한국시뮬레이션학회 논문지
Vol. 15, No. 3, pp. 11-21 (2006. 9)

사용자 요구기반의 그리드 거래 관리 모델

마용범[1†] · 이종식[1]

User Demand-based Grid Trade Management Model

Yong-Beom Ma · Jong-Sik Lee

ABSTRACT

Importance of and need for grid resource management have accelerated in accordance with increasing development of grid computing. However, it is very complex to distribute and utilize resources efficiently in geographically dispersed environments. This is due to the different access policies and constraints of grid resource owners. Users request resources according to their needs. Operators of a grid computing system need to be able to monitor the system states for reflecting these demands. So, a grid computing system needs a resource management policy that monitors states of resources and then allocates resources. This paper proposes a user demand-based grid trade management model that provides an efficient resource management by the trade allocation based on a users' demand and providers' supply strategy. To evaluate performance, this paper measures increasing rate of resource trades, average response time of trades, and processing time utilization. Firstly, the average increasing rates of trade are 585.7% and 322.6% higher than an auction model and a double auction model. Secondly, the average response time of the user demand-based grid trade management model is maintained between 3 and 5 simulation time. Finally, it is found that the processing time utilization is an average of 145.4% and 118.0% higher than an auction model and a double auction model. These empirical results demonstrate the usefulness of the user demand-based grid trade management model.

Key words : User Demand-Based Grid Model, Grid Trade Management Model, Performance Evaluation

요 약

그리드 컴퓨팅의 발전이 증가함에 따라 그리드 자원 관리를 위한 중요성과 필요가 크게 늘어났다. 그러나 지리적으로 분산된 환경에서 자원을 효율적으로 분배하고 활용하는 것은 매우 복잡하다. 이것은 그리드 자원 소유주들이 서로 다른 접근 정책과 제약 조건들을 가지고 있기 때문이다. 사용자들은 그들의 요구에 따라 자원을 요청한다. 그리드 컴퓨팅 시스템의 운영자들은 이러한 요구를 반영하기 위해 시스템 상태를 모니터할 필요가 있다. 그래서 그리드 컴퓨팅 시스템은 자원의 상태를 모니터하는 자원 관리 정책을 필요로 하고 그 자원들을 할당한다. 이 논문은 사용자의 요구와 공급자의 공급 전략에 기반한 거래 할당에 의한 효율적인 자원 관리를 제공하는 사용자 요구 기반 그리드 거래 관리 모델을 제안한다. 성능을 평가하기 위해 이 논문은 자원 거래의 증가율, 거래의 평균 응답 시간, 그리고 처리 시간 활용도를 측정한다. 먼저 거래의 평균 증가율은 경매 모델과 이중 경매 모델보다 각각 585.7%, 322.6% 더 높다. 두 번째로 사용자 요구 기반 그리드 거래 관리 모델의 평균 응답 시간은 3에서 5의 시뮬레이션 시간을 유지한다. 마지막으로, 처리 시간 활용도는 경매 모델과 이중 경매 모델보다 각각 평균 145.4%, 118.0% 더 높다. 이러한 실험 결과는 사용자 요구 기반 그리드 거래 관리 모델의 유용성을 입증한다.

주요어 : 사용자 요구 기반 그리드 모델, 그리드 거래 관리 모델, 성능 평가

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

2005년 12월 28일 접수, 2006년 6월 13일 채택
[1] 인하대학교 컴퓨터공학부
주 저 자 : 마용범
교신저자 : 마용범
E-mail; myb112@hanmail.net

1. 서 론

인터넷의 보편화로 정보의 공유와 인터넷 응용기술에 대한 수요가 증가하고, 대용량 데이터의 효율적인 처리에 대한 관심이 늘어나고 있다. 이를 해결하는 하나의 기술로써, 지리적으로 분산된 자원들의 결합을 통해 고성능의 컴퓨팅 자원으로 활용이 가능한 "그리드"[14]는 차세대 인터넷 서비스로 주목받고 있다. 그리드는 지리적으로 분산된 네트워크 환경에서 컴퓨터, 대용량 저장장치 및 데이터베이스, 첨단 실험장비 등을 고속 네트워크로 연결해 함께 사용할 수 있도록 하는 차세대 컴퓨팅 플랫폼이다. 현재의 인터넷은 거미줄처럼 연결되어 있지만 실제 사용은 양 끝 단의 연결로만 이루어지는 것에 비해 그리드는 가용한 모든 자원들을 공유하는 개념이다. 즉, 네트워크상에서 표준 규격을 통해 이 기종의 시스템을 통합하여 하나의 가상 컴퓨팅 장치를 만드는 것과 같다. 그리드 컴퓨팅은 휴면 자원의 활용을 통한 효율성 증대, 자원의 통합, 데이터 접근의 용이성, 빠른 처리 속도 등의 장점으로 인해 최근 생명공학 분야나 멀티미디어 네트워킹, 금융기관의 자산 관리 등에 적용되고 있으며 많은 기업과 단체들의 연구가 이루어지고 있다.

그리드는 거대한 양의 자원 공유에 기반을 두고 있다. 그리드에서는 지리적으로 넓게 분산된 환경에서 다양한 정책들을 가진 다양한 자원 소유주들에 의해 제어되는 많은 자원들이 하나처럼 사용되어져야 한다[6]. 그리고 각 자원에 의해 제공된 값과 실제 사용자에게 전달되는 제품이나 서비스의 값 사이의 관계는 매우 복잡하다. 게다가 그리드 자원들은 서로 다른 정책과 제약을 따를 뿐만 아니라 스케줄링 되는 소프트웨어 하부구조가 서로 다르기 때문에 매우 동적인 환경 특성을 가진다. 그리드 환경에서는 무한대에 이르는 이러한 다양한 자원들의 공유와 활용을 위해서 그리드 자원을 효율적으로 할당하고 처리하는 메커니즘[7,13]이 필요하다. 즉, 자원들을 효율적으로 사용하게 해주는 자원 관리 정책이 필수적이다. 이러한 자원 관리를 통해 자원에 대한 요구와 공급을 적절히 조절하여 자원 활용도와 사용자의 만족도를 최대화하는 문제 역시 매우 중요하다.

