

그리드 컴퓨팅 환경에서의 효율적인 자원 관리를 위한 그리드 거래망 모델링과 시뮬레이션

장성호^{1†} · 이종식¹

Grid Transaction Network Modeling and Simulation for Resource Management in Grid Computing Environment

Sung-Ho Jang · Jong-Sik Lee

ABSTRACT

As an effective solution to resolve complex computing problems and to handle geographically dispersed data sets, grid computing has been noticed. Grid computing separates an application to several parts and executes on heterogeneous computing platforms simultaneously. The most important problem in grid computing environments is to manage grid resources and to schedule grid resources. This paper proposes a grid transaction network model that is applicable for resource management and scheduling in grid computing environment and presents a grid resource bidding algorithm for grid users and grid resource providers. Using DEVSJAVA modeling and simulation, this paper evaluates usefulness and efficiency of the proposed model.

Key words : Grid Computing, Resource Management, DEVS Modeling and Simulation

요 약

현재 그리드 컴퓨팅은 네트워크 컴퓨팅 환경에서 대용량의 데이터와 엄청난 컴퓨팅의 문제를 해결하는데 매우 효과적인 해결책으로 각광받고 있다. 그리드는 애플리케이션을 여러 부분으로 나누어, 각 부분을 수많은 컴퓨터에서 동시에 수행함으로써 대규모 시뮬레이션 및 대용량 컴퓨팅을 실현할 수 있다. 그러나, 이를 위해서는 효과적인 자원 관리와 스케줄링 기법이 필요하다. 이 논문에서 우리는 분산된 그리드 컴퓨팅 환경에서의 자원관리와 스케줄링에 적용 가능한 그리드 거래망 모델을 제안하고 자율적인 자원 거래를 위한 가격 입찰 알고리즘을 소개한다. 우리는 모델의 효율성과 능력을 입증하기 위해 DEVSJAVA 모델링 & 시뮬레이션 환경 하에서 프로토타입 모델을 설계하고 실험하였다.

주요어 : 그리드 컴퓨팅, 자원 관리, DEVS 모델링 & 시뮬레이션

1. 서 론

지난 10년간 인터넷이 기업과 개인의 업무환경을 변화시키는 역할을 담당해왔다면 이제는 ‘그리드(Grid)’^[1]

라는 새로운 컴퓨팅 플랫폼(Computing platform)이 차세대 인터넷의 대안으로 부각되고 있다. 그리드 컴퓨팅^[2]은 전산 자원의 가치를 극대화시키는 차세대 웹 트렌드이며 컴퓨터 네트워크 상에서 표준규격을 통해 이 기종 간의 시스템을 통합하고 분산 컴퓨팅을 수행하는 서비스 지향적인 신 개념 아키텍처이다. 최근 기존의 슈퍼컴퓨터와 클러스터 시스템으로도 해결할 수 없는 크기의 문제들이 출현하면서 그리드 컴퓨팅에 대한 요구가 더욱 증가하고 있다.

그리드란 각각의 컴퓨터가 가지고 있는 자원을 공유하기 위해 서로 분산되어 있는 컴퓨터들이 네트워크로 연결

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

2005년 10월 26일 접수, 2006년 2월 15일 채택

¹⁾ 인하대학교 컴퓨터공학부

주 저자: 장성호

교신저자: 장성호

E-mail; ho7809@hanmail.net

된 환경을 말한다.^[3,4] 효과적인 그리드 자원 이용과 공유를 위해서는 그리드 자원을 어느 그리드 애플리케이션에 얼마만큼 어떠한 방식으로 할당하고 스케줄링(scheduling)하는가에 대한 해결책이 필요하다.^[5] 즉, 그리드 자원의 효율적 사용을 위해서는 자원관리 정책이 필수적이다. 그러나, 지리적 독립성과 개개의 관리정책을 가지는 그리드 자원의 특성들로 인해 그리드 환경에서의 자원 공급과 분배는 매우 어렵고 복잡한 작업이다. 또한, 컴퓨팅 자원의 요구와 공급을 적절히 조절하여 자원 활용도와 만족도를 최대화하는 문제 역시 매우 중요하다.

본 논문에서는 그리드 컴퓨팅 환경에서 자원 요구를 효과적으로 조절하고 최적의 자원 할당을 제공하기 위해 그리드 거래망 모델을 제안한다. 모델에서는 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자간의 가격 변동으로 그리드 컴퓨팅 자원의 요구와 공급에 대한 동적 변화를 표현하여 시장경제의 원리를 도입함으로써 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자 양측 모두가 만족할 수 있는 자원의 분배를 실시한다. 또한, 논문에서는 그리드 컴퓨팅 자원 거래를 위한 알고리즘으로 그리드 자원 입찰 알고리즘을 제공하며, DEVS 형식론을 적용한 그리드 거래망 모델을 구성하고 실험함으로써 모델의 효율성과 능력을 입증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 배경이 되는 그리드 자원 관리와 경제모델 기반의 그리드 자원 관리 모델들을 살펴보고 DEVS 형식론을 소개한다. 3장에서는 그리드 거래망 모델과 그리드 자원 입찰 알고리즘을 제시하고 4장에서는 시뮬레이션 결과를 분석함으로써 모델의 효율성을 입증한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 연구 배경

