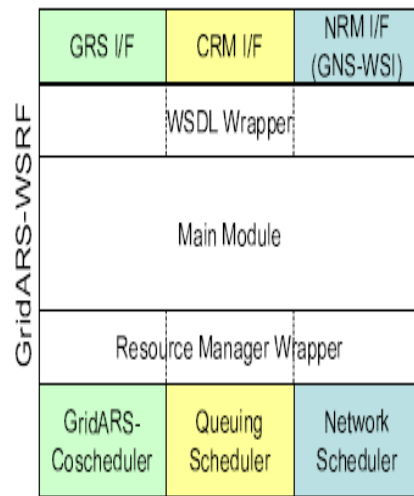
GRS는 크게 GridARS-Coscheduler와 GridARS-WSRF로 구성되어 있다. GridARS-Coscheduler는 각각의 RM으로부터 직접 수집된 자원 정보에 기반하여 사용자 요구사항에 최적화된 자원을 선택하고 각각의 RM에 선택된 자원을 예약하기 위한 과정을 수행한다. GridARS-WSRF는 폴링 기법 기반의 2PC WSRF 예약 프로세스에 대한 인터페이스 모듈로서 구현되어 있으며, 복잡한 WSRF 코딩 없이 GRS, CRM, NRM에 GridARS WSRF 인터페이스를 제공한다.



<Figure 2-5> GridARS co-allocation framework



<Figure 2-6>
GridARS-Coscheduler System
Architecture



<Figure 2-7>
GridARS-WSRF System
Architecture

제 3 장 티켓 기반 글로벌 스케줄러

제 1 절 티켓 기반 글로벌 스케줄러 서비스 정의

1. 그리드 서비스에 사용자 편의를 위한 자원 선택 및 할당

글로벌 스케줄러는 자원을 자동으로 선택하여 할당 해 주는 기능을 지원하기 위한 하나의 모듈이다. 이는 사용자가 직접 일일이 그리드 상 수많은 자원의 성능을 확인하고 비교하는 과정이 사용자에게 직접적인 불편함을 초래 할 수 있기 때문이다. 이에 글로벌 스케줄러라는 그리드 상 자원을 직접 찾아서 할당해 주는 기능을 요구하게 되었다.

TGRS(Ticket Global Resource Scheduler)는 기존 그리드 시스템과 연계 될 수 있는 글로벌 스케줄러 기능을 수행 할 수 있도록 연구 되었으며, 이를 통해 사용자의 편의성 및 접근성을 증진 시킬 수 있는 시스템이다.

2. 제출된 작업들의 티켓 데이터베이스를 통한 관리

TGRS는 기존 글로벌 스케줄러와 차별화를 두기 위하여 티켓 기반으로 연구되었다. 티켓 기반 시스템은 티켓이란 요소로 관련된 정보들을 묶는 기능을 하며, 이를 통하여 상관관계가 열린 다양한 요소들에 대한 통합적인 관리를 가능하게 하는 역할을 하고 있다. 이러한 장점으로 이 티켓 기반 시스템은 이미 네트워크 관리를 위하여 또는 사용자 세션의 보안을 위하여 사용되는 등, 많은 분야에서 사용되고 있다.

TGRS 또한 티켓 기반으로 연구되었으며, 사용자는 Ticket ID(티켓 고유 번호)를 통하여 자신의 작업에 대한 관리를 통합적으로 할 수 있다. 이 통합적인 관리란 수많은 자원들로 엮여져 있으며, 컴퓨팅 자원뿐만 아니라 네트워크 자원 또한 중요시 되는 그리드 환경에서는 필수적인 요소라고 할 수 있다.

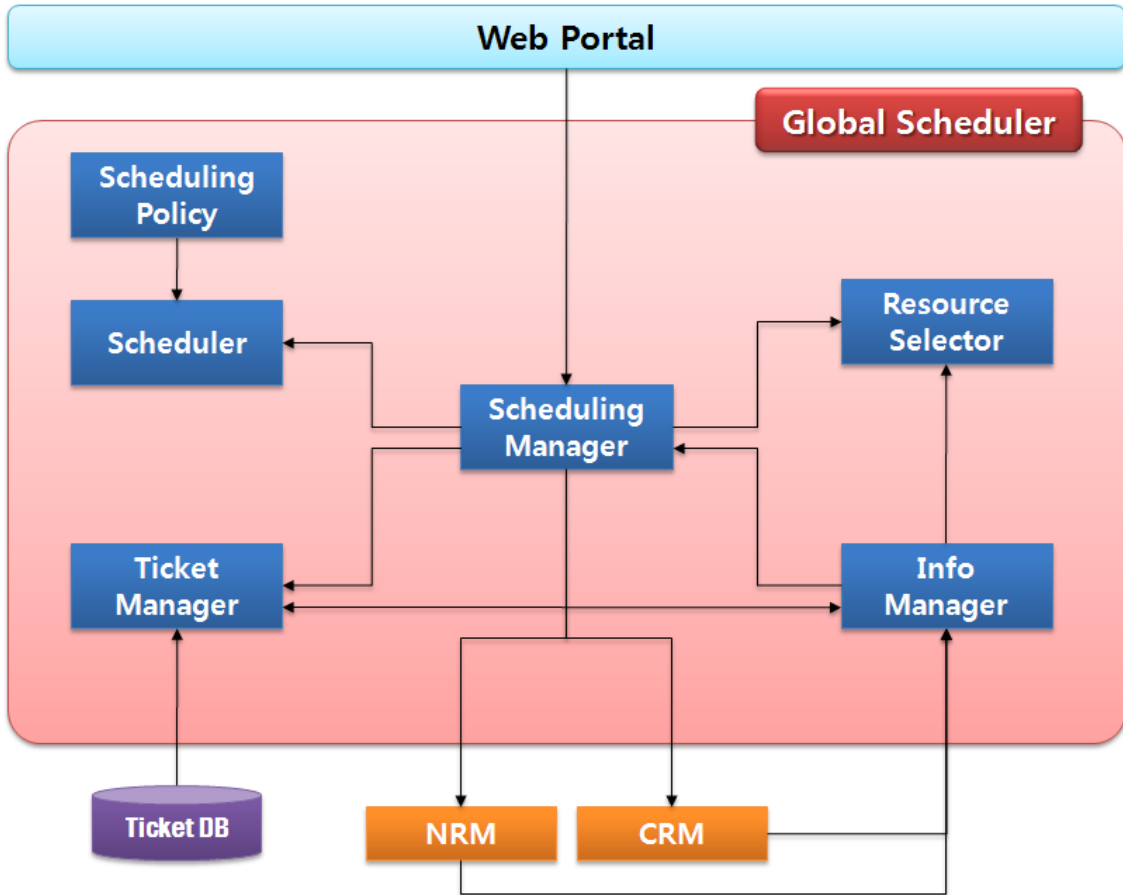
3. 그리드 상 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원의 통합 관리

TGRS는 컴퓨팅 자원 뿐만 아니라 네트워크 자원에 대하여도 자원 할당 요청을 진행하는 특징을 가진다. 즉 그리드 시스템에서 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원을 통합 관리하는 상위 모듈의 기능을 지니고 있다.

광 전송망 매체의 발달에 따라 그리드 환경에서의 컴퓨팅 노드 간 지연시간과 전송속도의 중요성이 더해지고 있는 가운데 TGRS는 네트워크 자원에 대한 안전성을 확보하기 위하여 NRM에서 자원 정보를 받아서 분석 및 자원 할당 요청을 한다.

