

그리드 이코노미 기반의 자원 거래 활성화 정책 연구

황준석*, 표경민**, 이충희***

서울대학교 기술정책 대학원 조교수*

서울대학교 기술정책 대학원 석사과정**

서울대학교 기술정책 대학원 박사과정***

pyokm1@snu.ac.kr

Research on Policy for commercialization of resource transaction based on Grid-Economy

Junseok Hwang*, Kyungmin Pyo** Choong Hee Lee***

Techno-Economics & Policy Program, Seoul National University, Assistant Professor*,

Techno-Economics & Policy Program, Seoul National University, Master Candidate**

Techno-Economics & Policy Program, Seoul National University, Ph.D. Candidate***

1. 서 론

세계 각국은 국가경쟁력을 극대화하기 위해 새로운 기술개발에 박차를 가하고 있다. 그 영역은 빠르게 확대되고 있는 추세이며, 우리나라 GDP에 많은 부분을 차지하고 있는 정보통신기술 분야도 예외가 아니다. 특히, 미국과 유럽은 방대한 국가 내 시민들의 커뮤니케이션을 활성화하고 국가안보 및 경제생산성 제고를 위해 컴퓨팅, 네트워크, 소프트웨어, 정보관리기술의 새로운 도구나 기법의 개발에 총력을 기울이고 있다.

저비용, 고효율 구조 하에서 새로운 기술을 개발하기 위한 국가e사이언스 프로젝트가 세계적으로 진행되고 있는 가운데, 고성능 컴퓨팅에 대한 수요와 네트워크 기술의 비약적 발전은 그리드 컴퓨팅이라는 새로운 기술 분야를 창출해냈다. 그리드 컴퓨팅은 국가적 차원에서의 정보통신 인프라로서 정보통신분야의 신성장동력으로 여겨지고 있을 뿐 아니라 다른 연구분야에 미칠 파급효과도 상당하리라 예상된다. 따라서 그리드 컴퓨팅 기술의 상용화를 위한 정책 연구의 필요성이 제기되고 있으며, 그리드 컴퓨팅 시장 구조의 설정과 그에 따른 효율성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 그리드 컴퓨팅 자원 거래를 위한 시장 구조를 제시하고, 시장 상황에 따라 각 구조를 비교 평가할 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 시장 상황의 변화가 자원 거래의 활성화 및 사회적 효율성을 어떻게 변화시키는지 관찰하고, 이에 따른 정책적 조정 방안을 제시하기로 한다.

본 연구 내용은 그리드의 정의 및 특징에 대하여 간략히 서술하고, 그리드와 유사한 분산컴퓨팅 기술의 현황과 상용화과정에서 나타난 문제점 논의를 통하여 그리드 경제 내 자원거래 시스템의 필요조건들을 우선 살펴보는 것으로 이루어져 있다. 이를 바탕으로 여러 시장 상황 변화에 따라 활용 가능한 그리드 자원거래 시장 구조를 설정하고, 시뮬레이션 기법을 통하여 비교 평가한 후, 자원 거래의 활성화를 위한 시장구조를 제시할 것이다. 아울러 제시된 시장구조를 정책적으로 유도하고 유지할 수 있는 정책 방안들도 고려해볼 것이다.

2. 그리드 경제와 자원거래

2-1 그리드의 정의 및 특징

웹을 기반으로 하여 인터넷의 대중화 및 상업화가 급격하게 진전되었으나, 고도의 지식처리 및 협업작업의 한계가 나타나면서, 인터넷을 위한 새로운 응용기술 개발이 시도되었으며 그 중 가장 대표적인 기술이 그리드(Grid)이다.

그리드는 웹의 내생적 한계를 극복하기 위하여 시카고대학의 이안 포스터에 의해 고안된 개념이다. 그리드는 인터넷 이용자가 다른 이용자와 수평적으로 직접 연결되는 방식을 통해 인터넷상의 하드웨어, 소프트웨어, 데이터베이스 등의 정보자원과 인적자원인 사람을 연결하고, 가상의 통합된 환경을 통해 협업작업을 가능하게 하는 개념으로 고안되었다.

그리드는 크게 계산 그리드(computing Grid), 데이터 그리드(Data Grid), 액세스 그리드(Access Grid)로 구분된다. 계산 그리드는 고성능의 컴퓨팅 파워를 이용하기 위한 것으로 작업의 전체 수행시간을 줄이기 위해 가능한 한 많은 컴퓨터를 동시에 이용하는 분산 슈퍼컴퓨팅과 주어진 시간 안에 가능한 많은 작업을 처리하는 초생산성 컴퓨팅으로 분류하기도 한다. 데이터 그리드는 연결된 데이터베이스를 활용하기 위한 것으로 분산된 자료를 통합해 분석할 수 있게 해주는 것이다. 액세스 그리드는 크게 장비 그리드와 지식 그리드로 명칭 되기도 하는데, 액세스 그리드 내 서비스를 다시 분류하면, 사용자의 요구에 따라 동적으로 자원을 연결하는 것을 가능하게 하는 주문형 서비스와, 원격지에서 협력하여 일을 할 수 있게 하는 하나의 가상 작업공간을 제공하는 협업 환경 조성 서비스, 실시간 멀티미디어 어플리케이션을 위한 인프라를 제공하는 멀티미디어 서비스로 나누기도 한다.

