

# 시계열 분석을 이용한 낙찰 예정가 생성 방법들의 비교

고민정, 이용규  
동국대학교 컴퓨터공학과  
e-mail: mjgo@dgu.edu

## Comparison of Generating Reserve Prices Methods Using Time Series Analysis

Min Jung Ko, Yong Kyu Lee  
Dept. of Computer Engineering, Dongguk University

### 요 약

최근에 인터넷 경매가 보편화되면서 경매 물품의 가격 결정을 관한 연구가 증가하고 있다. 그러나 이것들은 경매 물품 대한 최근의 추세와 시간에 따른 주기변화를 반영하지 못하여 잘못된 낙찰 예정가를 생성하는 경우가 많다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 수요 예측에서 사용하는 시계열 분석을 이용하여 경매기록 데이터베이스로부터 경매 물품에 맞는 낙찰 예정가를 자동으로 생성하는 방법을 제안한다. 또한 성능 분석을 통하여 시계열 분석 방법에 의한 낙찰 예정가 생성방법의 특징을 비교하고 분석한다. 여기서 제안된 방법이 경매 물품의 실제 낙찰가와 차이를 줄여 낙찰률을 높이고, 경매 물품이 지나치게 낮은 가격으로 낙찰 되는 경우를 줄일 수 있음을 연구한다.

### 1. 서론

인터넷 경매를 통하여 물품을 구매하는 경우가 증가하면서 경매 물품의 가격 결정에 대한 관심이 증가하고 있다[3].

기존에 인터넷 경매시스템에서는 판매자가 경매 물품의 낙찰가를 직접 정하거나 사례 유사도에 의하여 낙찰 예정가를 제안해주는 연구가 있었다[6, 7]. 그러나 이것들은 경매 물품의 최근의 가격과 시간에 따른 변화요인을 반영하지 못하고, 판매자의 잘못된 정보와 동일한 사례유사도 값에 의하여 잘못된 낙찰 예정가를 생성하는 경우가 많다. 이로 인해서 경매 물품의 낙찰가가 지나치게 낮게 결정되거나 실제 낙찰 가능가 보다 높아져 유찰되는 경우가 많다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 경매 물품의 최근 가격과 시간에 따른 변화 요인을 반영한 낙찰 예정가를 생성하는 방안을 제안한다. 이를 위하여 실제 경매기록 데이터베이스로부터 시계열 분석에 의한 낙찰 예정가 생성 방법의 성능을 비교하고 분석한다. 그 결과를 통하여 경매 물품에 맞는 낙찰 예정가를 생성하여 낙찰률을 높이고, 객관적인 가격형성이 가능함을 성능 분석을 통해서 보인다.

### 2. 관련 연구

본 절에서는 기존에 인터넷 경매 시스템의 낙찰 예정가를 생성하는 방법과 문제점을 분석하고, 배경이론인 시계열 분석을 살펴본다.

#### 2.1 경매물품의 가격 결정법

기존에 인터넷 경매 물품의 가격과 관련된 연구로는 공동 구매[7]와 경매에서 사례 유사도를 이용한 낙찰 예정가 생성 방식이 있었다[6]. 여기서는 벡터 공간 모델을 이용하여 경매 물품 간의 유사도를 분석하고, 가장 유사한 경매 물품을 기준으로 낙찰 예정가를 생성하였다[6]. 그러나, 이것은 과거의 경매 기록과 인터넷 전자상거래 사이트의 전체 가격 정보로부터 가격을 생성하므로, 경매 물품의 시간적인 가격 변화요인을 고려하기가 어렵다. 또한 상품 추천에 활용되는 사례 유사도를 가격 생성에 적용하기 때문에 동일한 사례 유사도 값이 많이 발생하여 경매 물품의 객관적인 가격을 생성하기 어렵다.

