

에이전트 기반의 연속다중경매 시스템의 설계 및 구현

(Design and Implementation of an Agent-based Continuous Double Auction System)

김 광 수 [†] 김 인 철 ^{**}

(Kwang-Soo Kim) (In-Cheol Kim)

요약 현재 대부분의 인터넷 경매시스템들은 기존 경매소의 기능들을 하나의 서버프로그램으로 통합하여 제공한다. 따라서 이들 시스템들은 기존 경매소의 기능들간의 독립성과 분산성 그리고 병렬성을 충분히 반영하지 못하고 있다. 또 이와 같은 인터넷 경매시스템들에서는 단지 경매 관리 기능의 일부만 경매 서버프로그램에 의해 자동화하였을 뿐, 사용자들은 여전히 이들 경매서버프로그램에 원격으로 접속하여 직접 입찰을 하여야 한다. 따라서 사용자들은 특정 경매의 동적상황을 모니터링하고, 적절한 입찰가격을 결정하여 입찰하는 반복적인 작업을 계속하여야 한다. 현재 인터넷경매 시스템들의 또 다른 문제점은 다양한 경매 유형을 지원하지 못하고 있다는 점이다. 이들 시스템들의 대부분은 영국식 경매와 네델란드식 경매와 같은 단일경매만 지원할 뿐 경매의 속도와 효율, 그리고 판매자와 구매자 모두의 이익면에서 단일경매보다 우수한 다중경매를 지원하지 못하고 있다. 이러한 기존 인터넷경매 시스템들의 한계점을 극복하고자, 본 논문에서는 에이전트 기반의 연속다중경매 시스템인 CoDABot를 설계하고 구현하였다. CoDABot는 연속다중경매를 지원하고, 사용자가 선택할 수 있는 다양한 입찰 에이전트를 제공하며, 서브시스템들간의 보다 많은 독립성과 분산성, 그리고 병렬성을 실현하도록 하나의 다중 에이전트 시스템으로 구현하였다.

Abstract Most of current internet auction systems are single auction server programs that partly automates the function of the conventional auction house. So these systems do not provide sufficient independence, distribution and parallelism between the functions of the conventional auction house. In these auction systems, only some of auction management facilities are automated by the server program, but still users need to execute a repetitive task to monitor the dynamic progress of a certain auction, decide the proper bid price, and submit the bid. Another problem is that they support only the single auctions such as English auction and Dutch auction, but they do not support the double auctions that are superior to the single auction in terms of speed, efficiency, and the fair distribution of profit. In this paper, we present are design and implement of an agent-based continuous double auction system, called CoDABot, in order to overcome the limitations of current auction systems. CoDABot supports the continuous double auction, provides various bidding agents for users to select, and has been implemented with a multi-agent system to realize more independent, distributed, and parallel subsystems.

1. 서론

컴퓨터의 보급이 일반화되고 인터넷이 급속도로 발전함에 따라 전자상거래(electronic commerce)가 상당히

활성화되고 있다. 이처럼 판매자와 구매자가 인터넷을 통해 상품 거래가 가능해짐에 따라 구매와 판매를 위한 공간적인 제약과 시간적인 제약을 적게 받게 되었고, 취급 상품이 다양화하여 상품선택의 폭이 넓어지게 되었다[1]. 한편 경매(auction)는 입찰을 통해 판매자와 구매자간의 가격협상을 효과적으로 이끌어낼 수 있는 전자상거래의 한 형태이다[3][4]. 그러나 현재의 인터넷 경매시스템들은 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 먼저,

[†] 비 회 원 : (주)넷소프트 모바일인터넷연구소 연구원
gskim@mnetsoft.com

^{**} 종신회원 : 경기대학교 정보과학부 교수
kic@kyonggi.ac.kr

논문접수 : 2000년 11월 30일
심사완료 : 2001년 8월 30일

기존 경매소에서 이루어졌던 기능들의 독립성과 분산성 그리고 병렬성을 충분히 반영하지 못하고 있다. 두 번째로 이러한 시스템들은 경매관리와 진행만을 온라인상에서 자동화하였을 뿐 경매는 여전히 경매 참여자가 원격 접속을 통해 직접 입찰하는 것을 요구하고 있다. 따라서 실시간으로 변화하는 경매상황을 직접 체크하고 그것에 따르는 입찰을 결정하기 위한 경매 참여자의 부담이 여전히 크고 변화하는 경매상황을 모니터링하기 위해 지속적으로 경매서버에 접속을 유지해야 함으로써 네트워크 부하를 가중시킬 수 있다[5]. 마지막으로 대부분의 시스템들이 다양한 경매유형(auction type) 중 영국식(English) 또는 네덜란드식(Dutch)을 포함한 단일경매방식(single auction)만을 지원한다. 단일경매방식은 판매자나 구매자 어느 한쪽만의 경쟁 입찰을 요구함으로써 다수의 판매자와 구매자가 동시에 입찰하는 다중경매방식에 비해 상대적으로 낙찰속도가 느리고 유찰 가능성이 높으며, 판매자와 구매자 모두의 이익을 공정하게 보호하기 어렵다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 다중 에이전트 기반의 연속다중경매 시스템인 CoDABot(Continuous Double AuctionBot)을 설계하고 구현하였다. 이 시스템은 경매 효율이 높은 연속다중경매를 지원하고 확장성, 유연성, 병렬성을 제공하기 위해 사용자 인터페이스 에이전트, 경매인 에이전트 그리고 경매 참여자를 대신하는 다양한 입찰 에이전트들로 구성된 다중 에이전트 시스템으로 구현하였다.

2. 에이전트 기반의 경매시스템

경매는 참여자들의 입찰을 바탕으로 자원을 분배하고 가격을 결정하는 명시적인 규칙들을 가진 시장 구조이다. 일반적으로 경매의 유형은 [그림 1]과 같이 경매 참여자 즉 입찰자의 구성에 따라 단일경매(single auction) 방식과 다중경매(double auction)방식으로 나눌 수 있다. 단일경매에서는 입찰자들이 모두 구매자나 판매자로만 구성되는 반면, 다중경매에서는 다수의 구매자와 판매자가 동시에 참여하여 입찰할 수 있다. 또한 경매는 입찰가격의 공개여부에 따라 공개입찰(outcry)방식과 비공개입찰(sealed-bid)방식으로 나눌 수 있으며, 제시되는 입찰가격이 올라가느냐 내려가느냐에 따라 오름차순(ascending)방식과 내림차순(descending)방식으로 나눌 수 있다[2][8].

이러한 분류에 따라 크게 여섯 가지 유형의 대표적인 경매방식이 존재한다.

- 최고가 비공개입찰 경매(First Price Sealed Bid Auction : FPSB) : 입찰자들이 비공개로 제시한 입찰가격중에서 최고 입찰가격을 제시한 입찰자가 낙찰자로 결정되고 이때 최고 입찰가격이 낙찰가로 결정되는 단일경매 방식이다.
- Vickrey경매(Vickrey Auction) : 최고가 비공개입찰 경매와 같이 최고 입찰가격을 제시한 입찰자가 낙찰자로 선정되는 방식이지만 제시된 입찰가격 중에서

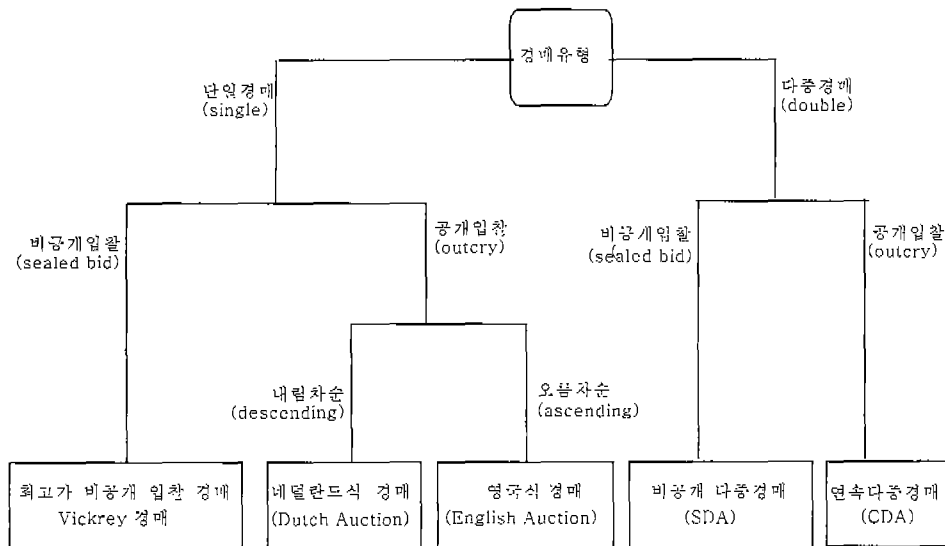


그림 1 경매의 유형

두 번째 높은 가격이 낙찰가로 결정되는 단일경매 방식이다.

