

# 그리드 컴퓨팅 환경에서 어카운팅에 의해 구동되는 자원 접근 제어 구조 설계

## (A Design of Resource Access Control Architecture Driven by Accounting in Grid Computing Environment)

황 호 전<sup>†</sup>    안 동 언<sup>\*\*</sup>    정 성 중<sup>\*\*</sup>  
(Ho Jeon Hwang)    (Dong Un An)    (Seung Jong Chung)

**요약** 현재 그리드 환경에서 자원 접근 제어에 관련된 다양한 방법들이 연구되고 있다. 대부분 그리드 자원에 대한 접근 권한은 사용자의 특성 및 역할에만 맞춰 부여되도록 설계되었다. 그러나 그리드가 활성화 되기 위해서는 비즈니스 모델 측면에서 자원 접근 제어가 이뤄져야 한다. 따라서 본 논문에서는 그리드 어카운팅 정보에 의해 구동되는 자원 접근 제어를 실시할 수 있는 아키텍처를 제안한다. 그리드 작업에 대한 어카운팅 정보를 수집하고, 이를 토대로 처리 비용을 산출한다. 만약 사용자의 가용 자금이 처리 비용보다 부족할 경우, 자원 접근 제어 정책에 따라 그리드 작업을 제어하게 된다. 최종적으로 그리드 작업이 완료되면, 사용자는 자원 제공자의 자원 사용에 대한 과금을 지불하게 된다. 그럼으로, 자원 제공자는 유휴 자원들을 활용하기 위해 자발적으로 참여함으로써 그리드에 안정적인 자원을 공급하게 된다. 그리고 그리드에 참여하는 조직체들의 자원 접근 정책을 보장함으로써, 경제 원리에 준하는 유틸리티 컴퓨팅 환경을 실현할 수 있는 연구로 평가된다.

**키워드** : 그리드 어카운팅, 자원 사용량, 접근 제어

**Abstract** At present various methods relating resource access control in grid environment are being studied. Most of the access authorization to grid resource is designed fit to the attributes and the role of user. But resource access control is to be made in the respect of business model to activate grid. Therefore this study suggests a model that can operate resource access control driven by grid accounting information. On the base of collection of accounting information about grid job, processing cost is yielded. If the user's available fund is less than processing cost, it gets to control grid job by the resource access control policy. Finally when grid job is completed, user is assigned to pay the charges for using resource of supplier. Then resource provider gets to supply stable resource in grid by participating it voluntarily to use idle resource. This study is esteemed to realize utility computing environment correspondent to economic principle by ensuring resource access policy of organizations which participate in grid.

**Key words** : Grid Accounting, Resource Usage, Access Control

### 1. 서론

그리드[1-3]는 지리적으로 분산된 자원, 대용량 저장 장치, 그리고 특수 목적의 연구 장비들을 통합하여 고성능 컴퓨팅 환경을 제공한다. 그리고 서로 다른 관리 도메인상에 존재하는 정보 및 자원들을 공유해 하나의 유

기체적인 VO(Virtual Organization)[3]를 구성함으로써 방대하고 복잡한 문제들을 해결할 수 있는 솔루션이다.

그리드는 분산된 유휴 컴퓨팅 자원들을 동적으로 결합한 특수한 환경이다. 이러한 환경에서 적절한 인증 과정을 거친 사용자라면 누구라도 자유롭게 공유 자원에 접근할 수 있다. 최근 그리드에 참여하는 조직체들의 자원 관리 정책들을 보장하기 위한 자원 접근 제어 방법들이 연구되고 있는 중이다. 최근에 등장한 자원 접근 제어 방법들은 중앙 집중형 방식의 권한 서버로부터 구성원들의 권한이 결정되기 때문에, 조직체 자신의 자원 접근 정책에 따라 변경할 수 있는 권리를 침해 받게 된다.

<sup>†</sup> 학생회원 : 전북대학교 컴퓨터공학과  
hjhwan@chonbuk.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수  
duan@chonbuk.ac.kr  
sjchung@chonbuk.ac.kr

논문접수 : 2006년 8월 16일  
실사완료 : 2006년 12월 9일

따라서 본 논문에서는 그리드 환경에 참여하는 조직체들의 자원 접근 정책을 보장하면서, 참여를 유도해 낼 수 있는 유틸리티 컴퓨팅[4-6] 개념의 자원 접근 제어 아키텍처를 제안한다. Globus Toolkit[1,7] 기반 그리드 환경에서 로컬 스케줄러와의 밀접한 상호 작용을 통해 어카운팅 정보를 수집하고 사용자 작업을 제어한다. 이를 위해 그리드 작업을 처리하는데 드는 자원 사용량을 측정하고, 이를 토대로 처리 비용을 산출한다. 그리고 작업이 완료될 때까지, 사용자의 가용 자기에 따라 자원 접근을 계속해서 허용할 것인지 아니면 일시적으로 또는 영구적으로 차단할 것인지를 결정하게 된다.