제 2 절 TGRS 설계안

1. 전체 설계안



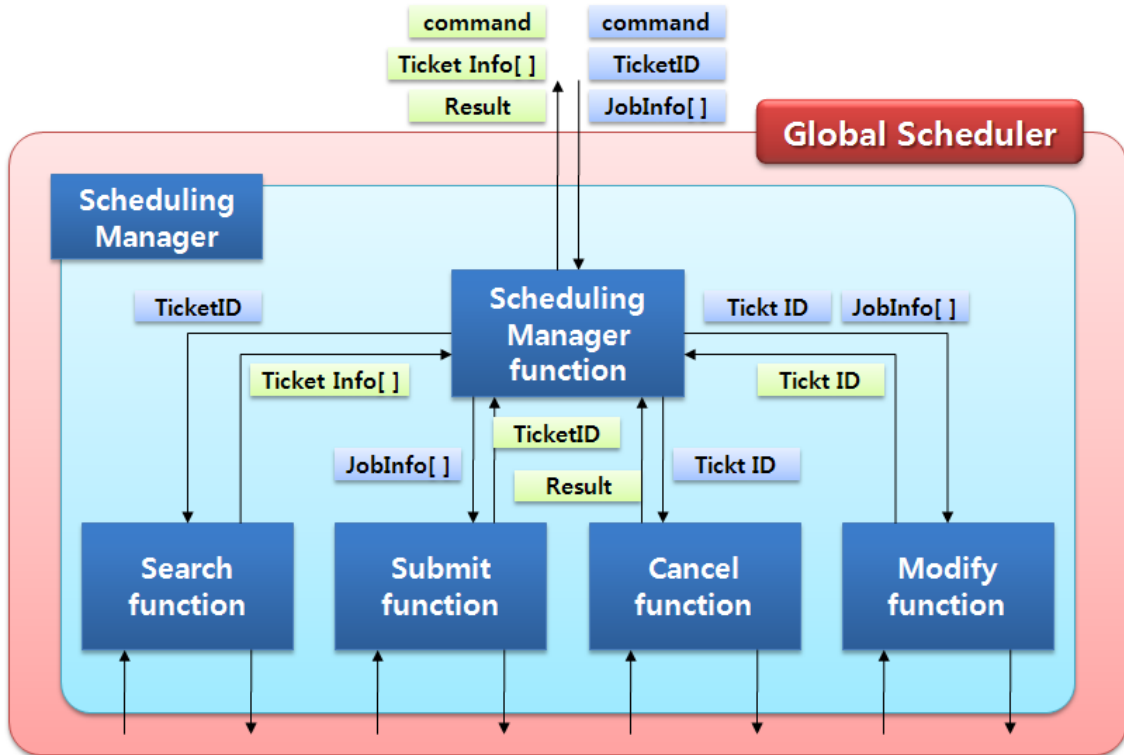
<Figure 3-1> Design of TGRS structure

글로벌 스케줄러의 전체 설계안의 형태는 Scheduling Manager 중심으로 진행되는 프로세스 형태를 띠고 있다. Scheduling Manager는 UI로부터 사용자의 요청을 받아 요청에 따른 다른 모듈의 호출 및 모듈간의 데이터 이동의 흐름을 연결하는 역할을 한다. 나머지 모듈들은 Scheduling Manager가 넘겨준 입력 데이터를 각각의 기능을 위해 사용하며, 모듈들의 각 기능에 의해 산출된 데이터는 다른 동작을 위한 입력 데이터로 또는 사용자에게 보여주는 결과물로 사용된다.

이 설계안은 특징 중 하나는 기존 그리드 서비스 시스템에 적용 시킬 수 있게 하기 위하여 외부 입출력을 간략화 시킨 것이다. 특히 외부와 직접적으로 연결되는 모듈은 Scheduling Manager와 Info Manager로써 기능의 집중화를 꾀하고 있다.

2. 모듈 별 설계안

가. Scheduling Manager



<Figure 3-2> Internal Structure of Scheduling Manager Module

Scheduling Manager는 전체 설계안의 중심에 위치하고 있으며, TGRS를 구동함에 있어서 가장 중요한 역할을 맡고 있다. 사용자는 UI를 통해 원하는 작업 수행을 요청 시 Scheduling Manager를 통하여 데이터와 명령을 수행하며, 작업의 수행 결과 또한 이 모듈을 통해서 받게 된다. 크게 메인기능을 수행하는 함수와 4개의 사용자 요청을 수행하는 함수가 있으며, 사용자 작업 요청 형태에 따라 필요한 변수를 준비하고 관련된 기능을 호출한다.

(1) Scheduling Manager function

- Web portal에서 사용자의 작업 요청 형태는 command의 변수에 담겨서 입력 받는다.
- 사용자가 요청한 작업의 형태에 따라 크게 4가지의 기능을 호출하게 되며, 각 기능에 필요한 데이터를 제출하고 그 결과를 받는다.
- 사용자가 요청한 작업이 완료 되면 그 결과를 반환하는 역할도 하고 있다.

<Table 3-1> Scheduling Manager function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Command	int	사용자의 요청 사항
IN	TicketID	String	티켓 고유 번호
IN	Jobinfo[]	String Array	작업 제출 정보
OUT	Command	int	사용자의 요청 사항
OUT	Tinfo[]	String Array	조회된 티켓 정보
OUT	result	String	결과

(2) Search function

- Ticket ID를 입력받아 Ticket 정보를 출력하는 기능을 수행한다.
- Ticket Manager에 Ticket 정보를 받아서 필요한 형태로 변환 한다.

<Table 3-2> Search function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	TicketID	String	티켓 고유 번호
OUT	Tinfo[]	String Array	조회된 티켓 정보

(3) Submit function

- 사용자가 작업 제출 시 작업 제출 관련 일련 기능을 수행한다.
- 사용자 정보, 작업 정보를 입력 받으며, 자원 선택 모듈, 스케줄링 모듈 등을 호출하여 작업 등록에 필요한 기능을 수행한다.
- 등록된 작업에 대해서 티켓 관리 모듈에 Ticket ID 발급을 요구하며, 이를 사용자에게 반환한다.

<Table 3-3> Submit Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Jinfo[]	String Array	작업 제출 정보
OUT	TicketID	String	티켓 고유 번호

(4) Cancel function

- 사용자가 자신의 작업의 취소를 요구 시 일련 기능을 수행한다.
- CRM과 NRM에 취소 요청을 한 후, 티켓 관리 모듈에서 해당 Ticket ID 정보의 삭제를 요구한다.

<Table 3-4> Cancel Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	TicketID	String	티켓 고유 번호
OUT	result	String	취소 결과

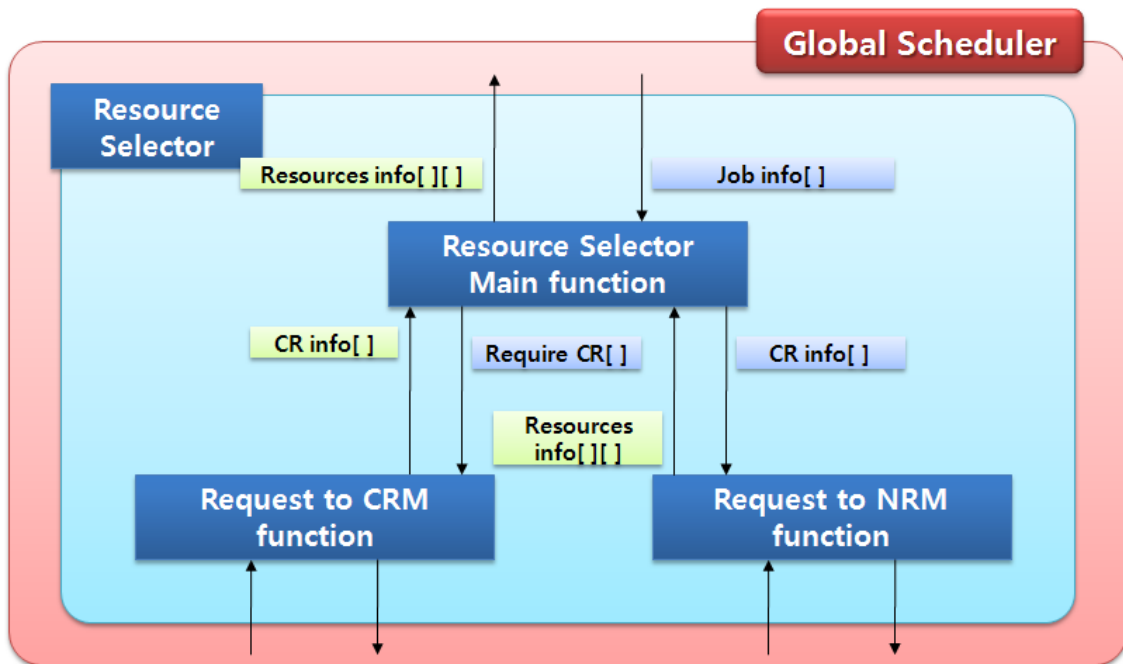
(5) Modify function

- 사용자가 자신의 작업의 수정을 요구 시 일련 기능을 수행한다.
- 수정할 사용자 작업이 실행중이면, 수정 작업은 진행 되지 않으며, 사용자 작업이 실행 대기 중인 상태에서만 수정이 가능하다.
- 수정 시, Submit Function과 같은 과정을 거쳐 사용 가능한 자원 스케줄링 까지 완료가 되면, 기존 작업을 취소하고 수정된 작업을 등록한다.

