

그리드 자원 요구량 예측을 통한 응답시간 개선을 위한 그리드 자원 예측 모델

김인기⁰ 장성호 마용범 박다혜 조규철 이종식

인하대학교 컴퓨터 공학부

md10002@naver.com⁰, {ho7809, myb112, audrey57, i-perhaps}@daum.net, jslee@inha.ac.kr

Grid Resource Prediction Model for Resource Time Improvement by User Resource Demand

In Kee Kim⁰ Sung Ho Jang, Yong Beom Ma, Da Hye Park, Kyu Cheol Cho, Jong Sik Lee
School of Computer Science and Engineering, Inha University

요 약

본 논문에서는 그리드 컴퓨팅 환경에서 사용자와 자원 제공자간의 자원거래 시 사용자의 자원 요구량을 예측하고, 합리적인 가격 결정 알고리즘을 이용하여 기존의 자원 거래 모델에 비해 빠른 응답 속도를 갖는 모델을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 모델은 사용자의 자원 요구량을 예측을 위해 통계학의 예측 모델을 적용하였고, 그리드 자원의 거래 가격 결정을 위한 경제학의 이론을 도입하였다. 우리는 실험을 통해 기존의 모델들과 비교하여 그리드 자원 거래를 위한 응답시간을 비교 하였다. 우리는 실험을 통해 기존의 모델들과 비교하여 응답시간이 최소 72.39% 향상된 결과를 얻었고 우리가 제안한 모델이 기존 모델에 비해 우수하다는 것을 입증하였다.

1. 서론

컴퓨터의 응용 분야가 확대되고 대용량 컴퓨팅 문제들이 증가함에 따라 그리드 컴퓨팅[1]의 필요성이 증가하고 있다. 그리드 컴퓨팅은 기존의 분산 컴퓨팅과는 달리 자원 이용에 제한이 없고, 이 기종 자원간의 연동을 지원하고 동적 자원 관리를 가능케 한다[2]. 합리적 그리드 자원 할당의 구현은 현재 그리드 컴퓨팅의 중요한 이슈이다.

현재 GRACE[3] 기반의 경제 모델들은 자원 소유자 위주의 가격 결정에서 그리드 구성원 모두가 가격결정에 참여하는 방식으로 발전하고 있다. 그 중 가장 주목 받고 있는 이중 경제 모델[4]은 실제 경제 모델과 유사하고 사용자와 소유자 사이의 입찰을 통해 가격을 결정한다. 하지만, 사용자의 자원 요구량 예측 부재로 인한 사용자의 자원요구 변화에 대한 동적인 대처능력이 부족하고 잘못된 초기 입찰 가 설정 시 응답시간이 증가하는 단점이 있다. 이 논문에서는 그리드 자원 요구량 추정을 통한 응답시간 개선을 위한 그리드 자원 예측 모델을 제안한다. 이 모델은 통계학의 예측 이론을 도입하고, 합리적 가격 결정을 위해 미시 경제학의 이론을 도입 하였다. 본 논문에서 제안한 모델의 성능 측정을 위하여, 기존의 경제[3] 및 이중 경제 방식과 비교하여 그리드 환경에서 자원 거래 시 응답시간을 측정 하고 분석하였다.

2. 그리드 자원 요구량 추정을 통한 응답시간 개선을 위한 그리드 자원 예측 모델

우리가 이 논문에서 제안하는 그리드 자원 예측 모델은 크게 그리드 사용자의 자원 요구량 예측 부분과 가격 결정 부분으로 구성되어 있다. 이 논문에서 그리드 사용자의 자원 요구량을 예측 하기 위하여 R. G Brown에 의해 개발된 통계학의 Second-Order Exponential-Smoothing 예측 모델[5]을 도입 하였다. 이 예측 모델을 적용하여 과거와 현재의 데이터만을 사용하여 신뢰성 있는 예측이 가능하였다. Second-Order. Exponential-Smoothing 예측 모델은 그림 1과 같다.