이와 같이 그리드 서비스에 대한 자원 사용량을 측정하고, 어카운팅 정보에 의해 구동되는 자원 접근 제어 모델이 부족한 실정이다. 그리드가 활성화되기 위해서는 비즈니스 모델 측면에서 접근 정책에 따라 구성원들의 자원 접근 제어가 이뤄져야 한다. 자원 제공자는 사용자들의 요구사항에 따라 자원 접근 권한을 가용 자기에 따라 제어할 수 있어야 한다. 그래서 자원 제공자는 유휴 자원들을 활용할 뿐만 아니라, 경제적 이윤을 창출하고 더 나아가 그리드에 자원을 안정적으로 공급할 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 그리드 어카운팅 시스템 및 자원 접근 제어 방법들을 살펴보고, 3장에서는 그리드 어카운팅에 의해 구동되는 자원 접근 제어 아키텍처를 설명한다. 4장에서는 실험 환경 및 결과를 고찰하고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

## 2. 관련 연구

그리드 어카운팅에 의해 구동되는 자원 접근 제어 아키텍처를 설계하기 전에 먼저 그리드 어카운팅 프레임워크 및 시스템, 그리고 VO내에서 사용자의 자원 접근 제어 방법을 살펴본다.

GGF(Global Grid Forum)[8]의 RUS-WG(Resource Usage Service-Working Group)[9]에서 제안하는 GSAX(Grid Service Accounting Extensions)[10]는 자원 사용량 정보 수집 및 자원 접근 제어를 담당하는 Monitoring layer, 자원의 가치를 결정하고, 과금을 산출하는 Metering layer, 자원 제공자와 소비자간의 비즈니스 관계를 담당하는 Accounting layer로 구성되어 있다. 따라서 GSAX는 그리드 환경에서 이기종 플랫폼간의 호환성을 높이고, 어카운팅 시스템 자신의 목적에 맞는 모듈들을 연결시켜 다양한 아키텍처를 설계할 수 있도록 하였다.

기존의 그리드 관련 프로젝트에 특화된 어카운팅 시스템으로는 DGAS(DataGrid Accounting System)[11],

SGAS(SweGrid Accounting System)[12]등이 있다. DGAS은 Computational Economy 모델에 기초를 둔 어카운팅 환경을 제공할 목적으로, Accounting과 Authorization의 긴밀한 상호 작용과 작업 부하의 "Self-Regulation"으로 소수 특정 사용자에게 의해 무차별적인 자원 사용에 대한 권한을 통제하도록 설계되었다. 그리고 스웨덴 국가 그리드, SweGrid에서 개발된 SGAS는 Scientific Funding과 Usage Tracking에 주요점을 둔 어카운팅 시스템이다.

그리고 그리드 환경에서 구성원들의 자원 접근 제어를 제공할 목적으로 개발된 방법들은 CAS[13], VOMS[14], RBAC[15]등이 그 대표적인 예이다. CAS는 커뮤니티 내에 구성원들의 권한과 자원 제공자의 접근 제어 정책들을 관리한다. 사용자가 커뮤니티에 속해 있는 자원을 접근하고자 한다면, 먼저 CAS 서버로부터 사용자 자신의 자원 접근 권한 정보가 담긴 Proxy Certificate[16]를 발행받는다. 그리고 자원 제공자는 사용자의 Proxy Certificate를 기초로 자원에 접근할 수 있는지를 결정하게 된다.

VOMS는 DataGrid[17]와 DataTag[18] 프로젝트의 프레임워크에 맞춰 VO 영역에서 사용자의 접근 권한을 제어할 수 있도록 설계되었다. VO는 자체적으로 구성원들의 Groups, memberships, Roles, Capabilities 정보가 담긴 Policy Attributes를 관리하는 권한 서버를 두고, 자원 제공자는 권한 서버로부터 미리 설정된 Policy Attributes를 기초로 자원에 접근할 수 있는 퍼미션을 설정한다.

RBAC는 조직내의 구성원들을 역할에 따라 자원 접근 권한을 결정하는 모델이다. 즉 구성원의 자질과 역할에 따라 여러개의 Role들을 만든다. 그리고 Role들마다 자원 접근에 대한 적절한 퍼미션을 부여함으로써 사용자에 대한 접근 제어를 시도한다. 위와 같이 CAS, VOMS, RBAC는 중앙 집중형 권한 부여 방식은 접근 제어 정책 및 자원 관리 정책에 있어 자원 제공자의 자율성을 침해하는 문제점을 지니게 된다.

본 논문에서는 GSAX의 Accounting layer 모듈을 제외한 Monitoring layer와 Metering layer간의 상호 작용을 통해, 그리드 어카운팅 정보를 기초로 사용자의 가용 자기에 따른 자원 접근 제어가 가능한 아키텍처를 설계한다.

## 3. 그리드 어카운팅 정보에 의해 구동되는 자원 접근 제어 아키텍처

Globus Toolkit 기반 그리드 환경에 참여하는 이기종 플랫폼상에서 사용자 작업의 자원 사용량을 모니터링하고, 그리드 어카운팅 및 가용 자기에 따라 자원 접근 제

어를 지원하는 아키텍처를 그림 1과 같이 설계한다.

그림 1에서 자원 접근 제어를 수행하기 위해 크게 4개의 컴포넌트로 구성되어 있다. Globus Toolkit의 Gridmap 파일에 직접 접근하여 사용자의 요청에 따라 프록시 인증서와 로컬 계정을 일시적으로 매핑시켜주는 ILAS(Identity-based Local Authorization System), 그리고 GSAX의 Monitoring layer의 기능을 담당하는 GAR(Grid Accounting Robot)과 GJM(Grid Job Monitor), 마지막으로 그리드 어카운팅 정보를 토대로 처리 비용을 산출하고, 가용 자원에 따라 그리드 작업의 접근 제어를 담당하는 GJAC(Grid Job Access Controller)이다.