- 네덜란드식 경매(Dutch Auction) : 경매인(auctioneer)이 높은 가격에서 시작해서 입찰자중 한 명이 현재의 가격을 받아들일 때까지 점차 입찰가격을 낮추어 가는 공개입찰 단일경매 방식이다.
- 영국식 경매(English Auction) : 가장 보편화되어 있는 경매방식으로서, 입찰자들이 경쟁적으로 보다 높은 입찰가격을 제시하면 그 중에서 최고 입찰가격을 기준으로 낙찰자와 낙찰가를 결정하는 공개입찰 단일경매 방식이다.
- 비공개입찰 이중경매(Sealed-bid Double Auction : SDA) : 일정한 시간동안 판매자와 구매자로부터 동시에 비공개 입찰을 받아 낙찰자와 낙찰가를 결정하는 이중경매 방식이다.
- 연속다중경매(CDA, Continuous Double Auction) : 주식거래와 같이 다수의 판매자와 구매자가 임의의 시간에 입찰을 하고 그 중에서 서로 매치되는 것이 있으면 곧바로 거래가 이루어지는 방식으로 계속 진행되는 공개입찰 이중경매 방식이다.

대표적인 에이전트 기반의 인터넷 경매시스템으로는 AuctionBot, eMediator 그리고 FishMarket이 있다. 먼저, 미시간대학에서 개발된 AuctionBot[6][7][8]은 주기적 이중경매 방식(periodic double auction, PDA)을 포함한 다양한 경매유형을 지원한다. 주기적 이중경매는 일정한 시간을 주기로 경매 참여자들로부터 한꺼번에 입찰을 받아서 M번째 가격 알고리즘(M-th price algorithm)을 적용하여 낙찰가격과 낙찰자들을 결정한다. M번째 가격 알고리즘은 판매자와 구매자의 전체 입찰가격의 수 중에서 판매자의 입찰가격의 수(M)번째로 높은 가격이 낙찰가격이 되는 알고리즘이다. Auction Bot은 세 가지 유형의 에이전트를 제공하고 있다. 먼저 경쟁적 에이전트(competitive agent)는 어떠한 정보를 이용하지 않고 단순히 경매 참여자가 제시하는 제한가격(reservation price, limit price)을 입찰하는 에이전트이다. 가격 모델링 에이전트(price modeling agent)는 과거의 낙찰가격을 기반으로 다음 낙찰가격을 예상하여 입찰을 하는 에이전트이다. 마지막으로 입찰자 모델링 에이전트(bidder modeling agent)는 다른 에이전트가 과거에 제시했던 입찰가격을 참고하여 다음에 제시할 입찰가격을 결정하는 에이전트이다.

워싱턴대학에서 개발한 eMediator[9]는 Java언어로 구현되었고 조합경매(combinatorial auction)방식을 지원하는 시스템이다. 즉 대부분의 인터넷 경매시스템에서

는 단일 품목, 단일 수량의 상품을 경매대상으로 취급하는데 반해 eMediator는 다양한 상품을 여러 개 묶어서 한꺼번에 경매가 가능한 조합 경매 방식을 지원한다. 또 eMediator는 비가산 상품(uncountable good)에 대해서도 경매가 가능하며 경매의 효율성을 증진시키기 위해 다양한 인공지능 기술과 게임이론을 적용하였다. eMediator는 다섯 가지 유형의 에이전트를 제공하고 있다. 먼저 정보 에이전트(information agent)는 경매진행 상황에 변동이 있을 때 경매 참여자에게 전자우편을 통하여 알려주는 에이전트이다. 따라서 경매 참여자는 좀 더 빠르게 경매진행 상황을 알 수 있다. 증가 에이전트(incrementor agent)는 단일상품의 영국식 경매에 사용되고 제한가격에 도달할 때 까지 서서히 입찰가격을 증가시키는 에이전트이다. N-에이전트는 비공개 입찰방식의 경매에서 현재 시세가격에 $(N-1)/N$ (N=입찰자의 수)을 곱하여 입찰가격을 결정하는 에이전트이다. 제어 에이전트(control agent)는 의도적으로 결정된 입찰가격을 제시하여 입찰자의 수를 조절하는 에이전트이다. 마지막으로 발견 에이전트(discover agent)는 경매상품에 대한 정보가 없거나 가치평가가 어려울 때 현재 시세보다 조금 높게 입찰을 하여 상품의 가치를 예상하는 에이전트이다.

스웨덴의 인공지능 연구소(Artificial Intelligence Research Institute)에서 개발한 FishMarket[10]은 수산물 거래를 위한 경매 시스템이다. FishMarket에서는 같은 품목의 상품을 여러 개 묶어 한꺼번에 경매가 가능하며, 입찰가격이 계속 내려가는 하향식 입찰 프로토콜(downward bidding protocol)을 따른다.

3. 연속다중경매

이중경매(double auction)는 일정한 유형의 상품에 대해 다수의 판매자와 다수의 구매자가 경매에 함께 참여하여 입찰을 하는 경매 방식이다. 기본적인 낙찰 규칙(clearing rule)은 판매자의 요구 입찰 보다 더 높거나 같은 구매자의 구매 입찰을 찾아 이들간에 거래가 이루어지도록 하는 것이다. 이와 같은 이중 경매는 동작방식의 단순성(operational simplicity)과 효율성(efficiency), 그리고 가변적인 시장상황에 빨리 반응할 수 있는 장점으로 인해 뉴욕 증권 거래소(New York Stock Exchange)와 같은 주식 시장들과 시카고 상거래소(Chicago Mercantile Exchange)와 같은 일용품 시장들에서 투자 분석을 위한 실험시장 등에 까지 폭 넓게 이용되고 있다[11][13][14].

이중경매 방식은 다시 동기 방식(synchronous double

auktion, SDA)과 비동기 방식(asynchronous double auction, CDA)으로 나누어 볼 수 있다. 동기방식과 비동기 방식의 주된 차이는 거래 과정(trading process)의 시간이 이산적(discrete)이나 연속적(continuous)이나의 차이이다. 즉 여러 개의 시간 간격으로 구성된 하나의 거래 과정동안 정해진 제한적인 시간 때에만 입찰을 제시할 수 있느냐 아니면 거래 과정동안 아무때나 입찰을 제시할 수 있느냐의 차이이다. 동기 방식의 다중경매는 일정한 시간동안 비 공개적으로 제시된 입찰을 한꺼번에 모아서 낙찰을 결정하는 다중경매 방식이다. 이와는 반대로 비동기 방식의 다중경매는 주식거래와 같이 일정한 시간 때에만 입찰할 수 있는 것이 아니라 아무때나 판매자와 구매자가 공개적으로 입찰을 제시할 수 있으며, 구매 입찰 시세(buying bid quote)보다 낮거나 같은 판매 요구 입찰이 있거나 판매 요구 시세(selling ask quote)보다 높거나 같은 구매 입찰이 발생할 때마다 해당 판매자와 구매자간의 낙찰과 거래가 이루어진다. 그리고 이들 낙찰자들을 제외한 나머지 판매자와 구매자들간의 입찰은 계속될 수 있는 경매 방식이다. 이러한 의미에서 비동기 방식의 다중경매를 연속다중경매(continuous double auction)라고 부른다[12]. 다음은 몇 가지 기초 개념을 정의함으로써 세부적인 연속다중경매의 방식과 절차를 기술하고자 한다.