#### 2.2 시계열 분석

과거의 정보를 가지고 미래의 수요를 예측하는 시계열 분석(Time Series Analysis)에는 이동평균(Moving Average)과 지수평활(Exponential

Smoothing) 등이 있다[1]. 이 중에 이동평균은 과거 자료의 불규칙적인 변동을 고르게 하여 예측 오차를 줄이는 방법이며, 여기에는 단순 이동평균(Simple Moving Average), 가중이동평균(Weighted Moving Average)이 있다[1, 4]. 또한 지수평활이란 현재부터 과거 모든 기간의 실적에 지수적으로 작은 가중치를 반영하는 방법이다[8]. 여기에는 단순지수평활(Simple Exponential Smoothing), 이중지수평활(Double Exponential Smoothing), 삼중지수평활(Triple Exponential Smoothing)이 있다[1, 4].

이것들은 수요나 판매 예측, 주식 시장 분석, 이익 분석 등에 많이 활용된다[5]. 그러나, 이 방법들이 인터넷 경매 시스템에서 경매 물품의 낙찰 예정가 생성에 이용된 경우는 드물다.

**3. 시계열 분석에 의한 낙찰 예정가 생성법**

본 절에서는 시계열 분석 이론을 경매 시스템에서 적용하여 낙찰 예정가를 자동으로 생성하는 방안을 살펴본다.

**3.1 이동평균에 의한 낙찰 예정가 산출**

이동평균에는 단순이동평균과 가중이동평균이 있고, 이를 이용하여 경매 물품을 위한 낙찰 예정가를 생성하는 과정은 다음과 같다.

**3.1.1 단순이동평균**

단순이동평균은 과거 일정기간의 가격 정보에 의해서 낙찰 예정가를 생성하고[2], 방법은 다음 식(1)과 같다.

$$V_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{t-i}) \dots \dots \dots (1)$$

- V = 예상 낙찰 예정가
- P = 경매 물품의 실제 낙찰가
- n = 이동평균을 구하기 위한 기간
- t = 시간을 나타내는 인덱스

이 방법은 현재부터 과거의 일정기간 동안 검색된 낙찰가의 평균으로 낙찰 예정가를 결정한다.

**3.2.2 가중이동평균**

가중이동평균 방법은 단순이동평균과 유사하나[5], 검색된 물품의 중요도에 따른 가중치를 부여한 평균으로 낙찰 예정가를 생성한다는 점이 다르다. 이를 이용하여 낙찰 예정가를 계산하는 방법은 다음 식(2)과 같다.

$$V_t = \sum_{i=1}^n (w_{t-i} \cdot P_{t-i}) \dots \dots \dots (2)$$

- V = 예상 낙찰 예정가
- P = 경매 물품의 실제 낙찰가
- n = 이동평균을 구하기 위한 기간

t = 시간을 나타내는 인덱스

$$w = \text{가격에 대한 가중치} \left( \sum_{i=1}^n w_i = 1 \right)$$

여기서는 현재부터 과거 순으로 큰 가중치를 부여하여, 최근 가격에 중요도를 고려한 낙찰 예정가를 생성한다.

**3.2 지수평활을 이용한 낙찰 예정가 산출**

지수평활에는 과거 가격 정보를 지수적으로 감소시켜 낙찰 예정가를 생성하는 단순지수평활이 있고, 최근의 추세(trend)를 적용한 이중지수평활, 시간에 따른 주기(seasonality)를 이용한, 삼중지수평활이 있다[2]. 이를 통한 경매 물품의 낙찰 예정가 생성 방법은 다음과 같다.

**3.2.1 단순지수평활**

경매 물품의 과거의 낙찰가를 지수적으로 작게 반영하여 낙찰 예정가를 계산하는 방법은 식 (3)과 같다.

$$V_t = a \cdot P_{t-1} + (1-a) \cdot V_{t-1} \dots \dots \dots (3)$$

- V = 예상 낙찰 예정가
- P = 경매 물품의 실제 낙찰가
- t = 시간을 나타내는 인덱스
- a = 지수평활 계수 (0 < a < 1)

이 방법은 가중이동평균에서 가중치 부여에 대한 주관성을 피하기 위하여 지수평활 계수를 이용한다 [2].