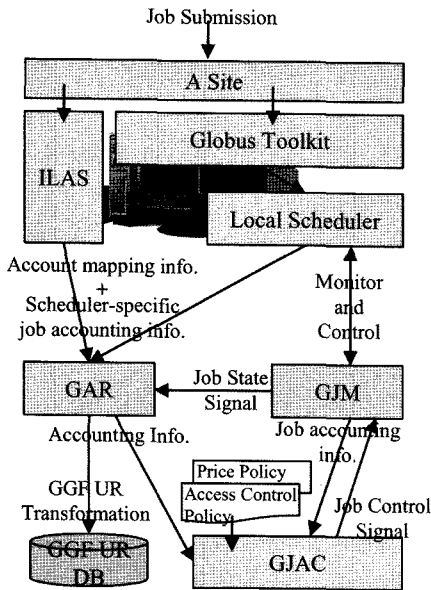


그림 1 그리드 어카운팅에 의해 구동되는 자원 접근 제어 아키텍처

### 3.1 그리드 어카운팅 정보 수집을 위한 로컬 계정 관리

그리드는 다수의 자원들에 대해 여러 사용자들이 접근하여 사용할 수 있도록 해야 한다. 적법한 사용자로부터 작업 요청이 들어오면, 해당 시스템에서는 그리드 작업을 처리할 로컬 계정이 존재해야 한다. 그러나 그리드 상에 자원을 공유시키기 위해 모든 로컬 시스템에 사용자마다의 계정을 각각 만든다는 것은 관리상 많은 문제점들을 노출시킬 뿐 만 아니라, 현실적으로도 불가능하다. 따라서 시스템 내부의 로컬 사용자는 로그인할 수 없는 실 계정, 즉 Virtual Account[19] 개념을 도입하여, 일시적으로 이 계정의 소유와 권한으로 그리드 작업을 처리하게 한다.

그림 1의 ILAS는 그리드 어카운팅 정보 수집하기 위해 미리 정의된 Virtual Account를 관리하며, Globus Toolkit의 Gridmap 파일에 사용자의 DN(Distinguish Name)과 Virtual Account를 매핑시켜줌으로써 그리드 자원에 접근할 수 있도록 한다. ILAS의 아키텍처는 그림 2와 같다. 그림 2에서 클라이언트로부터 매핑 요청이 있을 시, Certificate Verifier는 사용자 프록시 인증서를 검증하고, Policy Checker는 로컬 접근 정책에 위배되는지를 대조한다. 마지막으로 적법한 사용자라면, Mapping Maker는 Gridmap 파일에 사용자의 DN과 이용 가능한 Virtual Account를 매핑시킨다.

이와같이 ILAS는 사용자가 동시에 접근할 수 있는 만큼의 Virtual Account 목록들을 미리 정의하고, 사용자와 DN과 Virtual Account는 반드시 일대 일 매핑되도록 처리하는 이유는 여러 사용자의 작업을 하나의 Virtual Account의 소유 및 권한으로 처리하게 되면, 로컬 시스템상에서 실 사용자에 대한 어카운팅 정보를 구분할 수 없을 뿐 만 아니라, 악성 코드로 인한 타 사용자의 작업 침해 등 보안상의 위험이 뒤 따르기 때문이다.

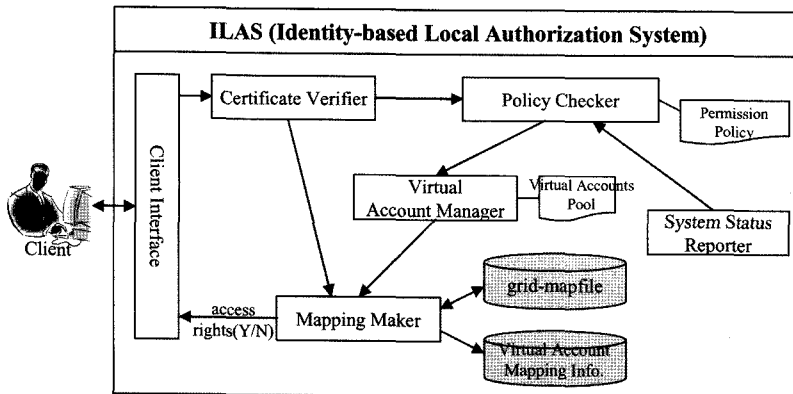


그림 2 그리드 어카운팅 정보 수집을 위한 ILAS 아키텍처

**3.2 그리드 어카운팅 정보 수집 및 GGF UR 변환**

그리드에 참여하는 시스템 플랫폼 형태에 따라 자원 사용량에 대한 레코드 형식 및 어카운팅 정보 수집 방법들이 각각 달라 하나의 공통적인 아키텍처를 설계하기란 사실상 어려움이 있다.

따라서 본 논문에서는 각 시스템의 스케줄러에 맞도록 최적화된 그리드 어카운팅 정보를 수집하고 하나의 공통된 GGF UR(Usage Record)[20] 포맷으로 변환한다. 이를 위해 로컬 스케줄러를 인지할 수 있는 모듈을 추가함으로써 스케줄러의 어카운팅 로그 파일에서 그리드 작업의 어카운팅 정보를 생성하고, 사이트들간의 어카운팅 정보를 상호 교환할 수 있도록 공통된 UR 포맷으로 변환한다.