[정의 1] (메시지 공간) $N = \{x \mid x \in n/100 \text{ for } n \in \mathbb{N}\}$ 라고 가정하자. 시간 t 때에 판매자 i 는 $M_i^b \subset \{j\} \times \{0\} \times \mathbb{N}$ 인 하나의 메시지 공간을 가진다. 그리고 판매자 j 는 $M_j^s \subset \{i\} \times \{j\} \times \mathbb{N}$ 인 하나의 메시지 공간을 가진다.

[정의 2] (요구 입찰) 판매자 i 에 의한 요구 입찰 a 는 판매자 i 가 하나의 상품에 대한 지불대가로 구매자로부터 받고자 하는 금액이다. 요구 입찰 a 를 제시하기 위해서 판매자 i 는 메시지 $(I, 0, a)$ 를 경매인(auctioneer)에게 보낸다.

[정의 3] (구매 입찰) 구매자 j 에 의한 구매 입찰 b 는 구매자 j 가 하나의 상품을 위해 판매자에게 기꺼이 지불할 금액이다. 판매자 j 는 메시지 $(0, j, b)$ 를 경매인에게 보냄으로써 이 구매 입찰을 제시한다.

[정의 4] (입찰 규칙) 임의의 시간에 경매시장내의 가장 낮은 요구 입찰을 요구 입찰 시세(ask quote)라고 부르고 a_q 라고 표기한다. 판매자들은 언제나 $a < a_q$ 인 요구 입찰 a_N 을 제시할 수 있다. 한편, 가장 높은 구매 입찰을 구매 입찰 시세(bid quote)라고 부르고 b_q 라고 표기한다. 구매자들은 언제나 $b > b_q$ 인 구매 입찰 b_N 을 제시할 수 있다. 구매 입찰 시세와 요구 입찰 시

세는 입찰 가능 범위 $[b_q, a_q]$ 를 형성하며, 모든 입찰은 이 범위 안에서 이루어져야 한다.

[정의 5] (낙찰) 판매자 i 가 메시지 $(I, 0, a)$ 를 보내 요구 입찰 시세 $a_q = a$ 를 형성하였을 때, 구매자 j 가 이 요구를 수용하는 $b \geq a_q$ 인 메시지 $(0, j, b)$ 를 경매인에게 보냄으로써 판매자 j 와 구매자 j 간에 낙찰가 $p = a_q$ 에 낙찰이 될 수 있다. 마찬가지로, 구매자 j '가 구매 입찰 시세 b_q 를 형성하고 있을 때, 판매자 i '가 $a \leq b_q$ 인 메시지 $(i', 0, a)$ 를 보냄으로써 판매자 i '와 구매자 j '간에 낙찰가 $p = b_q$ 에 낙찰이 된다.

[정의 6] (역사) n 개의 메시지들이 경매인에게 보내진 뒤 하나의 역사(history) H_n 은 n 개의 메시지 순서집합(ordered set)으로 이루어진다. 임의의 메시지 m_{n+1} 가 보내지면 다음 여섯 가지 경우중의 하나의 결과가 발생한다 : 잘못된 요구/구매 입찰, 요구 입찰 시세가 없음, 구매 입찰 시세가 없음, 구매 입찰 시세의 수용에 따른 낙찰, 요구 입찰 시세의 수용에 따른 낙찰, 요구/구매 입찰 개선.

예컨대 한 연속다중경매에서 첫 번째 입찰이 판매자 3에 의해 이루어진 \$3.00의 요구 입찰이었다면 그 메시지는 $m_1 = (3, 0, 3.00)$ 이다. 다음 두 번째 입찰이 구매자 1에 의해 \$3.00의 구매 입찰이었다면 이때 메시지는 $m_2 = (0, 1, 3.00)$ 이 된다. 그리고 이 순간 판매자 3과 구매자 1간에 낙찰가 \$3.00에 낙찰이 이루어진다. 이 두 메시지들의 역사는 다음과 같은 순서집합으로 표현된다. $H_2 = \{m_1, m_2\} = \{(3, 0, 3.00), (0, 1, 3.00)\}$.

[정의 7] (거래 잉여, 판매자/구매자 이익) 임의의 거래기간(period) t 에 한 단위상품에 대한 판매자 i 의 생산비용(cost)을 c_{it} , 그리고 구매자 j 의 상품가치(value)를 v_{jt} 라고 할 때, 이들간에 가격 P 에 낙찰이 이루어졌다면 이 거래의 잉여(exchange surplus) $v_{jt} - c_{it}$ 는 판매자의 이익(profit)인 $P - c_{it}$ 와 구매자의 이익인 $v_{jt} - P$ 로 나뉘어진다.

[정의 8] (경쟁 입찰) 다수의 판매자들이 동시에 입찰에 참여하는 경우, 각 판매자 i 는 자신의 예상이익 a_{it} 는 줄어들더라도 낙찰의 가능성을 높일 수 있도록 보다 낮은 요구 입찰가 a 를 선택해 입찰한다. 반면에, 다수의 구매자들이 동시에 입찰에 참여하는 경우, 각 구매자 j 는 자신의 예상 이익 v_{jt} 는 줄어들더라도 낙찰의 가능성을 높이기 위해 보다 높은 구매 입찰가 b 를 선택하여 입찰한다. 이와 같은 현상을 경쟁 입찰(competitive bidding)이라고 한다.

[정의 9] (경쟁적 평형, 평형 가격) 다수의 판매자와 다수의 구매자간의 경쟁 입찰에 의한 낙찰이 지속됨

에 따라 새로운 낙찰가 P_i 들이 일정한 가격 P_{CE} 을 중심으로 수렴할 때, 즉 $|P_i - P_{CE}| < \epsilon$ 일 때, 이것을 경쟁적 평형(competitive equilibrium) 상태라고 하고 가격 P_{CE} 를 평형 가격(equilibrium price)이라고 부른다.

그 동안 연속 다중 경매의 성능과 입찰자들의 행위에 대한 실험적 연구는 Smith[15]의 연구를 시작으로 실험 경제학(Experimental Economics) 분야에서 폭 넓게 시도되었다. Smith의 연구에서는 다양한 실험조건 하에서 연속 다중 경매는 상대적으로 매우 안정적이며 빠른 속도로 경쟁적 균형상태에 도달한다는 것을 입증하였다. Friedman[12]의 연구에서는 판매자와 구매자들의 상품 생산비용과 상품 가치들을 난수(random number)들로 표현하여 연속 다중 경매에서 가격형성과정을 분석하는 실험들을 전개하였다. 이 실험에서는 판매자와 구매자들의 경험(experience)과 지능모델(rationality model) - ZI 모델, BGAN 모델, WGDA 모델 등에 변화를 주면서 시장의 효율성(market efficiency), 낙찰 순서(transaction order), 거래 잉여의 분배(distribution of trade surplus), 입찰 개선(bid/ask improvement) 등을 분석하였다. 시장의 효율성은 참여하는 모든 판매자와 구매자들간의 잠재적인 잉여가 경매를 통해 실제 잉여로 어느 정도 실현이 되었는가를 나타내는 중요한 성능 지표다. 이 연구에서는 연속 다중 경매가 전체적으로 효율성이 매우 높으며, 특히 환경의 변화가 적을 수록 입찰자들의 경험이 많을수록 더욱 효율성이 높다는 결과를 보여주었다. 또한 경매 초기에는 잉여가 낮은 거래보다는 잉여가 높은 거래, 즉 높은 상품 가치를 가진 구매자와 낮은 상품 생산비용을 가진 판매자간의 거래 - 가 주로 나타난다는 사실과 매우 경험이 많은 소수의 입찰자들만으로 구성된 경매의 경우에 잉여의 분배가 가장 잘 이루어진다는 사실 등을 밝혀냈다.