본 논문에서는 그리드 환경에서 자원 요구에 따른 최적의 거래 주문을 제공하는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델을 제안한다. 제안하는 모델은 GRACE(Grid Architecture for Computational Economy)[5,11]를 기반으로 하며 모델에서는 서로 다른 자원 요구 성향에 따라 그룹화된 그리드 사용자와 자원 공급 전략이 다른 그리드 자원 공급자간의 거래를 통해 그리드 컴퓨팅 자원의 요구와 공급에 대한 효율적인 자원의 분배를 실시한다. 제시하는 자원 공급 전략은 TAC SCM[2]에서 에이전트의 하나인 MinneTAC[15,16]의 두 가지 판매 전략을 적용하여 실제 시장에서의 소비자와 공급자 양쪽의 거래 만족도 및 이익을 최대화한다. 또한 이러한 효율적인 자원의 분배를 위한 알고리즘으로 최적 거래 요청 알고리즘을 제공하며, 실험을 통해 모델의 효율성과 유용성을 입증한다.

2. 관련 연구

2.1 경제 모델 기반의 자원 관리 모델

그리드 컴퓨팅에서 자원 관리를 위해 많은 모델들이 개발되었다[8,10]. 기존의 경제모델을 그리드 자원 관리에 적용하여 자원의 검색과 공유, 스케줄링 등을 제공하는 분산된 계산 경제 기반의 구조의 GRACE(Grid Architecture for Computational Economy)가 제안되고 발전되었다. GRACE는 자원 관리에 경제적 원리를 도입하여 시장 기반 시스템의 잠재적인 이익 창출에 대한 이해를 돕고 의사결정 처리가 모든 사용자와 자원 소유자에 걸쳐 분산되어 있어 높은 확장성을 가진다. 또한 사용자 중심의 스케줄링 정책 발전을 가능하게 하며 자원의 공급과 요구 통제를 통해 동적인 자원 할당을 실시한다. 대표적으로 상품 시장 모델[5], 매매 교섭 모델[5], 경매 모델[5], 이중 경매 모델이 있다. 본 논문에서 제안하는 사용자 요구 기반 그리드 거래 관리 모델은 효율적인 자원 할당을 위해 소비자가 가격을 제시하면 중개자가 조건에 적합한 공급자를 찾아주는 방식을 기초로 한다. 기존의 모델들이 소비자나 공급자 한 쪽의 측면만을 고려하거나 가격 협상 과정이 길어지는 단점을 가지고 있다. 제안하는 모델은 소비자의 요구를 만족시키면서 공급자의 공급 전략에 맞는 거래의 성사를 가능하게 한다. 또한, 그리드 환경에서는 대규모의 자원이 관리되며 자원 사용자들과 공급자들이 다양한 특성을 가진다는 점을 고려하여 N:N의 관계를 지원함으로서 동적인 자원 활용을 제공하고 활발한 자원 거래와 휴면 자원의 감소를 기대한다.

2.1.1 상품 시장 모델

상품 시장 모델[5,9,13]은 자원 소유자들이 GMD(Grid Market Directory)에 자원의 가격을 공시하고 중개자가 적합한 공급자와 연결해준다. 상품 시장 모델에서 자원 공급자는 소비자들의 자원 소비량에 따라 자원의 가격을

결정하여 GMD(Grid Market Directory)에 공시한다. 즉, 자원의 가격은 다양한 매개변수를 통해 결정될 수 있지만 수요와 공급에 따라 유동적이거나 고정될 수 있다. 소비자는 자원 브로커에게 매개변수들을 전달하고 자원 브로커는 GMD와 GTS(Grid Trade Server)의 상호 동작을 통해 적절한 공급자를 확인하여 소비자와 공급자를 연결한다. 상품 시장 모델에서 소비자는 가격 결정에 참여할 수 없으며 공급자 위주의 거래가 이루어진다. 따라서 소비자나 공급자 한 쪽의 측면을 고려한 모델이라는 단점을 지닌다.

2.1.2 매매 교섭 모델

매매 교섭 모델[5,17]은 소비자가 조건을 제시하고 중개자가 가장 낮은 가격으로 가장 높은 사용 지속을 제시한 공급자를 찾아 연결해준다. 매매 교섭 모델에서 자원 브로커들은 더 낮은 접근 가격과 더 높은 사용 기간으로 각 공급자들과 매매 교섭을 벌인다. 브로커와 공급자 모두 자신들의 목표 함수를 가지고 양측이 모두 만족하는 적정가에 도달하거나 둘 중 하나가 더 이상 협상할 의사가 없을 때까지 협상을 계속한다. 브로커는 매우 낮은 가격으로 협상을 시작하고 가능한 싼 가격으로 협상하길 시도하며 이는 소비자의 요구에 의해 좌우되기 때문이다. 이는 자원 활용도를 감소시키는 요인이 되기 때문에 공급자는 자원의 소모를 위해 가격을 낮추기도 한다. 일반적으로 시장 수요와 공급이나 가격이 명확히 정립되어 있지 않을 경우 이 모델을 채택한다.

2.1.3 경매 모델

경매 모델[1,5,12]은 공급자가 자원을 등록하고 소비자는 지속적인 경쟁 입찰을 하여 중개자가 둘 사이에서 조정하는 형태로 현재 가장 응용이 많이 이루어지고 있다. 경매 모델은 하나의 자원 공급자와 여러 소비자들 사이에서 1:N의 협상을 지원하고 대개 하나의 매개 변수(i.e, 가격)로 협상을 한다. 실세계에서 경매는 일정한 경매 기간내에 물건을 파는데 사용되며 공급자, 경매인, 소비자 3명의 주요 구성원을 포함한다. 그리드 환경에서 자원 공급자는 서비스를 공지하고 소비자들의 입찰을 받는다. 소비자들은 경매가 진행됨에 따라 더 높은 가격으로 입찰을 갱신하고 공급자는 제시된 판매가를 수정하여 최종적으로 가장 높은 가격을 제시한 소비자와 연결되는 방식이다. 경매방식에 따라 각 소비자들의 입찰가는 모두에게 공개될 수도 있고 공개되지 않을 수도 있다.