그림 3은 그리드 어카운팅 정보 수집 및 GGF UR 포맷 변환을 담당하는 GAR의 구조이다. 해당 사이트에 그리드 작업 요청이 들어오면, Globus Job Manager는 사용자의 DN으로 매핑된 Virtual Account로 그리드 작업이 처리될 수 있도록 로컬 스케줄러에게 요청한다. 최종적으로 그리드 작업이 완료되면, Scheduler-aware Extractor는 로컬 스케줄러 어카운팅 로그 파일에서 Virtual Account들의 자원 사용량 정보들을 수집한다. 수집된 정보에는 그리드 실 사용자에 대한 정보가 포함되어 있지 않기 때문에 ILAS의 매핑 기록을 참고한다. ILAS Log Parser는 언제 어느 사용자가 어떤 Virtual Account로 매핑되었는지를 알 수 있다. 따라서 Accounting Merger는 실 사용자의 DN과 그 DN과 매핑된 Virtual Account의 자원 사용량 정보를 취합하여 그리드

어카운팅 정보를 생성하게 된다.

그리고 GGF UR-WG에서 제안한 표준 레코드 형식의 Usage Record로 변환하기 위해, Scheduler-aware URTransformer는 취합된 그리드 어카운팅 정보를 Usage Record 형식으로 변환하여 DB에 저장하여 관리한다. DB에 저장된 UR은 간단한 조작만으로도 어카운팅 정보를 상호 교환할 수 있는 XML Schema 형식[9]의 문서로 쉽게 변환할 수 있게 된다.

**3.3 자원 사용량 모니터링**

실 사용자의 가용 자급에 따른 자원 접근 제어를 실시하기 위해서는 그리드 작업이 진행중일 때 얼마만큼의 자원을 소비하였는지를 주기적으로 검사해야 한다. 그림 1의 GJM은 로컬 스케줄러에 특화된 API 함수들을 호출함으로써 그리드 작업들의 자원 사용량을 검사한다. 그리고 수집된 자원 사용량 정보를 GJAC로 전달하고, GJAC는 어카운팅 정보를 기초로 과금을 산출하고, 사용자의 가용 자급과 자원 접근 제어 매커니즘에 따라 GJM에게 Job Control Signal를 보낸다. GJM은 GJAC의 Job Control Signal에 따라 그리드 작업에 대해 자원 접근을 허용하거나, 차단하게 된다.

**3.4 가용 자급에 따른 자원 접근 제어 매커니즘**

GJAC는 GSAX의 Metering layer 기능을 담당하는 모듈이다. GJAC는 그리드 작업이 진행되는 동안 관리자가 정한 자원의 가치에 따라 처리 비용을 산출하고, 사용자의 가용 자급에 따라 적절한 자원 접근 제어가 이루어질 수 있도록 한다. GJAC에서 사용자의 가용 자급에 따른 자원 접근 제어 매커니즘은 그림 4와 같다.

GJAC에서 자원 사용에 대한 과금을 산출하기 위해서는 먼저 자원의 가치[21-22]가 결정되어야 한다. 자원의 가치는 그 자원이 가지고 있는 컴퓨팅 파워, 자원의 구입 가격, 자원의 수요, 소비자가 예상하고 있는 자원의 가치, 회소성등 다양한 항목들이 고려되어 결정된다. 컴퓨팅 파워는 CPU frequency, memory, disk storage, software, network bandwidth 등으로 결정된다. 그리고 가격 정책은 접근 시간, 시스템 작업 부하량, 우선순위, 이용 가능한 노드의 수, 접근 시간대 및 요일등이 고려된다. 본 논문에서는 관리자가 미리 정한 자원의 가치에 따라 과금을 산출하도록 한다.

본 논문에서 제안하는 어카운팅 정보에 의해 구동되는 자원 접근 제어 매커니즘은 그리드 자원에 접근할 때 발생하는 처리 비용을 일정한 시간 간격으로 매번 산출하여, 사용자의 가용 자급을 초과할 경우 어카운팅 정책에 따라 그리드 작업을 삭제하거나 중지하게 된다. 그림 4에서 GJAC는 주기적으로 GJM으로부터 자원 사용량에 대한 데이터를 넘겨 받는다. 사이트의 가격 정책에 따라 처리 비용을 산출한 후, GridBank[23]와 같은 बैं킹 시