<Table 3-5> Modify Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	TicketID	String	티켓 고유 번호
IN	Jinfo[]	String Array	작업 제출 정보
OUT	Tinfo[]	String Array	티켓 고유 번호

나. Resource Selector



<Figure 3-3> Internal Structure of Resource Selector Module

Resource Selector는 사용 가능한 자원을 검색하는 기능을 수행하므로 사용자 작업 제출 시 작업 정보에 맞는 사용 가능한 자원들의 검색을 담당하고 있다.

(1) Resource Selector Main function

- 자원 선택 모듈에서 가장 중요한 역할을 맡고 있는 함수로 작업 정보를 받아 해당 정보에서 CRM과 NRM 부분의 필요 정보를 구분하여 각각에 사용 가능한 자원을 검색하는 역할을 한다.
- 사용가능한 컴퓨팅 자원을 검색 후 이에 대한 네트워크 자원을 검색한다.
- 관리자가 지정한 만큼의 반복을 통하여 여러 개의 자원 정보를 받아온다.

<Table 3-6> Resource Selector Main Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Job_info[]	String Array	작업 제출 정보
OUT	Resource info[][]	2D String Array	검색된 자원들의 정보

(2) Request to CRM function

- 정보 관리 모듈에 필요한 CRM 자원 정보를 요청하고, 배열 형태로 사용가능한 자원 정보를 수집하는 기능을 맡고 있다.

<Table 3-7> Request to CRM function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Require CR[]	String Array	작업 제출 정보
OUT	CR info[]	String Array	검색된 자원의 정보

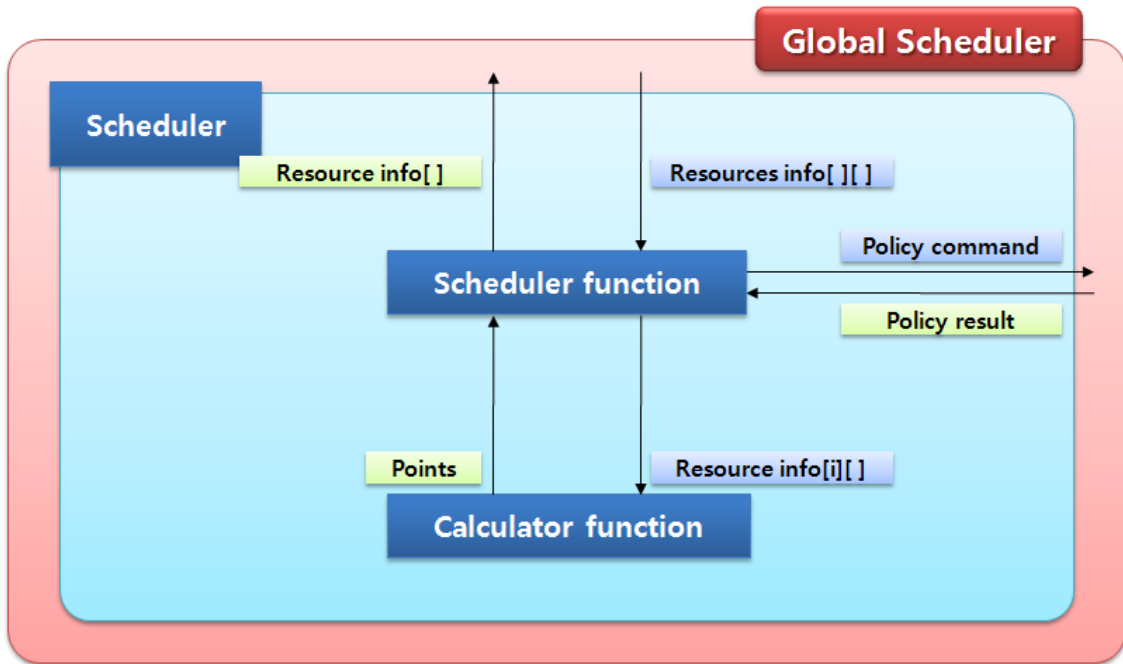
(3) Request to NRM function

- 정보 관리 모듈에 필요한 NRM 자원 정보를 요청하고, 배열 형태로 사용가능한 자원 정보를 수집하는 기능을 맡고 있다.

<Table 3-8> Request to NRM function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Require NR[]	String Array	작업 제출 정보
OUT	Resources info [][]	2D String Array	검색된 자원들의 정보

다. Scheduler



<Figure 3-4> Internal Structure of Scheduler Module

Scheduler 모듈은 검색된 사용 가능한 자원들 중 사용자의 작업을 실행하는 것에 가장 적합한 자원을 선택하는 역할을 수행한다. 기본적으로 자원의 요소들에 대한 포인트 계산으로 총합산된 포인트를 이용하여 실행 할 자원을 선택하게 된다.

이때 자원에는 CRM 부분과 NRM 부분이 존재하기 때문에 사용자는 각각의 요소에 대한 가중치를 두어 스케줄링 방식을 선택 할 수 있다.

(1) Scheduler function

- 검색된 사용 가능한 자원들을 입력 받아 최종적으로 사용자 작업을 실행하는 것에 적합한 자원을 선택한다.
- 최종 자원 선택을 마치고 해당 자원의 정보를 반환한다.
- 외부의 스케줄링 정책 모듈의 값을 반영하여 사용자가 요구하는 요소에 가중치를 두어 스케줄링을 진행 할 수 있다.

<Table 3-9> Scheduler Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Resources info[][]	2D String Array	검색된 자원 정보들
OUT	Resource info[]	String Array	선택된 자원 정보

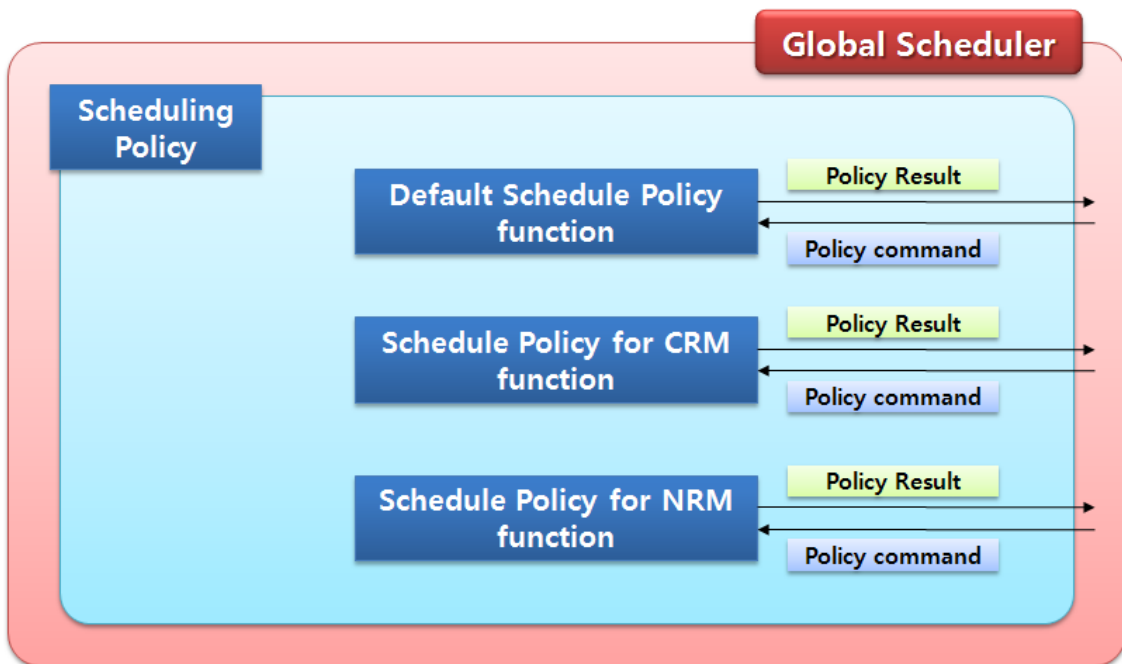
(2) Calculator function

- 스케줄링 정책이 적용된 자원 정보를 받아 포인트 계산을 진행한다.