2.1 그리드 자원 관리

효과적인 그리드 자원 관리를 위해서는 각기 다른 운영 체제, 관리 정책, 컴퓨팅 파워와 같은 많은 문제점을 고려해야한다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 지금까지 다양한 모델이 계층형 모델과 시장형 모델로 분류되어 개발되었으며 현재 그리드 환경에서 그리드 컴퓨팅 자원을 관리하기 위해 여러 그리드 미들웨어에서 사용되고 있다. 계층형 모델은 그리드 자원들과 자원 관리 미들웨어들을 계층적 구조로 제공함으로써 자원 관계를 표현하고 관리하는데 아주 효과적이다. 대표적인 계층형 모델로서는 지역자원 관리와 자원사이의 동적 부하 분산을 제공하는

ANL(Argonne National Laboratory)이 개발한 Globus의 자원 관리 시스템,^[6] 사용자 요구와 자원의 결합을 실시하는 미국 위스콘신대학이 개발한 Condor-G^[7] 등이 있다. 시장형 모델은 자원 관리를 위해 기존의 경제모델을 그리드 자원 관리에 적용한 것이다. 대표적인 시장형 모델로는 경제 모델을 기반으로 자원 검색과 공유 등을 제공하는 GRACE(Grid Resource Architecture for Computational Economy)^[8]와 사용자의 예산과 작업의 종료기한 등을 조건으로 자원 검색과 자원 할당을 실시하는 호주의 모나쉬 대학이 개발한 Nimrod-G^[9] 등이 있다. 2.2절에서는 그리드 자원 관리의 시장형 모델인 그리드 경제 모델들에 대하여 자세히 언급한다. 그리드 거래망 모델은 그리드 자원을 수용하는데 적합한 계층형 구조를 제공하고 자발적이고 동적인 자원 할당을 실시하는 시장형 모델 중 그리드 경제 모델을 기반으로 한다.

2.2 그리드 경제 모델

그리드 컴퓨팅 자원 관리를 위해 지금까지 수많은 경제 모델기반의 자원 관리 모델^[10,11]들이 개발되었다. 대표적으로 상품 시장 모델, 매매 교섭 모델, 입찰/계약 모델, 경매 모델이 있다. 본 논문에서 제안하는 그리드 거래망 모델은 경매 모델과 입찰/계약 모델을 기초로 하여 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자 양측 모두를 만족시키는 이중 경매를 지원한다. 또한, 대규모 자원을 포함하는 그리드 환경 특성을 고려하여 기존의 이중 경매방식과 달리 대규모 그리드 자원 사용자들과 공급자들을 모두 포용하는 N:N의 관계를 지원함으로써 활발한 자원 거래를 제공하고 휴면 자원을 감소시키는데 중점을 둔다.

2.2.1 상품 시장 모델 (Commodity Market Model)

상품 시장 모델^[12]에서 자원 공급자는 소비되는 자원의 양에 따라서 자원의 가격과 매개 변수들을 규정하여 GMD(Grid Market Directory)에 표기한다. 즉, 자원 가격은 미리 정의되며 고정되어 있다. 소비자가 자원 브로커에게 매개변수들을 전달하면 자원브로커는 GSP(Grid Service Provider)들을 확인하고 GMD와 GTS(Grid Trade Server)의 상호 동작을 통해 요구에 적합한 자원과 가격을 확인하여 소비자와 서비스 공급자를 연결한다. 따라서 소비자는 가격 결정에 참여할 수 없다.

2.2.2 매매 교섭 모델 (Bargaining Model)

매매 교섭 모델^[13]에서 자원 브로커들은 낮은 접근 가

격과 높은 사용기간을 위해 GSP들과 매매 교섭을 한다. 브로커는 GSP의 제시가보다 훨씬 낮은 가격으로 매매 교섭을 시작하고 양쪽 모두 만족하는 적정가에 도달하거나 더 이상 협상할 의사가 없을 때까지 협상하여 가격을 결정하게 된다. 이 모델은 가격이 사용자 요구에 의해 좌우되므로 브로커는 위험성을 가지고 가능한 최저가를 위해 협상하며 비싼 자원은 협상에서 제외한다. 이는 낮은 자원 활용도의 결과를 낳기 때문에 GSP는 자원을 소모하는 대신에 가격을 낮춘다.

2.2.3 입찰/계약 모델 (Tender/Contract-Net Model)

입찰/계약 모델^[14]은 분산 컴퓨팅 환경에서 서비스 협상을 위해 널리 사용되고 있는 모델중의 하나이다. 상품과 서비스의 거래를 관리하기 위해 경제 분야에서 사용되는 거래 매커니즘을 모델화한 것이다. 이 모델은 주어진 작업 수행에 필요한 서비스 공급자를 찾는데 도움을 준다. 소비자가 가격을 제시하면 서비스 공급자들이 입찰하여 소비자가 제시한 조건에 적합한 공급자가 나타났을 경우 소비자와 공급자를 연결시킨다.

2.2.4 경매 모델 (Auction Model)

경매 모델^[15]은 하나의 서비스 공급자와 여러 소비자들 간의 협상을 지원한다. 경매 모델은 3개의 컴포넌트를 포함하고 있다: 자원 공급자(공급자)와 경매인, 소비자. 경매인은 소비자들과 공급자들이 수궁할 수 있는 경매의 규칙을 정한다. 우리나라의 auction.co.kr이나 미국의 eBay.com과 같은 전자 상거래 포털 사이트들이 경매인에 속한다. 공급자가 서비스를 공지하면 소비자들이 입찰을 한다. 소비자는 입찰가를 갱신하고 공급자는 제시된 판매가를 수정하여 최종적으로 최고가를 제시한 소비자와 공급자가 연결되는 방식이다.