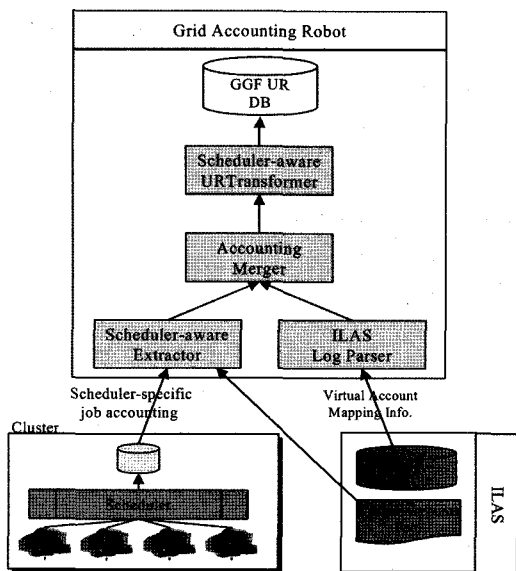


그림 3 GAR 구조

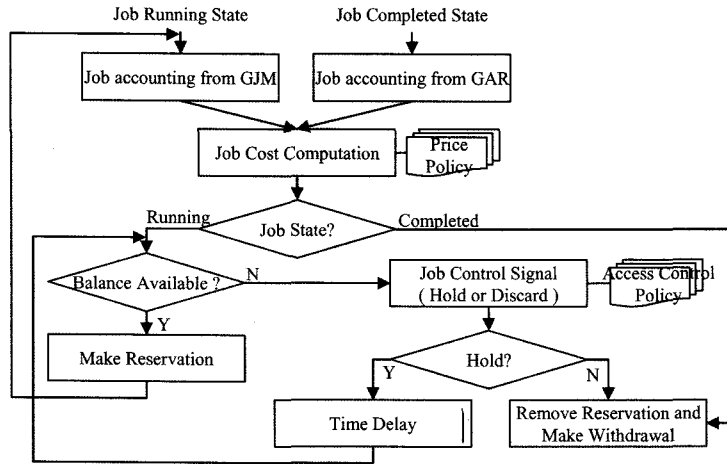


그림 4 GJAC의 가용 자금에 따른 자원 접근 제어 메커니즘

시스템에 인출 예약을 신청한다. 만약 사용자의 가용 자금이 부족할 경우, GJAC는 시스템 관리자가 미리 설정한 접근 정책에 따라 그리드 작업을 제어하게 된다. 시스템 접근 정책이 “HOLD”일 경우, 가용 자금이 부족하더라도 그리드 작업을 일시적으로 중단하였다가 가용 자금이 확보된 경우엔 다시 작업을 진행시키게 된다. 그러나 DISCARD일 경우, GJM에게 즉시 작업을 중단하는 신호를 보내고 사용자 계좌로부터 예약된 처리 비용을 인출한다. 그리고 최종적으로 그리드 작업이 완료되면, GJAC는 GAR로부터 최종 어카운팅 정보를 넘겨받아 사용자 과금을 정산한 후에, 인출 예약을 해지하고 사용자의 계좌로부터 처리 비용을 인출하도록 한다.

#### 4. 실험 환경 및 결과

##### 4.1 실험 환경

본 연구에서는 OpenPBS(Open Portable Batch System) 로컬 스케줄러를 사용하는 리눅스 클러스터 시스템에 Globus Toolkit, 그리드 미들웨어를 설치하였다. 그리고 본 논문에서 제안한 연구를 위해 MPI 병렬 작업을 GRAM API를 호출해 해당 사이트에 그리드 작업을 제출하고, 그리드 어카운팅에 의해 구동되는 자원 접근 제어를 실시하였다. 개발 환경은 표 1과 같다.

##### 4.2 실험 결과 및 평가

본 논문에서 제안하는 그리드 어카운팅 정보를 이용한 자원 접근을 제어하기 위해 다음과 같은 일련의 과정을 수행하였다. 그리드 작업을 제출하기 전에, 먼저 ILAS 서버로부터 자원 사용에 대한 권한을 부여받는다. 그리고 사용자가 그리드 작업을 제출하면, 해당 사이트의 Globus Gatekeeper는 Job Manager를 생성하여 로컬 스케줄러에게 그리드 작업을 실행할 수 있도록 요청

표 1 실험 환경

| 항목                          | 내용   |
|-----------------------------|--|
| 리눅스 클러스터링 시스템 (CPU, Memory) | - 그리드 프론트 노드 1대(1GHz, 256M)<br>- 작업 노드 8대(866Mhz, 256M)<br>- NFS 서버 1대(866Mhz, 256M) |
| 운영체제 및 로컬 스케줄러              | - Red Hat Linux 7.1(Kernel 2.4.2-2)<br>- OpenPBS 2.3.16                              |
| 그리드 미들웨어                    | - Globus Toolkit 2.4   |
| 컴파일러 및 라이브러리                | - GCC 2.96<br>- OpenPBS Interface Library  |

한다. 로컬 사이트에서 그리드 작업이 수행되는 동안 로컬 스케줄러에 특화된 어카운팅 정보를 모니터링하고, 가용 자금을 따라 자원 접근을 제어하였다.

그림 5는 로컬 시스템상에서 그리드 실 사용자에게 대한 어카운팅 정보를 수집하기 위해 필요한 정보들의 예이다. 예를 들어 ILAS 로그 파일 맨 마지막의 “/O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=hjhwang”라는 DN를 가진 사용자는 gridusr09(Virtual Account)의 권한으로 Unix Time 1110969172에서부터 1110970227 시간까지 로컬 자원을 사용하였음을 알 수 있다. 따라서 사용자가 자원에 접근한 세션 시간동안 로컬 스케줄러의 어카운팅 정보를 모니터링하여 자원 접근 제어 메커니즘을 수행하였다.

그림 6은 GJAC가 그림 4의 자원 접근 제어 메커니즘을 수행하기 위해, GJM를 호출하여 전달받은 gridusr2라는 Virtual Account 소유의 그리드 작업의 자원 사용량 정보이다. 그림 6에서 수집된 자원 사용량 정보를 기초로 처리 비용을 산출하였다. GJAC는 처리 비용이 가용 자금을 초과할 경우, 자원 접근 정책에 따라 GJM에게 Job Control Signal를 전송함으로써 그리드

|  |   |  |
|--|---|--|
| <pre>//Virtual Accounts gridusr01 gridusr02 gridusr03 gridusr04 gridusr05 gridusr06 gridusr07 gridusr08 gridusr09 gridusr10</pre> <p>Virtual Accounts Pool</p> | <pre>//User's DN /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=hjhwang /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=jeongjin2 /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=kyongsu /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=test</pre> <p>Sample grid-map file</p> | <pre>Virtual Account gridusr09 gridusr01 gridusr04 gridusr05</pre> |
|--|---|--|

|  |  |  |
|--|--|--|
| <pre>//User's DN /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=test /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=hjhwang /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=jeongjin2 /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=kyongsu /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=test /O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=hjhwang</pre> | <pre>Virtual Account gridusr07 gridusr09 gridusr01 gridusr04 gridusr05 gridusr09</pre> | <pre>Session time( Unix time ) 1110846160:1110848026 1110863533:1110865232 1110860277:1110866872 1110934223:1110936034 1110932587:1110937688 1110969172:1110970227</pre> |
|--|--|--|