<Table 3-10> Request to CRM function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Resource info[i][[]]	String Array	작업 제출 정보
OUT	CR info []	String Array	검색된 자원의 정보

라. Scheduling policy



<Figure 3-5> Internal Structure of Scheduling Policy Module

Scheduler 기능을 수행하기 위하여 필요한 정책은 Scheduling Policy 모듈에서 지정된 형태로 제공된다. Scheduling Policy 모듈은 크게 3가지 형태로 이루어져 있으며, 아무 자원에도 비중을 두지 않는 Default 모드 정책 기능, CRM의 자원에 비중을 두는 CRM 모드 정책 기능, NRM의 자원에 비중을 두는 NRM 모드 정책 기능으로 이루어져 있다.

이 모듈은 참조 형태로 모듈 자체의 동작 보다는 각 기능들이 정의 되어 있으며 설정 저장 모듈의 역할을 한다.

(1) Default Schedule Policy function

- 기본 스케줄링 정책

<Table 3-11> Default Schedule Policy Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Policy command	String	정책 요청
OUT	Policy result	String	기본 정책의 설정 값

(2) Scheduling Policy for CRM function

- CRM 비중의 스케줄링 정책에 대한 값을 반환 하는 기능을 수행한다.

<Table 3-12> Scheduling Policy for CRM Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Policy command	String	정책 요청
OUT	Policy result	String	CRM 비중 정책 설정 값

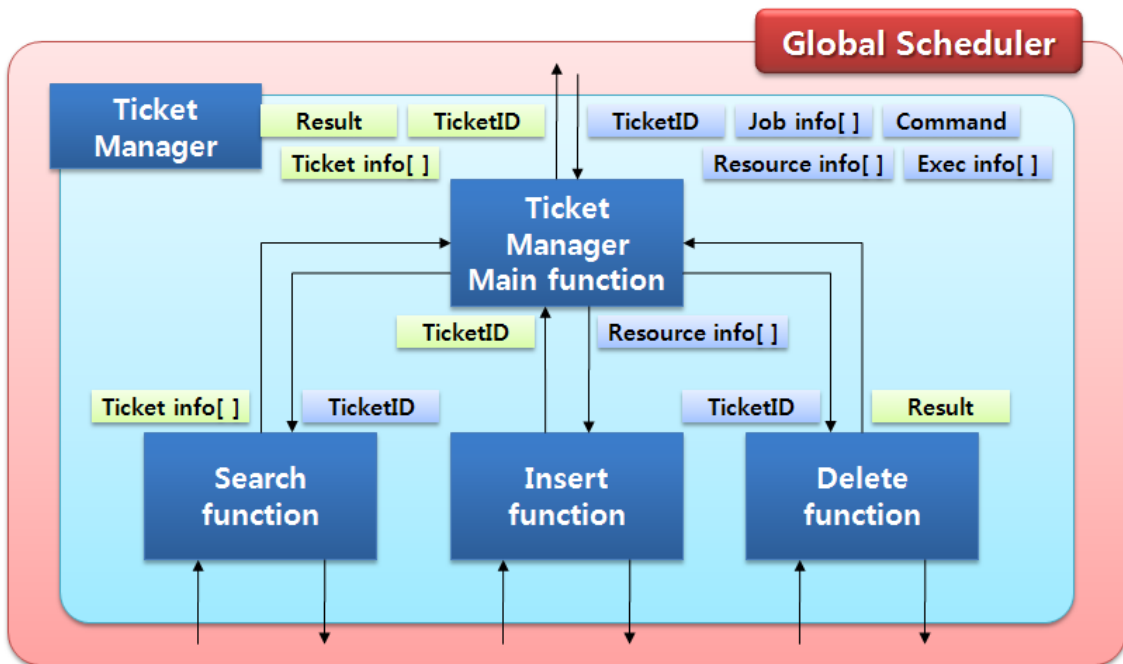
(3) Scheduling Policy for NRM function

- NRM 비중의 스케줄링 정책에 대한 값을 반환 하는 기능을 수행한다.

<Table 3-13> Scheduling Policy for NRM Function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Policy command	String	정책 요청
OUT	Policy result	String	NRM 비중 정책 설정 값

마. Ticket Manager



<Figure 3-6> Internal Structure of Ticket Manager Module

Ticket Manager 모듈은 TGRS의 핵심적인 기능을 수행하는 모듈이다. 티켓 데이터베이스를 통하여 작업을 관리 하는 것이 주 기능으로, 티켓의 정보 조회, 작업 등록 후의 티켓 ID 발급, 티켓 정보의 삭제의 3개의 큰 기능으로 나누어져 있다.

(1) Ticket Manager Main function

- 상위 모듈에서 요청해온 명령의 구분에 따라 해당 기능을 호출하는 티켓 관리 모듈의 메인 기능을 담당하고 있다.

<Table 3-14> Ticket Manager MainFunction IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	command	String	요청 기능 구분
IN	TicketID	String	검색된 자원 정보들
IN	Job info[]	String Array	사용자 작업 정보
IN	Resource[]	String Array	선택된 자원 정보
IN	Exec info[]	String Array	자원 할당 정보
OUT	result	String	처리 결과
OUT	TicketID	String	티켓 고유 번호
OUT	Ticket info[]	String Array	조회된 티켓 정보

(2) Search function

- 티켓 데이터베이스에서 요청된 티켓 고유번호에 해당하는 정보를 검색하는 역할을 수행한다.
- 검색된 티켓의 정보는 배열의 형태로 상위 모듈에 반환된다.

<Table 3-15> Search function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	TicketID	String	티켓 고유 번호
OUT	Ticket info[]	String Array	조회된 티켓 정보

(3) Insert function

- 티켓 데이터베이스에 작업 할당이 완료된 자원의 정보와 해당하는 사용자 작업 정보를 티켓 데이터베이스에 맞는 정보 형태로 기록하는 기능을 한다.
- 티켓 정보 기록 시 티켓 고유 번호를 생성하여 같이 기록을 하며, 이 티켓 고유 번호는 Primary 속성을 갖는 필드에 입력된다.

<Table 3-16> Insert function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	Job info[]	String Array	사용자 작업 정보
IN	Resource[]	String Array	선택된 자원 정보
IN	Exec info[]	String Array	자원 할당 정보
OUT	TicketID	String	티켓 고유 번호

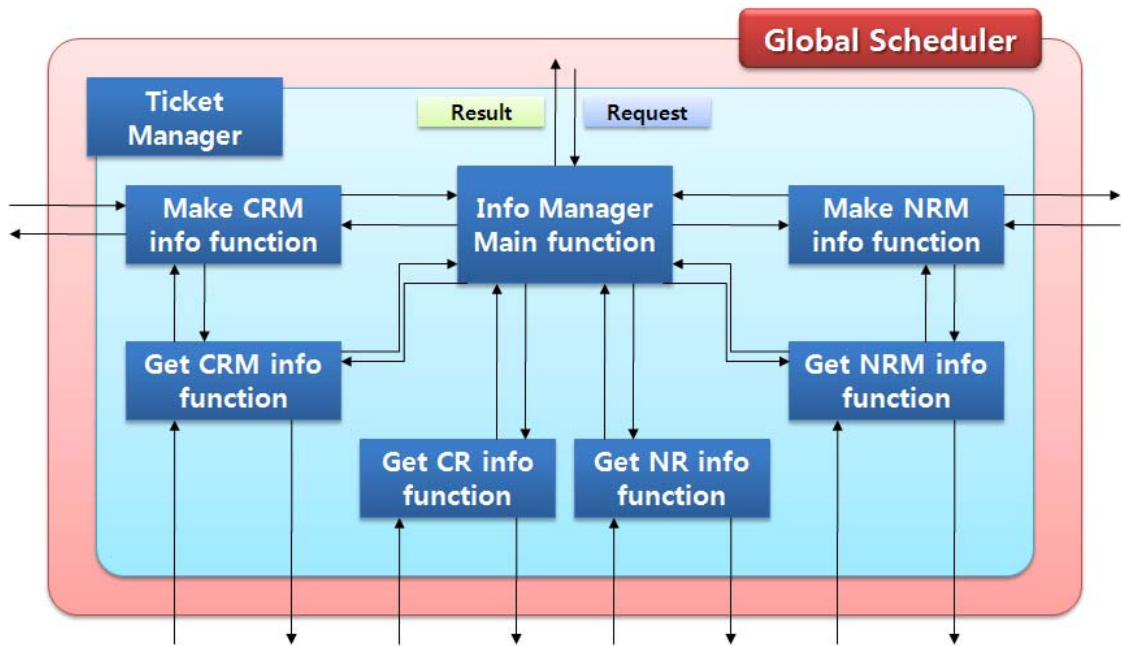
(4) Delete function

- 티켓 고유 번호를 받아서 티켓 데이터베이스의 해당 정보를 삭제하는 기능을 수행한다.