2.1.4 이중 경매 모델

이중 경매 모델[8,9,17]은 소비자와 자원 공급자 양측 모두를 만족시키기 위해 상호 입찰하는 방식으로 최근에 가장 주목받고 있는 모델이다. 이전까지의 모델에서는 단일 공급자에 의해 거래 메커니즘이 통제되었지만 이중 경매 모델에서는 자원 공급자와 소비자가 상호 입찰하는 방식으로 거래가 이루어진다. 일반적으로 공급자는 보다 높은 가격으로 자원을 공급하길 원하고 소비자는 보다 낮은 가격으로 자원을 사용하길 원한다. 공급자와 소비자 사이의 조정을 위해 각각의 참여자들은 가격 탄력성을 가지며 입찰이 진행됨에 따라 공급자는 자신의 가격 탄력성만큼 낮춰서 입찰을 갱신하고, 소비자는 자신의 가격 탄력성만큼 높여서 입찰을 갱신한다. 입찰 가격이 서로 시장 균형(Market Equilibrium)에 도달하게 되면 거래는 성사되며 이는 실생활의 시장 거래와 비슷하다.

2.2 DEVS 방법론

본 논문에서는 그리드 환경에서 수시로 변화하는 자원 요구를 표현하기 위해서 DEVS(Discrete EVent system Specification) 방법론[3,4]을 적용하였다. DEVS 방법론은 연속적인 시간상에서 사건을 발생시키는 이산 사건 시스템의 시뮬레이션을 위한 모델링 방법론으로서 계층적이고 모듈화된 모델링이 가능하다. DEVS 모델은 X, S, Y 3개의 집합과 4개의 상태 변환 함수를 포함하는 다음과 같은 수학적인 방법을 통해 구성된다.

$$M = <X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \delta_{con}, \lambda, ta>$$

X는 외부 입력 사건의 집합을 의미하고 S는 순차적인 상태 집합을 의미하며 Y는 출력 사건 집합을 의미한다. $\delta_{int}(S)$는 내부 전이 함수를 가리키고 $\delta_{ext}(Q, X^b)$는 외부 전이 함수를 가리킨다. 여기서 Q의 수학적 정의는 $Q = \{(s,e) \mid s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\}$와 같다. e는 최종 상태 전이까지의 경과시간을 나타낸다. X^b는 X의 요소 집합이다. $\delta_{con}(S, X^b)$는 융합 전이 함수이다. $\delta_{ext}(Q, X^b)$과 $\delta_{con}(S, X^b)$는 약간의 입력들을 처리하고 현재 상태로부터 다음 상태와 경과시간 e를 기술한다. $\delta_{con}(S, X^b)$는 입력들을 처리하고 내부 사건을 동시에 처리한다. $\lambda(S)$는 외부 출력 사건이 발생하는 외부 함수이며, ta(S)는 시간 진행 함수이고 시스템이 상태 S에 머무르는 동안의 시간 간격을 통합한 것이다. 외부 사건이 발생하지 않을 때 경과시간 e는 상태에서 머무르는 시간이다.

3. 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델

그리드 컴퓨팅 환경에서는 자원을 적절히 분배하고 관리하는 것이 무엇보다 중요한 문제이다. 우리는 이러한 자원 관리 문제를 해결하기 위해 TAC SCM의 Agent 모델 중 하나인 MinneTAC의 판매 전략을 도입하여 공급 조정을 통한 효율적인 자원 관리가 가능한 새로운 모델을 제시한다. 전략의 도입을 통해 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 그리드 환경 하에서 발생 가능한 거래의 손실과 지연 시간을 줄이고 거래 횟수를 높임으로써 자원의 활용도를 높여 전체적인 시스템의 활성화를 목표로 한다. 빠른 응답 시간을 위해서는 각 그리드 사용자의 요구를 잘 반영할 수 있는 공급자와 거래를 연결해 주는 방법이 필요하다. 본 모델에서는 요청되는 거래의 조건에 맞는 공급자에게 거래를 주문하고 매 거래요청마다 각 공급자의 상태를 확인하여 거래를 주문함으로서 이를 해결한다. 우리는 임시적으로 각 생산자가 공급하는 자원의 비용은 모두 같다고 가정한다. 이 장에서 우리는 기본적인 모델에 대해 설명하고 그리드 자원 브로커의 공급을 조정하는 두 가지 자원 공급 전략과 그에 따른 최적 거래 요청 알고리즘을 제시한다.

3.1 기본 모델 구조

사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 기본적으로 4개의 컴포넌트(그리드 사용자, 그리드 자원 브로커, 그리드 자원 공급자, 은행 계좌 관리자)로 구성되며 그림 1과 같이 n명의 그리드 사용자로 구성된 세 개의 그리드 사용자 그룹과 m명의 그리드 자원 공급자로 구성된 두 개의 그리드 자원 공급자 그룹을 포함한다. 그리드 사용자는 가격과 요구량 등으로 구분된 구매 성향에 따라 세 그룹으로 나누어지고 그리드 자원 공급자는 자원 공급 전략에 따라 두 그룹으로 나누어진다.

그리드 사용자 컴포넌트는 자원의 요구와 주문된 거래에 따른 자원의 소모를 담당하고 그리드 자원 브로커 컴포넌트는 그리드 사용자와 공급자를 연결시켜주고 공급자의 전략에 맞는 사용자의 거래를 각 공급자에게 전달한다. 또한, 주문을 위해 그리드 사용자는 가격과 요구량, 주문일, 만기일 등의 정보를 포함한 거래를 요청하고 자원 브로커는 시장에서 형성된 실제 시장 가격, 자원량 등의 정보를 제공하며 그리드 자원 공급자 컴포넌트는 요청된 거래를 주문 받아 사용자에게 자원을 공급한다. 그리드 사용자가 계속해서 거래를 요청함에 따라 자원 공급자의 자원 공급 한도를 초과할 경우가 발생하게 되는데 공급자

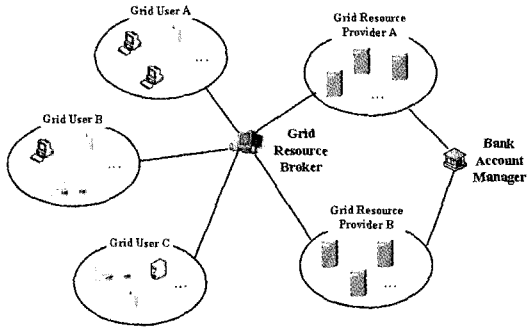

그림 1. 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델의 기본 구조

그룹 내 각 공급자는 공급 한도를 초과할 경우 거래를 취소하게 되고 사용자 역시 해당 거래를 취소하고 다음 거래를 주문하게 된다. 은행 계좌 관리자 컴포넌트는 각 그리드 자원 공급자의 거래 성립에 따른 기대 이익을 저장한다. 그리드 사용자로부터 요청된 하나의 거래가 완료되면 자원 공급자는 해당 거래의 기대 이익을 은행 계좌 관리자에게 보낸다.