2.3 DEVS 형식론

본 논문에서는 그리드 환경에서 수시로 변화하는 자원 요구를 표현하기 위해서 DEVS (Discrete Event system Specification) 형식론^[16,17]을 적용하였다. DEVS는 불규칙한 시간 간격에 따라 연속적으로 발생하는 사건(event)에 의해 구동되므로 동적인 특성을 가진 그리드 컴퓨팅 시스템의 추상화와 모델링에 적합하다. 또한, 단순한 시간 측정이 아닌 연속적인 시간흐름의 제어를 통해 보다 효율적인 연속시간선상의 시스템설계가 가능하다.

DEVS 형식론은 연속적인 시간상에서 사건을 발생시키는 이산 사건 시스템의 시뮬레이션을 위한 모델링 방법론으로서 시스템을 모듈화하고 계층화하여 분석하기 위

한 수학적인 방법을 제공한다. DEVS 모델은 기본 모델(basic model)과 결합 모델(coupled model)로 분류된다. 기본 모델은 시스템의 행동을 모델링하기 위하여 사용되며 그림 1과 같이 구성된다.

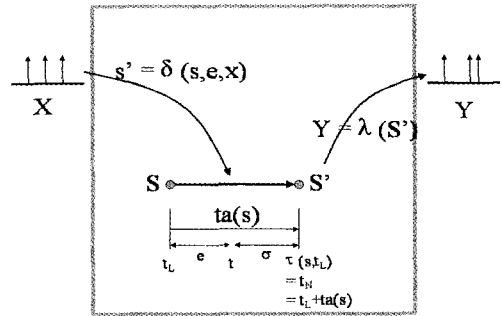


그림 1. DEVS의 기본 모델

DEVS의 기본 모델은 시스템의 행동을 모델링하기 위해 사용된다. 그림 1은 외부 또는 내부적으로 사건이 발생하는 기본 모델의 도식적인 표현을 그림으로 설명한 것이다. 기본 모델은 내부 또는 외부 입력(X) 사건이 발생할 경우 상태(S)에서 다음 상태(S')로 변화하여 출력(X)을 발생시킨다. $ta(S)$ 는 상태 S에서 사건이 발생하여 S'로 변화하는 동안의 시간 간격이다. tN 은 다음 사건의 시간 변수이며 초기 시간 (tL)과 시간 진행 함수 $ta(S)$ 의 합이다. 경과 시간(e)은 사건이 발생하지 않을 때의 대기 시간이며 시그마(σ)는 입력이 들어온 시점부터 상태 변이(τ)까지의 시간으로 표현된다. $\lambda(S)$ 는 다음 상태(S')로 변환하는 출력 함수를 말한다.

DEVS의 결합 모델은 각각의 컴포넌트 모델들을 상호하고 컴포넌트 모델간의 연결 관계와 상호작용을 표현한다. 연결 명세집합은 외부입력 연결 집합과 외부출력 연결 집합, 내부 연결 집합을 다룬다. 외부입력 연결 집합은 결합 모델의 입력 포트를 결합 모델 내 컴포넌트의 하나 이상의 입력 포트에 연결한다. 외부출력 연결 집합은 컴포넌트의 출력포트를 결합 모델의 하나 이상의 출력포트로 연결한다. 내부입력 연결 집합은 컴포넌트의 출력포트를 결합 모델 내 또 다른 컴포넌트의 입력 포트에 연결한다.

3. 그리드 거래망 모델

3.1 그리드 거래망 모델

(Grid Transaction Network Model)

본 논문은 그리드 컴퓨팅 환경에서의 자원 관리 문제를 해결하기 위해 그리드 거래망 모델을 제안한다. 그리

드 거래망 모델은 이중 경매와 그리드 자원 입찰 알고리즘을 이용한 자원 거래를 통해 효율적인 자원 할당과 관리를 제공하여 자원 이용도를 증가시키고 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자 양측의 만족도를 개선시킨다. 그리드 아키텍처에서 그리드 거래망 모델의 적용은 그림 2와 같다.

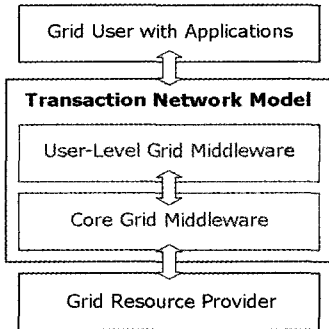


그림 2. 그리드 아키텍처와 그리드 거래망

그리드 거래망 모델은 그리드 아키텍처에서 사용자 레벨 그리드 미들웨어와 코어 그리드 미들웨어에 위치한다. 그리드 거래망 모델의 그리드 브로커 컴포넌트는 사용자 레벨 그리드 미들웨어 서비스를 사용하여 자원 할당과 관리를 담당하며 그리드 자원 공급자와 그리드 사용자간의 중개인 역할을 담당한다. 그리드 거래망 모델의 그리드 에이전트는 코어 그리드 미들웨어 서비스를 사용하여 자원 거래 서비스를 담당하고 분산된 광역 자원들을 결합한다. 그리드 거래망 모델은 기본적으로 4개의 컴포넌트(그리드 사용자, 그리드 에이전트, 그리드 브로커, 그리드 자원 공급자)로 구성되며 그림 3과 같이 계층적 구조로 이루어진다. 계층적 구조의 그리드 거래망 모델은 기존의 중앙 집중식 자원 관리 모델에서 발생하는 작업부하의 집중을 분산시키고 광대역으로 분산된 그리드 자원들을 결합하고 관리하는데 유리하다. 그리드 사용자는 자원 요구와 자원 소모를 담당하고 그리드 자원 공급자는 자원의 공급을 담당한다. 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자는 자원을 요구하고 거래 가격과 각자의 전략에 맞추어 입찰을 한다. 그리드 에이전트는 그리드 자원 공급자들을 결합하고 그리드 브로커를 통해 그리드 사용자들과의 자원 이용가격 협상을 담당하며 자원 이용도와 자원 공급자 판매 이익의 최대화를 목표로 한다. 그리드 브로커는 그리드 에이전트와 그리드 사용자를 중재하고 자원 가격 정보를 제공한다. 또한, 그리드 사용자가 제시한 조건에 적합

