

서비스 기반 그리드 컴퓨팅에서의 효과적인 자원 선택을 위한 그리드 스케줄링 시스템

함재균^o, 권오경, 김상완

한국과학기술정보연구원

{jaehahm^o, okkwon, sangwan}@kisti.re.kr

Grid Scheduling System for Effective Resource Selection in Service-based Grid Computing

Jaegyoon Hahm^o, Oh-Kyoung Kwon, Sangwan Kim
Korea Institute of Science and Technology Information

요 약

그리드 스케줄링 시스템은 그리드 환경에서 매우 다양하고 많은 자원에 대한 서비스들을 통합하여 사용자에게 일관된 접근 방법을 제공하고, 자원들의 동적인 상태나 자원의 서로 다른 정책 등으로 인해 야기되는 복잡성을 사용자에게 감추어 편리한 자원 사용 환경을 제공해 주게 된다. 그리드 스케줄링 문제에서는 기존의 스케줄링 문제와는 다른 조건들이 존재하는데 자원에 대한 전적인 권한이 스케줄러에게 주어지지 않는다는 점과 사용자에게 할당 가능한 자원의 양은 풍부하다는 점 등이다. 본 논문에서는 이러한 필요와 조건 하에 설계되고 구현된 그리드 스케줄링 서비스에 대해 다룬다. 본 논문에서 설명하는 그리드 스케줄링 서비스는 그리드 작업 및 자원 관리 시스템에 자원의 발견, 선택, 예약 기능을 제공하고, GGF의 표준인 OGS 스펙을 따르는 인터페이스를 제공한다. 특히 사용자의 요구조건과 자원의 정책을 만족하는 자원을 적절히 선택해 줌으로써 작업 실행에 있어서의 자동화를 제공하고, 다양한 어플리케이션에 적합한 자원 선택 알고리즘을 추가할 수 있도록 함으로써 특정 어플리케이션을 위한 최적의 자원을 선택할 수 있게 하였다.

1. 서 론

그리드는 자원에 대한 접근을 가능하게 하는 다양하면서도 셀 수 없이 많은 수의 서비스들로 이루어진다. 그리드 환경에서는 이러한 수많은 서비스들이 조화를 이루어 통합된 환경을 만드는 것이 매우 중요하다. 특히 그리드에서의 자원은 각 자원의 관리자의 정책에 따라 각각 다르게 관리되고 접근이 통제되기 때문에 그리드 환경의 다양한 자원에 대한 접근은 매우 복잡한 과정을 필요로 하게 된다. 이러한 복잡성을 감추고 사용자에게 일관되고 편리한 자원 접근을 제공하기 위해서는 각 자원이 제공하는 다양한 그리드 서비스를 통해 자원들과 상위의 어플리케이션 레벨의 서비스 또는 사용자 사이를 연결시켜 줄 그리드 스케줄링 시스템이 반드시 필요하게 된다. 전통적인 스케줄링은 일정한 제약 조건을 만족하는 성능 측정기준을 고려하여 어떤 연산을 자원에 할당하는 것으로 정의한다. 그리드에서의 스케줄링도 비슷한 정의를 가지고 있지만, 다른 특징들도 존재하게 된다. 그리드에서 자원들은 각 로컬 정책에 맞게 운영되기 때문에 자원들을 통한 관리하는 유일한 그리드 스케줄러가 존재하지 않고, 동일한 자원에 대해서 여러 개의 그리드 스케줄러가 경쟁하는 상황도 발생하기 때문에 스케줄러가 모든 자원에 대한 전적인 권한을 가지지 않는다. 그리고 그리드 환경의 자원은 매우 동적이고, 이기종의 자원에 대한 고려가 이루어져야 하기 때문에 그리드 스케줄링의 문제는 매우 복잡하다.

본 연구에서는 이러한 그리드 환경에서, 작업의 필요에

맞는 자원을 선택하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 특히 다양한 응용에 맞는 스케줄링 알고리즘을 확장하여 적용할 수 있도록 하였으며, 자원에 대한 예약을 수행함으로써 적중률을 높였다.

2. 연구 동향

초기의 그리드 연구는 기존의 슈퍼컴퓨팅 분야에서 시작되었다. 그렇기 때문에 주요 관심은 계산 그리드에 관련된 것이었고, "어떻게 하면 동일한 인증 매커니즘으로 많은 수의 자원에 하나의 작업을 돌릴 수 있을까?"의 문제에 초점이 집중되었다. 이러한 문제의식에 의해 글로버스 툴킷 (Globus Toolkit)[1]이 만들어지게 되었던 것이다.