2-2 분산 다중 시스템 및 자원 거래 현황

2-2-1 P2P, 전력그리드, Internet

1960년대 말에 고안된 인터넷은 근본적으로 P2P시스템이었다. 초기 인터넷은 오늘날의 네트워크보다 더 개방적이었다. 보통 인터넷에 연결된 컴퓨터들은 모두 서로에게 패킷을 보낼 수 있었고, 상대방부터 자신을 보호할 필요가 없는 공동 연구자들의 무대였다.¹⁾ 그러나 인터넷을 이용하는 이용자수가 수백만에 이르게 되자 인터넷은 대중 매체로 급속히 변하면서 클라이언트/서버 형식의 중앙 집중화된 시스템으로 한정되어 갔다. 하지만, 99년 미국 한 대학에서 첫 선을 보이면서 가장 유명한 P2P 시스템이 되어버린 “넵스터”의 등장과 넵스터의 대중화에 힘입어 초기 인터넷의 모습인 P2P 시스템으로 회귀하는 것에 대한 관심이 높아져갔다.

그리드란 명칭은 기존의 전력 그리드에서 따온 말로, 전력 그리드의 서비스와 유사한 개념의 서비스를 지향함을 의미한다. 전력 그리드는 발전소, 변압기, 송전선 등으로 이루어진 전력망을 뜻한다. 특히, 사용자는 전국 어디서나 콘센트에 플러그를 꽂기만 하면 어느 발전소에서든 생산되어 공급되는 전기를 사용할 수 있으며, 그 전기가 어느 발전소에서 생산되어 어떠한 경로로 공급됐는지 전혀 알지 못한다. 그리고 한 지역에서 전력 소모가 늘어나면, 다른 지역에서 생산된 전기가 자동적으로 공급되어 균형을 맞추게 된다. 상수도의 경우도 마찬가지로, 상수도망이 서로 연결되어 있으므로 어떤 지역의 물 부족 상황을 다른 지역에서 끌어 쓰는 물로 해결할 수 있다.

그리드 컴퓨팅도 이와 비슷한 컴퓨팅 개념이다. 네트워크에 연결된 컴퓨터에 있는 처리 용량, 저장 용량, 자료 등의 자원들을 통합적으로 이용할 수 있도록 하는 것이다. 즉 사용자에게는 마치 전체 네트워크의 컴퓨터들의 능력이 합쳐진 하나의 거대한 가상의 컴퓨터가 있는 것처럼 보인다. 사용자가 자신의 PC만을 쓰는 것이 아니라 네트워크에 연결된 다른 컴퓨터들의 능력도 쉽게 빌려 쓸 수 있도록 해 주는 것이다.

1) 김필우의 역, 차세대 인터넷 P2P, 2001

이미 언급한 바와 같이, 인터넷은 근본적으로 P2P 시스템이었으나, 현재는 Client/Server 의 비대칭적 구조로 자원이 거래되고 있으며, P2P 시스템은 연결된 Peer들 간에 대칭적 구조로 자원이 거래되고 있으며, Peer들의 성격에 따라 중앙 조정형, 계층형, 분산형, 혼합형 등의 다양한 형태를 보인다.

2-2-2 상용화 과정

인터넷의 상용화 과정에서는 정부주도의 인프라 구축 및 어플리케이션 연구가 많은 밑거름이 되었다. 특히, 정부정책은 신기술 상용화의 첫 단계인 민간기업의 참여를 가능하게 하므로 기술 상용화를 더욱 촉진하는 역할을 한다. 미국의 경우, NSF(National Science Foundation)의 역할이 인터넷이 상용화된 주요인으로 꼽히고 있다.²⁾

P2P는 인터넷의 전형으로서, 인터넷 상용화와 맞물려 P2P의 상용화가 진행되고 있다. 이미 MP3 및 파일공유 분야에서는 상업적으로 널리 활용되기 시작하고 있다.

2-3 그리드 경제 내 자원거래 시스템 상용화 조건

P2P 시스템을 기반으로 하는 그리드 시스템의 상용화에는 현재의 P2P와 마찬가지로 아직도 많은 장애물들이 있어 정부의 정책적 뒷받침이 많이 요구되는 실정이다. 특히, 신기술을 학습하는 것에 대한 거부감이 가장 큰 심리적 걸림돌이 될 수 있으며, 기술적인 장애물로는 보안, 시스템관리, 사용자 인터페이스, 스케줄링 등이 언급되고 있다.