<Table 3-17> Delete function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	TicketID	String	티켓 고유 번호
OUT	Ticket info[]	String Array	조회된 티켓 정보

마. Info Manager



<Figure 3-7> Internal Structure of Info Manager Module

Info Manager 모듈은 TGRS의 동작에 필요한 모든 정보를 제공하는 모듈이다. 주요한 기능으로 CRM과 NRM에 접속하여 필요한 정보를 가져오는 기능들로 이루어져 있다.

(1) Info Manager Main function

- 상위 모듈로부터 제출된 값에 대한 총체적 관리를 수행한다.
- CRM과 NRM등의 자원으로부터 어떤 정보를 받아올지에 대한 작업 구분을 하여 필요한 기능을 호출한다.

<Table 3-18> Info Manager Main function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	request	-	정보 요청
OUT	information	-	요청에 의해 검색된 정보

(2) Make CRM info function

- 티켓 데이터베이스에 기록 될 CRM의 요약 정보를 담는 역할을 수행한다.
- 검색된 CRM의 정보는 요약되어 XML형태로 저장되며, 해당 XML의 파일 이름이 반환된다.

<Table 3-19> Make CRM info Main function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	CRM_ID	String	조회 할 CRM ID
OUT	XMLname	String	생성된 XML 파일명
OUT	C(CRM_ID).XML	File	생성된 XML 파일

(3) Make NRM info function

- 티켓 데이터베이스에 기록 될 NRM의 요약 정보를 담는 역할을 수행한다.
- 검색된 NRM의 정보는 요약되어 XML형태로 저장되며, 해당 XML의 파일 이름이 반환된다.

<Table 3-20> Make NRM info function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	NRM_ID	String	조회 할 NRM ID
OUT	XMLname	String	생성된 XML 파일명
OUT	N(NRM_ID).XML	File	생성된 XML 파일

(4) Get CRM info function

- CRM에 CRM ID에 대한 정보를 요청하고, 받아온 정보를 반환한다.

<Table 3-21> Get CRM info function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	CRM_ID	String	조회 할 CRM ID
OUT	CRM_info[]	String Array	조회 된 CRM 정보

(5) Get NRM info function

- NRM에 NRM ID에 대한 정보를 요청하고, 받아온 정보를 반환한다.

<Table 3-22> Get NRM info function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	NRM_ID	String	조회 할 NRM ID
OUT	NRM_info[]	String Array	조회 된 NRM 정보

(6) Get CR info function

- CRM에 조건을 만족하는 자원의 검색을 요청한다.

<Table 3-23> Get CR info function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	CRrequest[]	String Array	컴퓨팅 자원 요구 정보
OUT	CR_info[]	String Array	조회된 컴퓨팅 자원

(7) Get NR info function

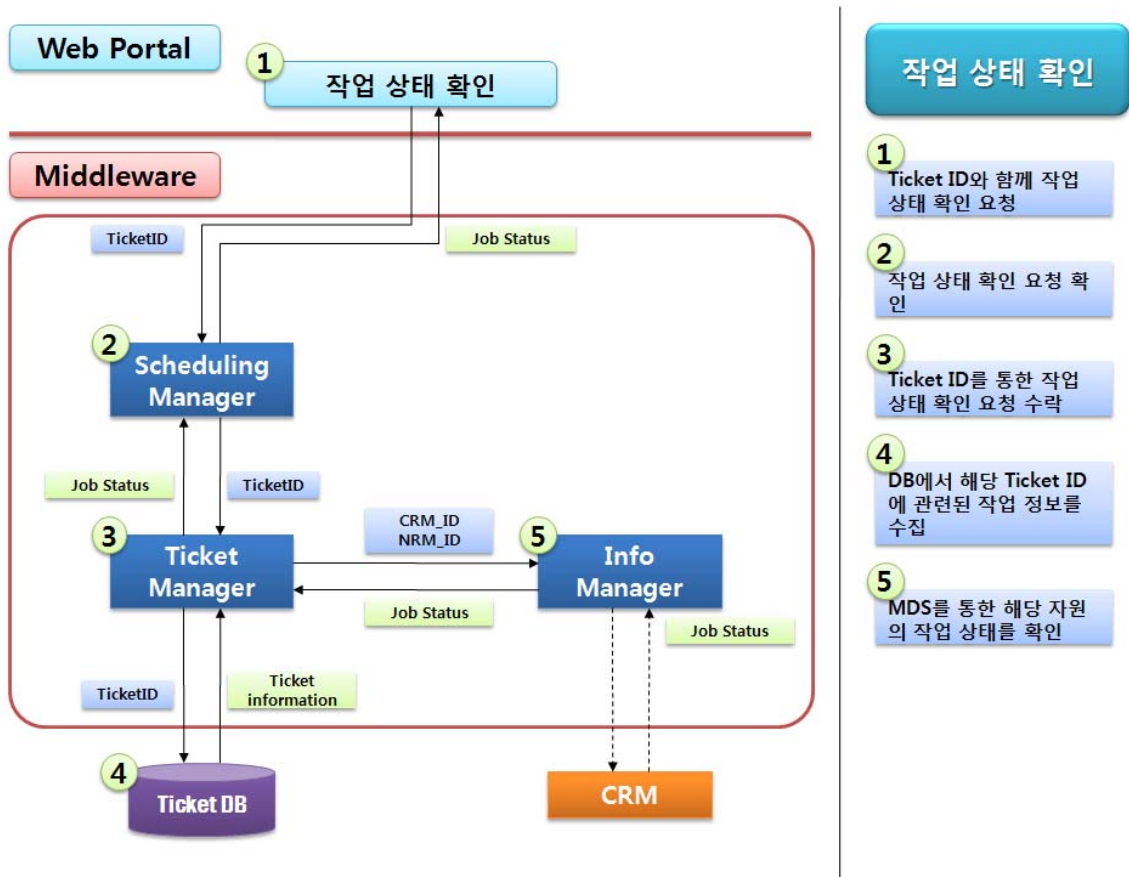
- NRM에 조건을 만족하는 자원의 검색을 요청한다.

<Table 3-24> Get NR info function IN/OUT

구분	데이터	형태	설명
IN	NRrequest[]	String Array	네트워크 자원 요구 정보
OUT	NR_info[]	String Array	조회된 컴퓨팅 자원