한 자원을 발견하고 가격을 협상하며 경매 모델에서의 경매인과 같은 역할을 담당한다. 그리드 사용자와 그리드 에이전트 사이의 상호 통신은 모두 그리드 브로커를 통하여 이루어진다.

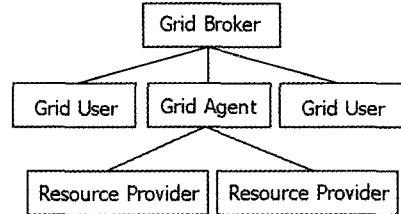


그림 3. 그리드 거래망 모델의 계층적 구조

그리드 거래망 모델은 그림 4와 같이 정기적으로 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자 양쪽 모두가 지속적인 입찰을 취하고 가격이 일치하는지 확인하는 이중 경매 방식으로 진행된다. 그리드 거래망 모델에서 그리드 사용자는 자원 구입비용의 최소화를 위해 낮은 가격을 제시하고 그리드 자원 공급자는 이익의 최대화를 위하여 높은 가격으로 입찰을 시작한다. 이에 그리드 브로커는 그리드 사용자의 최고 입찰가에 우선순위를 부여하여 그리드 에이전트에게 전달하고 그리드 에이전트가 공시한 그리드 자원 공급자들의 판매가 중 최저 판매가를 그리드 사용자들에게 전달한다. 그리드 자원 공급자들은 그리드 에이전트에게 자원 판매가를 제시하고 그리드 에이전트는 그리드 브로커에게 그 가격들을 공시한다.

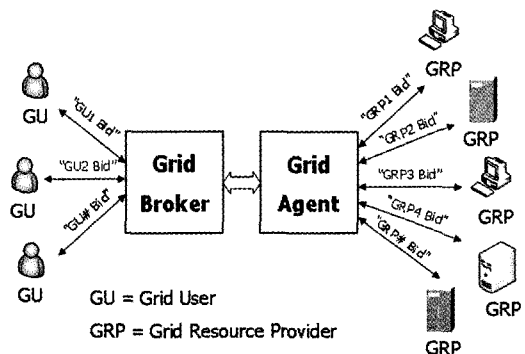


그림 4. 그리드 거래망 모델의 이중 경매

초기 그리드 사용자의 입찰가와 그리드 자원 공급자의 판매가는 다르지만 협상을 통해 그림 5와 같이 최종적으로는 같은 가격을 형성한다. 협상이 성공하면, 거래 가격과 사용자와 공급자의 이익이 파일에 순차적으로 저장된

다. 모델에서 그리드 사용자들은 $\max BP$ (그리드 사용자의 자원 구입가 최대한도)를 그리드 자원 공급자들은 $\min BP$ (그리드 자원 공급자의 자원 판매가 최저한도)를 지정한다. 이것은 경제학측면의 사용자 요구량 변동과 공급 경쟁을 나타내는 것으로 $\max BP$ 가 증가하면 자원 요구량의 증가로 인하여 사용자들의 자원 구입비용이 상승하는 것을 의미하고 $\min BP$ 가 감소하면 공급 경쟁이 심화하여 자원 판매가격이 하락하는 것을 의미한다. 그리드 거래망 모델은 일반적인 상업시장과 같이 완벽한 자유 경쟁 체제이므로, 그리드 구성원들의 의견이 확실히 반영되어 거래 가격이 결정된다. 그리드 자원 공급자의 판매 수익은 거래 가격과 상관관계에 있으므로 그리드 자원 공급자는 이익을 최대화하기 위해 기존 거래가격 이하로 더 많은 자원을 제공할 수 있다. 그리드 거래망 모델에서 자원의 공급이 증가하면 거래가격은 낮게 형성되고 자원의 공급이 포화상태에 다다르면 수요는 줄게 되어 자원의 공급 역시 감소하게 된다. 자원 공급의 감소가 심화될수록 수요는 늘게 되고 따라서 거래가격은 높게 형성된다. 그리드 거래망 모델은 이러한 시장 경제의 원리를 적용하여 그리드의 자원 분배 문제를 해결한다. 즉, 그리드 거래망 모델은 그리드 구성원들에 의한 자율적인 자원 할당을 촉진하고 그리드 구성원들에게 거래 가격을 공시하여 그리드 거래망의 투명성과 공정성을 제공한다.

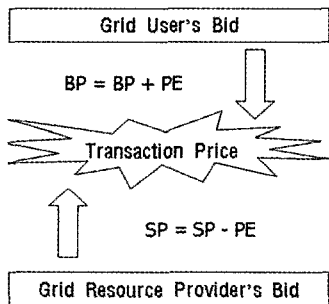


그림 5. 그리드 자원 거래의 가격 형성

3.2 그리드 자원 입찰 알고리즘 (Grid Resource Bidding Algorithm)

본 논문에서는 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자의 자원 입찰을 위해 그리드 사용자 입찰 알고리즘과 그리드 자원 공급자 입찰 알고리즘을 제안한다.