따라서 그리드 경제 내 자원거래 시스템의 상용화 조건으로는 기술적 장애물과 맞물려, 심리적 장애물을 상쇄할 수 있는 인센티브가 제공되는 것이 무엇보다도 중요하며, 시장상황에 따라 적절한 시장구조 형성함으로써 자원거래 주체들인 수요자와 공급자에게 참여의지를 북돋아주는 것이 필요하다.

3. 시뮬레이션 분석 모형

3-1 자원 거래 모형 개요

그리드 시스템은 분산 컴퓨팅 시스템으로 자원 거래 또한 분산된 형태로 이루어진다. 이와 같이 분산된 자원의 거래를 가능하게 하고 적절한 정책을 제시하기 위해서는 복잡성을 최소화할 수 있는 경제 모형을 설정하는 것이 중요하다. 즉, 에이전트를 기반으로 한 모형화 및 스마트 시장구조를 채용하는 것은 복잡성을 줄일 수 있는 한 방안이 될 수 있다.³⁾ 또한, 기존에 표준적인 가치를 갖고 있지 않은 자원을 거래하기 위해서 고전적으로 사용된 경매 제도를⁴⁾ 이 모형에 채용하는 것은 새로운 그리드 자원의 거래를 성사시키는 데에 있어 보다 나은 방법⁵⁾일 수 있다.

이와 같이, 본 연구는 에이전트를 기반으로 하는 경매 구조를 모형으로 설정하여 시뮬레이션함으로써 다양한 시장상황을 반영할 수 있도록 자유도가 높은 분석 모형을 채택하여 진행하기로 한다.

2) Greenstein, (2000)

3) Ferguson, (1996)

4) 이준구, (2002)

5) Buyya, (2004)

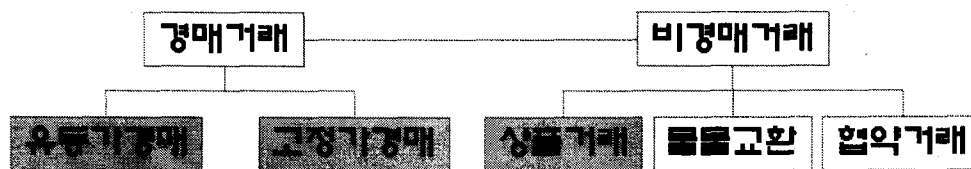
3-2 자원 거래 모형 타당성 분석을 위한 가정 및 방법

본 연구에 사용된 모형은 다음과 같은 가정으로 이루어졌다.

- 복잡성을 최소화하기 위해 단일물품을 거래하는 것으로 가정한다.⁶⁾
- 선착순으로 “고정가“에 낙찰되거나 ”유동가“에 낙찰되어 거래가 성사된다.
- 수요자는 자신의 평가가치를 가지며, 이보다 낮은 가격에 구매하고자 한다.
- 수요자들의 평가가치는 수요자들이 갖는 가치 중 최고가인 평가가치(Ceiling Value ; CV)와 최저의 평가가치 내에 다양하게 분포한다.
- 공급자가 소유한 자원의 한계는 없다고 가정한다.
- 수요자는 공급자의 한계비용(MC)를 모른다.
- 공급자의 한계비용은 상수로 가정한다.

상기 가정들은 에이전트 기반으로 한 경매 구조를 채택한 경제 모형이 갖게 되는 복잡성을 최소화하기 위한 가정들로 이루어져 있으며, 이 상황에서 가격과 수요량과 수요자 중 최고 평가가치, 공급량을 변화시키면서 다양한 시장상황을 반영한다.

본 연구에서는 거래구조를 다음과 같이 분류하고, 경제 모형을 통해 유동가 경매, 고정가 경매 모형에 수요와 수요자의 평가가치, 가격이 변화하는 시장 상황을 반영하여 각 상황별 시장의 효율성, 공정성, 및 안정성을 비교해 보기로 한다. 특히, 초기가격이 변화하지 않는 시장 상황을 반영할 때, 초기가격이 갖는 한계비용과의 차이에 따라 독과점 및 완전경쟁 상황도 지켜볼 수 있다.



[그림 1] 본 연구에서 채용한 거래구조 및 그 분류

실제로 채용한 시장상황을 표로 정리하면 다음과 같다.

| 시장상황 | | 수요 변화 | 가격변화 | 공급변화 | 수요분포 |
|-----------------|-----|-------|------|------|-----------|
| A (성숙기) | 유동가 | X | O | O | CV에 근접분포 |
| | 고정가 | | | | |
| B (초기) | 유동가 | X | O | O | CV까지 균일분포 |
| | 고정가 | | | | |
| C (초기 및 성숙기) | 유동가 | X | X | O | 0에 근접분포 |
| | 고정가 | | | | |
| D (중기) | 유동가 | X | X | O | CV까지 균일분포 |
| | 고정가 | | | | |

[표 1] 본 연구에서 가정한 시장상황

6) Klemperer, (1999)

A의 시장상황은 수요자의 대부분이 수요자 중 최고가치 (CV)에 근접하여 분포한 경우를 가정하였다. A의 상황에서는 대부분의 수요자들의 평가가치가 상대방과 유사하며, 전체 수요자의 변화가 없는 시장이 성숙된 상황을 반영한다.