제 3 절 TGRS 시나리오

1. 작업 상태 확인



<Figure 3-8> Check Job Status Scenario

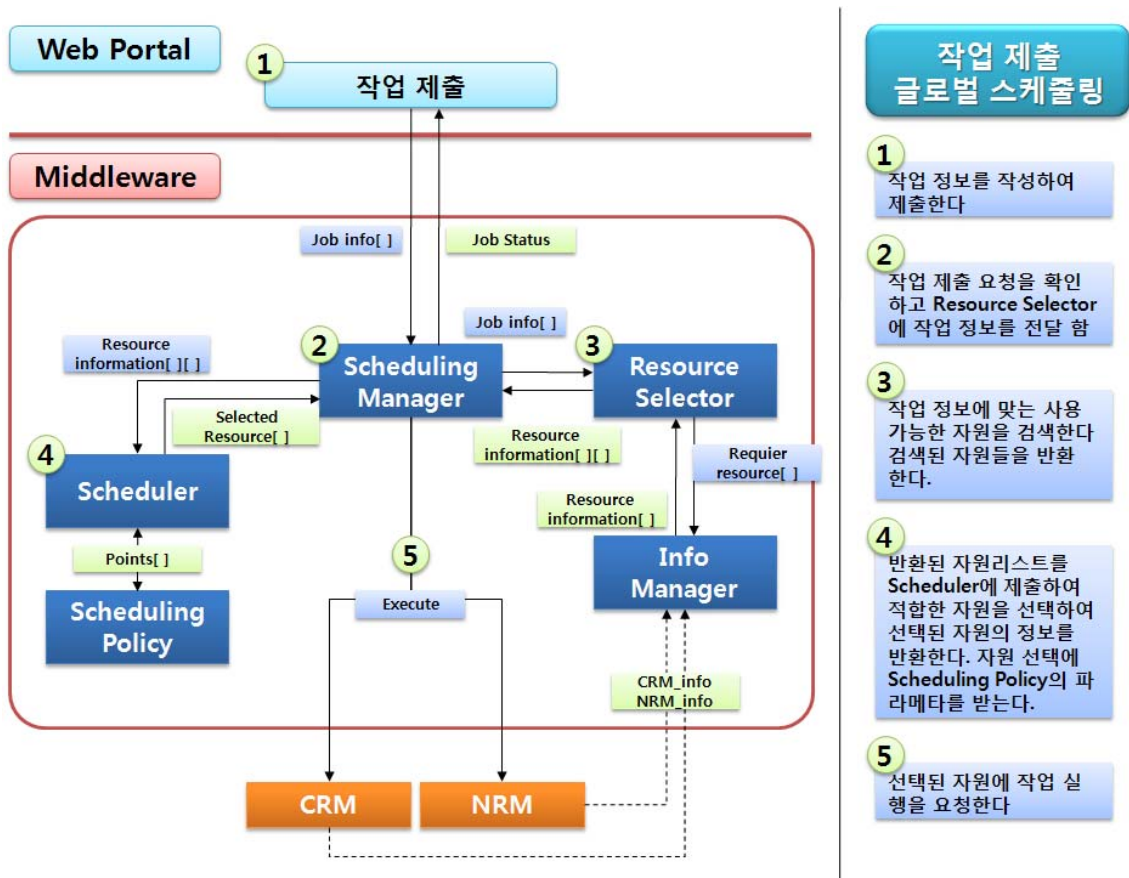
작업 상태 확인 과정은 티켓 정보 확인을 통해 진행된다.

- ① 사용자는 웹 포털에서 작업 상태 확인 화면을 통하여 작업 상태 확인 요청을 하게 된다. 이때 사용자는 작업 상태를 확인 할 티켓 고유 번호를 입력한다.
- ② 검색 명령 요청이 스케줄링 관리 모듈로 전달되고, 스케줄링 관리 모듈은 작업 상태 확인을 위한 티켓 정보 조회를 위하여 티켓 관리번호를 티켓 관리 모듈을 호출하여 넘겨준다.
- ③ 티켓 관리 모듈은 받은 티켓 고유 번호를 검색하기 위하여 티켓 데이터베이스에 접속 한다.

④ 티켓 데이터베이스에 저장된 정보 중 티켓 고유번호와 일치하는 record에 해당하는 정보를 출력하여 티켓 관리자에게 보낸다.

⑤ 티켓 관리자가 전달받은 티켓 정보 중 자원 고유 번호를 정보 관리 모듈에 요청하며, 정보 관리 모듈은 CRM/NRM에 접속하여 할당된 작업에 대한 정보를 반환한다.

2. 작업 제출



<Figure 3-9> Job Submission Scenario

작업 제출은 사용자의 작업을 제출 받아 요구조건에 맞는 자원을 검색하여 가장 좋은 성능의 자원을 할당받아 실행하는 과정을 거친다.

① 사용자는 웹 포털에서 작업 등록 화면을 통하여 작업 제출을 진행한다.

작업 등록 폼에는 실행 파일, 컴퓨팅 자원 요구량, 네트워크 자원 요구량, 작업 시간, 스케줄링 정책 등의 파라미터를 입력하여 작업 정보를 작성하며, 완료 시 스케줄링 관리 모듈로 해당 데이터를 전송한다.

② 사용자가 작성한 작업 정보는 스케줄링 관리 모듈에서 받아 요청 사항에 대한 구분을 한다. 구분에 따라 작업 제출 명령에 필요한 모듈 및 기능들을 호출하여 순차 진행을 시작한다.

③ 작업 제출에 의해 가장 처음 호출되는 모듈은 자원 선택 모듈이다. 자원 선택 모듈을 호출 하면서 사용자에게서 제출 받은 작업 정보를 송신한다.

자원 선택 모듈은 작업 정보에 있는 사용자의 자원 요구 사항에 맞는 자원을 찾기 위하여 정보 관리 모듈을 호출한다. 정보 모듈에서는 요구사항에 따라 CRM 및 NRM을 거쳐 사용 가능한 자원을 검색한다.

검색 된 일정 수 이상의 자원들은 자원 선택 모듈의 결과로서 반환 한다.

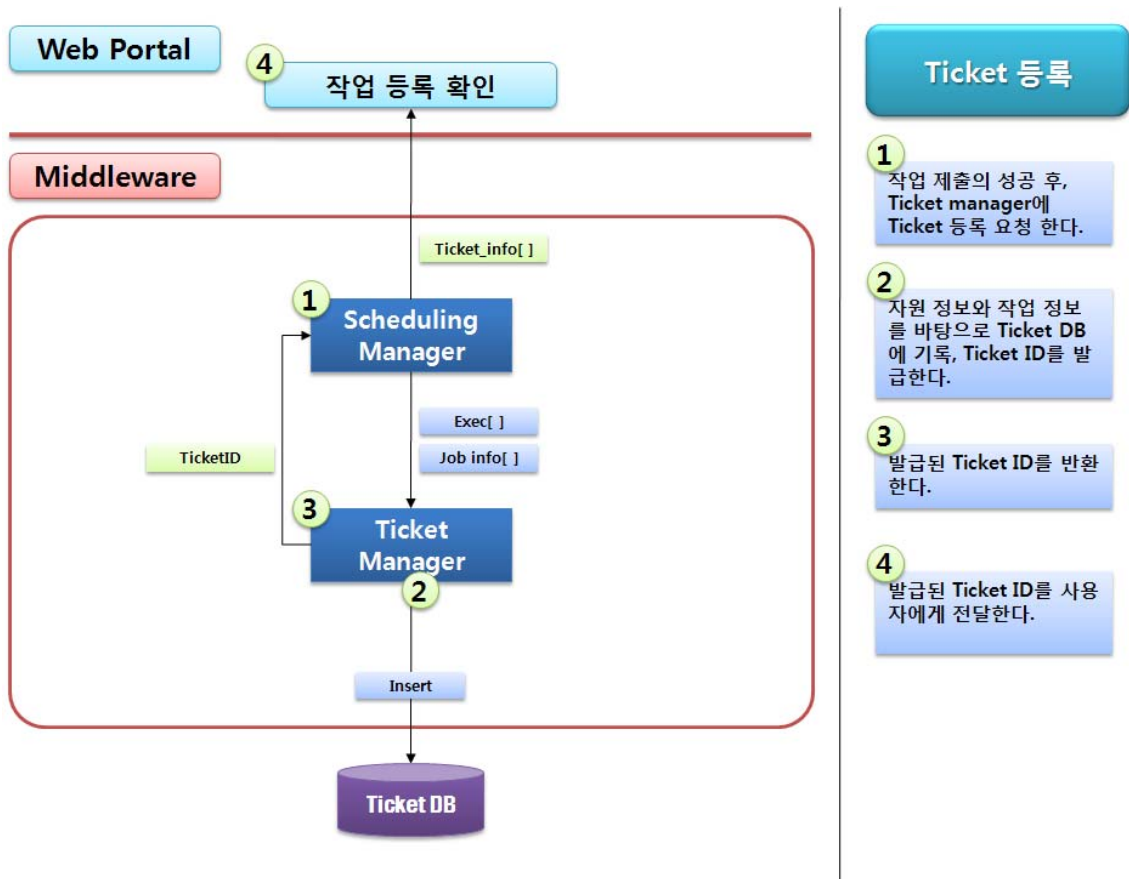
④ 스케줄링 관리 모듈은 자원 선택 모듈에서 검색된 자원들의 정보를 받으면 스케줄러 모듈을 호출하게 된다. 스케줄러 모듈은 전송받은 검색된 자원들에 대한 스케줄링을 실시한다. 스케줄링은 자원들의 요소에 대한 포인트를 계산하고 비교함으로써 진행한다.

