

웹서비스 기반 워크플로우 작업관리

김은경^o 송은혜 김윤희

숙명여자대학교 정보과학부

{kimek^o, grace, yulan}@sookmyung.ac.kr

Web Service based Workflow Job Management

Eun-Kyung Kim^o, Eunhye Song, Yoonhee Kim

요 약

분산되어 있는 고성능 컴퓨팅 자원과 대규모 데이터를 효과적으로 활용하기 위해서 최근에 그리드 환경에 대한 연구가 매우 활성화되었다. 그리드 자원을 활용하여 문제를 효율적으로 실행 및 관리하고 워크플로우 문제 모델을 지원하는 범용적인 문제풀이 환경은 더욱 중요해졌다. 고성능 GT2 기반에서 개발되었던 모니터링 정보가 제공되는 워크플로우 문제풀이 환경인 CEGA를 웹서비스 기반 그리드 미들웨어인 GT4 기반에서 포팅하고 웹서비스 기반 사용 편리한 문제 설계 및 실행환경 프로토타입을 구현한다.

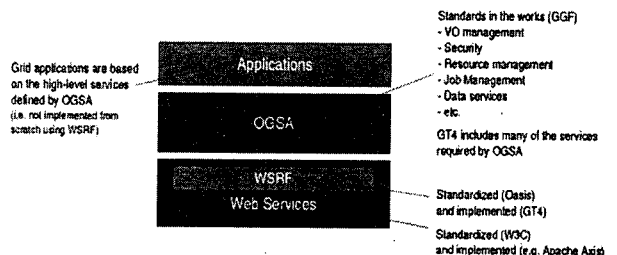
1. 서 론

분산된 여러 컴퓨터 자원을 병렬로 결합하여 대규모 고성능 컴퓨터 시스템을 구현하는 그리드 기술에 대한 연구가 현재 많은 분야에서 활발히 진행되고 있다[1]. 그리드 환경은 지리적으로 분산되어 있는 고성능 계산 컴퓨팅 자원이나 대용량 데이터를 이용하여 기존에 해결하기 어려웠던 대규모 병렬/분산처리 문제들을 해결할 수 있다[2]. 그리드를 보다 성공적으로 여러 분야에 활용하기 위해서는 각 분야에 맞는 문제를 해결하기 위한 환경들이 구축되어 쉽게 사용할 수 있어야 하는데, 이러한 환경을 PSE (Problem Solving Environment)라고 한다. 현존하는 PSE로 천체물리학에 관한 대규모 시뮬레이션을 위한 ASC Grid Portal[3], 고속 연산이 필요한 과학 분야의 계산문제를 해결하기 위해 분산 응용프로그램을 개발할 수 있는 환경을 제공하는 Cactus[4], 이기종 분산 환경에 쉽게 적응할 수 있는 단일하고 편리한 그래픽 사용자 환경을 제공하는 UNICORE[5]가 있다. GrADS[6]는 분산 이기종 환경에서 응용프로그램을 쉽게 개발할 수 있는 환경 구축에 목적을 두고 있다.

지역적으로 분산되어 있는 자원을 단일자원처럼 사용하기 위해서는 보안, 스케줄링, 자원 할당, 자원 결합, 자원 정보 수집 등의 문제를 해결해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 다양한 미들웨어가 개발되고 있는데 우리 시스템에는 글로버스 툴킷(GT:Globus Toolkit)이 사용되었다[7]. 우리가 논문에서 보여준 시스템은 CEGA(A Computing Environment for a Grid Application)이다. GT2 기반에서 개발되었던 CEGA는 그리드환경의 응용 어플리케이션을 개발할 수 있는 워크플로우 기반의 문제 풀이 환경으로 응용 어플리케이션 개발자들에게 GUI방식의 워크플로우 에디터를 제공하여 효율적으로 작업할 수 있는 환경을 제공한다. 사용자는

직접 디자인한 워크플로우를 통해 작업을 매니저에게 전달하고 확인하면서 작업의 흐름 및 결과, 모니터링 정보를 한눈에 파악하게 된다. 매니저는 에디터에서 전송되어진 워크플로우 데이터를 분석하고 그리드 환경에서 수행해주는 역할을 한다. 매니저에서 제공하는 대표적인 서비스로는 작업 실행 서비스, 모니터링 서비스 등이 있다. 기존의 CEGA는 GT2 기반이었는데 이를 GT4 기반으로 옮기고 단순 모니터링 정보를 표시 해주는 것에 그쳤던 모니터링 서비스를 강화하여 제공하는 CEGA-GT4를 개발하였다.