거래 요청은 정기적으로 이루어지며 모든 거래는 자원 브로커를 통하게 된다. 일반적인 상업 시장에서 많은 양의 상품을 주문할 경우 판매가보다 낮은 가격을 제시하고 판매자 역시 상품 하나당 이익이 다소 낮더라도 많은 양을 주문하면 가격을 낮춰준다. 반대로 적은 양의 상품을 주문할 경우 판매자는 생산을 위한 비용은 같지만 이익이 높지 않기 때문에 가격을 높일 수 있다. 우리는 모델에서 이러한 성향에 따른 그리드 사용자 그룹의 표현을 통해 상업시장에서의 대량판매와 소량판매의 차이를 잘 반영한다. 그리드 자원 공급자의 판매 이익은 거래 가격, 거래 요구량과 상관 관계에 있으므로 그리드 자원 공급자는 이익을 최대화하기 위해 기존 거래 가격 이하로 더 많은 자원을 제공할 수 있다. 그리드 자원 브로커는 그리드 사용자와 공급자를 연결해주고 자원 공급 집중현상의 방지를 위해 공급자의 상태에 따른 거래를 할당한다. 이것은 거래 요청 성향에 따라 공급자를 연결함으로써 사용자 측면에서는 가격과 요구량 등의 조건을 최대한 만족시키고 공급자 측면에서는 거래에 따른 기대 이익을 높여줌으로써 자원 분배 문제의 해결과 함께 각 구성원의 거래 만족도도 높여준다. 즉, 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 시장의 보이지 않는 손이라 불리는 특성을 제공함으로써 그리드 사용자들에게 자원의 효율적인 할당과 사용을 보증할 수 있다. 또한 자원 공급자에게 거래에 따른 최대의 이익을 보장한다.

3.2 두 가지 자원 공급 전략

우리는 그리드 자원 공급자의 자원 공급 전략 중 하나로 요청된 주문으로부터 평가된 이익인 *Profit*이 최대화되는 거래를 우선적으로 선택하는 MaxEProfit[15,16] 전략을 적용한다. *Profit*은 *Profit=price-cost*로부터 구할 수 있고 요청된 거래에서 그리드 사용자가 제시하는 자원의 사용에 따른 가격(*price*)에서 실제 시장에서 형성된 비용(*cost*)을 뺀 자원 하나당 이익을 말한다. 그리드 자원 브로커는 자원당 이익이 최대가 되는 거래를 MaxEProfit 전략을 가진 그리드 자원 공급자에게 주문하기 위해 그리드 자원 사용자의 거래 요청이 이루어질 때마다 *Profit*을 측정한다. TAC SCM에서는 주문으로부터 기대되는 이익을 계산하고 가격을 결정하기 위해 식 (1)[15]을 사용한다. TAC SCM에서는 제안가, 요구량, 거래승인 확률, 리드타임, 예약가, 페널티, 상품 타입 등으로 고객의 주문을 받을 기대 확률인 *P(order)*가 설정되지만 이 논문에서는 제안하는 가격과 요구량에 따라 *P(order)*를 가정한다.

$$E[Profit] = Profit \times P(order) \quad (1)$$

그리드 자원 공급자의 두 번째 자원 공급 전략으로 거래 요청 가격을 거의 고려하지 않고 주문량인 OQ(Order Quantity)가 최대인 거래를 우선적으로 선택하는 DemandDriven[15,16] 전략을 적용한다. OQ는 각 거래에서 그리드 사용자가 제시하는 자원의 요구량과 같으며 그리드 공급자는 이러한 사용자의 요구량만큼 충분한 자원을 공급할 수 있다고 가정한다. 따라서 그리드 자원 브로커의 각 거래의 주문량은 그리드 사용자의 요구량과 항상 같다. 두 번째 전략 역시 고객의 주문을 받을 확률은 제안 가격과 요구량에 따라 가정한다.

3.3 최적 거래 요청 알고리즘

우리는 그리드 사용자와 공급자간 효율적인 거래를 위해 모델 내에서 중개자 역할을 하는 그리드 자원 브로커를 구성했다. 실제 시장에서는 동시에 여러 개의 거래가 요청될 수 있다. 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 그런 실제 시장의 특징을 반영하기 위해 서로 다른 성향의 그리드 사용자를 두었고 각 거래 요청은 동시에 이루어질 수도 있고 각각 요청될 수도 있다. 요청된 거래는 그리드 자원 브로커를 거치게 되는데 우리는 효율적인 자원의 공급을 위해 서로 다른 전략을 가진 두 공급자에게 최적의 거래 주문을 요청할 필요가 있다. TAC SCM에서는 각 에이전트가 정하는 가격과 그들이 평가하는 주문승인 확률에서 두 판매 전략이 다르다. 우리는 사용자의 요구에 따른 적절한 공급자와의 연결을 위해 두 판매 전략을 도입시킨 최적 거래 요청 알고리즘을 제시한다.