**3.2.2 이중지수평활**

이중지수평활은 정해진 기간 내에서 상향이나 하향의 추세가 있는 경매 물품의 가격생성에 유리하며 [2], 이를 이용하여 낙찰 예정가를 계산하는 방법은 식 (4)과 같다.

$$V_t = a \cdot P_t + (1-a) \cdot (V_{t-1} + b_{t-1}) \dots \dots \dots (4)$$

$$b_t = \beta \cdot (V_t - V_{t-1}) + (1-\beta) \cdot b_{t-1} \dots \dots \dots (5)$$

- V = 예상 낙찰 예정가
- P = 경매 물품의 실제 낙찰가
- t = 시간을 나타내는 인덱스
- b = 추세를 나타내는 요소
- a = 1차 지수 평활 계수 (0 < a < 1)
- β = 2차 지수 평활 계수 (0 < β < 1)

여기서 식 (5)에 의하여 계산되는 b는 경매 물품의 추세를 반영하는 값이다.

**3.2.3 삼중지수평활**

삼중지수평활은 시간에 따른 주기가 있는 경매 물품의 가격생성에 유리하며[2], 이를 이용하여 낙찰 예정가를 계산하는 방법은 식 (6)과 같다.

$$V_t = a \cdot \frac{P_t}{L_{t-L}} + (1-a) \cdot (V_{t-1} + b_{t-1}) \dots \dots \dots (6)$$

$$b_t = \beta \cdot (V_t - V_{t-1}) + (1-\beta) \cdot b_{t-1} \dots \dots \dots (7)$$

$$L_t = \gamma \cdot \frac{P_t}{V_t} + (1-\gamma) \cdot L_{t-L} \dots \dots \dots (8)$$

- V = 예상 낙찰 예정가
- P = 경매 물품의 실제 낙찰가
- t = 시간을 나타내는 인덱스
- b = 추세를 나타내는 요소
- L = 주기를 나타내는 인덱스
- a = 1차 지수 평활 계수 (0 < a < 1)
- β = 2차 지수 평활 계수 (0 < β < 1)
- γ = 3차 지수 평활 계수 (0 < γ < 1)

여기서 식 (7)과 식 (8)에서 계산된 L은 주기를 나타내는 변수로서 년도별로 낙찰 가격이 낮아지는 경매 물품의 특성을 반영할 수 있다.

**4. 시계열 분석의 성능 실험**

본 절에서는 앞에서 제안한 처리 과정의 성능을 시계열 분석 별로 실험하고, 여기서 선택된 모델로 설계된 새로운 시스템과 기존 시스템의 낙찰 예정가 성능을 비교한다.

**4.1 실험 환경**

성능 실험은 실제 중고 자동차 사이트[8, 9]와 중고 자동차 매매 시장으로부터 수집된 경매기록을 데이터베이스로 구축하여 이용하는데, 여기에는 동일한 자동차 모델에 대한 482건의 실제 경매 자료들이 있고, 하나의 경매 물품에 대한 가격정보로는 과거의 실제 낙찰 가격이 1년 6개월 간 월별로 저장되어 있다.

본 논문에서는 이 경매기록 데이터베이스를 대상으로 인터넷 경매사이트[9]에서 임의로 수집한 40건의 경매 물품에 대한 낙찰 예정가를 생성하여 성능 실험을 한다.

**4.2 성능 평가 척도**

시계열 분석의 정확도 평가를 위한 기준으로 MAD(Mean Absolute Deviation)를 다음 식 (9)에 의해 계산한다. 이것은 생성된 각 기간의 오차를 모두 합하여 예측 기간의 수로 나눈 것으로 수요 예측 오차 측정에 많이 사용된다[4].