한편, Vidal과 Durfee의 연구[16]에서는 서로 다른 입찰 에이전트의 유형이 연속다중경매에 미치는 영향을 분석하는 실험을 전개하였다. 이를 위하여 판매자/구매자 에이전트들을 다음과 같은 세 가지 유형으로 분류하였다 : (1) 0-레벨 에이전트 : 다른 에이전트들에 대한 별도의 모델을 사용하지 않고 오직 그 동안 경매에서 관찰한 각 상품에 대한 가격(입찰가, 낙찰가 포함)과 품질에 기초해서 요구 입찰가나 구매 입찰가를 결정하는 에이전트들, (2) 1-레벨 에이전트 : 다른 에이전트들을 모두 0-레벨 에이전트들이라고 가정하고, 그들이 그 동안 보여준 행위들을 분석하여 이것을 기초로 자신의 입찰가를 결정하는 에이전트들. (3) 2-레벨 에이전트 : 다

른 에이전트들을 1-레벨 에이전트로 모델링하여, 이것을 기초로 자신의 입찰가를 결정하는 에이전트들. 이 연구에서는 실험을 통해 다음과 같은 사실들을 관찰할 수 있었다. (1) 오직 0-레벨의 판매자/구매자 에이전트들만 경매에 참여했을 때는, 모든 판매자들이 동일한 품질의 상품을 공급한다는 가정 하에 각 에이전트의 입찰은 쉽게 평형가격(equilibrium price)을 유도할 수 있었다. 하지만 공급하는 상품의 품질이 서로 다른 경우에는 가격의 등락이 심해 평형가격 도달이 어려웠다. (2) 판매자 에이전트들이 모두 0-레벨인 때에는 이들 모두 상품의 질을 가격과만 연관 지으려 하기 때문에, 1-레벨의 구매자 에이전트들은 높은 가격을 입찰함으로써 좋은 품질의 상품인양 속여 판매자들의 손해를 기초로 이익을 얻을 수 있었다. (3) 하지만, 판매자 에이전트들이 1-레벨의 에이전트들인 경우에는 어느 판매자가 좋은 품질의 상품을 공급할 수 있는 지를 학습하려고 하기 때문에, 1-레벨의 판매자 에이전트들이 구매자들을 모두 0-레벨의 에이전트로 가정하여 가격을 높이려고 하는 경우에는 도리어 손해를 보는 현상을 보였다. 따라서 이 실험연구는 연속다중경매에서 다른 에이전트에 대한 모델이 정확한 경우에는 실제적 이익을 볼 수 있지만, 모델이 상대의 실제 능력보다 과소평가하는 경우에는 오히려 손해를 볼 수 있다는 결과를 보였다.

4. 시스템 설계

4.1 기본 가정

본 논문에서 제안하는 다중경매 시스템인 CoDABot (Continuous Double AuctionBot)은 다양한 경매유형 중에서 연속다중경매를 지원한다. 즉, 다수의 판매자와 구매자가 공개적이고 지속적인 입찰을 통해 계속해서 새로운 낙찰이 이루어진다. 연속다중경매에서 판매자들의 요구입찰가격 혹은 판매입찰가격과 구매자들의 구매 입찰가격 중 서로 매치되는 것이 있으면 이때 최고 입찰가격을 제시한 구매자와 최저입찰가격을 제시한 판매자가 낙찰자로 결정된다. 이때 대부분의 경우 두 입찰가격은 일치하지만 만약 구매자의 최고 입찰가격이 판매자의 최저 입찰가격보다 높으면 중간값을 낙찰가로 결정한다.

CoDABot의 각 경매에서는 단위품목, 단위수량의 상품만을 취급하는 것으로 가정한다. 일반적으로 대부분의 다중경매에서는 주식과 같이 단일품목의 상품들을 대상으로 경매가 이루어진다. 또 CoDABot에서는 각 경매에서 다물 상품유형, 즉 품목을 상위 분류(top category),

중간 분류(middle category), 세부 분류(detail category) 등 세 단계의 카테고리로 나누어 정의한다. 예컨대 컴퓨터 하드웨어에 관한 품목들에 대해서는 상위분류는 컴퓨터가 되고 중간 분류는 하드 디스크 드라이브(hard disk drive, HDD), 메모리(random access memory, RAM), CD-ROM 등이 된다. 마지막으로 세부 분류로는 용량이나 크기, 혹은 특정 모델 등이 되고, 경매 참여자가 원하면 새로운 유형의 상품들을 추가할 수 있다.

CoDABot에서는 경매 참여자의 요구에 의해 경매탈퇴를 할 수 있도록 허용한다. 그러나 연속다중경매는 시세(quote price)가 경매진행에 큰 영향을 주게 되므로 경매 참여자의 입찰가격이 현재 시세를 형성하고 있으면 즉각적인 탈퇴를 허용하지 않는다. 따라서 CoDABot에서는 기존의 경매시장 질서를 깨뜨리지 않는 범위 내에서 새로운 경매참여와 탈퇴를 허용함으로써 잠재적인 수요와 공급이 경매시장에 잘 반영될 수 있도록 한다. CoDABot시스템은 여러 개의 단위 경매들이 동시에 병렬로 진행될 수 있도록 지원한다. 한 사용자는 동시에 진행되는 서로 다른 경매에 구매자 또는 판매자로 참여하여 입찰할 수 있으나 하나의 단위 경매 안에서는 판매자와 구매자로 동시에 입찰할 수 없다.

4.2 시스템 구조

CoDABot시스템의 전체적인 구조는 [그림 2]와 같이 원격의 사용자에게 공통의 웹 인터페이스를 제공하는 사용자 인터페이스 에이전트 (user interface agent)와 각 단위 경매별로 경매를 관리하고 진행하는 경매인 에이전트(auctioneer agent), 사용자를 대신해 경매에 참여하는 다수의 판매자/구매자 입찰 에이전트(bidder agent)들, 그리고 이들의 활동에 필요한 많은 정보를 저장하고 제공하는 데이터베이스로 크게 구성된다. 사용자 인터페이스 에이전트는 CGI(Common Gateway Interface) 방식의 편리한 웹 인터페이스를 제공한다. 따라서 경매 참여자들은 웹 브라우저를 이용하여 손쉽게

경매진행정보를 입수하고 원하는 유형의 입찰 에이전트를 생성하여 특정경매에 참여할 수 있다. 경매인 에이전트는 자신이 속한 각 단위 경매의 진행과 관리 그리고 낙찰가격과 낙찰자를 결정한다.

사용자에 의해 새로운 경매가 개설되면 자동적으로 이 경매를 관리하는 하나의 경매인 에이전트가 생성되어 활동을 시작한다. 그리고 고장이나 운영정책상의 변화와 같은 특별한 사유가 없는 한 한번 설치된 경매와 이를 관리하는 경매인 에이전트는 소멸되지 않고 활동을 계속한다. 경매 참여자를 대신하여 경매에 참여하고 입찰을 하는 입찰 에이전트는 사용자 인터페이스 에이전트에 의해 경매인 에이전트가 생성한다. 낙찰자로 결정된 입찰 에이전트는 경매인 에이전트가 해당 경매에서 소멸시킨다. 그리고 경매가 진행되면서 모든 정보는 데이터베이스에 저장되고 사용자 인터페이스 에이전트와 경매인 에이전트는 데이터베이스내의 모든 정보들을 처리할 수 있다. 그러나 입찰 에이전트는 각각 서로 다른 경매 참여자를 대신하고 있으므로 데이터베이스 검색은 가능하나 보안상의 이유로 개인 정보만 확인이 가능하다. 각 경매마다 경매인 에이전트에 의해 낙찰가격과 낙찰자가 결정되면, 낙찰된 입찰 에이전트들은 소멸되기 전에 전자우편을 통하여 경매 참여자에게 경매 결과를 알려준다.