이때 포인트를 계산하기 위하여 사용자가 요구한 스케줄링 정책을 반영하기 위하여 정책 값을 전달받기 위한 스케줄링 정책 모듈을 호출한다. 스케줄링 정책 모듈은 대표적인 형태의 정책 값을 가지고 있으며, 스케줄링 시 이를 호출하게 된다.

모든 스케줄링이 끝나면, 스케줄러 모듈은 포인트 계산이 모두 끝나면 그 중 가장 높은 포인트를 가진 자원 정보를 반환한다.

⑤ 스케줄링이 끝나고 반환된 자원 정보는 스케줄링 관리 모듈에서 받아 작업 최종 제출을 준비한다. 스케줄링 관리 모듈의 제출기능은 최종 선택 자원에 대한 정보를 CRM과 NRM에 제출하여 할당 요청을 진행 한다.

3. 작업 등록 확인



<Figure 3-10> Ticket Info Registration Scenario

작업 등록 과정은 작업 제출이 완료 된 후 티켓 정보로 변환하여 데이터베이스에 입력 하고 해당하는 티켓 고유 번호를 반환하는 과정이다.

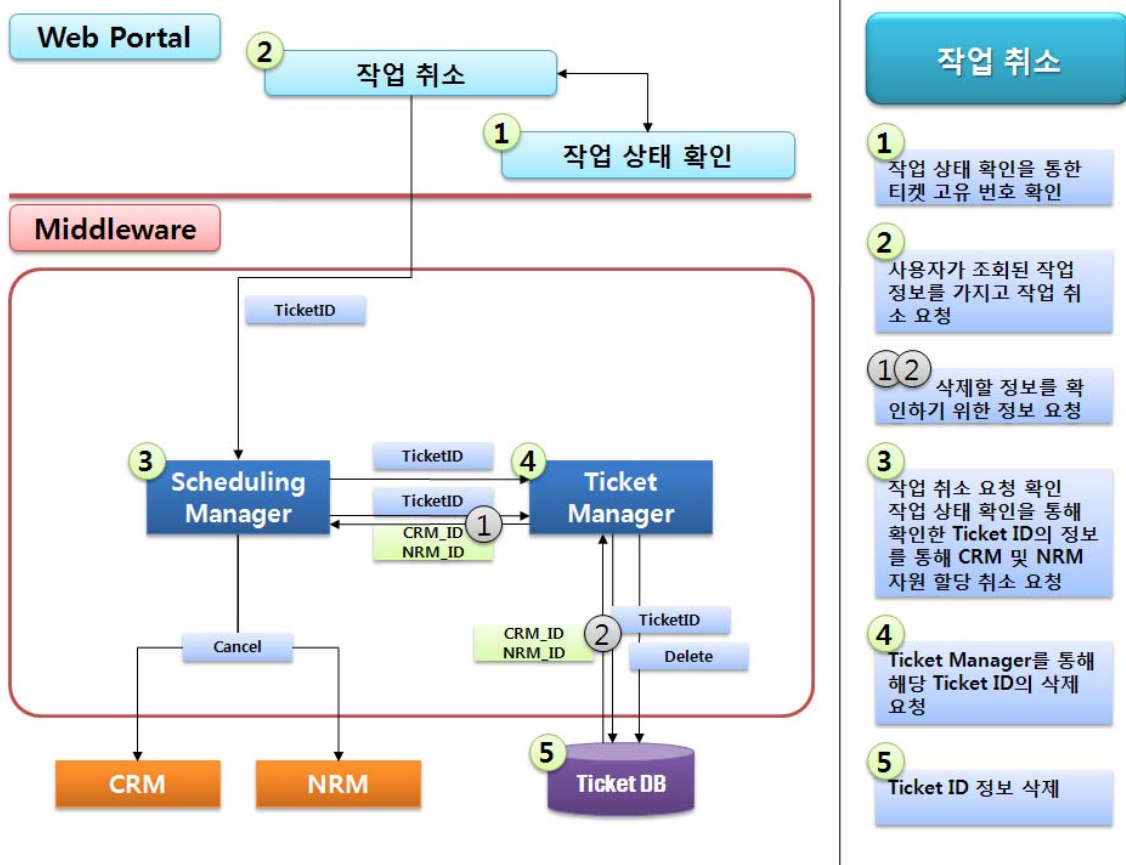
① CRM/NRM에 사용자 작업 등록이 완료되면 스케줄링 관리 모듈은 티켓 데이터베이스에 해당 정보를 입력하기 위하여 티켓 관리 모듈을 호출한다. 이때 스케줄링 관리모드에서 티켓 관리 모듈로 전달되는 데이터는 사용자의 작업 제출 정보와, 사용자 작업 등록 시 CRM 및 NRM에서 반환된 CRM_ID 및 NRM_ID를 포함하고 있는 실행 정보 이다.

② 티켓 관리 모듈은 스케줄링 관리 모듈에서 전송된 정보를 티켓 데이터베이스에 입력 할 수 있는 정보로 재구성 한다. 재구성된 티켓 정보에는 티켓 고유번호를 제외한 모든 필드를 사용자 작업 제출정보와 실행 정보에서 중요한 정보들로 구성된다.

③ 티켓 정보의 조합이 완료 되면 티켓 관리 모듈은 데이터베이스 정보 삽입 기능을 통하여 티켓 데이터베이스에 작성된 티켓 정보를 기록한다. 이 때 티켓 고유 번호가 생성 되어 티켓 정보와 함께 입력이 되면 티켓 정보 기록 작업은 마무리 된다.

④ 티켓 데이터베이스에 티켓 정보를 입력 시 생성된 티켓 고유번호는 스케줄링 관리 모듈을 통하여 사용자에게 반환된다. 이렇게 반환 된 티켓 고유 번호는 사용자가 해당 작업을 관리하기 위하여 사용 된다.

4. 작업 취소



<Figure 3-11> Cancel Job Scenario

작업 취소는 작업 상태 확인으로 받은 상태에서 진행 되며, 티켓 고유 번호를 통해 해당 정보를 검색하고, 할당된 자원들의 정보를 받아 해당 자원 할당을 취소하고 과정이 완료 되면 티켓 데이터베이스에서 해당 내용을 삭제하는 과정을 거친다.

① 작업을 취소하기 위하여 사용자는 먼저 삭제할 작업에 대한 조회를 실시한다. 이때 사용자는 티켓 고유 번호입력을 통해 해당 취소할 작업이 맞는지 확인을 한다.

② 작업 정보 조회를 통해 취소 할 작업이 확인 되면 사용자는 작업 취소 화면을 통하여 작업 취소 요청을 진행한다.

웹 포탈은 작업 취소 요청과 함께 취소 할 티켓 고유 번호를 스케줄링 관리 모듈로 전달한다. 전달 된 요청에 의해 작업 취소와 관련된 기능을 호출 한다. 티켓 관리 모듈은 삭제 요청된 티켓 고유 번호의 정보를 요청하며 취소할 CRM 고유 번호와 NRM 고유 번호를 가져온다.

③ 스케줄링 관리 모듈은 가져온 CRM 및 NRM 고유 번호를 통하여 해당 CRM과 NRM에 작업 취소 및 자원 할당 해제 요청을 한다.

④ 작업 취소 및 자원 할당 해제 요청이 완료되면 티켓 관리 모듈이 호출되며, 취소된 티켓 정보를 삭제하기 위하여 삭제 될 티켓 고유 번호를 전달한다.

⑤ 티켓 관리 모듈은 티켓 고유 번호에 해당하는 정보를 티켓 데이터베이스에서 삭제한다.

5. 작업 수정

작업 수정은 작업 삭제와 마찬가지로 작업 정보 조회를 통하여 조회 된 작업에 관하여 요청을 진행 할 수 있다.

① 작업을 수정하기 위하여 사용자는 먼저 수정할 작업에 대한 조회를 실시한다. 이때 사용자는 티켓 고유 번호입력을 통해 해당 수정할 작업의 내역을 확인한다.