B의 경우는 수요자들의 평가가치가 매우 골고루 분포되어 있으며, 전체 수요자의 변화가 없는 아주 초기 상황의 시장 상황을 반영한다.

C의 경우, 수요자들의 평가가치는 매우 낮아 “0”값에 근접하여 분포하며, 경매가 진행될 때마다 공급자가 제시하는 초기가격의 변화가 없는 상황이다. 이때의 초기가격은 한계비용보다 크게 설정되었으므로 독과점 상황을 반영한다고 볼 수 있다. 또한 전체 수요자의 변화가 없으므로 독과점 거래 구조 하에서 시장의 초기 및 성숙기 상황을 반영한다고 볼 수 있다.

D의 경우는 수요자들의 평가가치가 매우 골고루 분포되어 있으며, 전체 수요자 및 가격의 변화가 없는 상황이다. 이때의 초기가격도 한계비용보다 크게 설정되었으므로 독과점 상황을 반영하며, 다양한 수요자가 존재하는 독과점 구조하의 시장의 중반기 모습을 반영한다고 볼 수 있다.

모든 상황에서 경매는 유동경매가 혹은 고정 경매가에 낙찰되도록 이루어진다. 따라서 유동 경매가에 낙찰되는 수요자들의 지불가격은 서로 다르게 되며, 고정 경매가에 낙찰되는 수요자들의 지불가격은 모두 같다. 유동 및 고정경매가의 경우, 공급자는 매 period의 초기에만 변화된 가격을 설정할 수 있으며, 시장가격 변화가 없는 경우는 이 초기가격만이 변화되지 않음을 의미한다.

고정가격 경매의 경우는 수요자가 낙찰될 때까지 기다릴 필요가 없는 장점이 있으나, 선착순 구매이므로 신속해야한다는 단점이 있다. 반대로 유동가격 경매의 경우는 수요자가 낙찰될 때까지 기다려야하지만 조금 늦게 도착하더라도 높은 가격을 지불하면 낙찰 받을 수 있는 장점이 있다.

3-2-1 효율성

본 연구에서 효율성을 측정하기 위한 지표로서 유희자원의 거래의 활성화 정도를 반영하기로 한다. 따라서 수요자 및 공급자의 수익이 동등하더라도 자원 거래량이 많을수록 더 효율적인 시장 구조로 간주한다.

3-2-2 공정성

공정성을 측정하기 위한 지표로는 자원거래 성사비율 및 공급자와 수요자가 얻는 이익의 상대성을 반영하기로 한다. 자원 구매를 위해 거래에 참여한 수요자와 낙찰 받은 수요자의 비율이 상대적으로 낮을수록, 또한 공급자와 수요자가 얻는 이익이 상대적으로 유사할수록 더 공정한 시장 구조로 간주한다.

3-2-3 안정성

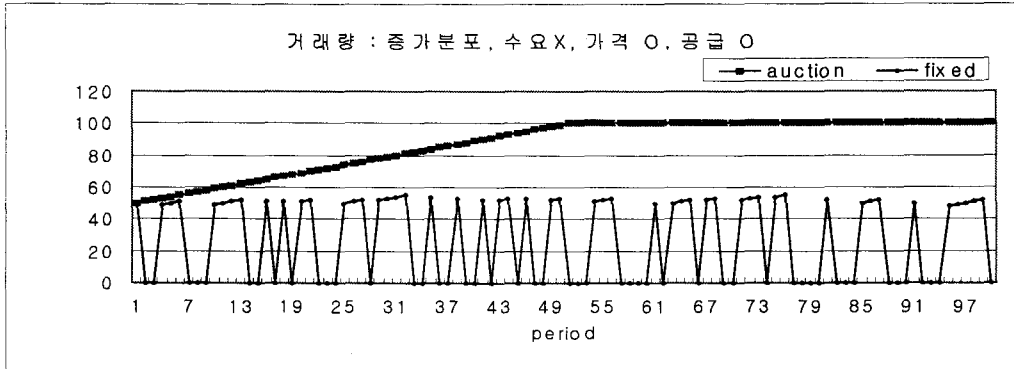
시장구조의 효율성 및 공정성과 더불어 안정성은 지속가능한 거래구조를 확립하는 데 중요한 지표로 작용한다. 따라서 시장의 거래가격이 균형가격에 도달하는 속도를 비교하여 안정성을 분석하기로 한다.