Sample ILAS Log

그림 5 Sample Accounts Pool, Grid-map file and ILAS Log

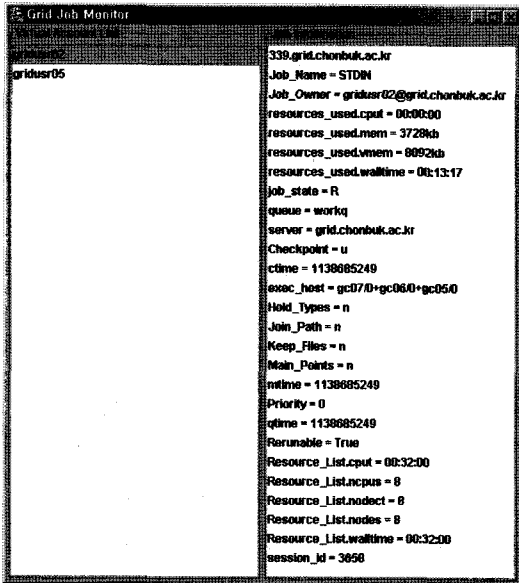


그림 6 Sample Resource Usage of Grid Job

작업을 제어하였다. 본 논문에서는 OpenPBS 로컬 스케줄러가 실행중인 작업을 중지하였다가 다시 실행시킬 수 있는 기능이 없어, "DISCARD" 접근 정책만을 설정하였다. 따라서 GJAC는 처리비용이 가용 자금을 초과

할 경우 바로 그리드 작업을 삭제하도록 하였다.

그리드 작업이 최종적으로 완료되면, 로컬 스케줄러의 어카운팅 로그 파일을 분석하여 그리드 작업이 최종적으로 소비한 자원 사용량 정보를 획득하였다(그림 7). 그림 7에서 그리드 작업은 gridusr02 Virtual Account 권한으로 3개의 노드에서 총 20분 16초 동안 자원을 소비하였다. 그림 8은 OpenPBS 어카운팅 정보와 ILAS의 매핑 기록을 연결하여, 최종적으로 그리드 실 사용자에 대한 어카운팅 정보를 취합한 그림이다.

그림 9는 Scheduler-aware URTransformer에 의해서 취합된 어카운팅 정보를 사이트들간에 상호 교환할 수 있도록 XML 포맷의 Usage Record이다. Usage Record를 보면, "/O=Grid/O=Globus/OU=chonbuk.ac.kr/CN=hjhwang"라는 그리드 사용자는 iat.chonbuk.ac.kr 클라이언트에서 grid.chonbuk.ac.kr 사이트에 작업을 제출하였다. 그리고 사용자의 작업을 처리하는데 20분 16초의 컴퓨팅 자원을 사용하였고, 해당 사이트의 과금 정책에 따라 그리드 작업을 처리하는데 드는 총 비용은 20인걸 알 수 있다.

본 논문에서 구현된 결과물은 모두 Usage Record 형식을 따른 XML 문서임으로, 간단한 조작만으로도 OGSi (Open Grid Services Infrastructure) 호환 그리드 어카운팅 서비스에 연계는지 활용 가능한 형태로 쉽게 변

```
01/31/2006 14:47:45:E:339.grid.chonbuk.ac.kr:user=gridusr02 group=users
jobname=STDIN queue=workq ctime=1138685249 qtime=1138685249
etime=1138685249 start=1138685249 exec_host=gc07/0+gc06/0+gc05/0
Resource_List.cput=00:32:00 Resource_List.ncpus=8 Resource_List
.nodect=8 Resource_List.nodect=8 Resource_List.nodes=8
Resource_List.walltime=00:32:00 session=3658 end=1138686465 Exit_status
=0 resources_used.cput=00:20:15 resources_used.mem=3728kb
resources_used.vmem=8092kb resources_used.walltime=00:20:16
```