4.3 에이전트 상호작용

다중 에이전트 환경에서 서로 다른 에이전트들의 행위를 효과적으로 조정하기 위해서는 메시지(message) 교환을 통한 다른 에이전트들과 체계적인 상호작용을 정의하는 것이 필수적이다. CoDABot시스템의 전체적인 실행은 사용자 등록부터 경매결과 및 경매탈퇴까지 모든 과정이 메시지를 기반으로 에이전트간의 상호작용으로 이루어진다.

CoDABot시스템에서 경매 참여자는 사용자 인터페이스 에이전트를 통해 사용자 등록과 인증과정을 거쳐야 경매에 참여할 수 있다. 로그인(log-in) 과정에서 경매 참여자는 ID와 비밀번호를 입력한다. 그러면 사용자 인터페이스 에이전트는 데이터베이스에서 ID와 비밀번호를 확인하고 등록되어 있는 사용자라면 경매 참여자에게 현재 진행중인 경매 진행상황을 보여준다. 사용자 등록과 인증과정은 웹을 통한 경매 참여자와 사용자 인터페이스 에이전트간의 상호 작용이므로 실제 에이전트간에 주고 받는 메시지는 없다. 인증된 경매 참여자는 현재 진행중인 경매 상황을 사용자 인터페이스 에이전트로부터 확인할 수 있다. 여기서 경매 참여자는 기존에 진행중인 경매 이외에도 새로운 경매를 생성할 수 있다.

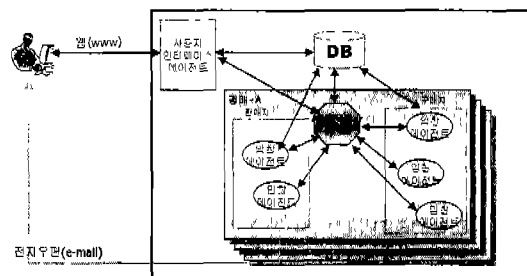


그림 2 CoDABot 시스템의 구조

즉, 판매하거나 구매하려는 상품이 기존 경매와 다를 경우 새로운 경매를 생성할 수 있다. 새로운 경매를 생성할 때는 경매대상 상품품목과 경매의 세부적인 선택 사항들을 예컨대 해당 경매가 경매 탈퇴가 가능한지의 여부 등 - 지정해 준다. 경매 참여자의 요구에 의해 새로운 경매가 설치되면 사용자 인터페이스 에이전트는 이 경매를 관리하고 진행할 경매인 에이전트를 생성한다. 이 때 사용자 인터페이스 에이전트는 해당 경매에 관한 기본 정보 즉, 경매의 유형, 상품의 유형, 경매의 세부 제한사항 등을 경매인 에이전트에게 알려준다. 새로 생성된 경매인 에이전트는 사용자 인터페이스 에이전트에게 경매가 성공적으로 설치되었음을 알리는 응답 메시지(auction_started)를 보내고 난 뒤, 입찰 에이전트들의 경매참여를 기다린다. 그러면 사용자 인터페이스 에이전트는 새로 생성된 경매 관련 정보를 데이터베이스에 저장한다.

사용자 인터페이스 에이전트는 현재 이미 진행중인 경매들과 새로 생성된 경매들에 관한 세부 정보들을 데이터베이스에서 가져와서 웹 인터페이스를 통해 제공한다. 사용자는 참여하기를 원하는 경매에 대해 경매 식별자(ID)와 에이전트 유형 그리고 제한가격 등을 작성하여 사용자 인터페이스 에이전트에게 보낸다. 사용자 인터페이스 에이전트는 사용자로부터 접수한 경매참여 요청이 올바른지 데이터베이스 조회를 통해 확인한다. 경매참여 요청이 올바르면 해당 경매를 관리하는 경매인 에이전트에게 관련 정보와 함께 경매 참여 요구(req_participation) 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 경매인 에이전트는 사용자가 요청한 유형의 입찰 에이전트를 생성한 뒤, 입찰제한가격 등 입찰에 관한 정보를 넘겨준다. 새로 생성된 입찰 에이전트가 에이전트 생성 완료(agent_started)메시지를 경매인 에이전트에게 보내면, 경매인 에이전트는 다시 사용자 인터페이스 에이전트에게 참여 완료(participation_done)메시지를 보낸다.

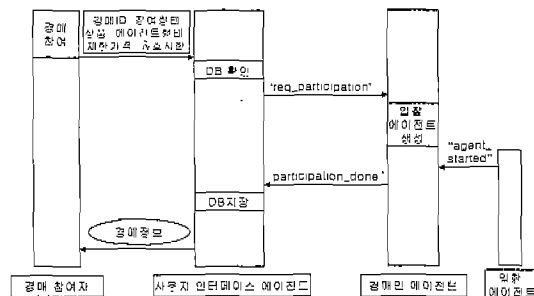


그림 3 경매 참여

사용자 인터페이스 에이전트는 이 메시지를 받은 후에 비로소 데이터베이스에 경매 참여자와 입찰 에이전트에 관한 정보들을 저장한다. 그리고 경매 참여자에게는 전체 경매 진행 상황에 관한 간략한 정보 외에 현재 본인이 직접 참여하고 있는 경매들의 진행 상황에 관한 세부정보를 제공한다. [그림 3]은 다양한 에이전트 상호작용 중 경매 참여자가 경매에 참여할 때의 에이전트간의 상호작용을 나타낸다.

경매 참여자가 본인을 대신할 에이전트를 이용하여 경매 참여를 마치면, 이 경매에서의 입찰은 선택된 입찰 에이전트에 의해 자동적으로 진행되며, 경매 참여자는 경매 진행상황과 최종 낙찰결과만 통보 받는다. 따라서 실질적인 단위 경매의 진행은 경매인 에이전트와 다수의 입찰 에이전트간의 입찰 및 응답 메시지들의 교환에 의해 진행된다. 사용자를 대신해 경매에 참여한 입찰 에이전트는 자신의 입찰 전략에 따라 입찰가격을 스스로 결정하며 이를 위해 필요한 정보를 데이터베이스 접근을 통해 얻을 수 있다. 이 때 각 입찰 에이전트는 다른 에이전트의 정보는 접근할 수 없고 자신의 정보만 접근이 가능하다. 에이전트 유형 중 자신의 과거 낙찰가격을 기반으로 입찰을 하는 에이전트는 과거 낙찰가격을 데이터베이스에게 자료를 요청할 수 있다. 입찰가격을 담은 입찰 메시지를 경매인 에이전트에게 보내면, 경매인 에이전트는 먼저 제시된 입찰이 제한사항을 만족하는지를 검사한다. 올바른 입찰일 경우, 입찰 수용(accepted_bid) 메시지를 해당 입찰 에이전트에게 보낸다.