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|b_i - r_i|) \dots \dots \dots (9)$$

- n = 물품의 수
- b<sub>i</sub> = 실제 낙찰가
- r<sub>i</sub> = 생성된 낙찰 예정가(낙찰 희망가)

본 논문에서는 E를 이용하여 성능 실험 결과를

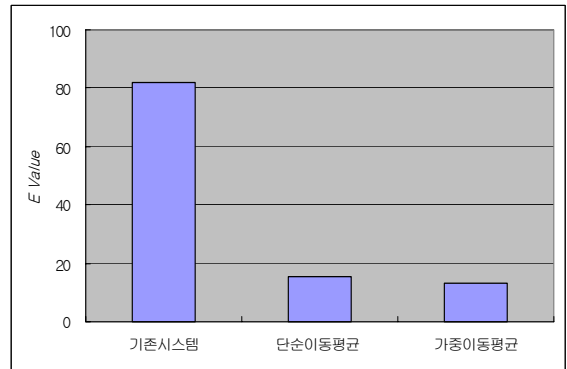
분석한다.

**4.3 실험 결과 분석**

본 절에서는 실험 자료를 대상으로 실험한 결과를 분석한다. 이를 통해 낙찰 예정가 자동 생성 방법의 장점과 특징을 살펴본다.

**4.3.1 이동평균의 성능**

본 절에서는 이동평균에 의하여 낙찰 예정가를 생성하는 방법의 성능 실험을 한다. 여기서 단순이동평균은 식 (1)을 이용하고, 가중이동평균은 식 (2)을 적용하여 낙찰 예정가를 생성하였고, 결과는 다음 [그림 1]과 같다.

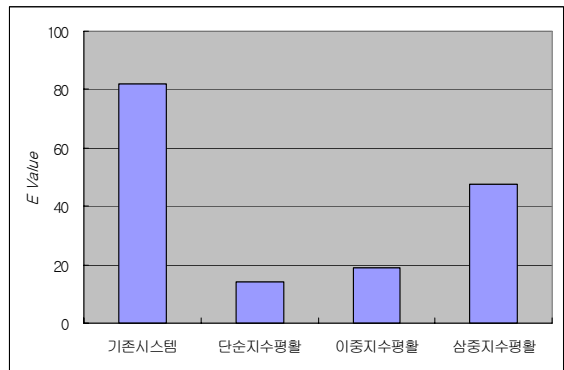


[그림 1] 이동평균의 성능 비교

실험 결과는 가중이동평균에 의한 E 값이 13.40으로 기존 시스템의 82.14, 단순이동평균의 15.23 보다 가장 작아서 최근 몇 건의 자료에 가중치를 부여한 평균이 실제 낙찰가와 가장 유사함을 나타낸다. 이것은 경매 물품의 낙찰 예정가는 과거의 모든 가격정보를 이용하여 생성하는 것보다는 경매 시점과 가까운 실제 낙찰가를 적용하는 것이 중요함을 의미한다.

**4.3.2 지수평활의 성능**

본 절에서는 지수평활에 의하여 낙찰 예정가를 생성하는 방법의 성능 실험을 한다. 여기서 단순지수평활은 식 (3)을 이용하고, 이중지수평활은 식 (4), 삼중지수평활은 식 (6)을 적용하는데, 결과는 다음 [그림 2]와 같다.

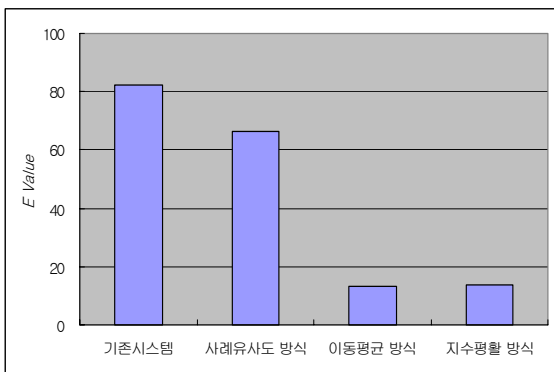


[그림 2] 지수 평활의 성능 비교

실험 가격편차가 가장 적게 나타냄을 알 수 있고, 이것은 실험 자료인 중고 자동차가 추세와 주기의 영향을 적게 받음을 의미한다. 또한 실험 자료가 1년 6개월의 가격 정보로 이루어져 있어서 년도별 주기가 적게 반영되었고, 실험 자료의 과거 기록이 길어질 경우 결과가 달라질 것으로 예상된다.