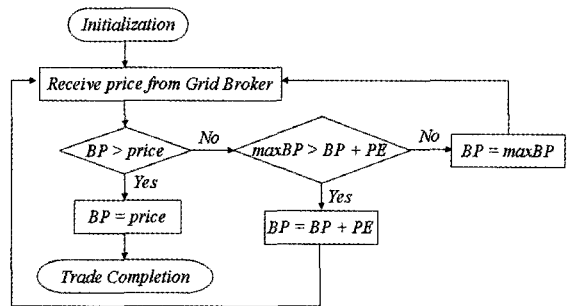


그림 6. 그리드 사용자 입찰 알고리즘

그림 6에서 시간이 경과할수록 그리드 사용자들이 필요한 자원을 성공적으로 구매하지 못하면 자원 구입을 위한 그리드 사용자들의 입찰 가격은 시간에 비례하여 상승한다. 그리드 사용자의 가격결정 함수는 $P_{user}(s) = BP + PE * \Delta s$ 이다. 여기서, BP (Bidding Price)는 그리드 사용자의 입찰가를 나타내고 PE (Price Elasticity)는 그리드 사용자의 가격 탄력성을 표현하며 s 는 시간 변수를 나타낸다. 그리드 사용자들은 그리드 브로커로부터 그리드 에이전트가 공시한 그리드 자원 공급자들의 판매가중 최저가인 $price$ 를 입력받아 BP 와 비교해 입찰가를 산정한다.

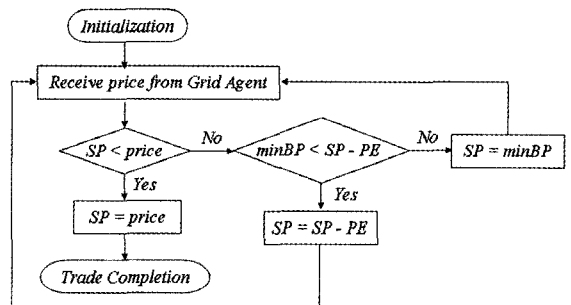


그림 7. 그리드 자원 공급자 입찰 알고리즘

그림 7은 시간이 경과할수록 그리드 자원 공급자들이 보유하고 있는 자원을 성공적으로 판매하지 못하면 자원 판매를 위한 그리드 자원 공급자들의 판매가가 시간에 반 비례하여 하락한다는 것을 보여준다. 그리드 자원 공급자의 가격결정 함수는 $P_{provider}(s) = SP - PE * \Delta s$ 이다. 여기서, SP (Sale Price)는 그리드 자원 공급자의 판매가를 나타내고 PE 는 그리드 자원 공급자의 가격 탄력성을 표현하며 s 는 시간 변수를 나타낸다. 그리드 자원 공급자들은 그리드 에이전트로부터 그리드 사용자의 입찰가 중 최고가인 $price$ 를 입력받아 SP 와 비교해 판매가 산정한다.

4. 실험 및 결과 분석

논문에서 제안한 그리드 거래망 모델을 평가하기 위해 우리는 그림 8과 같이 그리드 거래망 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 실험을 위한 시뮬레이션 모델은 DEVSI-AVA 모델링 & 시뮬레이션^[16] 환경에서 구현하였으며 신뢰성 있는 실험을 위하여 약 3000개의 자원 거래 데이터를 추출하였다.

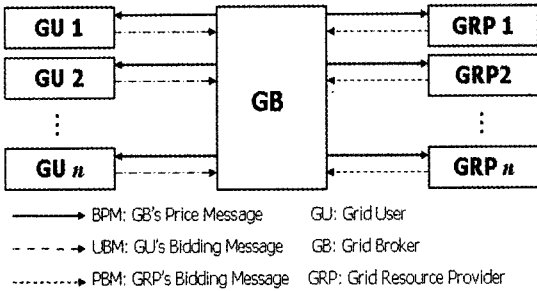


그림 8. 그리드거래망 시뮬레이션 모델구성

4.1 그리드 거래망 시뮬레이션 모델 구성

그리드 거래망 시뮬레이션 모델은 그림 8과 같이 3 가지 타입의 컴포넌트(GU, GB, GRP)들로 구성된다. GU(Grid User)는 그리드 사용자의 가격결정 메커니즘을 실현하기 위한 컴포넌트로서 입찰가를 UBM(GU's Bidding Message)에 저장하여 GB(Grid Broker)에 전달한다. GRP(Grid Resource Provider)는 그리드 자원 공급자의 가격결정 메커니즘을 실현하기 위한 컴포넌트로서 판매가를 PBM(GRP's Bidding Message)에 저장하여 GB에 전달한다. GB는 그리드 거래망 모델의 그리드 브로커와 그리드 에이전트의 역할을 동시에 수행하는 컴포넌트이며 그리드 사용자에게 받은 자원 입찰가 정보와 그리드 자원 공급자들에게 받은 자원 판매가 정보를 BPM(GB's Price Message)에 저장하여 양측에 전달한다. GB는 입력 받은 GRP들의 판매가 중 낮은 판매가를 BPM에 저장하여 GU들에게 전달한다. GU들이 입찰가를 산정한 후 UBM에 저장하여 GB에 전달하면 GB는 높은 입찰가를 선택하여 GRP들에 전송한다. 계약 성립 후 계약에 참여한 GU와 GRP는 최초 가격으로 입찰을 재 시도한다. GU와 GRP의 수는 기본적으로 각각 2개로 설정하였다.