4. 결과

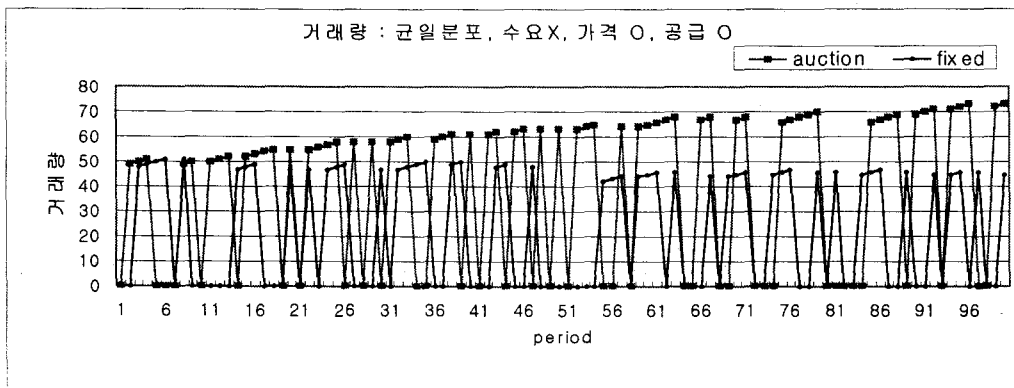
4-1 자원거래량

본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

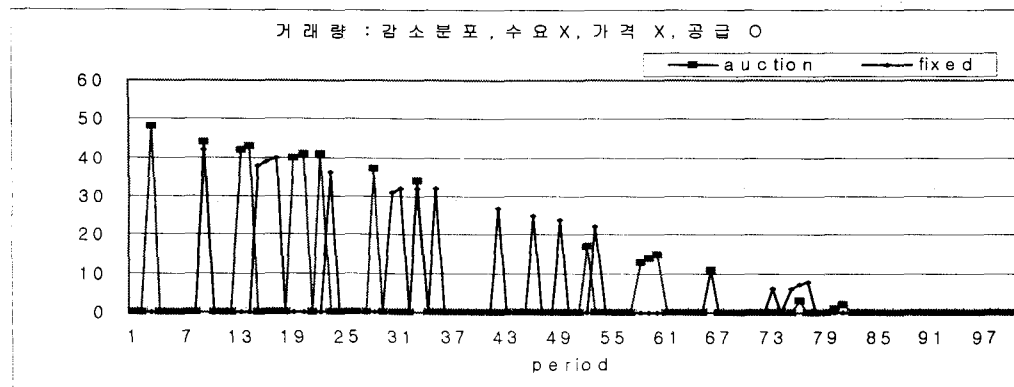
거래량의 경우, A와 같이 시장이 성숙된 상황에서는 유동적인 가격으로 이루어지는 거래량이 고정적인 가격으로 거래되는 양보다 많음을 알 수 있다. B와 같이 시장의 초기상황에서는 유동가 거래가 고정가보다 다소 많음을 알 수 있다.