GT4가 기존에 제공되었던 버전과 다른 점은 그리드 서비스를 OGSi(Open Grid Service Infrastructure)를 기반으로 생성하고 관리하였다면 이번 에 제시된 GT4 버전에서는 WSRF(Web Services-Resource Framework)를 기반으로 한다. WSRF는 기존 웹 서비스 기술과 그리드 기술과의 융합을 통해 네트워크 상에서 이기종 노드 사이를 상호운용하기 위한 소프트웨어 시스템으로 그리드와 같은 분산 컴퓨팅 환경과 웹 서비스 기술을 접목함으로써 기존 시스템과 표준화된 기술을 기반으로 상호 작용할 수 있다.



<그림 1> GT4 다이어그램

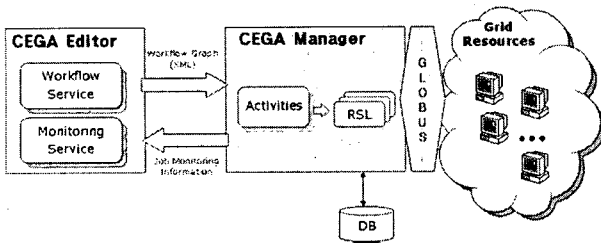
그림1은 GT4와 OGSA, WSRF, 웹 서비스 상관관계를 나타낸 다이어그램으로 OGSA는 OGSi 기반 그리드 서비스

대신 WSRF에서 직접적으로 웹 서비스 기반의 서비스가 가능하게 되었다. OGSA 기반의 모든 높은 수준의 서비스(작업관리, 자원관리, 보안 서비스 등)는 표준화된 인터페이스와 명세서에 의해 정의되어 있기 때문에 WSRF 기반 서비스로의 변화는 OGSA에 큰 영향을 미치지 않는다.

본 논문에서는 다양한 분야의 사용자들이 워크플로우를 직접 디자인하여 그리드의 분산된 환경을 통한 병렬 처리가 가능하도록 그래픽 인터페이스를 제공하는 워크플로우 에디터를 소개한다. 2장에서는 전체적인 구조와 제공되는 서비스에 대해 소개하고, 3장에서는 CEGA 시스템 설계 및 구현에 대해서, 4장에서는 결론 및 이후 과제를 정리한다.

2. CEGA 구조 및 제공되는 서비스

CEGA는 그리드환경을 이용하여 응용 어플리케이션을 개발할 수 있는 워크플로우 기반의 문제 풀이 환경을 제공한다. CEGA의 구조는 그림 2에서 표현된 것처럼 워크플로우 서비스를 지원해주는 CEGA 에디터와 작업을 실행해주는 CEGA 매니저, 글로버스를 통하여 사용가능한 그리드 자원으로 구성되어 있다. 전체적인 흐름은 에디터를 통하여 사용자가 설계한 작업 워크플로우를 CEGA 매니저가 전송받아 글로버스를 통하여 그리드의 분산된 자원을 활용해 수행된다. 작업 중간의 상태 및 정보를 사용자에게 제공하여 작업의 효율성을 높인다.



<그림 2> CEGA 전체 구조도

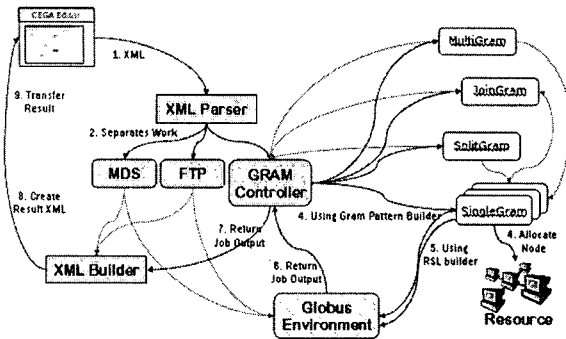
워크플로우 에디터는 사용자에게 응용 어플리케이션 도메인에 맞추어 워크플로우를 설계하도록 GUI환경 기반의 워크플로우 편집 기능을 제공한다. 어플리케이션 실행에 필요한 파라미터, 입출력에 관한 내용 등을 쉽게 지정할 수 있고, 워크플로우 형태로 제공되는 작업 흐름을 지정하므로 작업의 일괄적인 표현을 돕는다. 에디터를 통해서 사용자가 설계한 하나의 워크플로우는 CEGA 매니저로 전송된다.