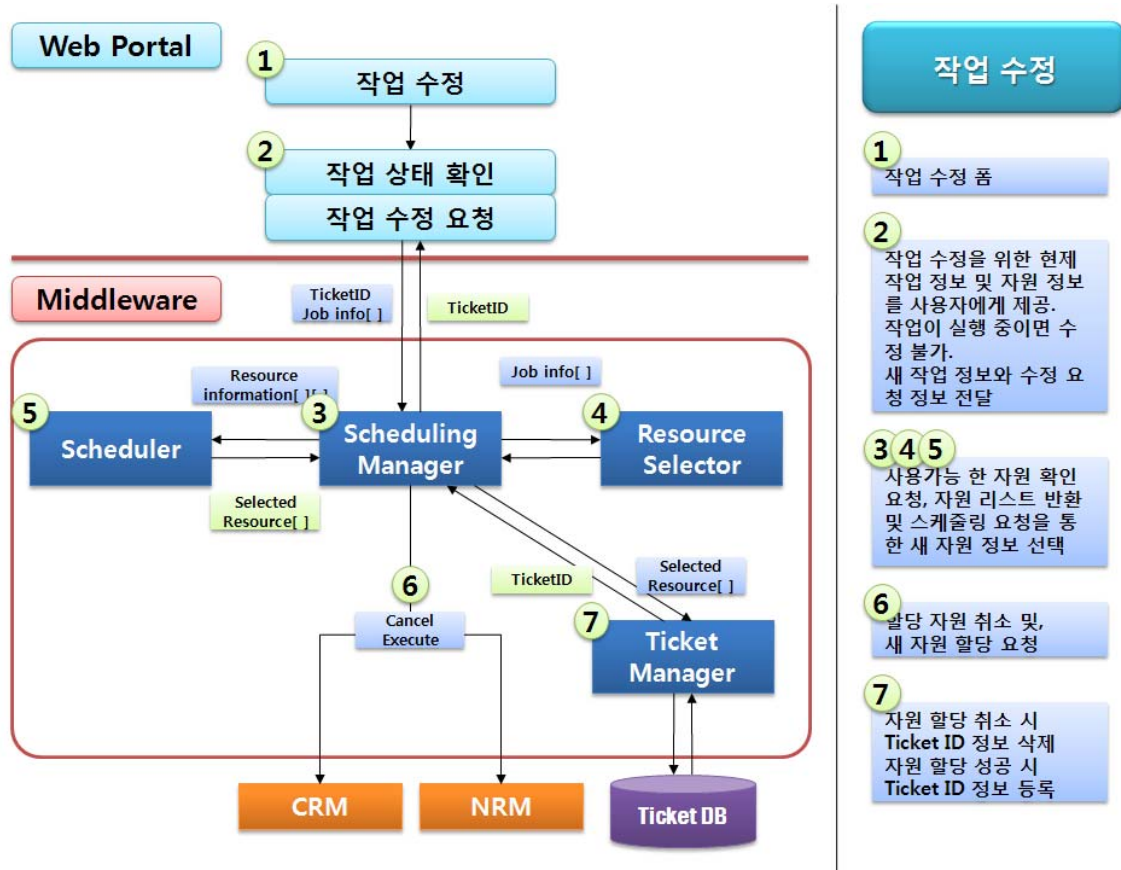
② 이때 작업이 이미 실행 중이면 사용자는 작업 수정을 진행 할 수 없다.

③④⑤ 작업 제출 동작과 같은 형태의 동작을 진행한다. 사용자 작업 정보를 웹 포탈로부터 받아, 사용 가능한 자원 정보를 얻는다.

⑥ 사용 가능한 자원이 있다면 기존 할당된 자원들에 대해 할당 해제 요청을 한다. 할당 해제 요청 후 새로 받은 사용 가능한 자원에 대한 할당 요청을 한다.

⑦ 변경된 사항들에 대하여 티켓 관리 모듈을 호출하여 해당 내용을 넘겨준다.

티켓 관리 모듈은 기존 티켓 정보를 삭제 하고 새로 등록된 티켓 정보를 토대로 티켓 데이터 베이스에 기록 한다.



<Figure 3-12> Modify Job Scenario

제 4 장 결론

과거 오랜 기간 동안 그리드 컴퓨팅 기술에 대한 연구가 진행되었지만, 네트워크 자원은 패킷 기반 공용 네트워크 환경에 국한되어 왔다. 그러나 최근의 과학 및 공학 분야에서 대두되는 문제들은 대부분 대용량의 실험데이터를 기반으로 한 계산 시뮬레이션을 요구하거나 지역적으로 떨어진 전문가들 사이의 협력을 필요로 하고 있으며, 이와 같은 환경에서 고대역폭, 낮은 지연율의 고품질 네트워크를 보장하는 것은 필수적이다.

융합망은 점차적으로 복잡화, 융합화되는 대규모의 과학 및 공학 분야의 응용 연구에 대한 고도화된 연구 지원을 목적으로 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원을 융합하여 제공할 수 있는 차세대 연구망 환경으로 주목받고 있다. 특히, 융합망 기술 분야에서는 컴퓨팅 자원과 네트워크 자원을 동시에 할당하고 통합 관리하는 글로벌 자원 스케줄러 기술이 핵심 기술로서 평가받고 있다.

본 보고서에서는 해외 선진국들의 융합망 글로벌 자원 스케줄러에 대해서 간단히 살펴보았으며, 국내에서 구축되고 있는 융합망 환경에서의 글로벌 자원 스케줄러 설계 사항에 대해서 기술하였다. 융합망 환경에서 글로벌 자원 스케줄러 기술은 아직까지 시작 단계에 머물러 있기 때문에 향후에 이기종 연구 자원에 대한 통합 관리, 자원 선정 알고리즘 최적화, 다양한 스케줄링 정책 수용 등의 연구 주제들이 좀더 심도 있게 연구되어야 할 사항으로 남아 있다.

참고문헌

- [1] S.Figuerola, N.Ciulli, M.De Leenheer, Y.Demchenko, W.Ziegler, A.Binczewski on behalf of the PHOSPHORUS consortium, "PHOSPHORUS: Single-step on-demand services across multi-domain networks for e-science", European Conference and Exhibition on Optical Communication'07, September 16-20, 2007.
- [2] L. Battestilli, A. Hutanu, G. Karmous-Edwards, D. Katz, J. MacLaren, J. Mambretti, H. Moore, S-J Park, H. Perros, S. Sundar, S. Tanwir, S. Thorpe, and Y. Xin, "EnLIGHTened Computing: An Architecture for Co-allocating Network, Compute, and other Grid Resources for High-End Applications", Proceedings of IEEE Honet'07, Dubai, UAE, November 2007.
- [3] Atsuko Takefusa, Hidemoto Nakada, Tomohiro Kudoh, Yoshio Tanaka, Satoshi Sekiguchi, "GridARS: An Advance Reservation-Based Grid Co-allocation Framework for Distributed Computing and Network Resources", JSSPP 2007, 152-168.
- [4] Fran Berman, Geoffrey Fox, and Anthony J.G. Hey, Grid Computing: Making The Global Infrastructure a Reality, John Wiley & Sons, April 8, 2003.
- [5] A. Sulistio, R. Buyya, "A Grid Simulation Infrastructure Supporting Advance Reservation," in the Proceedings of the 16th International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems, Cambridge, Boston, USA, November 2004.
- [6] T. Lavian, S. Merrill, H. Cohen, D. Hoang, J. Mambretti, S. Figueira, D. Cutrell, S. Naiksatam, F. Travostino, "A Grid Network Service Architecture for Dynamic Optical Networks," submitted to the Journal of Grid Computing, special issue on High Performance Networking.
- [7] W. Smith, I. Foster, V. Taylor, "Scheduling with Advanced Reservations," in the Proceedings of the IEEE/ACM 14th International Parallel and Distributed Processing Symposium, Cancun, Mexico, May 2000.

[8] Ian Foster, A Globus Toolkit Primer (Draft), http://www.globus.org/toolkit/docs/4.0/key/GT4_Primer_0.6.pdf, April 26, 2005.

[9] Web Services Resource Framework, http://docs.oasis-open.org/wsrf/wsrf-ws_resource-1.2-spec-os.pdf, 1 April, 2006.

[10] Globus alliance. <http://www.globus.org/>.

[11] Open Grid Forum. <http://www.ggf.org/>.