그리고 경매인 에이전트는 이 입찰가격이 현재의 시세를 갱신할 수 있는지 검사한다. 만약 이 새로운 입찰가격이 현재의 시세를 갱신하면 시세 통보(quote_announce) 메시지를 모든 입찰 에이전트에게 보내 시세

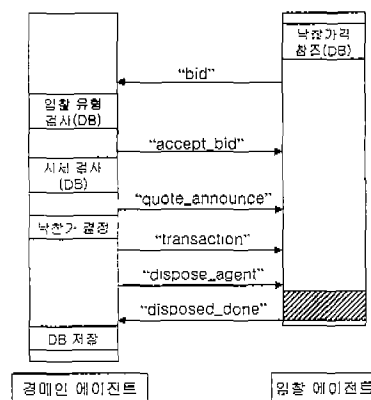


그림 4 입찰 및 낙찰

가 변경되었음을 알려준다. 이러한 과정이 반복되다가 새로 갱신된 구매시세가 판매시세와 일치하거나 높아지는 경우 (혹은 그 반대의 경우) 경매인 에이전트는 해당 시세들을 기준으로 낙찰자와 낙찰가를 결정한다. 그리고 낙찰통보(transaction) 메시지를 모든 입찰 에이전트에게 보내 이 사실을 알린다. 낙찰된 에이전트는 낙찰가격을 포함한 경매결과를 경매 참여자에게 전자우편을 통하여 알려준다. 낙찰이 이루어진 후 경매인 에이전트는 낙찰된 에이전트에게 에이전트 소멸(dispose_agent) 메시지를 보내며, 이 메시지를 받은 에이전트는 스스로 소멸하기에 앞서 응답으로 에이전트 소멸(agent_disposed) 메시지를 경매인 에이전트에게 보내고 소멸한다. 에이전트 소멸 메시지를 받은 경매인 에이전트는 낙찰결과를 데이터베이스에 저장한다. [그림 4]는 입찰 및 낙찰에 관한 에이전트간의 상호작용을 나타낸다.

4.4 입찰 에이전트 유형

에이전트 기반의 경매 시스템인 CoDABot는 사용자가 직접 입찰하지 않고 입찰 에이전트를 이용하여 대리 입찰을 한다. 그러므로 에이전트는 사용자의 입찰전략을 최대한 반영하도록 설계되어야 하며 경매 결과에 대하여 사용자가 만족할 수 있어야 한다. 따라서 본 시스템은 사용자를 대신하여 경매에 참여하는 에이전트 유형으로서 다섯 가지 에이전트를 제공한다. 사용자는 제공되는 에이전트 유형 중 하나를 선택해서 대신 경매에 참여하도록 한다. 각각의 에이전트가 입찰하는 전략은 모두 다르나 공통점은 사용자가 정의해 주는 제한가격(limit price)까지만 입찰을 한다.

• 단순 입찰 에이전트

단순 입찰 에이전트(simple bidder agent)는 5가지 에이전트 유형 중 가장 단순한 에이전트이다. [그림 5]은 단순 입찰 에이전트의 웹 인터페이스를 보여주고 있다.

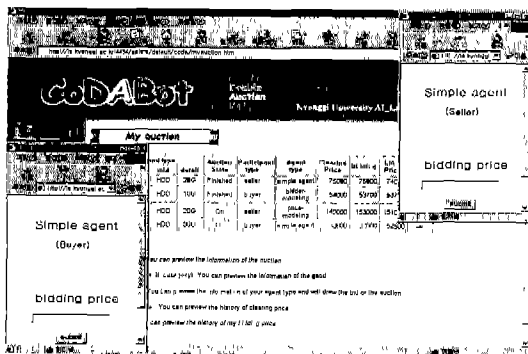


그림 5 단순 입찰 에이전트

단순 입찰 에이전트는 다른 에이전트와는 달리 나름대로의 입찰전략을 가지고 있지 않고, 사용자가 웹 인터페이스를 통해 직접 제시한 입찰가를 가지고 입찰한다. 즉, 사용자의 요청에 의해 입찰 에이전트가 생성하면 사용자가 직접 입찰가를 제시할 수 있는 웹 인터페이스(web interface)가 생긴다. 그러면 사용자는 사용자 인터페이스 에이전트에서 제공하는 현재 경매 상황을 참고하면서 입찰을 한다. 여기서 제공하는 입찰가격은 다른 에이전트와 마찬가지로 경매인 에이전트에게 메시지로 전달된다.

• 증가/감소 입찰 에이전트

증가/감소 입찰 에이전트(incremental/decremental bidder agent)는 현재 형성되어 있는 시세(quote)를 기준으로 사용자가 지정해 주는 비율을 가지고 제한가격까지 입찰을 한다. 따라서 입찰을 하는 가격이 항상 최근의 시세를 형성하게 된다. [식 1]은 증가/감소 입찰 에이전트를 정형화 한 것이다.

구매자는 낙찰가격이 되기 위해 지속적으로 입찰가격을 증가시키는 성향이 있고 판매자는 반대로 감소시키는 성향이 있다. 여기서 α 값이 높게 정의될수록 좀더 적극적으로 입찰을 하는 에이전트가 된다.

- P_b : 입찰 예상 가격
- Q_b : 구매자의 현재 시세
- Q_s : 판매자의 현재 시세
- P_{limit} : 제한가격
- a : 증가/감소율(incremental/decremental rate)

$$P_b = \min \left(Q_b + \frac{|P_{limit} - Q_b| \alpha}{100}, P_{limit} \right) \text{ (구매자)} \quad (1)$$

$$P_b = \max \left(Q_s + \frac{|P_{limit} - Q_s| \alpha}{100}, P_{limit} \right) \text{ (판매자)}$$

• 목표위주 입찰 에이전트

목표위주 입찰 에이전트(target-oriented bidder agent)의 입찰 전략은 다른 입찰 에이전트와는 달리 가격을 기준으로 하는 것이 아니고 상품 또는 대상을 기준으로 입찰을 하는 에이전트이다. 다수의 판매자와 다수의 구매자가 경매를 하는 다중경매에서 같은 종류의 상품(homogeneous good)이라도 특별히 판매 또는 구매를 원하는 상품이 존재한다. 따라서 사용자가 원하는 가격이나 상품을 목표로 입찰을 하는 에이전트이다. 따라서 다른 에이전트의 입찰가격과 현재의 시세에는 관심이 없고 원하는 상품을 제시한 에이전트의 입찰가격에만 기준을 둔다. 목표로 하는 에이전트의 입찰가격에 도달하기 위하여 제한가격까지 입찰을 하는 전략을 가진 에이전트이다. [식 2]는 목표 위주 입찰 에이전트의 전략을 식으로 표현한 것이다. 목표위주 입찰 에이전트도 지

정해 주는 백분율이 높을수록 적극적으로 입찰을 하는 유형이다.

- P_b' : 자신의 최근 입찰가격
- P_{target} : 목표가 되는 에이전트의 입찰가격

$$P_b = \min\left(P_b + \frac{|P_{target} - P_b|\alpha}{100}, P_{limit}\right) \text{ (구매자)} \quad (2)$$

$$P_b = \max\left(P_s + \frac{|P_{target} - P_s|\alpha}{100}, P_{limit}\right) \text{ (판매자)}$$

• **낙찰가 모델링 입찰 에이전트**

연속다중경매에서는 균형가격에 도달하기 위하여 판매자와 구매자가 입찰을 한다. 따라서 해당 상품에 대한 경매가 지속되면서 낙찰가격은 큰 변화를 보이지 않으면서 안정되게 결정된다. 이것을 전략으로 취한 에이전트가 낙찰가 모델링 입찰 에이전트(clearing-price modeling bidder agent)이다. 즉, 기존 낙찰가격의 평균 가격을 기반으로 낙찰가격을 모델링하여 현재 시세와의 차액을 가지고 제한가격 범위 내에서 입찰을 하는 에이전트이다. [식 3]은 낙찰가 모델링의 전략을 수식으로 표현한 것이다.

- $CP_{average}$: 평균 낙찰가격

$$P_b = \min\left(Q_b + \frac{|CP_{average} - Q_b|\alpha}{100}, P_{limit}\right) \text{ (구매자)} \quad (3)$$

$$P_b = \max\left(Q_s + \frac{|CP_{average} - Q_s|\alpha}{100}, P_{limit}\right) \text{ (판매자)}$$

• **시간 제한 입찰 에이전트**

시간 제한 입찰 에이전트(time-bound bidder agent)는 위에서 언급한 낙찰가 모델링 입찰 에이전트에 시간의 개념을 도입한 전략이다. 기본적으로 낙찰가격의 평균을 기반으로 모델링 하는데 해당 에이전트의 유효시간에 영향을 받는다. 즉, 시간 여유가 많이 남아 있을 때는 사용자가 지정한 백분율에 크게 영향을 받지 않지만 에이전트의 유효시간이 임박하였는데 아직 낙찰자로 결정이 되지 않을 때는 그만큼 입찰 폭이 커지며 적극적으로 낙찰자로 결정되기를 희망하는 에이전트이다. [식 4]는 시간 제한 모델링 에이전트의 전략을 수식으로 표현한 것이다.