CEGA 매니저는 에디터로부터 전달받은 워크플로우 그래프를 분석하고 그리드 환경에서 수행될 수 있도록 RSL(Resource Specification Language) 형식의 집합으로 구성된 다수의 액티비티로 변환하는 역할을 한다. 액티비티란 하나의 워크플로우 내에서 실행 가능한 최소 작업 단위를 나타내는 것으로 각 액티비티는 글로버스의 잡 스케줄링 서비스를 이용하여 그리드 자원과 서로 맵핑된다. 사용자가 설계한 워크플로우에 따라 CEGA 매니저는 각 작업을 상황에 맞게 처리하게 되며 전체적인 작업이 특정한 순서를 따라 실행되거나 여러 작업이 병렬

처리되는 과정을, 워크플로우를 분석하여 작업의 우선순위 및 의존상태를 체크하여 여러 개의 병렬 실행 가능한 액티비티로 나눈다. 병렬실행의 경우, 하나의 액티비티의 결과 값이 다음 액티비티의 입력 값으로 설정되는 경우, 매니저는 GridFTP를 이용하여 데이터를 원하는 위치로 전송한다. 워크플로우 에디터 내부의 모든 데이터와 매니저로 전송되는 워크플로우 정보는 모두 XML형식으로 처리된다. 사용자가 설계한 워크플로우는 작업에 따라 각 오브젝트로 세분화 되며 각각에 필요한 내부 데이터를 XML로 정의하였다. 각 오브젝트는 작업이 실행되는 데 데이터와 노드의 정보, 전체 워크플로우의 스케줄 정보 등을 포함한다. 우선순위에 관한 데이터가 이 부분에 존재하여 매니저는 이 데이터를 분석하여 전체 작업 흐름의 우선순위를 설정하게 된다. 매니저가 제공하는 서비스 중 작업 모니터링 서비스는 실행되는 노드(자원)의 정보 및 상태, 작업의 진행상황 등을 알려주어 네트워크 상에 존재하는 다수의 자원을 사용하는 환경에서 사용자에게 신뢰성 있는 작업 환경을 제공한다.

3. CEGA-GT4 설계 및 구현

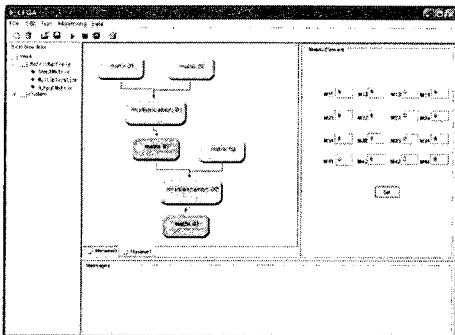
우리가 구현한 CEGA-GT4는 그리드 환경을 구성하기 위해서 미들웨어인 GT4를 설치하고 전반적인 시스템의 기본 형태를 갖추었으며 그리드 환경을 통한 프로그램의 실행, 전체 클러스터 간의 인증, 노드의 설정 등 그리드 환경을 구축했다. 사용자는 제공되는 CEGA 에디터를 이용하여 다수의 노드가 필요한 복잡한 작업을 분산/병렬 처리 환경에서 처리할 수 있다. CEGA-GT4에서 제공하는 서비스는 크게 워크플로우 서비스, 모니터링 서비스, 디렉터리 서비스이다. 워크플로우 서비스와 디렉터리 서비스는 작업 실행 관련 담당서비스로 GRAM(Globus Resource Allocation Manager)에서 제공하는 JobManager 모듈을 로컬 스케줄러와의 인터페이스를 통해 요청된 작업을 적절한 노드로 선택해 실행한다. GRAM은 글로버스 자원 관리 구조 중 가장 밑단에 위치하고 있으며 작업 실행 관리를 하는 인터페이스이다. GRAM은 생성된 RSL을 분석하고 이에 따라 자원을 선택하여 작업 프로세스를 만들고 실행 환경의 설정, 실행에 필요한 데이터 이동, 작업 모니터링, 작업 생명주기 관리 등을 한다. CEGA에서 제공되는 서비스 중 중요한 서비스의 하나인 모니터링 서비스는 지역 스케줄러로부터 작업 상태 변화에 대한 정보를 받아 사용자에게 보고 해 주는 서비스다. 작업 상태 변화에 대한 정보는 글로버스에서 제공하는 스케줄러 이벤트를 제공하는 API인 JobStateMonitor(JSI)를 이용하여 체크한다. 이 모니터링 정보를 통해 전달된 정보를 바탕으로 CEGA 관리자는 신뢰성 있는 환경을 제공하기 위하여 작업도중 실패한 경우 해당 작업을 취소하고, 작업 실행에 필요한 입력 파일 및 실행파일을 새로이 설정하여 다른 자원에 할당한다. 재설정된 작업이 완료되면 해당 결과를 RSL로 매핑한다. 사용자의 작업 요청을 받아 서비스를 제공하는 CEGA 엔진의 내부 흐름은 그림 3에 나타나있다.