그러나 이제 그리드에 있어서 다양한 요구가 출현하였고, 그리드 스케줄링 연구의 초정도 변화하고 있다. 이제 사람들은 서비스 기반의 환경에서 어떻게 하면 서비스의 워크플로우를 잘 조정하여 최적의 효율을 낼 수 있는가에 관심을 가지고 있다. 따라서 그리드 기반의 스케줄러 개발자들은 주어진 작업의 조건들을 만족하면서 성능이나 비용 면에서 최대의 이익을 낼 수 있도록 작업과 자원 사이의 스케줄을 만들어 내기 위해 고민하게 되었다. 다음은 현재까지 구현되어 사용되고 있는 그리드 스케줄링 시스템의 사례이다.

2.1 WMS (Workload Management Service)

WMS는 EU Data Grid (EDG) 프로젝트[2]의 WP1 (Work Package 1)에서 개발한 작업 관리 시스템이다.

WMS는 그리드 환경에서 분산된 자원에 대한 관리와 스케줄링을 목적으로 설계되었다. WMS는 그리드 사용자로 하여금 분산된 컴퓨팅 자원에 작업을 실행 시킬 수 있도록 자원의 상태를 얻어내어 사용자의 작업에 적합한 자원을 선택하고, 작업의 관리 및 결과를 사용자에게 알려 주는 역할 등을 수행한다.

EDG 프로젝트는 2004년 3월에 종료되었으며 그 결과물은 현재 유럽 주도의 LCG (LHC Computing Grid) 프로젝트에서 사용되고 있으며, EGEE (Enabling Grids for E-science in Europe)에서 개발되고 있는 차세대 그리드 미들웨어인 g-Lite에 포함되어 있다.

2.2 GRMS (Grid Resource Management System)

GRMS는 GridLab 프로젝트[3]의 자원관리 시스템으로서 그리드 어플리케이션 툴킷 개발자들로 하여금 분산된 컴퓨팅 인프라 위에서의 자원 관리 시스템을 구축하도록 해준다. GRMS는 동적인 자원 선택, 스케줄링 등을 통해 클러스터들 사이의 로드 밸런싱, 원격 작업 콘트롤, 파일 전송 등의 동적인 그리드 환경에서의 자원 관리 문제를 다루고 있다. 그러므로, GRMS는 분산된 배치 스케줄러, 클러스터 등의 컴퓨팅 자원들에 대한 원격 작업 실행을 관리해 주는 것을 목표로 하고 있다. 그리고 하위 계층의 그리드 자원 서비스들과는 독립적으로 설계되어 있어서 다양한 자원 계층의 서비스들을 이용할 수 있다. 결국, GRMS는 자원 계층의 복잡성을 상위에 감추어줌으로써 그리드 환경의 자원 관리를 쉽게 해주기 위한 도구이다.

2.3 CSF (Community Scheduling Framework)

CSF[4]는 Platform Computing에서 Globus Toolkit 3의 GRAM을 위한 메타 스케줄러로서 개발되었다. 메타 스케줄러는 그리드 상에서의 다양한 자원 또는 각 자원을 관리하는 배치 스케줄러들에 대해서 일관된 인터페이스를 사용자에게 제공하는 것을 목적으로 한다. CSF는 GT3의 OGSi 스펙을 따르는 그리스 서비스로 구현되어 있으며, 사용자가 원격의 다수의 계산 자원을 이용하여 작업을 수행할 수 있도록 하는 것을 주요 기능으로 삼는다. 또 CSF는 WS-Agreement를 지원한다.

WS-Agreement[5]는 자원 제공자와 사용자 사이에 자원 사용에 대한 어그리먼트 (agreement)를 표현하는 XML 언어와 어그리먼트 생성 프로토콜이다.

CSF의 메타 스케줄러는 사용자로부터 작업 요구를 받아 현재 사용 가능한 자원을 Global Information Service를 통해 찾아내게 된다. 이 정보를 바탕으로 하여 사용자의 작업에 맞는 자원의 Managed Job Service 또는 Platform LSF에서 작업이 실행되도록 한다.

3. 그리드 스케줄링 서비스 (GSS)

GSS (Grid Scheduling Service)는 그리드 환경에서의 자원의 발견 및 작업의 요구조건에 의한 필터링, 그리고 적절한 스케줄링 정책을 통해 자원을 선택하는 기능을 수행하는 그리드 서비스이다. GSS는 그리드 자원 및 작업 관리 시스템인 GRASP를 위한 스케줄링 기능을 제공

한다.

3.1 GRASP (Grid Resource Allocation Services Package)

GRASP는 그리드 환경에서 사용자가 자원들의 상태에 대한 정보 없이 작업에 대한 스펙과 필요한 자원의 조건만을 가지고도 자동으로 알맞은 자원을 할당 받아 작업이 실행되도록 함으로써 사용자가 자신의 계산 작업을 위해 그리드 환경을 쉽게 사용할 수 있도록 하는 목적을 가지는 작업 및 자원관리 시스템이다[6].