- V_t : 유효시간
- P_t : 현재시간
- $V_t > P_t$

$$P_b = \min\left(Q_b + \frac{|CP_{average} - Q_b|\alpha}{100(V_t - P_t)}, P_{limit}\right) \text{ (구매자)} \quad (4)$$

$$P_b = \max\left(Q_s + \frac{|CP_{average} - Q_s|\alpha}{100(V_t - P_t)}, P_{limit}\right) \text{ (판매자)}$$

4.5 데이터베이스 설계

CoDABot시스템의 모든 자료들은 기본적으로 데이터베이스에 저장되고, 각각의 에이전트는 데이터베이스

를 기반으로 자료를 저장, 삭제, 수정한다.

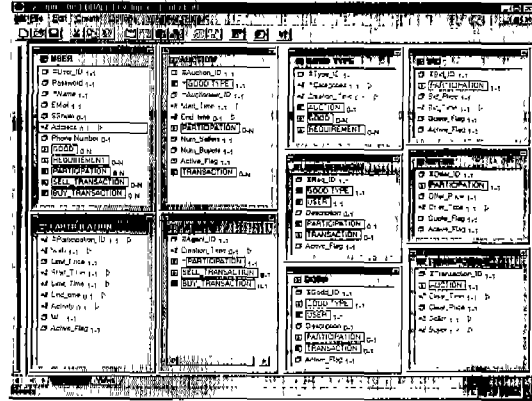


그림 6 데이터베이스에 관한 의미객체 모델

[그림 6]는 CoDABot시스템에서 필요로 하는 데이터베이스에 대한 설계를 의미객체 모델(semantic object model)로 표현한 것이다. 각각의 의미객체는 관계형 데이터베이스 관리 시스템(relational DBMS)인 오라클 서버(oracle server)에서 하나의 테이블(table)로 저장된다. 따라서 CoDABot시스템의 데이터베이스는 사용자(user), 참여(participation), 경매(auction), 에이전트(agent), 상품유형(good type), 판매상품(good), 요청상품(requirement), 구매자 입찰(bid), 판매자 입찰(offer), 낙찰(transaction) 테이블 등 총 10개의 테이블로 구성된다.

5. 시스템 구현 및 실행

CoDABot시스템은 UNIX HP machine인 HP_UX 10.20을 경매 서버로 사용하고 있다. 그리고 IBM에서 개발한 에이전트 개발환경으로 IBM AWB(aglet workbench)1.0.2 버전을 사용하여 모든 구성 요소들을 에이전트로 구현하였다. AWB가 내부적으로 Java언어를 기반으로 하고 있어 본 시스템도 jdk1.1.7버전으로 구현하였다. 자료를 저장하는 데이터베이스는 Oracle server8.0을 사용하였다.

CoDABot시스템은 각각의 경매과정을 인터페이스로 제공하여 경매 참여자에게 편의성을 제공하고 있다. 즉, 인증과정, 등록, 경매진행 상황, 새로운 경매생성, 경매참여, 개인 경매진행 정보를 제공한다. [그림 7]은 다양한 인터페이스 중 새로운 경매를 생성할 때의 인터페이스를 나타낸다. 즉, 경매 참여자가 경매 진행 상황을 나

타내는 인터페이스를 보고 원하는 상품이 경매에 없거나 가격이 만족스럽지 못하는 등 새로운 경매를 생성하기 원하면 아래 [그림 7]과 같이 새로운 경매 생성 화면에서 정보를 입력해야 한다.

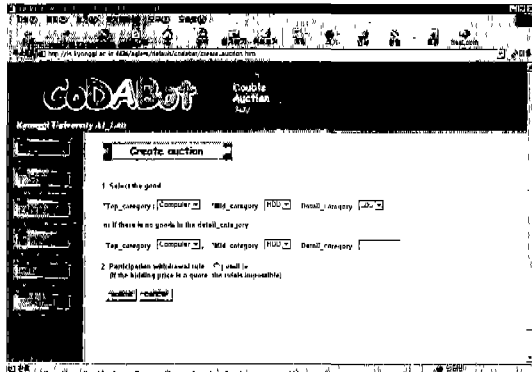


그림 7 새로운 경매 생성

CoDABot시스템에서는 동일한 상품의 종류를 가지고 다수의 판매자와 구매자가 참여하는 연속다중경매이기 때문에 상품유형(good type)과 경매는 1:1의 관계를 가진다. 따라서 경매 참여자가 새로운 경매를 생성하기를 원하면 상품의 종류를 선택하면 된다. CoDABot은 현재 컴퓨터 하드웨어를 취급하고 있으므로 중간 분류(middle category)에서 하드웨어 종류를 선택하고 세부 분류(detail category)에서 모델을 결정하면 된다.

만일 현재 경매 서버에서 취급하고 있는 모델이 없으면 새로운 상품모델을 추가할 수 있다. 그리고 새롭게 생성하려는 경매가 참여 탈퇴가 가능한 경매인지 불가능한지는 최초 경매 생성자가 결정을 해 준다. 이러한 과정을 마치면 새롭게 하나의 경매가 생성된다. 그리고 모든 화면에서 제공하는 좌측의 메뉴 각각을 설명하면 다음과 같다.

- 경매 참여(participation) : 경매 진행 상황을 확인하고 현재 열려있는 경매에 참여하고 싶을 때는 본 메뉴를 선택한다.
- 경매 생성(creation) : 현재 열려 있는 경매에서 원하는 상품이 없거나 가격이 경매 참여자에 맞지 않는 등 새로운 경매를 생성하기 위하여 제공되는 메뉴이다.
- 나의 경매(my auction) : 현재 참여하고 있는 경매에 대하여 자세하게 진행 상황이 보여진다. 여기서 경매의 모든 상황을 알 수 있고 경매 탈퇴도 신청할

수 있다.

- 나의 정보(my information) : 경매 참여자의 개인 신상을 확인 할 수 있고 수정할 수 있는 메뉴이다.
- 로그 아웃(log out) : 경매 서버와 연결을 끊을 때 사용하는 메뉴이다.
- 전자우편(e-mail) : 경매 관리자에게 전자우편을 통하여 문의를 할 수 있는 메뉴이다.

[그림 7]의 화면에서 사용자가 새롭게 경매를 생성하거나 기존 경매에 참여를 원하면 [그림 8]과 같은 화면이 제공된다.

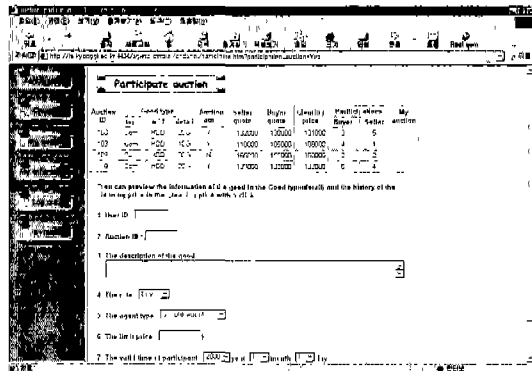


그림 8 경매 참여

이 화면에서 사용자가 자신을 대신하여 경매에 참여할 입찰 에이전트에 관한 정보를 입력해 주면 자동적으로 경매 서버에 입찰 에이전트가 생성된다. 경매참여 과정은 다음과 같다. 먼저 사용자가 현재 개설되어 있는 경매들을 나타내는 표를 살펴보고 나서, 참여하고 싶은 경매를 결정하면 사용자 ID와 경매 ID를 입력하고 상품의 세부사항을 입력한다. 상품의 세부사항(description)은 상품의 사양 등을 입력한다. 그리고 경매 참여자가 판매자로 참여하는지 구매자로 참여하는지(the role)를 결정하고, 또한 경매에 참여할 에이전트의 유형을 결정한다. 다음으로 에이전트가 입찰을 할 때 지켜야 할 제한가격(limit price)을 결정하고 유효시간(valid time)을 결정한다. 에이전트는 제한가격을 초과해서는 입찰을 하지 못하고 유효시간이 지나면 에이전트는 자동 소멸된다. 경매 참여정보를 입력하고 나면 선택된 입찰 에이전트가 생성되고 해당 경매에서 입찰을 시작한다.