그림 1에서, D 는 예측된 사용자의 자원 요구량이다. d 는 현재 시간을 나타내고 T 는 시간의 흐름을 나타낸다. α 는 smoothing-상수이며 일반적으로 $0 \leq \alpha \leq 1$ 의 값을 갖는다. 우리는 실험에서 α 의 값으로 0.7을 사용하였다. Sd 는 First- Order Exponential Smoothing 예측 모델이며, $Sd(2)$ 는 double-smoothed 통계량이다. 이 예측 모델은 T 의 값이 증가할수록 예측 율은 반비례한다. 따라서 우리는 가장 신뢰성 있는 예측을 위하여 T 의 값을 가능한 최소값 1로 하여 실험하였다. 이것은 현재 사용자 자원 요구량 발생 시점을 기준으로 바로 다음에 발생할 사용자의 자원 요구량을 예측 하는 것이다.

$$D(d+T) = (2 + \frac{\alpha T}{1-\alpha})Sd - (1 + \frac{\alpha T}{1-\alpha})Sd(2),$$

$$Sd = \alpha Sd + (1-\alpha)Sd - 1, Sd(2) = \alpha Sd + (1-\alpha)Sd - 1(2)$$

D: 예측된 사용자의 자원 요구량
d: 현재 시간
T: 시간의 흐름
 α : Smoothing-상수
Sd: First-Order Exponential Smoothing 예측 모델
Sd(2): double-smoothed 통계량

그림 1. Second-Order Exponential-Smoothing 예측 모델

if ($PD \leq UD$) Price = P_0
 elseif ($UD < PD \leq (UD + P_0/r)$) Price = $P_0 - r * (PD - UD)$
 else Price = 0

PD: 예측된 사용자 자원 요구량
UD: 실제 사용자 자원 요구량
P0: 가격 상수
 γ : 하강 계수

그림 2. 변형 푸르노 모델의 가격 결정 알고리즘

그리드 컴퓨팅에서 환경에서 그리드 사용자는 컴퓨팅 자원을 사용한 대가로 그리드 자원 제공자에게 가격을 지불한다. 이 지불 가격에 대한 가격 결정은 두 가지 알고리즘을 적용하였다. 그것은 변형 푸르노 모델[6][7]과 시작 가격 기반 이중 경매 방식이다.

변형 푸르노 모델은 예측된 사용자의 자원 요구량과 실제 사용자의 자원 요구량을 비교하여 가격을 결정한다. 이 변형 푸르노 모델을 사용하기 위해 TAC/SCM 게임[6]을 참고 하였으며, 이 대회에 참가한 호주의 웨스턴 시드니 대학교의 Jakaroo[6] 프로젝트 팀에서 사용하였다. 변형 푸르노 모델에 의한 가격 결정 알고리즘은 그림 2와 같다. *PD*는 Second-Order Exponential-Smoothing 예측 모델을 이용하여 예측된 사용자의 자원 요구량이고, *UD*는 실제 사용자의 자원 요구량이다. *P0*는 가격 상수이다. 이것은 *PD*와 *UD*가 같을 때, 다시 말해 시장 균형이 발생했을 경우의 이론적 가격이다. *PD*가 *UD* 이하일 경우에 최초 80%의 사용자가 거래하는 가격은 *P0*가 된다. 그리고 *PD*가 *UD*보다 크고, $UD + P_0/\gamma$ 보다 작은 경우, 거래 가격은 $P_0 - \gamma \times (PD - UD)$ 가 된다. 여기서 γ 은 하강 계수 이고 항상 0보다 크다. 마지막으로 그 이외의

경우에는 거래 가격이 0이 된다. 시작 가격 기반 이중 경매 방식의 가격결정은 변형 푸르노 모델에서 사용된 가격을 시작 가격으로 하여 기존의 이중 경매 방식으로 가격을 결정한다.