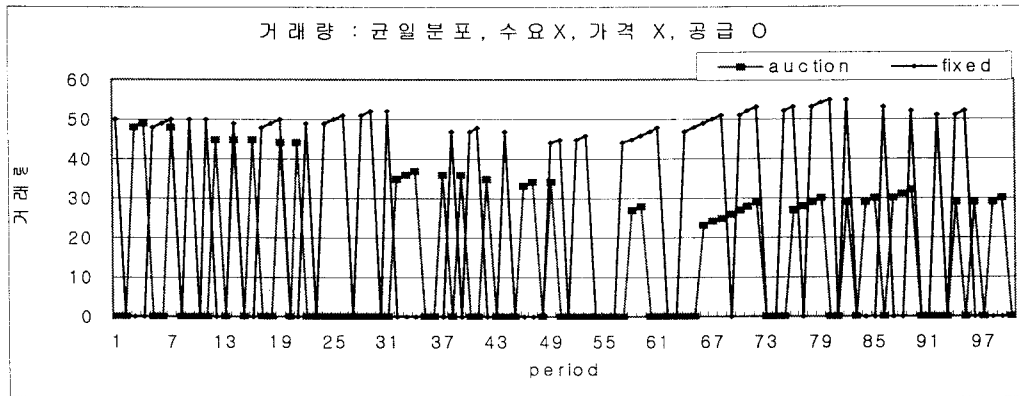
[그림 2] 상황 A의 자원거래량



[그림 3] 상황 B의 자원거래량



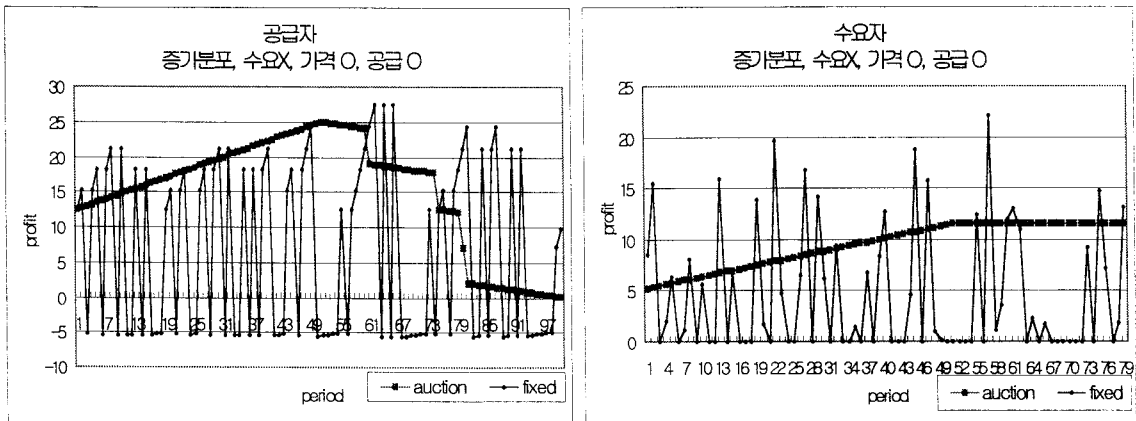
[그림 4] 상황 C의 자원거래량



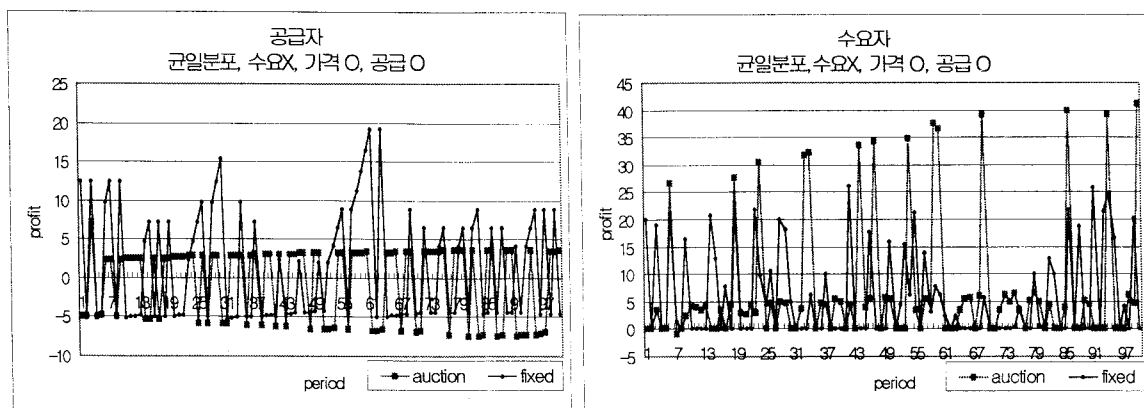
[그림 5] 상황 D의 자원거래량

C의 경우, 독점의 초기 및 성숙기에는 period가 반복될수록 거래량은 유동 및 고정가 경매구조에 상관없이 같이 감소하며, D와 같은 중기에는 시간의 흐름에 따라 고정가 경매가 우세함을 보여주고 있다.