4.2 실험 및 결과 분석

4.2.1 실험 1: 자원 입찰가 한도와 자원 거래

실험 1은 그리드 거래망 모델이 자원의 효율적 할당을

나타내는 시장 경제의 원리를 적절히 반영하는가에 대한 실험이다. 우리는 그리드 사용자의 maxBP(그리드 사용자의 자원 구입가 최대한도)와 minBP(그리드 자원 공급자의 자원 판매가 최저한도)의 조질을 통해 거래 가격의 변화를 관찰하였다.

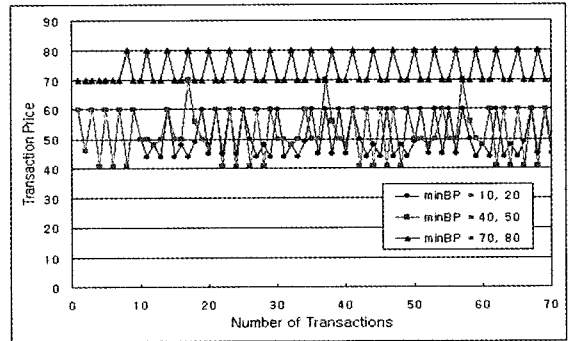


그림 9. minBP의 변화에 따른 가격 변동 (minBP = 그리드 자원 공급자의 자원 판매가 최저한도, 그리드 사용자 1, 2의 자원 구입가 최대한도인 maxBP는 100, 80으로 고정됨)

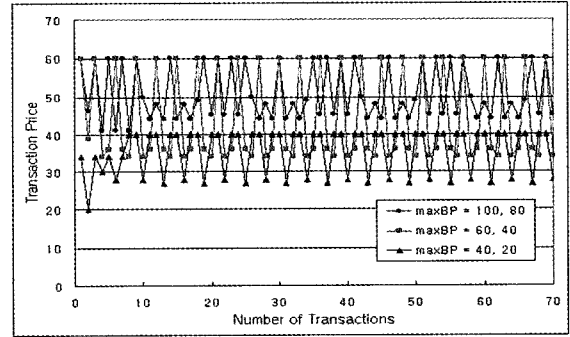


그림 10. maxBP의 변화에 따른 가격 변동 (maxBP = 그리드 사용자의 자원 구입가 최대한도, 그리드 자원 공급자 1, 2의 자원 판매가 최저한도인 minBP는 10, 20으로 고정됨)

그림 9는 그리드 사용자 1, 2의 maxBP를 100, 80으로 고정하고 minBP를 다양화하였을 경우의 거래 가격 변화이다. 그리드 자원 공급자 1, 2의 minBP가 70, 80일 때보다 10, 20일 때의 거래 가격이 더 낮음을 알 수 있다. 즉, 수요의 변동이 없을 때 자원 공급자들의 공급 경쟁이 심화될수록 거래가격이 내려간다는 사실을 나타낸다. 그림 10은 그리드 자원 공급자 1, 2의 minBP를 10, 20으로 고정하고 maxBP를 다양화하였을 때의 거래 가격의 변화를 그래프로 표현한 것이다. 그리드 사용자 1, 2의 maxBP가 40, 20일 때보다 100, 80일 때 거래 가격이 더 높음을 알

수 있다. 즉, 공급의 변동이 없을 때 사용자들의 자원요구가 증가할수록 거래 가격이 올라간다는 사실을 나타낸다. 이러한 결과는 그리드 거래망 모델이 그리드 자원 관리에 필요한 시장경제 원리의 제공하고 있음을 증명한다.

4.2.2 실험 2 : 가격 탄력성과 자원 거래

실험 2는 논문에서 제안한 그리드 자원 입찰 알고리즘의 가격 탄력성과 자원 거래간의 상관관계에 대한 실험이다. 우리는 그리드 사용자의 가격 탄력성과 그리드 자원 공급자의 가격 탄력성을 다양화한 후 발생한 메시지 수와 거래가 성립된 거래 횟수를 측정하였다.

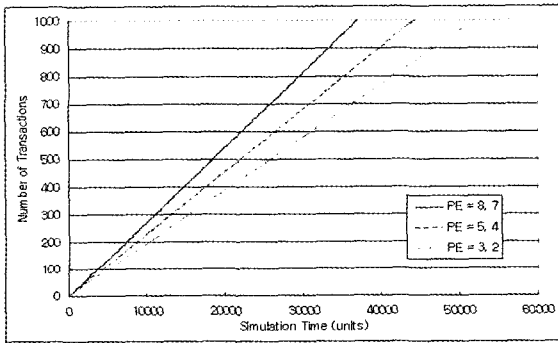


그림 11. PE에 따른 거래 횟수의 변화 (PE = 그리드 자원 공급자의 가격 탄력성)

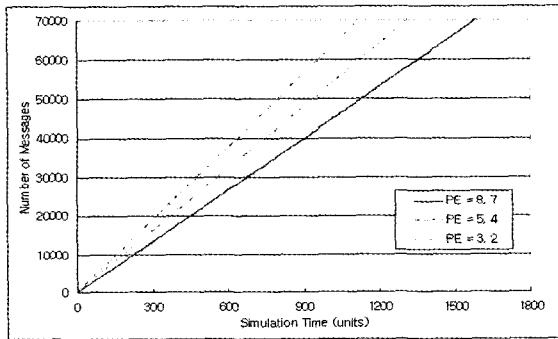


그림 12. PE에 따른 메시지 수의 변화 (PE = 그리드 자원 공급자의 가격 탄력성)