#### 4.3.3 기존 시스템과의 성능

본 절에서는 기존의 가격 생성 방법들과 본 논문에서 제안하는 방법간의 성능을 비교한다. 실험 결과는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 기존 시스템들과의 성능 비교

결과는  $E$  값이 가격생성 에이전트를 적용하지 않은 기존 시스템은 82.14, 사례 유사도에 의한 방법은 66.57, 이동평균에 의한 방법 13.40, 지수평활에 의한 방법 13.90으로 이동평균에 의한 낙찰 예정가 생성이 가장 우수함을 보여준다. 이것은 실험 자료인 중고 자동차의 경우 최근 몇 개월의 실제 낙찰가에 현재를 기준으로 큰 가중치를 주어 낙찰 예정가를 생성하는 것이 가장 실제 낙찰가와 유사함을 의미하고, 이를 통해서 낙찰률 향상을 예상할 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 인터넷 경매 시스템에서 판매자가 경매 물품을 등록하는 시점을 반영한 낙찰 예정가를 자동으로 생성하는 방법을 시계열 분석 별로 비교하여 제안하였다.

본 논문에서 제안된 이동평균은 정해진 기간 내에서 변화가 적고, 시간에 따른 주기가 없는 경매 물품의 낙찰 예정가 생성에 적합하다. 또한 지수평활은 일정한 기간에 상향이나 하향의 흐름을 가지고, 시간에 따라 가격이 증가 또는 감소하는 경매 물품의 가격생성에 적합함을 성능실험을 통해서 제시하였다. 여기서 중고 자동차를 이용하여 실험한 결과, 평가 기준  $E$ 가 기존의 시스템보다는 약 6배, 사례 유사도를 이용한 경우보다는 4배의 감소를 보였다. 이것은 경매 물품에 따라서 낙찰 예정가 생성방법을

달리하면 경매 물품의 실제 낙찰가격과 제안된 낙찰 예정가의 차이를 줄이고, 판매자가 지나치게 낮은 가격에 경매 물품의 가격을 결정하는 것을 방지함을 예측할 수 있다.

향후에는 시계열 분석을 이용한 낙찰 예정가 생성 방법의 실용성을 연구할 것이며, 대규모의 데이터베이스를 이용한 성능평가를 통해 본 연구의 효율성을 증명하는 것이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] Peter J. Brockwell, Richard A. Davis, P. J. Rockwell, Introduction to Time Series and Forecasting, Material, 1990.
- [2] Holt C. Carbone, "Forecasting Trends and Seasonals by Exponentially Weighted Moving Averages," O.N.R. Memorandum, No. 52, Carnegie Institute of Technology, 1957.
- [3] Eric V. Heck and Peter Vervest, "How Should CIO's Deal with Web-Based Auctions?," Communications of the ACM, Vol. 41, No. 7, pp. 99-100, July 1998.
- [4] Holger Kantz, et. al., Nonlinear Time Series Analysis, Material, 1997.
- [5] Blake LeBaron, "Do Moving Average Trading Rule Imply Nonlinearities in Foreign Exchange Markets?," Technical Report 9222, Social Systems Research Institute, Univ. of Wisconsin, Madison, 1992.
- [6] Yong Kyu Lee, Shin Woo Kim, Min Jung Ko, and Sung Eun Park, "Pricing Agents for a Group Buying System," EurAsia ICT 2002, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 2510, pp. 693-700, 2002.
- [7] 김신우, 고민정, 박성은, 이용규, "공동 구매 시스템에서의 낙찰 예정가 및 입찰가 자동 생성," 한국전자거래학회지, 7권 2호, pp. 55-68, 2002. 8.
- [8] 서울 자동차 경매장 매물 리스트, [http://www.saaa.co.kr/sell/main\\_sell.html/sell/sise/retail\\_sise.asp](http://www.saaa.co.kr/sell/main_sell.html/sell/sise/retail_sise.asp), 2003.
- [9] 파인드물 경매 자동차 리스트, <http://auto.findall.co.kr/BuyAuto/Type/BuyCarList.asp>, 2003.