그림 7 Sample Grid Job Accounting in OpenPBS Accounting Log File

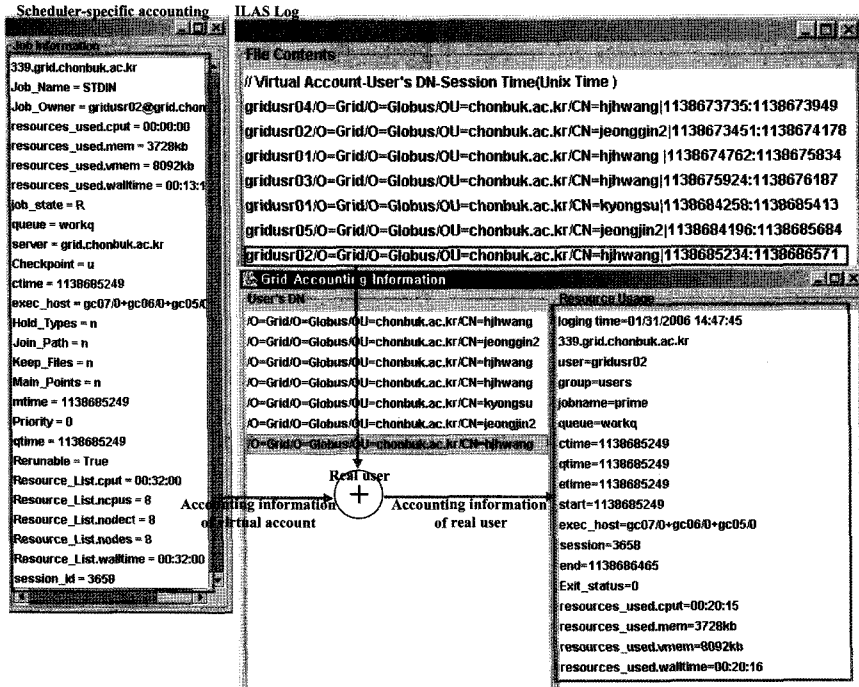


그림 8 Grid User Job Accounting Information

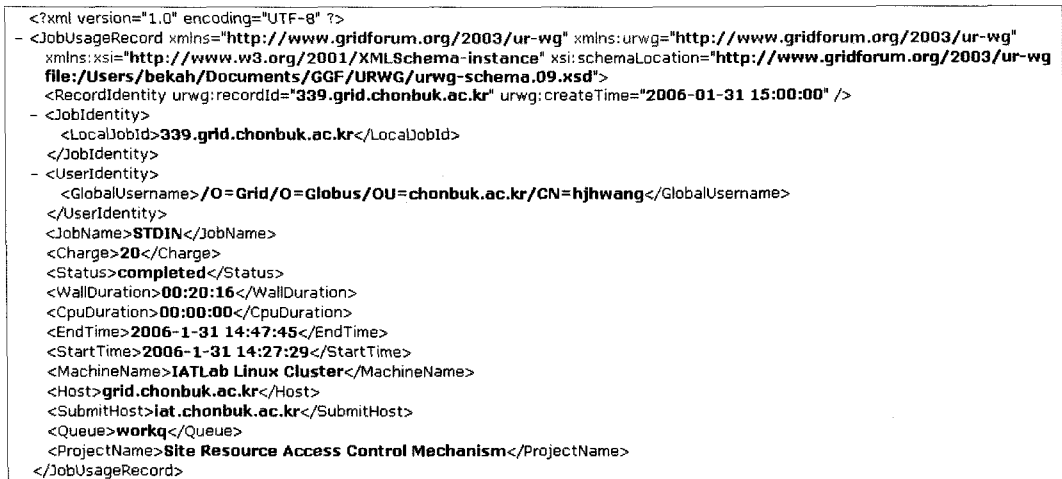


그림 9 GGF UR Formatted XML

환할 수 있다.

지금까지 그리드 어카운팅 정보에 의해 구동되는 자원 접근 제어가 이루어지는 과정을 살펴보았다. VO내의 한 권한 서버로부터 부여되는 중앙 집중식 제어 구조의 VOMS나 CAS와는 다른 접근 방법으로, 그리드에 참여하는 각 사이트에 접근 제어를 분산시킴으로써 사이트 자율성을 보장할 수 있도록 하였다. 그리고 DGAS나 SWAS는 그리드 작업의 어카운팅 정보 수집 및 처리

비용을 산출하는 쪽에 초점을 맞추고 있지만, 본 논문에서는 어카운팅 정보 수집할 뿐만 아니라 처리 비용을 산출하고 더 나아가 사용자의 가용 자원에 따라 그리드 작업의 접근 제어가 이루어질수 있도록 하였다. 따라서 본 연구를 통해 그리드에 참여하는 각 사이트에서는 유휴 자원들을 효율적으로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 사이트의 경제적인 이윤을 통해 그리드 환경에 안정적인 자원을 공급함으로써 그리드 서비스의 상용화 가능

성 및 파급효과가 큰 연구로 평가된다.

## 5. 결론

그리드는 서로 다른 관리 도메인상의 공유 자원들을 동적으로 결합하여 하나의 유기체적인 VO를 구성한다. VO내의 사이트들간의 자원 관리 정책들을 보장하고, 유틸리티 모델을 지원하는 그리드 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서는 유틸리티 개념의 접근 제어를 실시할 수 있는 아키텍처가 필수적으로 요구된다. 따라서 본 논문은 그리드 어카운팅 정보를 이용하여 사용자의 가용 자금에 따라 자원 접근 제어가 가능하도록 아키텍처를 설계하였다.

먼저, 그리드상의 자원을 누구라도 쉽게 접근하여 작업을 제출할 수 있도록 하기 위해 Virtual Account와 사용자의 DN를 동적으로 매핑시키는 ILAS를 구현하였다. 그리고 그리드 작업이 진행되는 동안에 사용자의 가용 자금에 따라 접근 제어를 실시하였다. 이를 위해, 그리드 작업이 완료될 때까지 로컬 스케줄러와의 지속적인 상호 작용을 통해 자원 사용량을 모니터링하고, 실사용자에 대한 어카운팅 정보에 의해 그리드 작업을 계속해서 진행시킬 것인지, 아니면 중지, 삭제할 것인지를 결정하였다.