그림 11은 그리드 사용자 1, 2의 가격 탄력성을 각각 10, 5로 고정하고 그리드 자원 공급자 모델들의 PE(가격 탄력성)를 다양하게 변화시켰을 때의 시간에 따른 거래횟수의 변화이다. PE가 3, 2일 때보다 8, 7일 때가 더 많은 거래가 일어남을 알 수 있다. 그림 12는 공급자 모델의 PE를 다양하게 변화시켰을 때의 시간에 따른 메시지 수의 변화이다. PE가 8, 7일 때보다 3, 2일 때가 더 많은 메

시지를 교환한다. 그림 11과 그림 12의 결과를 보면, 거래 횟수는 PE와 비례하고 메시지 수는 PE와 반비례함을 알 수 있다. 이 결과는 PE가 증가할수록 더 많은 자원 거래 생성을 통하여 휴면 자원의 수와 통신 오버헤드를 줄이고 자원 활용도를 높일 수 있다는 사실을 증명한다.

4.2.3 실험 3: 그리드 구성비와 자원 거래

실험 3은 그리드 거래망 모델이 수요와 공급의 원리를 잘 반영하는가에 대한 실험이다. 우리는 그리드 사용자와 그리드 자원 소비자의 구성비를 각각 1:N, N:1로 조절하여 거래 가격의 변화를 관찰하였다.

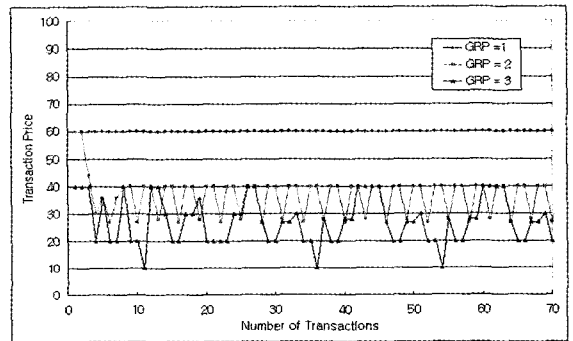


그림 13. 거래 횟수에 따른 가격 변화 (1 GU vs. 1~3 GRP: GU = 그리드 사용자, GRP = 그리드 자원 공급자)

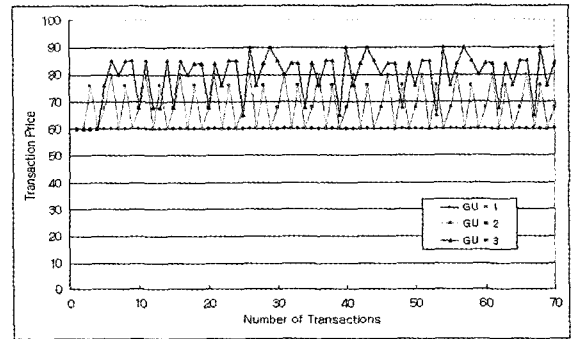


그림 14. 거래 횟수에 따른 가격 변화 (1 GRP vs. 1~3 GU: GU = 그리드 사용자, GRP = 그리드 자원 공급자)

그림 13은 그리드 사용자의 수보다 그리드 자원 공급자의 수가 많을 때의 거래 가격을 그래프화한 것이다. 그림에서 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자의 비율이 1:1인 경우에는 거래 가격이 60이지만 1:2인 경우에는 30~40, 1:3인 경우에는 10~40으로 거래 가격이 형성되었다. 그림 14는 그리드 자원 공급자의 수보다 그리드 사용자의 수가 많을 때의 거래 가격을 그래프화한 것이다. 그

람에서 우리는 그리드 자원 공급자와 그리드 사용자의 비율이 1:1인 경우에는 거래 가격이 60이지만 1:2인 경우에는 60~80, 1:3인 경우에는 65~90으로 거래 가격이 형성되었다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 그리드 거래망 모델이 수요와 공급의 원리를 잘 반영하며 그리드 자원시장의 형성 시 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자를 적절한 비율로 분포시켜 양측 모두가 만족할 수 있는 자원 거래를 제공할 수 있다는 것을 의미한다.

5. 결 론

로컬 자원만을 공유하는 기존의 분산 컴퓨팅 환경과는 달리 그리드 컴퓨팅 환경은 독립적인 관리정책을 가지는 분산 자원을 공유하는 동적인 환경으로 인해 자원의 분배와 관리가 매우 어렵다. 본 논문에서는 이러한 특성을 가진 그리드 컴퓨팅 시스템의 모델링을 위해 DEVS 방법론을 적용한 그리드 거래망 모델을 제안하였다.

본 논문의 목표는 그리드 환경에서의 자원 할당 및 관리 문제의 해결이다. 이를 위해 그리드 거래망 모델에서는 그리드 자원 입찰 알고리즘을 도입하고 시장경제의 원리를 통한 배분 방식을 적용한다. 그리드 거래망 모델은 그리드 참여자의 의견을 적절히 반영되는 이중 경매를 이용하여 그리드 자원 공급자의 마진을 최대화하고 그리드 사용자의 자원구입 비용을 최소화함으로써 양측 모두의 만족도를 향상시킨다. 또한, 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자를 적절한 비율로 분포시키고 효율적 자원 분배를 제공하여 휴면 자원을 줄이고 자원 활용도를 개선함으로써 시스템 성능을 향상시킨다.