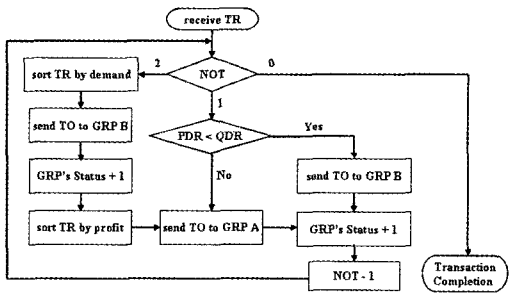

그림 2. 그리드 자원 브로커의 최적 거래 요청 알고리즘

그림 2는 그리드 자원 브로커가 그리드 자원 공급자와 자원을 요구하는 그리드 사용자간 거래를 성립시키기 위한 최적 거래 요청 알고리즘을 표현한 것이다. 요청된 거래의 수가 하나, 즉 비교대상이 없는 거래의 경우는 해당 거래의 PDR(Profit Difference Rate)과 QDR(Quantity Difference Rate)을 비교하여 어떤 전략을 가진 그리드 자원 공급자에게 거래를 주문할 지 결정한다. 자원 브로커는 PDR이 큰 경우 자원 하나당 기대 이익이 최대가 되는 거래를 선택하는 MaxEProfit 전략을 가진 GRP A에게 TO(Transaction Order)를 보낸다. 만약 QDR이 더 크다면 자원 브로커는 많은 거래량을 통해 많은 기대 이익을 얻을 수 있다고 판단하고 요구량이 최대가 되는 거래를 선택하는 DemandDriven 전략을 가진 GRP B에게 TO를 보낸다. 각각의 GRP에서는 거래의 주문이 이루어졌으므로 상태를 변화시키고 자원 브로커는 하나의 작업에 대한 거래 할당을 완료하게 된다. 만약 요청된 거래의 수가 둘 이상, 즉 비교대상이 존재할 경우 자원 브로커는 동일한 시간에 요청된 모든 거래에 대해 주문 요구량에 따라 정렬을 한다. 정렬을 통해 요구량이 최대가 되는 거래를 GRP B에게 보내게 되고 나머지 거래는 기대 이익에 따라 정렬한 후 최대가 되는 거래를 GRP A에게 보낸다. 각각의 GRP는 주문에 따른 상태를 변화시키고 자원 브로커는 모든 거래에 대한 할당이 이루어질 때까지 반복한다.

4. 실험 및 결과 분석

우리는 시간의 흐름에 따른 자원의 요구와 사용을 표현하기 위해 DEVS 모델을 사용하여 시뮬레이션 모델을

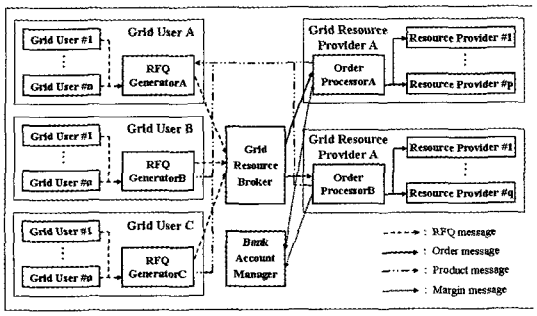

그림 3. 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 시뮬레이션 모델 구조

표현했다. 메시지의 전달을 통해 사용자가 계속적으로 자원의 사용을 요구하고 공급자는 자원을 공급하도록 표현하고 각 메시지의 흐름에 따라 이벤트를 발생시켰다. 우리는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델의 성능을 평가하기 위해 그림 3과 같이 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 시뮬레이션 모델은 메시지 이벤트 드리븐 방식으로 동작하고 모델의 성능을 보다 정확하게 평가하기 위해 두 가지의 실험을 하였다. 첫 번째 실험은 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델 외에도 기존의 경제모델인 경매 모델과, 이중경매 모델의 거래 증가율, 평균 응답시간, 거래당 처리시간 활용도를 비교했다. 두 번째 실험은 모델 내에서 최적의 공급자 구성비를 분석하기 위해 제안하는 모델의 공급자 구성비에 따른 평균 거래 횟수와 평균 지연시간, 각 공급자의 기대 이익을 비교했다. 두 가지 실험을 통해 제안하는 모델의 유용성을 입증한다.

4.1 시뮬레이션 모델 구성

우리가 제안하는 모델은 계산 그리드를 위한 분산된 그리드 구조(GRACE) 형태로 구성되며 Grid User, Grid Resource Broker, Grid Resource Provider, Bank Account Manager의 네 가지 키 컴포넌트를 포함한다.

Grid User 컴포넌트는 그리드 자원의 사용을 요청하는 사용자를 표현한 컴포넌트로서 실제 시장 가격에 대한 비율을 가진 입찰가격과 자원량 등의 정보를 포함하는 RFQ 메시지를 통해 Grid Resource Broker에게 전달한다. 우리는 실험을 위해 Grid User의 성향에 따라 세 개의 그룹으로 그룹화하였다. 각각의 Grid User의 성향은 표 1과 같이 구분하여 설정한다. 표 1에서 Grid User A, Grid User B, Grid User C는 시뮬레이션 모델 내에서 성향에 따라 구분되어 그룹화된 컴포넌트이다. 각 컴포넌트는 제시된 범위 내에서 랜덤한 값으로 실제 입찰가격과 자원량을 결정하게 된다. 표에서 알 수 있듯이 Grid User A는

표 1. Grid User 성향에 따른 그룹화 설정

Grid User	입찰가격 변동폭(%)	자원량 변동폭(%)
Grid User A	90 ~ 140	20 ~ 70
Grid User B	60 ~ 110	50 ~ 120
Grid User C	20 ~ 90	90 ~ 150

기준이 되는 값보다 높은 가격으로 적은 양의 자원을 요구하는 성향을 지니고 Grid User B는 기준치에서 크게 벗어나지 않는 가격과 자원량을, Grid User C는 낮은 가격으로 많은 양의 자원을 요구하는 성향을 지닌다.

Grid Resource Broker 컴포넌트는 자원의 사용을 요청한 각 Grid User와 자원을 공급하는 Grid Resource Provider간의 중개인 역할을 하는 컴포넌트로서 사용자의 요청에 맞는 공급자를 검색해주고 실제 시장 가격과 자원량 등의 정보를 포함하며 이를 그리드 구성원들에게 알려준다. 또한 Grid Resource Broker는 가격, 자원량, 요청일, 만기일 등의 정보를 Grid Resource Provider에게 전달한다.

Grid Resource Provider는 그리드 자원을 제공하는 자원 공급자를 표현한 컴포넌트로서 거래를 위한 전략에 따라 두 개의 그룹으로 그룹화하였다. Grid Resource Provider A는 기대 이익이 높은 거래를 우선적으로 채택하는 전략을 지니며 Grid Resource Provider B는 기대 이익보다 자원량이 많은 거래를 우선적으로 채택하는 전략을 지닌다. 각 Grid Resource Provider는 보다 높은 이익과 보다 적은 손해를 위해 입찰가격과 비용에 따라 고객 주문을 받을 것인지를 나타내는 확률인 거래 채택률(Transaction Accept Rate, TAR)을 지니며 표 2와 같이 설정한다.