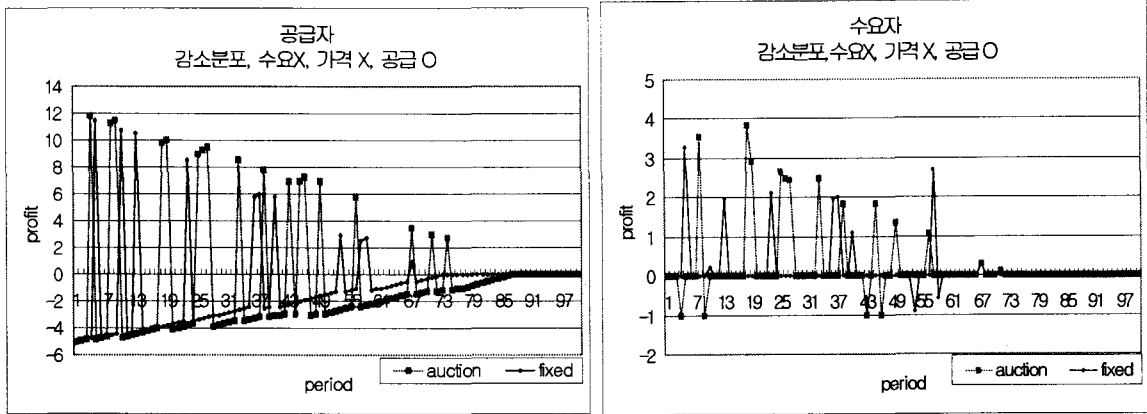
4-4 수요자 및 공급자 이익



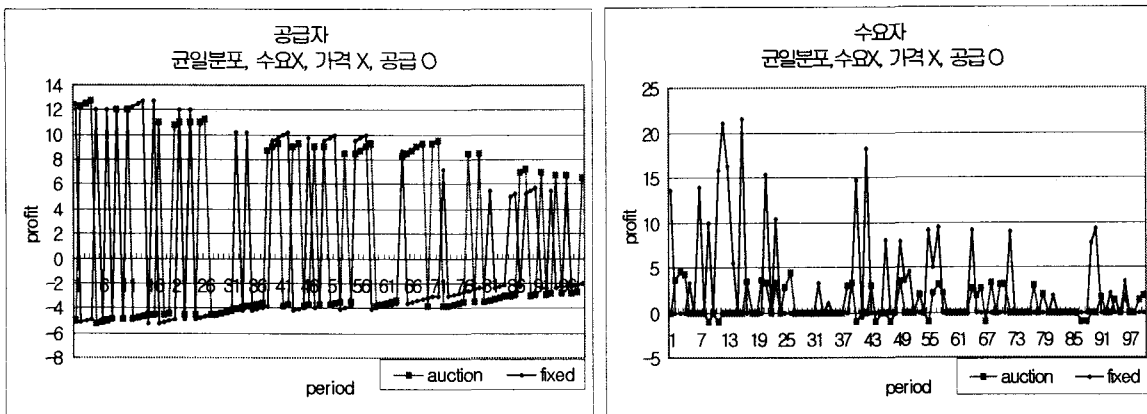
[그림 6] 상황 A의 이익관계 공급자 및 수요자



[그림 7] 상황 B의 이익관계 공급자 및 수요자



[그림 8] 상황 C의 이익관계 공급자 및 수요자



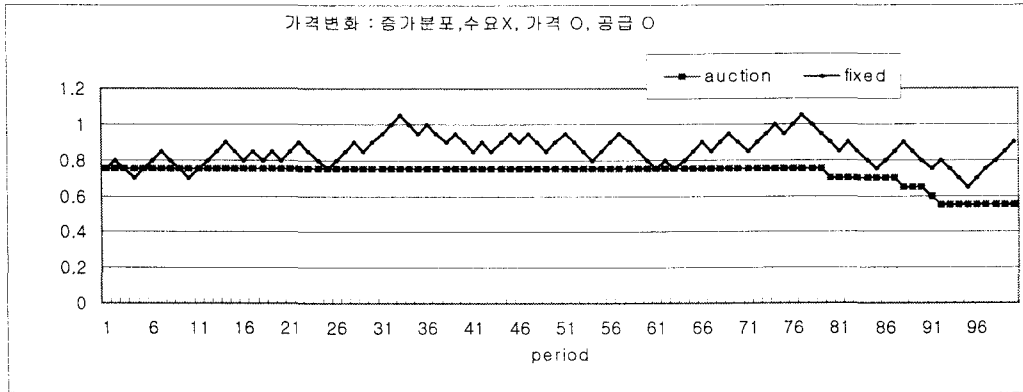
[그림 9] 상황 D의 이익관계 공급자 및 수요자

소비자 및 공급자의 이익측면에서의 공정성을 비교하면, A 및 C 와 같이 성숙기에는 소비자들 이 평가하는 가치가 유사해지므로, 공급자 및 소비자의 이익관계가 한쪽으로 치우치지 않게 된다. 이는 A 및 C에서 나타난 바와 같이 유동가 및 고정가에서 모두의 이익관계가 유사하게 변함을 알 수 있다.

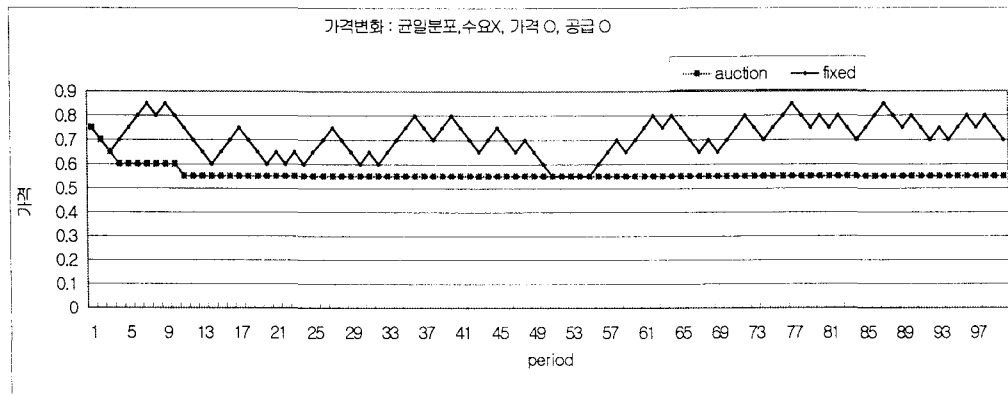
다만, B와 같이 초기 시장상황으로 가정하였을 경우, 고정가에서는 구매자들이 다양한 가치를 끌고루 갖고 있으며 모두 같은 가격에 구매하므로 많이 팔고 많이 구매할수록 공급자와 소비자의 이익은 모두 증가하며 그 둘의 이익관계는 매우 유사하다. 그러나 유동가 경매 방식의 경우, 대부분 다른 가격에 구매하면서 초기 1차 입찰과정에서 자신의 평가가치보다 모두 낮게 구매할 수 있으므로 일부 시장 상황에서 적정한 가격범위 내에서 경매가 이루어질 때는 고정가 경매 거래에서 보다 많은 이익을 소비자가 얻을 수 있음을 시사한다.