본 논문에서 제안한 모델이 두 가지 종류의 가격 결정 알고리즘을 도입한 이유는 자원의 사용을 요청하는 전체 그리드 사용자중 80%가 변형 푸르노 모델에 의해 결정된 거래 가격에 의해 거래 하며, 나머지 20%는 변형 푸르노 모델의 제시 가격보다 더 낮은 가격에 자원을 공급받기 위해 서로간 흥정을 시도 한다고 가정하였다. 이 두 가지 방법은 서로를 보완하고 있다. 변형 푸르노 모델을 통해서 제시된 거래 가격을 선택할 경우 그리드 사용자는 빠른 시간 안에 자원을 이용할 수 있다. 반면에 시작 가격 기반 이중 경매 방식을 사용할 경우 거래 가격 결정까지 시간이 길어지지만, 변형 푸르노 모델에서 제시한 가격 보다 싼 거래 가격에 자원을 공급받아 사용할 수 있다.

우리는 실제 실험을 위해 위에서 언급한 그리드 사용자의 자원 요구량을 예측과 두 가지 종류의 가격 결정 알고리즘을 기반으로 전체 모델을 구성해 보면 크게 제공자 집단, 자원 중개인, 그리드 사용자 집단 이라 불리는 메인 컴포넌트로 구성되고, 각각의 메인 컴포넌트는 여러 개의 서브 컴포넌트로 구성 된다.

자원 제공자 집단 - 그리드 사용자에게 필요한 자원을 제공하는 역할을 한다. 내부 서브 컴포넌트로는 실제 자원 소유자, 자원 관리인과 자원 제공 조정자가 있다.

자원 중개인 - 그리드 사용자의 자원 요구량을 예측, 초기 자원의 거래 가격을 결정, 그리고 사용자와 자원 제공인 사이의 자원 거래를 수행한다. 서브 컴포넌트로는 자원 요구량 예측, 가격 결정, 자원 거래 컴포넌트가 있다. 자원 요구량 예측 컴포넌트는 위에서 언급한 Second-Order Exponential-Smoothing 예측 모델을 통해 사용자의 자원 요구량을 예측 하며, 가격 결정 컴포넌트는 변형 푸르노 모델과 시작 가격기반 이중 경매 방식을 통해 가격을 결정한다.

그리드 사용자 집단 - 각각의 그리드 사용자들의 자원 요구량을 받아 자원 중개인에게 전체 필요 자원을 요청하고, 가격 입찰을 통한 거래를 한다. 이것은 그리드 사용자와 자원 요청 조정자로 구성된다.

3. 실험

본 논문에서 제안한 그리드 자원 예측 모델의 성능 측정용

위해 기존의 경매와 이중 경매 방식과 비교하였다. 이 실험을 위해 3가지 모델을 이산사건 시스템(Discrete Event System Specification, DEVS) 형식론[8]에 적합하도록 구현하였다. 이 실험에서 100일 동안 그리드 사용자의 자원 요구량을 랜덤 하게 발생시켰다. $n+1$ 번째 그리드 사용자의 자원 요구량은 n 번째 그리드 사용자의 자원 요구량의 75%~125% 사이의 범위 내에서 발생시켰다. 자원 요구량에 대한 응답 시간은 사용자가 자신의 컴퓨팅 작업을 위하여 필요한 자원을 자원 증개인에게 요청하는 시점부터 사용자가 요청한 자원을 획득해 해당 자원 요구에 대한 거래가 종료될 때까지의 시간의 합을 말한다. 이 응답 시간에는 사용자가 필요한 자원 요구량을 조정 하는 시간, 자원 제공자가 자원을 준비 하는 시간, 입찰이 일어났을 경우 상대방의 입찰 가격을 기다리는 시간, 실제 컴퓨팅 자원 공급시간, 전체 통신 시간 등이 모두 포함되었다. 실험을 위해 매일 발생하는 자원 요구량을 3700개에서 30000개로 지속적으로 증가시켜가며 실험을 진행 하였다.