표에서 입찰가격은 Grid Resource Broker를 통해 Grid Resource Provider에게 요청되는 Grid User의 거래에 대한 입찰가격이며 Grid Resource Provider는 비용보다 낮은 입찰가를 제시한 거래는 낮은 확률의 TAR을 적용함으로써 손해를 줄인다. 또한 비용과 비슷한 수준의 거래는 자원 요구량이 많을 경우를 생각하여 약 70%의 TAR을 적용하며 자원당 기대 이익이 비용의 수준만큼 될 경우는 약 90%의 TAR을 적용하여 식 (2)와 같이 거래당 기대 손익(Expected Margin, EM)을 조정한다.

$$EM = Profit \times OQ \times TAR \quad (2)$$

Grid Resource Provider는 적용된 TAR과 Grid Re-

표 2. Grid User의 입찰가격에 따른 Grid Resource Provider의 TAR(비용=50)

GRP	입찰가격(단위 가격)	TAR(%)
Grid Resource Provider A, B	가격 ≤ 10	00
	10 < 가격 ≤ 30	05
	30 < 가격 ≤ 50	10
	50 < 가격 ≤ 70	70
	70 < 가격 ≤ 90	75
	190 < 가격 ≤ 100	80
동 일	100 < 가격 ≤ 120	90
	120 < 가격	95

source Broker로부터 받은 가격, 요청일, 만기일 등의 정보에 따라 Grid User에게 서비스를 제공하고 만기일이 되면 거래가 성립된 것으로 보고 거래횟수, 응답시간 등의 정보를 Grid User에게 보내고 총 기대 이익을 계산한다. Grid User는 Grid Resource Provider로부터 받은 거래 증가율, 응답시간, 기대 이익 등의 정보를 통해 모델의 효율성과 성능을 분석한다.

Bank Account Manager는 각 자원 공급자로 부터 계산된 거래당 기대 손익에 대한 정보를 저장하는 역할을 한다. Grid User의 계속적인 자원 사용에 대한 요구와 Grid Resource Provider의 자원 공급을 통해 각 거래는 성립될 수 있다. 거래가 성립될 때 마다 Grid Resource Provider로부터 계산된 총 기대 이익은 Bank Account Manager에게 전달되고 저장된다.

4.2 거래 증가율과 평균 응답 시간

첫 번째 실험은 Grid User에 의해 시간의 흐름에 따른 거래의 증가율과 Grid User에 의해 요청된 거래가 완료되기까지의 시간을 나타낸 응답시간을 통해 경매, 이중경매 모델, 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델을 비교 분석하여 성능을 측정하는 실험이다. 이 실험에서 보다 현실성 있고 신뢰성 있는 실험을 위해 Grid User를 서로 다른 구매성향을 띤 세 개의 그룹으로 그룹화하고 총 거래 요청을 세 모델 모두 동일하게 약 23만개 발생시켰다.

그림 4는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델과 기존의 경매, 이중경매 모델과의 거래 증가율을 비교하여 그래프로 표현한 것이다. 실험에서 거래 증가율을 측정하기 위해 식 (3)을 사용한다. (3) 식에서 *NumberOfTrades*는 단위 시간(DEVS time=1000)당 거래의 횟수를 나타내고 *SimulationTime*은 실험에서의 시간을 의미한다. 실

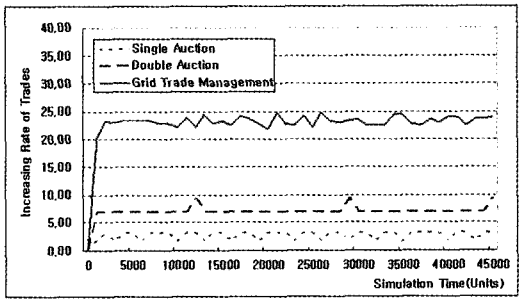

그림 4. 시간의 흐름에 따른 거래 증가율

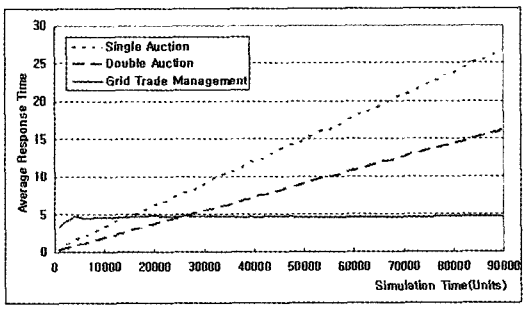

그림 5. 거래당 평균 응답 시간

험의 결과, 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 경매 모델보다 585.7%, 이중경매 모델보다 322.6% 더 높은 거래 증가율을 보였다. 이러한 결과는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델이 시간이 지남에 따라 더 많은 거래를 완료할 수 있고 이로 인해 시스템의 효율을 높인다는 것을 입증한다.

$$\text{Increasing Rate of Trades} = \frac{NumberOfTrades_i - NumberOfTrades_{i-1}}{SimulationTime_i - SimulationTime_{i-1}} \quad (3)$$

그림 5는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델과 기존의 경매, 이중경매 모델과의 거래당 평균 응답 시간을 비교하여 그래프로 표현한 것이다. 기존의 모델인 경매, 이중경매 모델은 시간이 지남에 따라 응답시간이 느려지고 우리가 제안하는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 3~5 사이의 비교적 일정하고 빠른 응답 시간을 나타냄을 알 수 있다. 시뮬레이션 타임이 약 25,000일 때까지 경매, 이중경매 모델의 거래당 평균 응답 시간이 빠르지만 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 시간이 지나도 응답 시간이 일정하게 유지된다. 이러한 결과는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델이 그리드 서비스

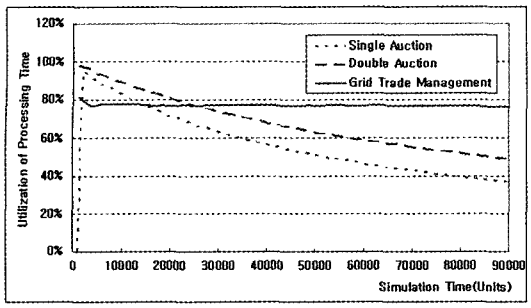

그림 6. 거래당 처리 시간의 활용도

에서 발생 가능한 거래의 지연을 줄여 그리드 사용자들에게 더 많은 시장 참여의 기회를 제공함으로써 그리드 자원 이용도를 높일 뿐만 아니라 그리드 사용자들의 거래 만족도를 높이는 효과를 가져온다는 것을 입증한다.

4.3 거래당 처리 시간의 활용도

두 번째 실험은 시간의 흐름에 따라 변화하는 거래당 처리 시간의 활용도를 통해 성능을 측정하는 실험이다. 첫 번째 실험과 마찬가지로 보다 현실성 있고 신뢰성 있는 실험을 위해 Grid User를 서로 다른 구매성향을 띤 세 개의 그룹으로 그룹화하고 총 거래요청을 약 23만개 발생시켰다.