GRASP는 OGSi (Open Grid Service Infrastructure) 기반 그리드 서비스들로 구성되어 있는데, OGSi는 GGF (Global Grid Forum)에서 제정된 표준으로서 그리드를 위해 확장된 웹 서비스 스펙이다.

GRASP를 구성하는 서비스는 작업에 대한 전체적인 관리를 담당하는 작업 제출 서비스 (Job Submission Service), GSI에 기반한 인증을 통해 계산 자원의 로컬 배치 스케줄러의 작업 실행을 담당하는 자원 관리 서비스 (Resource Manager Service), 계산 자원에 대한 예약 기능을 제공하는 자원 예약 서비스 (Resource Reservation Service), 그리고 그리드 스케줄링 서비스 (Grid Scheduling Service)로 구성되어 있다. 각 서비스의 관계는 그림 1의 구조도에 설명되어 있다.

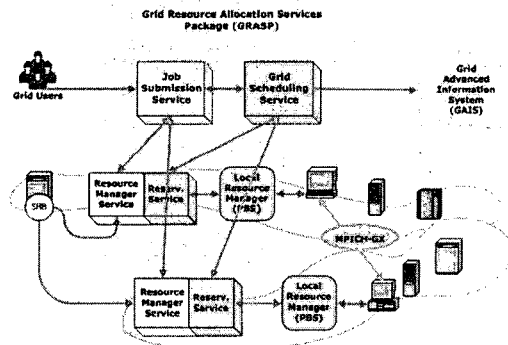


그림 1 GRASP 구조

GSS는 스케줄링을 수행하기 위해 자원의 정보 수집 및 필터링, 특정 알고리즘에 의한 자원 선택, 예약을 통한 확장 과정을 필요로 하는데, 아래는 GSS가 이러한 기능들을 수행하는 각 모듈에 대한 설명이다.

3.2 리소스 브로커 (Resource Broker)

Resource Broker는 사용자의 작업에 명시된 자원의 조건을 가지고, 그 명세를 만족하는 자원을 찾아내어 스케줄링의 대상이 될 후보 자원의 리스트를 만들어 낸다. 사용자는 작업 제출시에 요구하는 OS, 프로세서, 메모리, 스토리지 용량, CPU 로드, 배치 스케줄러의 종류, 가용한 CPU 개수 등에 대한 조건을 포함할 수 있다. Resource Broker는 이러한 조건을 토대로 작업에 할당할 수 있는 자원을 찾아낸다.

필요한 현재의 자원 정보는 자원 정보 서비스인 GAIS (Grid Advanced Information Service)로부터 가져오게

되는데, GAIS에서 제공하는 XPath를 이용한 쿼리를 통해 자원의 조건에 만족하는 자원에 대한 정보를 얻게 된다. 이 자원 정보는 스케줄링을 위한 기본 정보가 된다. 여기서 발견된 자원들은 사용자가 필요로 하는 계산 자원, 즉 CPU 수보다 더 많게 되는데, 이 후보 자원들을 대상으로 좀더 나은 성능을 내거나 좀더 경제적인 자원을 선택하는 과정을 필요로 한다.

3.3 스케줄링 플러그인 (Scheduling Plugin)

그리드 스케줄링 서비스에서의 자원 선택은 스케줄링 플러그인에 의해서 결정된다. 각 스케줄링 플러그인은 특정 스케줄링 정책 또는 알고리즘을 구현한 것으로서 같은 후보 자원들 가운데서도 스케줄링 플러그인에 따라서 다른 자원이 선택될 수 있다. GSS의 관리자는 다양한 응용 프로그램을 위한 다양한 플러그인을 제공할 수 있다. 스케줄링 플러그인은 GSFS (Grid Scheduling Factory Service) 에 서비스 데이터로 공개된다. 사용자는 이 서비스 데이터를 통해 어떤 스케줄링 플러그인이 제공되는지 알 수 있고, 자신이 응용의 특성등을 고려해 선호하는 스케줄링 플러그인을 작업 명세서에 명기하게 된다. 스케줄링 과정에서 사용자가 선택한 스케줄링 플러그인이 호출되는데, 만약 사용자가 스케줄링 플러그인을 명시하지 않는다면 시스템에 기본으로 약속된 플러그인이 호출된다. 스케줄링의 결과는 서버 작업과 각 서버 작업이 사용하게 될 자원간의 매치된 리스트가 된다. 각 서버 작업에는 할당될 계산 노드의 개수가 결정된다.

3.4 예약 에이전트 (Reservation Agent)

스케줄링 플러그인에 의해 결정되어진 스케줄은 Reservation Agent를 통하여 자원을 예약함으로써 완성된다. Reservation Agent는 사용자가 명시한 예약 정보, 즉 예약 시작 및 종료 시간, 작업의 실행 시간 등에 맞추어 스케줄링 결과에 따라 각 자원의 계산 노드를 예약한다.