이와같이 본 논문에서 제안하는 어카운팅 정보에 의해 구동되는 자원 접근 제어를 통해 그리드 기반 유틸리티 컴퓨팅 환경에 안정적인 자원 공급과 수요를 뒷받침할 수 있고, 사이트들간의 과금 정책에 따른 다양한 경제 모델도 등장함으로써 그리드 비즈니스를 활성화시킬 수 있을 것으로 평가된다. 그리고 그리드 비즈니스를 활성화시키기 위해서는 다양한 종류의 자원 소비 데이터를 측정할 수 있는 그리드 어카운팅 및 그리드 환경을 인지할 수 있는 로컬 스케줄러 및 그리드 스케줄러의 연구가 더욱 필요할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] I. Foster, C. Kesselman, "Globus : A Meta-computing Infrastructure Toolkit," International J. Supercomputer Applications, 11(2), pp115-128, 1997.
- [2] Ian Foster, Carl Kesselman, "The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure," Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- [3] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke, "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations," International J. Supercomputer Applications, 15(3), 2001.
- [4] Michael Treaster, Nadir Kiyancilar, Gregory A. Koenig, and William Yurcik, "A Distributed Economics-based Infrastructure for Utility Computing," ACM Computing Research Repository Technical Report cs.DC/0412121, December 2004.
- [5] G. A. Koenig and W. Yurcik, "Design of an economics-based software infrastructure for secure utility computing on supercomputing clusters," in 12th Intl. Conference on Telecommunication Systems - Modeling and Analysis, 2004.
- [6] Rajkumar Buyya, Heinz Stockinger, Jonathan Giddy, David Abramson, "Economic Models for Management of Resources in Grid Computing," European Council for Nuclear Research(CERN), 2001.
- [7] The Globus Project, <http://www.globus.org>
- [8] The Global Grid Forum, <http://www.ggf.org>.
- [9] OGSA Resource Usage Service Working Group (RUS-WG), <http://forge.gridforum.org/projects/rus-wg>
- [10] Anthony Beardsmore, Keith Hartley, et al, "GSAX (Grid Service Accounting Extensions)," GGF OGSA Resource Usage Service Working Group, 2002.
- [11] Guarise, A., Piro, R., and Werbrouck, A. DataGrid Accounting System - Architecture - v1.0. DataGrid-01-TED-0126-1\_0. EU DataGrid 2003. [http://server11.infn.it/workload-grid/docs/DataGrid-01-TED-0126-1\\_0.pdf](http://server11.infn.it/workload-grid/docs/DataGrid-01-TED-0126-1_0.pdf).
- [12] Erik Elmroth, Peter Gardfjäll, Olle Mulmo, Åke Sandgren, Thomas Sandholm, "A Coordinated Accounting Solution for SweGrid," Draft 0.1.3, October, 2003.
- [13] L. Pearlman, V. Welch, I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke, "A Community Authorization Service for Group Collaboration," 3rd International Workshop on Pplicies for Distributed Systems and networks, IEEE Computer Society, pp. 50-59, 2002.
- [14] R. Alfieri, R. Cecchini, V. Ciaschini, L. Dell'Agello, A. Frohner, A. Gianoli, K. Lorente and F. Spataro, "VOMS, an authorization system for virtual organizations," 1st European Access Grids Conference, Lecture Notes in Computer Science, Springer, vol.2790, pp. 33-40, 2004.
- [15] Hai Jin, Weizhong Quiang, Xuanhua Shi, Deqing Zou, "RB-GACA:A RBAC based Grid Access Control Architecture," International Journal of Grid and Utility Computing(IJGUC), Vol.1, pp. 61-70.
- [16] S. Tuecke, D. Engert., I. Foster, V. Welch, M. Thompson, L. Pearlman, and C. Kesselman, "Internet X.509 Public Key Infrastructure Proxy Certificate Profile," IETF, 2003.
- [17] The DataGrid Project, <http://www.edg.org>
- [18] The DataTag Project, <http://www.datatag.org>
- [19] M. Kupczyk, M. Lawenda, N. Meyer, P. Wolniwicz, "Using Virtual User Account System for Managing Users Account in Polish National Cluster," HPCN, Amsterdam, June, 2001.
- [20] Usage Record Working Group(UR-WG), <http://forge>.



gridforum.org/projects/ur-wg

- [21] R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy, "A Case for Economy Grid Architecture for Service Oriented Grid Computing," <http://www.buyya.com/papers/ecogrid.pdf>.
- [22] Laura F. McGinnis and William Thigpen and Thomas J. Hacker. Accounting and Accountability for Distributed and Grid Systems. 2nd IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid 2002), 22-24 May 2002, Berlin, Germany 2002.
- [23] A. Baramouta, R. Buyya, "GridBank: A Grid Accounting Service Architecture(GASA) for Distributed Systems Sharing and Integration," 26th Australasian Computer Science Conference (ACSC2003) Adelaide, Australia Feb. 2003.



황 호 전

1997년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사). 1999년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학석사). 1999년~현재 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 분산 및 병렬처리, 그리드



안 동 언

1981년 한양대학교 전자공학과(공학사). 1987년 KAIST 전산학과(공학석사). 1995년 KAIST 전산학과(공학박사). 1995년~현재 전북대학교 전자정보공학부 부교수 2001년~2002년 전북대학교 정보검색시스템연구센터 센터장. 관심분야는 정보검색, 한국어정보처리, 문서분류, 문서요약



정 성 중

1975년 한양대학교 전기공학과(공학사) 1981년 Houston대학교 전자공학과(공학석사). 1988년 충남대학교 전산공학과(공학박사). 1985년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수. 1996년~1998년 전북대학교 전자계산소 소장. 2001년~2005년 전북대학교 BK21 전자정보사업단 단장. 관심분야는 정보검색, 그리드