그림 6은 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델과 기존의 경매, 이중경매 모델과의 거래당 평균 처리 시간에 따른 활용도를 비교하여 그래프로 표현한 것이다. 실험에서 각 거래의 처리 시간의 활용도를 측정하기 위해 식 (4)를 사용한다. (4) 식에서 *ExecuteTime*은 실험에서의 각 거래의 실제 처리 시간을 나타내고 *FinishedTime*은 거래가 최종적으로 완료된 시간을 나타낸 것으로 거래를 위한 대기 시간이나 지연 시간을 포함한 시간을 의미한다. *RequestedTime*은 거래가 요청된 시간을 나타내며 고객의 거래 요청이 발생된 시간을 의미한다. 그래프에서 시뮬레이션 초기에는 경매 모델과 이중경매 모델이 더 높은 활용도를 보이지만 시간이 지남에 따라 활용도가 떨어지는 반면, 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 약 80%의 일정한 활용도를 보여준다. 실험의 결과를 분석하기 위해 식 (5)와 같이 활용도의 증가율을 측정하였다. 그 결과, 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델은 경매 모델보다 평균 145.4%, 이중경매 모델보다 평균 118.0% 더 높은 활용도의 증가율을 보였다. 이러한 결과는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델이 보다 안정적이고 많은 거래를 처리하여 시스템 성능도 향상시킨다는 것을 입증한다.

표 3. 공급 전략이 다른 두 GRP간 구성비

구 성	공급자간 구성비		
	GRP A	:	GRP B
구성비 1	20%	:	80%
구성비 2	30%	:	70%
구성비 3	40%	:	60%
구성비 4	50%	:	50%
구성비 5	60%	:	40%
구성비 6	70%	:	30%
구성비 7	80%	:	20%

$$Utilization\ of\ Processing\ Time = AVG\left(\frac{\sum ExecueTime_i}{\sum (FinishedTime_i - RequestedTime_i)}\right) \quad (4)$$

$$Increasing\ Rate\ of\ Utilization = AVG\left(\frac{Utilization\ of\ User\ Demand\text{-}Based\ Grid\ Trade\ Mangement}{Utilization\ of\ Single\ Auction}\right) \quad (5)$$

4.4 모델 내 최적의 공급자 구성비 분석

앞의 두 실험에서는 기존 모델과의 비교 실험을 통해 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델의 효과를 입증했다. 세 번째 실험에서는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델 내에서 공급 전략에 따른 두 공급자의 비율에 따른 평균 거래 횟수, 거래의 지연 시간, 기대 이익을 비교 분석하여 최적의 공급자 구성비를 측정하는 실험이다. 우리는 실험을 위해 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델을 첫 번째 실험처럼 Grid User를 구매성향에 따라 세 개의 그룹으로 그룹화하고 Grid Resource Provider를 자원 공급 전략에 따라 두 개의 그룹으로 구분하고 구성비를 표 3과 같이 변화시키면서 각각의 경우에 따른 성능을 측정하였다. GRP(Grid Resoource Provider) A는 MaxE-Profit 전략을 가진 자원 공급자를 나타내며 GRP B는 DemandDriven 전략을 가진 자원 공급자를 나타낸다.

그림 7은 GRP 구성비에 따른 실험에서 세 그룹으로 구분된 Grid User의 평균 거래횟수와 거래의 평균 지연 시간을 그래프로 표현한 것이다. 그래프에서 거래는 GRP의 구성비가 5:5인 실험에서 가장 많이 발생하였고 GRP간 구성비의 차가 크지 않은 경우에 더 많은 거래가 발생함을 보여준다. 또한 거래의 평균 지연 시간은 구성비가

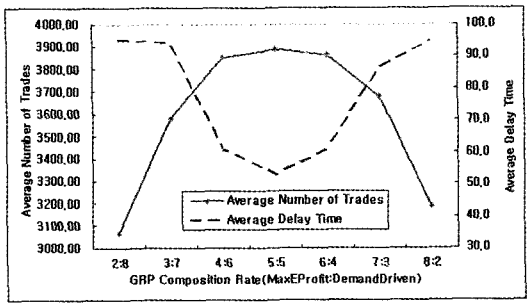

그림 7. GRP 구성비에 따른 평균 거래횟수와 평균 지연 시간

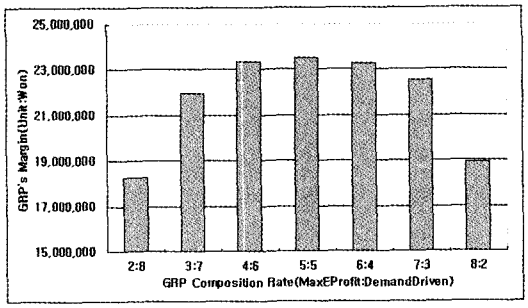

그림 8. GRP 구성비에 따른 각 GRP의 기대 이익

5:5인 실험에서 가장 짧았으며 GRP간 구성비의 차가 크지 않은 경우에 지연 시간이 길지 않음을 보여준다. GRP간 구성비의 차가 같은 두 실험에서는 서로 경쟁적이긴 하나 MaxEProfit 전략을 가진 GRP A의 비율이 높은 실험에서 조금 더 많은 거래가 발생하고 지연 시간이 짧은 것을 알 수 있다. 실험에 앞서 자원당 이익이 높은 거래를 채택하는 MaxEProfit 전략을 사용하는 GRP A의 구성비가 높을 경우 더 많은 거래가 일어나고 지연 시간이 더 짧을 것으로 예상했으나 GRP B의 구성비가 낮기 때문에 발생되는 거래 지연과 이에 따른 거래의 취소 등으로 거래횟수가 감소되고 지연 시간이 길어지며 결국 성능저하의 요인이 되었다. 실험의 결과, GRP의 구성비가 5:5인 경우에 그리드 사용자에게 더 많은 거래의 기회를 제공하고 사용자의 요구에 보다 빠르게 대응하여 그리드 자원 이용을 촉진시킨다는 것을 입증한다.