<그림 3> 엔진에서의 메시지 흐름

엔진의 XML 분석기는 사용자가 CEGA 에디터를 이용하여 작업한 워크플로우의 정보를 XML 형태로 전달 받아 제출된 작업의 종류를 파악한다. 작업의 종류로는 요청된 작업 실행, 파일 전송, 노드에 대한 정보를 받는 MDS, 인증서 생성, 작업 로그정보 요청 등이 있다. 요청을 한 사용자가 시스템에 등록되고 인증서가 유효한 사용자임을 체크하고 해당 모듈에 작업 내용을 보낸다. GRAM 모듈은 사용자가 제출한 워크플로우의 정보를 통하여 작업을 실행하기 위해서 몇 가지 패턴을 지원한다. 이 중 SingleGram은 글로벌스에서 실행될 수 있는 최소 단위의 작업으로 더 이상의 부가적인 작업이 필요 없이 RSL로 바꾸어 해당 노드에서 실행 가능한 작업을 의미한다. 또한 SingleGram은 원격에서 이루어지는 작업의 상태를 보기 위한 모니터링 작업도 관리한다.

MultiGram은 다양한 패턴을 가질 수 있는 최상위 작업을 의미하며, MultiGram은 병렬 처리를 위하여 다수의 작은 모듈인 SplitGram을 통하여 분리 되어 작업이 진행될 수 있다. Gram은 이 정보들을 통하여 글로벌스상의 적절한 네트워크 자원을 할당하여 작업을 실행한다. 작업이 완료되어 생성된 결과 정보는 다시 Gram 컨트롤러에게 전달되고 Gram컨트롤러는 이 정보를 XML형식으로 재구성하여 에디터 측으로 전송한다.



<그림 4> CEGA 에디터

이 논문에서 보여주는 데모 시나리오는 복잡한 연산이 수행되는 행렬 곱셈 오퍼레이션이다. 사용자는 에디터를

통하여 입력 행렬과 곱셈 연산, 결과가 지정될 행렬로 구성된 하나의 워크플로우를 작성한다. 그림4는 사용자 에디터 화면이다. 작성된 워크플로우 그래프는 XML형식으로 매니저에게 전달된다. 많은 차수의 행렬이 곱셈될 때는 행렬을 분해하여 여러 노드로 분할해서 수행한 후 결과를 취합한다. 다항의 행렬을 곱셈할 때는 한번 곱셈 연산을 통한 결과 행렬을 그 다음 입력행렬로 전달받아 다음 연산을 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 GT2 기반에서 개발되었던 PSE를 WSRF 기반의 GT4를 이용한 그리드 환경에서 워크플로우 작업을 가능하게 하는 에디터를 구현하였다. GUI기반의 에디터는 사용자에게 복잡한 그리드 환경으로의 접근을 용이하게 해주어 응용 프로그램 개발 시 도움을 주며, 대량의 자원을 필요로 하는 작업을 여러 노드로 분산 처리하여 수행 할 수 있도록 했다. 우리가 보여준 시나리오는 단순한 행렬 곱셈 연산을 여러 노드로 나누어 수행하는 것을 보여주었지만, 후에 많은 서비스를 포팅하여 사용할 수 있는 환경을 제공해야 한다.

CEGA 관리자를 통하여 사용자에게 제공되는 모니터링 서비스는 단순히 작업의 상태를 나타내주는 것 뿐 아니라, 실패한 경우에는 자동으로 재실행하여 더 신뢰성 있는 서비스를 제공했다. 그러나 지금은 특정 클러스터에서 작업이 실패했을 경우 전체 작업이 재실행되는 기법으로 구현되었다. 후에는 실패가 일어난 클러스터에 대해서만 선택적으로 재실행 가능하도록 체크포인트 기법을 이용하여 개발하는 것이 요구된다.

5. 참고문헌

- [1] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations" International J. Supercomputer Applications, 2001.
- [2] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, and S. Tuecke. "The physiology of the grid: An open grid services architecture for distributed systems integration, open grid service infrastructure" wg, global grid forum, June 2002.
- [3] Astrophysics Simulation Collaboratory: ASC Grid Portal, <http://www.ascportal.org>
- [4] Cactus Code, <http://www.cactuscode.org>
- [5] Romberg, M., "The UNICORE Architecture Seamless Access to Distributed Resources", High Performance Distributed Computing, pp.287-293, 1999,
- [6] GrADS 프로젝트, <http://nhse2.cs.rice.edu/grads/index.html>
- [7] Globus Project, <http://www.globus.org/>