본 논문의 또 다른 목표는 인터넷을 통한 전 세계 컴퓨터들의 결합과 같이 그리드의 개념을 적용시킨 그리드 브로커를 통한 모든 그리드 자원과 사용자의 결합이다. 이를 위해 그리드 거래망 모델은 기존의 이중경매 모델과는 달리 N:N관계를 지원하는 계층적 구조를 적용한다. 그리드 사용자는 그리드 브로커를 통해 모든 자원에 대한 정보를 검색하여 메커니즘을 통해 논리적인 범위 내에서 자원 이용 가격을 제안하고, 그리드 자원 공급자 역시 그리드 브로커를 통해 그리드 사용자에 대한 정보를 이용하고 가격을 제안함으로써 자원 이용 제약이 성사된다.

즉, 그리드 거래망 모델은 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자 간의 이중 경매를 통해 거래 가격을 조절하는 투명하고 공정한 자원 거래 메커니즘을 제공한다. 또한, 실험 결과는 그리드 거래망 모델이 그리드 사용자와 그리

드 자원 공급자 양측 모두를 만족시키고 수요 공급에 따른 가격 결정의 원리를 효율적으로 반영한다는 것을 보여준다. 이것은 그리드 거래망 모델이 분산된 그리드 컴퓨팅 환경에서 자원을 할당하고 관리하는데 매우 효과적이라는 것을 증명한다.

참 고 문 헌

1. S. Lalis and A. Karipidis (2000), "An Open Market-Based Framework for Distributed Computing over the Internet", Proceedings of the First IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing (GRID 2000), Springer Verlag.
2. F. Berman, G. Fox and T. Hey (2003), Grid computing :making the global infrastructure a reality, J. Wiley, New York.
3. P. Kacsuk, et al.(2002), Distributed and parallel systems :cluster & grid computing, Kluwer Academic Publishers.
4. I. Foster, C. Kesselman and S. Tuecke (2001), "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations", International Journal of High Performance Computing Application, Vol.15, No.3, pp. 200-222.
5. R. Wolski, J. Plank, J. Brevik, and T. Bryan (2001), "Analyzing Market-based Resource Allocation Strategies for the Computational Grid", International Journal of High performance Computing Applications, Sage Publications, Vol. 15, No.3, pp. 258-281.
6. Xuehai Zhang and Schopf, J.M (2004), "Performance analysis of the Globus Toolkit Monitoring and Discovery Service", Proceeding of 2004 IEEE International Conference on Performance Computing & Communications, pp. 843-849.
7. J. Frey, T. Tannenbaum, M. Livny, I. Foster, and S. Tuecke (2001), "Condor-G: A Computation Management Agent for Multi-Institutional Grids", Proceedings of the Tenth International Symposium on High Performance Distributed Computing IEEE CS Press.
8. Bosneag, A.-M. and Brockmeyer, M. (2005), "GRA CE: enabling collaborations in wide-area distributed systems", Proceeding of 14th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprise, pp. 72-77.
9. R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy, The Nimrod-G Grid Resource Broker Software, <http://www.csse.monash.edu.au/~david/nimrod/>.
10. R. Buyya (2002), Economic-based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing, <http://>

www.buyya.com/thesis/.

11. R. Buyya, D. Abramson, J. Giddy, and H. Stockinger (2002), "Economic Models for Resource Management and Scheduling in Grid Computing, Special Issue on Grid Computing Environments", The Journal of Concurrency & Computation: Practice and Experience, Wiley Press.
12. R. Wolski, J. Plank, J. Brevik, and T. Bryan (2001), "Analyzing Market-based Resource Allocation Strategies for the Computational Grid", International Journal of High performance Computing Applications, Sage Publications, Vol. 15(3), pp. 258-281.
13. R. Buyya, S. Chapin and D. DiNucci (2000), "Architectural Models for Resource Management in the Grid", In Proceedings of the First IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing (GRID 2000), Springer Verlag.
14. Watt, D. and Willey, K. (2004), "Value based decision models of management for complex systems", Engineering Management Conference, 2004. Proceedings. 2004 IEEE International, Vol. 3, pp. 1278-1283.
15. R. Das, J. Hanson, J. Kephart, and G. Tesauro (2001), "Agent-Human Interactions in the Continuous Double Auction", Proceedings of the International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI).
16. B.P. Zeigler, et al (1997), "The DEVS Environment for High-Performance Modeling and Simulation", IEEE C S & E, Vol. 4, No. 3, pp. 61-71.
17. B.P. Zeigler, et al (1996), "DEVS Framework for Modeling, Simulation, Analysis and Design of Hybrid Systems in Hybrid II", Lecture Notes in CS, Springer-Verlag, Berlin, pp. 529-551.



장 성 호 (ho7809@hanmail.net)

2004년 용인대학교 컴퓨터정보학과 학사
 2006년 인하대학교 컴퓨터·정보공학과 석사
 2006년~현재 인하대학교 컴퓨터·정보공학과 박사

관심분야 : 그리드 컴퓨팅, RFID 미들웨어, 모델링 및 시뮬레이션



이 종 식 (jslee@inha.ac.kr)

1993 인하대학교 전자공학과 학사
 1995 인하대학교 전자공학과 석사
 2001 애리조나대 컴퓨터공학과 박사
 2001~2002 캘리포니아 주립대학교 전기·컴퓨터공학과 전임강사
 2002~2003 클리블랜드 주립대학교 전기·컴퓨터공학과 조교수
 2003~2006 인하대학교 컴퓨터공학부 조교수
 2006~현재 인하대학교 컴퓨터공학부 부교수

관심분야 : 소프트웨어공학, 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 그리드 컴퓨팅