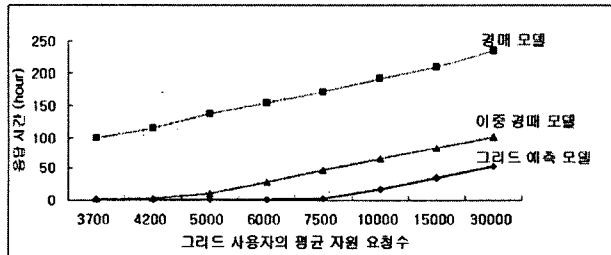


그림 3. 그리드 자원 예측 모델과 기존의 경매 및 이중 경매 방식의 자원 거래를 위한 응답 시간 비교

실험 결과는 그림 3을 통해 확인 할 수 있다. 하루에 3700 개의 자원 요구량이 발생 했을 경우 요구량과 가격 예측 기반 모델은 자원 거래를 위한 응답 시간이 0.95시간 인데 반해, 경매 모델은 약 100시간, 이중 경매 모델은 1.65시간이 걸렸다. 이러한 차이는 지속적으로 커져서 하루에 30000개의 자원 요구량이 발생할 경우에 각각 52.75시간, 235.17시간, 101.49시간 이 걸렸다. 실험 결과를 통해 보면 하루에 발생하는 그리드 사용자의 자원 요구량이 증가 할수록 그 차이는 더 커진다. 본 논문의 제안한 모델의 이중 경매 모델에 대한 자원 거래를 위한 응답 시간 감소율은 71.39%였고 경매 모델에 대한 응답 시간 감소율은 93.46%였다. 이 결과는 본 논문에서 제안한 모델은 그리드 사용자의 자원 요구량이 발생하기 전에 사용자의 자원 요구량을 예측 하여 공급할 자원을 준비 하고, 그리드

사용자나 자원 소유자가 납득할 만한 자원 거래 가격을 제안 하기 때문에 실험에 참가한 다른 모델들에 비교하여 빠른 응답시간을 갖는 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 GRACE 기반의 경제 모델들의 문제점인 사용자의 자원 요구량 예측 기능 부재로 인한 사용자의 요구에 대한 동적 대응 능력 부재와 그리드 사용자와 자원 공급자간의 입찰 시작 가격의 오 설정 문제로 인한 응답 시간이 늦어지는 문제점을 해결하는데 중점을 두었다. 이러한 문제점을 해결을 위하여 사용자 자원 예측을 위한 Second-Order Exponential-Smoothing 예측 모델과 가격 결정을 위한 변형 쿠르노 모델과 시작 가격 기반 이중 경매 방식을 도입하였다. 매일 발생하는 사용자의 자원 요구량을 변화 시켜 가며 기존의 자원 거래 방식과 우리가 제안한 모델의 응답 시간을 비교 하였다. 실험 결과는 우리의 실험 모델 이 기존의 모델과 비교해 응답 시간이 최소 71.39% 이상 감소하였다.

5. 참고 문헌

- [1] Foster, I., Kesselman, C., Tuecke, S.: The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations. International Journal of High Performance Computing Application, Vol.15, No.3, pp200-222, 2002
- [2] Berman, F., Fox, G, Hey, A.: Grid Computing, Making the Global Infrastructure a Reality, 2002
- [3] Buyya, R.: Grid Economy: A Market Paradigm for Distributed Resource Management and Scheduling for Service Oriented Grid Computing. PhD Thesis, Monash University, Australia, 2002
- [4] Joita, L., Rana, O., Gray, W., Miles, J.: A Double Auction Economic Model. LNCS, Vol. 3149, pp409-416, 2004
- [5] McClave, J., Benson, P., Sincich, T.: Statistics for Business and Economics. 2004
- [6] Zhang, D., Zhao, K.: Economic model of TAC SCM game. 2004 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology pp273-280, 2004
- [7] David Besanko, Ronald R. Braeutigam: Microeconomics: An Integrated Approach. 2001
- [8] Zeigler, B., Kim, T., Praehofer, H., Theory of Modeling and Simulation, Academic Press, 1998.