그림 D에서 공급자는 경매시작가격을 바꾸지 않는 상황이므로 고정가 경매 거래의 경우, 상품을 거래하는 시장(commodity market) 중 독점인 상황과 같다. 따라서 고정가 경매 거래의 경우, 공급자가 소비자보다 양의 이익을 얻는 때가 훨씬 빈번함을 알 수 있다. 이때, 유동가 경매 거래의 경우는 이전에 거래량 그림에서 본 바와 같이 지속적으로 거래량이 감소하므로 이에 따라 공급자의 이익도 감소하고 소비자의 이익도 그다지 크지 않음을 알 수 있다.

4-4 균형 가격 도달 속도



[그림 10] A 상황의 가격변화



[그림 11] B 상황의 가격변화

C, D의 경우 초기가격이 변하지 않는 상황을 가정하였으므로, A 및 B의 상황만을 살펴보기로 한다. A에서 유동가 경매 거래의 경우, 소비자의 가치분포가 최고가치(CV)에 근접한 형태인 성숙기의 시장상황을 반영하고 있으므로, B의 경우보다 높은 가격에서 가격변화가 형성되고 있음을 알 수 있다. 그러나 너무 높은 가격은 오히려 성사될 수 있는 거래량의 감소를 불러오므로 시간의 흐름에 따라 A의 가격은 점차 떨어지는 추세를 보이기도 한다. 후반에는 오히려 B 상황의 균형가격보다 더욱 낮은 가격에 거래가 이루어지는 상황을 보이고 있다. A, B의 상황에서는 모두 유동가 경매 거래가 고정가에 비해 균형에 쉽게 도달하고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 그리드 컴퓨팅 자원 거래를 위한 시장 구조를 제시하고, 시장 상황에 따라 각 구조를 비교 평가할 수 있는 방안을 제시하였다. 즉, 시뮬레이션을 통하여 시장 상황의 변화가 자원 거래의 활성화 및 사회적 효율성을 어떻게 변화시키는지 관찰하기 위해 몇 가지 시장상황을 가정하여 각 상황별로 성사된 거래량, 공급자 및 소비자의 이익관계, 가격변화 추이를 살펴보았다.

시장 상황별로 자원 거래를 촉진시키는 시장구조를 정리해보고, 제시된 시장구조를 정책적으로 유도하고 유지할 수 있는 정책 방안들을 고려해보면 다음과 같다.

A와 같이 가격과 공급량이 변화하지만 전체 수요는 그다지 크게 변화하지 않는 성숙기에 접어든 시장상황과, B와 같이 다양한 가치를 갖고 있는 수요자가 많은 초기 시장상황에서는 거래량, 이익관계, 균형가격 접근 추이로 볼 때 유동가 경매 거래가 고정가 경매 거래 보다 좀 더 나은 결과를 보여주었다.

반면, D 상황과 같이, 한계비용보다 큰 가격이 전혀 변화하지 않는 상품거래 상황에서 수요자의 가치분포가 골고루 이루어진 경우에는 고정가 경매 거래를 통해 선착순으로 거래되는 시장 구조가 거래량, 이익관계 측면에서 좀 더 나은 결과를 보여주었다.

따라서, 표준화된 가치가 존재하지 않는 새로운 시장이 형성되는 상황에 고려되어야 할 시장구조에 대한 정책적 방안들은 A, B와 같은 시장상황에 대한 시뮬레이션 결과를 고려하여 온라인을 통한 유동가 경매 거래가 이루어지는 방향으로 유도하는 것이 의미 있는 정책이 될 것이다.

덧붙여, 현재 진행되는 온라인경매 사이트의 각종 보조정책을 참조하여 초기 그리드 시장에서 유동가 경매 거래를 활성화 시킬 수 있는 방안들을 고려함으로써, 그리드 자원 거래의 상용화를 이룰 수 있는 정책적인 방안들을 다양하게 적용해보는 것도 바람직한 정책 활동이 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김필우외 4인 역, 차세대 인터넷 P2P, 한빛미디어사, (2001)
- [2] Greenstein, S., Commercialization of the Internet: the interaction of public policy and private choices, Innovation, Policy and the Economy, Washington DC,.(2000)
- [3] Ferguson, D. F., Nikolaou, C., Sairamesh, J., Yemini, Y., Economic Models for Allocating Resources in Computer Systems, (1996)
- [4] 이준구, 미시경제학, 법문사, (2002)
- [5] Buyya, R., Abramson, D., Venugopal, S., The grid economy, IEEE Press, New York, (2004)
- [6] Klemperer, P., Auction Theory: A Guide to the Literature, (1999)