6. 결론

현재 대부분의 인터넷 경매시스템은 데이터베이스를

기반으로 경매관리와 진행만을 온라인상에서 자동화하였다. 그러므로 경매 참여자가 경매를 위해서는 경매 서버에 지속적으로 접속 상태를 유지하고 직접 입찰을 해야만 한다. 따라서 경매 참여자는 수시로 변하는 경매 진행상황을 파악하고 적절한 입찰가격을 결정하여 입찰하는 과정을 반복해야 한다. 그리고 기존 인터넷 경매시스템은 다양한 경매 유형을 지원하지 못하고 있다. 따라서 이러한 문제점을 극복하고자 본 논문에서는 다중 에이전트 기반의 연속다중경매를 지원하는 CoDABot시스템을 설계하고 구현하였다. 연속다중경매는 구매자나 판매자들 중 어느 한쪽만의 경쟁적 입찰이 이루어지는 단일경매에 비해 판매자와 구매자가 함께 입찰함으로써 낙찰 가능성이 높고 보다 빨리 낙찰가격에 도달할 수 있다. 또한 연속다중경매에서는 한 번의 낙찰로 경매가 끝나지 않고 낙찰이 이루어지지 않은 나머지 경매 참여자들이 계속해서 입찰을 통해 새로운 낙찰을 이루어감으로써 경매의 효율이 높고 낙찰가가 빠르게 균형상태에 접근함으로써 안정된 시장이 형성할 수 있다.

CoDABot시스템은 경매 서버의 기능을 독립된 에이전트들의 상호작용을 통해 구현하였을 뿐만 아니라 경매 참여자들 대신에 입찰을 능동적으로 수행하는 다양한 입찰전략을 가진 입찰 에이전트들을 제공하고 있다. 이와 같은 CoDABot시스템의 구성방식은 서브시스템들 간의 보다 높은 독립성과 분산성, 병렬성을 얻을 수 있다. 또한 CoDABot시스템은 원격의 사용자에게 편리한 웹 인터페이스를 제공할 뿐 아니라 다양한 입찰전략을 가진 입찰 에이전트들을 시스템에서 제공함으로써 직접 에이전트를 프로그래밍하거나 수작업으로 입찰할 필요 없이 경매에 참여할 입찰 에이전트를 간단히 선택해줌으로써 입찰과정을 자동화할 수 있다.

현재 CoDABot시스템은 이동 에이전트 개발 환경인 Aglet시스템을 기초로 개발되었다. 계획하고 있는 후속 연구로는 현재의 CoDABot시스템을 확장하여 일정한 API에 따라 사용자가 직접 개발한 입찰 에이전트를 원격의 이동 단말기에서 경매서버로 이동시켜 경매에 참여할 수 있는 이동 에이전트 경매 시스템을 개발하는 것이다. 그리고 또 다른 후속연구로는 현재 구현된 입찰 에이전트외에 사용자 학습과 확률예측모델에 바탕을 둔 보다 다양한 입찰 에이전트를 개발하고 제공하는 것이다. 그리고 에이전트의 경매 참여로 인한 보안(security) 문제와 낙찰이 이루어진 후 안정적인 상품교환을 지원하는 기능 등과 같은 부가기능을 추가하는 연구도 남아 있다.

참고 문헌

- [1] Chris Preist, *Commodity Trading Using An Agent-Based Iterated Double Auction*, Proceeding of the Third International Conference on Autonomous Agents Seattle, WA USA, May 1-5, 1999.
- [2] <http://auction.eecs.umich.edu/glossary.html>
- [3] David C. Parkes, Lyle H. Ungar, and Dean P. Foster, *Accounting for Cognitive Costs in On-Line Auction Design*, First International Workshop on Agent Mediated Electronic Trading, AMET-98, Minneapolis, MN, USA, May 10th, 1998.
- [4] Jaron C. Collis and Lyndon C. Lee, *Building Electronic Market- place with the ZEUS Agent Tool-Kit*, First International Workshop on Agent Mediated Electronic Trading, AMET-98, Minneapolis, MN, USA, May 10th, 1998.
- [5] Nicholas Jennings, Katia Sycara and Michael Wooldridge, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, Roadmap of Agent Research and Development*, vol. 1, pp. 7-38, 1998.
- [6] Junling Hu, Daniel Reeves and Hock-Shan Wong, *Agent Service for Online Auctions*, Proceedings of the AAAI-99 workshop on AI for Electronic Commerce, AAAI Press, 1999.
- [7] Peter R. Wurman, William E. Walsh and Michael P. Wellman, *Flexible Double Auctions for Electronic Commerce : Theory and Implementation*, Decision Support Systems, vol.24, pp.17-27, 1998.
- [8] Peter R. Wurman, Michael P. Wellman and William E. Walsh, *The Michigan Internet AuctionBot : A Configurable Auction Server for Human and Software Agents*, In Second International Conference on Autonomous Agents, pp.301-308, Minneapolis, 1998.
- [9] Tuomas Sandholm, *eMediator : A Next Generation Electronic Commerce Server*, AAAI Workshop on AI in Electronic Commerce, Orlando, FL, July, AAAI Workshop Technical Report, pp.46-55, 1999.
- [10] Eduard Gimenez, Lluís Godó, Juan A. Rodríguez-Aguilar, Pere Garcia, *Designing Bidding Strategies for Trading Agents in Electronic Auctions*, Proceedings of the Third International Conference on Multiagent Systems, 1998.
- [11] Daniel Friedman and John Rust, *The Double Auction Market : Institution, Theories, and Evidence* Addison-Wesley Publishing, Reading, MA, 1993.
- [12] Timothy N. Cason and Daniel Friedman, *Price*

- formation in double auction markets, Journal of Economics Dynamics and Control vol 20, 1307-1337, 1996.
- [13] Vuay Razan, James R. Slaglet, John Dickhaut and Aruit Mukherjt, Decentralized Problem Solving Using the Double Auction Market Institution, Expert Systems with Applications, vol 12. no 1. 1-10, 1997.
- [14] Steven Gjerstad, Price Formation in Double Auctions, Games and Economic Behavior, vol.22, pp.1-29, 1998.
- [15] Smith, Vernon, An Experimental Study of Competitive Market Behavior, Journal of Political Economy, vol.70, pp.111-137, 1962.
- [16] J.M. Vidal and E.H. Durfee, The impact of Nested Agent Models in an Information Economy, Proceedings of the 2nd International Conference on Multiagent Systems, pp.377-384, 1996.



김 광 수

1997년 2월 경기대학교 전자계산학과 졸업(이학사). 2001년 2월 경기대학교 전자계산학과 졸업(이학석사). 2001년 2월 ~ 7월 (주)에썬소프트 개발팀 근무. 2001년 9월 ~ 현재 (주)엠투소프트 모바일인터넷 연구소 주임연구원. 관심분야는 모바일 에이전트, 전자상거래



김 인 철

1985년 서울대학교 수학과 졸업(학사). 1987년 서울대학교 대학원 계산통계학과(이학석사). 1995년 서울대학교 대학원 전산과학과(이학박사). 1989년 ~ 1995년 경남대학교 전산통계학과 조교수. 1996년 ~ 현재 경기대학교 정보과학부 전자계산학전공 부교수. 관심분야는 지능형 에이전트, 분산인공지능, 데이터마이닝