그리드 환경은 분산되어 있고 자원의 상태가 매우 동적이기 때문에 만약 자원에 대한 예약이 이루어지지 않는다면, 스케줄링의 결과대로 자원의 할당이 이루어진다고 확신할 수는 없게 된다. 이러한 결과는 전체 시스템의 성능을 떨어뜨릴 수 있다. 예약은 그리드 스케줄링 서비스에서 이루어진 자원 선택을 보장해주는 단계로, 전체

시스템의 성능을 향상 시켜주게 된다.

GRASP에서의 자원 예약의 특징은 로컬 배치 스케줄러의 종류에 상관없이 예약이 가능하다는 점이다. 이는 자원의 예약을 위한 별도의 서비스가 있기 때문인데, 외부로부터 오는 모든 자원 요구가 RSS를 통해 예약되고, 실행 역시 RSS의 예약 정보를 확인하여 이루어지게 되어 있다.

일단 스케줄링 과정에서 선택된 모든 자원에 대해서 예약이 성공하면 모든 스케줄링 과정은 끝이 나게 되지만, 만약 선택된 자원 중 하나라도 예약이 실패한다면, 아직 예약되지 않은 작업에 대해서는 스케줄링 과정을 다시 수행해서 예약을 다시 시도하게 된다. 이러한 과정을 모든 작업이 자원을 예약할 때까지 반복하게 된다.

4. 향후 연구 방향 및 결론

그리드 스케줄링은 그리드의 여러 가지 특징으로 말미암아 기존의 스케줄링과는 차이를 두고 있다. 따라서 그리드에 맞는 스케줄링 기법과 시스템을 도입하기 위하여 그리드 스케줄링 서비스를 설계하고 구현하였다. 본 연구에서 설계된 그리드 스케줄링 서비스는 GGF 표준에 따라 OGSi 기반으로 구현이 되었고, 기능상으로는 사용자의 작업에 필요한 자원을 제공하기 위해 작업에 명시된 자원의 스펙에 맞는 자원을 정보 서비스를 통해 찾아내고, 후보 자원들 가운데 작업을 위해 최적의 자원을 선택하도록 다양한 스케줄링 정책이 적용 가능한 플러그인 매커니즘을 도입하였다. 뿐만 아니라 자원 예약을 통하여 사용자의 작업에 대한 QoS를 보장하고, 그리드 관리 시스템 전체의 성능을 향상시켰다.

현재까지 구현된 그리드 스케줄링 서비스는 사용자 작업에 필요한 자원을 선택하기 위한 기본적인 구조를 갖추었다. 자원 탐색 및 브로커링, 스케줄링, 예약 등을 통하여 자원을 제공하고 있다. 하지만, 앞으로 작업 큐를 통해 배치 스케줄링을 제공하고, 여러 가지 스케줄링 알고리즘의 구현 및 실험을 통해 각 응용에 따라 최적의 알고리즘을 찾아 제시하는 것도 매우 유익한 연구가 될 것으로 여겨진다. 뿐만 아니라, 자원 예약에 있어서도 현재 GGF에서 논의되고 있는 WS-Agreement를 적용하여 표준화를 이루어야 할 것으로 생각된다. 그리고 자원의 정보뿐만 아니라 네트워크에 대한 정보를 추가함으로써 더욱 정확한 스케줄링이 이루어지도록 해야 할 것이다.

5. 참고 문헌

- [1] Globus Alliance, <http://www.globus.org>
- [2] EU Data Grid Project, <http://www.edg.org>
- [3] GridLab Project, <http://www.gridlab.org>
- [4] Chris Smith, "Community Scheduler Framework: Comprehensive and Standard Based Metascheduling Service for the Grid", GlobusWorld 2004
- [5] "Web Services Agreement Specification (WS-Agreement)" proposed recommendation of GRAAP-WG, GGF, 2005
- [6] Oh-Kyoung Kwon, Jaegyoon Hahm, Sangwan Kim, and Jongsuk Lee, 'A Grid Resource Allocation System for Scientific Application: Grid Resource Allocation Services Package (GRASP)' Mardi Gras Conference, 2005

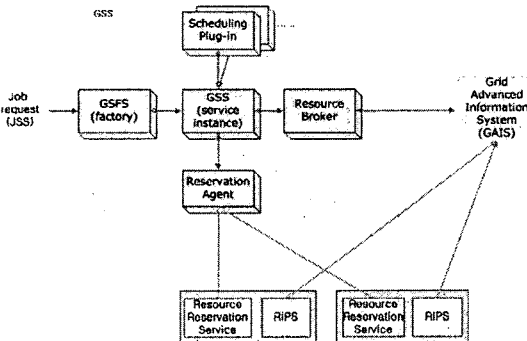


그림 2 그리드 스케줄링 서비스 구조