그림 8은 GRP 구성비에 따른 실험에서 GRP의 기대 이익을 도식화한 것이다. 이익은 구성비가 5:5인 실험에서 가장 많았으며 GRP간 구성비의 차가 크지 않은 경우에 더 높은 이익을 낼 수 있음을 보여준다. GRP간 구성비의 차가 같은 두 실험에서는 서로 경쟁적이지만 MaxEPrifit 전략을 가진 GRP A의 비율이 높은 실험에서 조금 더 많은 이익이 기대됨을 알 수 있다. 실험에 앞서 자원당 이익이 높은 거래를 채택하는 MaxEProfit 전략을 사용하는 GRP A의 구성비가 높을 경우 더 높은 이익이 나타날 것으로 예상했으나 GRP B의 구성비가 낮기 때문에 발생되는 거래횟수의 감소와 거래 지연, 이에 따른 거래의 취소 등으로 다른 실험보다 적은 기대 이익을 나타내었다. 우리는 이 실험에서 GRP의 구성비가 5:5인 경우에 기대 이익이 가장 높은 것을 알 수 있고 이러한 결과는 고른 GRP의 구성이 공급자 측면에서 가장 높은 수익률을 기대할 수 있다는 것을 입증한다.

5. 결 론

그리드 환경 하에서 자원은 지역적으로 분산되고 서로 다른 사용법과 가격 정책을 가진 다양한 자원 소유주가 소유하고 있다. 따라서 이러한 대규모의 분산된 환경에서 자원의 분배와 관리는 아주 복잡한 문제이다. 본 논문에서는 이러한 특성을 가진 그리드 컴퓨팅 시스템의 모델링을 위해 DEVS 방법론을 적용한 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델을 제안하였다.

사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델에서는 자원의 할당과 관리를 위해 최적 거래 알고리즘을 도입하고 분산된 컴퓨팅 환경에서 많이 응용되는 입찰/계약 방식을 이용한다. 이를 통해 그리드 사용자는 자신에게 맞는 공급자와 거래하여 거래량을 최대화하고 거래지연시간을 최소화하며 그리드 자원 공급자의 거래횟수를 늘리고 활용도를 높임으로써 양측 모두의 거래 만족도를 향상시킨다. 또한, 그리드 자원 공급자의 비율을 적절히 조정함으로써 효율적인 자원 할당과 분배를 제공하여 휴면 자원을 감소시키고 시장 참여의 기회를 높임으로서 전체 시스템의 성능을 향상시킨다. 본 논문에서는 자원의 할당과 관리 외에도 그리드 사용자와 그리드 자원 공급자 사이에 그리드 자원 브로커를 두어 자원과 사용자의 결합을 지원하고 최적의 거래 할당 알고리즘을 적용시킴으로서 기존의 모델들과는 달리 N:N의 관계를 지원한다. 또한 그리드 사용자는 그리드 자원 브로커를 통해 모든 자원에 대한 정보를 검색하고 그리드 자원 공급자 역시 그리드 자원 브로커를 통해 시장 정보와 그리드 사용자에 대한 정보를 제공받음으로써 주문이 이루어지고 거래가 성립된다.

사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델의 성능을 평가하기 위해 본 논문에서는 시뮬레이션 모델을 설계하여 기존의 모델인 경매 모델, 이중 경매 모델과 비교 실험을 실시하고 모델 내 공급자간 최적의 비율을 분석하는 실험

을 하였다. 실험 결과는 본 논문에서 제안하는 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델이 더 많은 평균 거래 횟수와 더 빠른 평균 응답시간을 제공하며 주문의 취소를 줄이고 거래 참여의 기회를 보다 많이 제공하여 더 많은 자원을 활용할 수 있게 한다는 것을 보여준다. 이것은 사용자 요구기반 그리드 거래 관리 모델이 분산된 그리드 컴퓨팅 환경에서 자원을 할당하고 관리하는데 매우 효과적이라는 것을 보여주며 이를 통해 자원 활용도와 효율을 높여 전체적인 시스템 성능 향상을 가져올 수 있다는 것을 증명한다.

참 고 문 헌

1. A. Lazar and N. Semret(1997), Auctions for Network Resource Sharing, TR 468-97-02, Columbia University.
2. Arunachalam, R., Sadeh, N., Eriksson, J., Finne, N., and Janson(2004), The Supply Chain Management Game for the Trading Agent Competition 2004, CMU-CS-04-107, ISRI tech. report.
3. B.P. Zeigler, et al.(1996), DEVS Framework for Modeling, Simulation, Analysis and Design of Hybrid Systems in Hybrid II, Leture Notes in CS, Springer-Verlag, Berlin, pp. 529-551.
4. 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.
5. Buyya, R.(2002), Grid Economy: A Market Paradigm for Distributed Resource Management and Scheduling for Service Oriented Grid Computing, PhD Thesis, Monash University, Australia.
6. F. Berman, G. Fox and T. Hey(2003), Grid computing : making the global infrastructure a reality, J. Wiley, New York.
7. Ian Foster, Carl Kesselman(2003), The Grid2 : Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann, November, pp. 259-265.
8. Joita, L., Rana, O., Gray, W., Miles, J.(2004), A Double Auction Economic Model, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3149, Springer- Verlag, pp. 409-416.
9. Klemperer, P.(2004), Auctions: Theory and Practice, Princeton University Press.
10. R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy(2000), An Economy Driven Resource Management Architecture for Global Computational Power Grids, The 7th International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA 2000), pp. 26-29.
11. R. Buyya(2002), Economic-based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing, Available at http://www.buyya.com/ thesis/.
12. 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).
13. 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.
14. S. Lalis and A. Karipidis(2000), An OpenMarket-Based Framework for Distributed Computing over the Internet, Proceedings of the First IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing (GRID 2000), Springer Verlag.
15. W. Ketter, et al(2004), Analysis and Design of Supply-Driven Strategies in TAC SCM, Workshop on Trading Agent Design and Analysis (AAMAS'04), Columbia University, New York.
16. W. Ketter, et al(2004), MinneTAC sales strategies for supply chain TAC, In Proc. of the Third Int'l Conf. on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, page submitted, New York.
17. Weng, C., Lu, X., Xue, G., Deng, Q., Li, M. (2004), A Double Auction Mechanism for Resource Allocation, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3251, Springer-Verlag, pp. 269-276.

마 용 범 (myb112@hanmail.net)

2005 인하대학교 컴퓨터공학부 학사
2005~현재 인하대학교 컴퓨터정보공학과 석사과정

관심분야 : 그리드 컴퓨팅, 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