

# 발전력 시장에서의 시장지배력 억제를 위한 장기 계약량 산정에 관한 연구

論 文

54A-1-6

## Evaluation of Long-term Contracts for Market Power Mitigation in Generation Markets

宋光載<sup>†</sup> · 許 焯<sup>\*</sup> · 南瑛祐<sup>\*\*</sup> · 朴鍾根<sup>\*\*\*</sup> · 丁海聖<sup>§</sup> · 尹容兌<sup>§§</sup>

(Kwang Jae Song · Don Hur · Young Woo Nam · Jong Keun Park · Hae Seong Jeong · Yong Tae Yoon)

**Abstract** - Restructuring of the electric power industry has brought the issue of market competitiveness to surface. Recent years have witnessed the appearance of a particular seller or group of sellers exercising market power in electricity supply. In fact, much scholarly work has been done on how to identify and mitigate such abuse by market management rules. In this paper we assess the possible market power on the basis of pivotal supplier test and propose the method to determine the reasonable quantity of long-term contracts which can play a crucial role in mitigating the market power for a pivotal player. Furthermore the market efficiency is guaranteed by making long term contracts with a pivotal player up to the quantity to ensure that the pivotal player has no incentive to abuse the pivotal quantity in the electricity market.

**Key Words** : Market Power Mitigation, Long-Term Contract, Pivotal Supplier Test

### 1. 서 론

장기적 측면에서 설비 투자의 효율성을 높여 전기의 생산 비용을 낮추고자 하는 노력의 일환으로 발전과 판매 부분에 경쟁을 도입한 전력산업의 구조개편이 전세계적으로 한창 진행 중에 있다. 특히, 전력산업의 경우 수요탄력성의 부족과 생산과 소비가 동시에 이루어져야 한다는 물리적 특성으로 인하여 시장 도입과 함께 시장에 대한 엄격한 감시 및 규제가 요구되며, 경우에 따라서는 독점적 지위를 이용한 시장 참여자들이 시장 가격을 왜곡하여 자신의 이익을 증대시키려는 행위를 규제자는 적극적으로 찾아내어야 하며, 이러한 행위는 가능하면 미연에 방지할 수 있어야 한다. 전력시장을 이미 도입한 세계 각국은 시장감시기구를 통하여 시장지배력 행사 가능성 및 그 여부를 평가할 수 있는 지수들과 완화기법을 개발하였거나 개발 중에 있다.

본 논문에서는 시장지배력의 평가지수로서 수요와 각 발전 회사의 설비용량을 고려하는 pivotal 테스트를 이용하고, pivotal 물량이 산정되었을 때 시장지배력을 행사하고자 하는 유인을 완화할 수 있는 장기계약물량 결정방법을 간단한 사례연구 계통에 적용하여 타당성을 검증하고자 한다.

### 2. 시장지배력 정의 및 평가지수

#### 2.1 시장지배력 정의

시장지배력이란 하나 또는 다수의 판매자들이 경쟁가격 이상으로 가격을 유도할 수 있거나, 전체 물량 조절 또는 해당 시장으로부터 경쟁자들의 진입 제한을 상당기간 동안 행사할 수 있는 능력으로 정의된다. 미국 법무부 (U.S. Department of Justice) 또는 연방통상위원회 (Federal Trade Commission, FTC) 관점에서의 "상당기간"은 보통 년 단위, 흔히 1년 또는 2년 단위를 지칭한다 [1]. 이러한 시장지배력의 행사는 보통 용량철회를 통하여 이루어지며 시장의 수요와 공급가능용량간의 여유가 적을 때 더욱 빈번하게 발생하는 경향이 있다. 일반적으로 전력시장에서 수요 측의 가격에 대한 탄력성이 매우 작은 것을 감안하면 시장점유 비율이 낮은 소규모 발전회사조차도 pivotal이 될 수 있다. 여기서 pivotal이라 함은 해당 발전회사의 용량 없이는 수요를 맞출 수 없는 상태를 의미하며 pivotal이 된 발전회사, 즉 pivotal 발전회사는 시장에서 규제하는 상한선까지 가격을 정할 수 있다.

시장지배력을 평가하는 방법으로는 크게 지수를 이용하는 방법과 시장을 모델링하고 분석하는 방법으로 나눌 수 있다. 시장지배력 행사를 보다 엄밀하게 분석하려면 모델을 통한 분석 방법이 유용하지만 결과를 내기까지 많은 가정이 필요하고 상당한 시간이 소요된다. 반면에 지수를 이용하는 방법은 단순하기는 하지만 시장지배력 행사 가능성을 사전에 분석하고 이에 대한 완화조치를 신속하게 취할 수 있다는 장점이 있다.

† 교신저자, 學生會員 : 産業技術試驗院 研究員

E-mail : song@ktl.re.kr

\* 正 會 員 : 서울대 工學研究所 客員研究員 · 工博

\*\* 正 會 員 : 서울대 工大 電氣컴퓨터工學部 博士課程

\*\*\* 終身會員 : 서울대 工大 電氣컴퓨터工學部 教授 · 工博

§ 正 會 員 : 韓國電氣研究院 先任研究員 · 工博

§§ 正 會 員 : 서울대 工大 電氣컴퓨터工學部 助教授 · 工博

接受日字 : 2004年 8月 4日

最終完了 : 2004年 11月 2日

### 2.2 Pivotal 참여자 테스트 (Pivotal Supplier Test)

기존의 허핀달-허쉬만 지수 (Herfindahl-Hirschman Index, HHI)와 같은 전통적 시장지배력 평가지수의 경우는 수요라는 전력시장의 중요 요소를 제대로 반영하지 못하였으나, 이후 개발된 pivotal 테스트는 시장 참여자의 시장 점유율, 수요 등을 고려할 수 있다. Pivotal 물량에 대한 정의는 다음과 같다.

$$N = \{1, 2, 3, \dots, n-1, n\} \quad (1)$$

$$PV_i^t = \text{Max} \left\{ 0, D^t - \sum_{k \neq i} CP_k^t \right\} \quad i, k \in N \quad (2)$$

여기서,  $N$ 은 전력시장 내에 존재하는 발전회사의 총수이고,  $D^t$ 는  $t$  시간대의 전력 수요이며,  $CP_k^t, PV_i^t$ 는  $t$  시간대의 발전회사  $i$ 의 설비용량, pivotal 양을 각각 나타낸다.

즉, 어떤 발전회사의 용량을 뺀 나머지 물량이 수요를 만족시키지 못하는 상황이 되면 해당 발전회사는 pivotal 참여자가 되는 것이다. 그림으로 표현하면 다음과 같다.

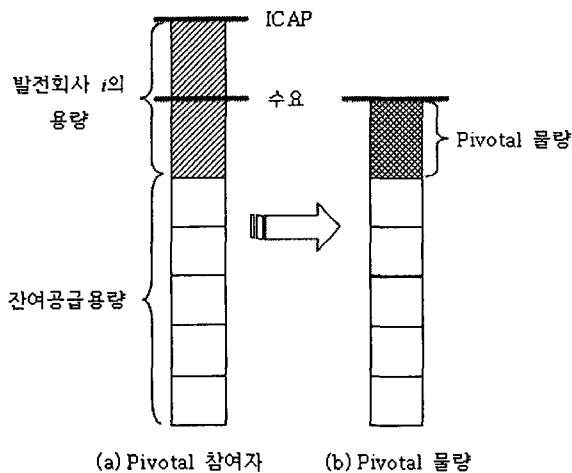


그림 1. Pivotal 참여자 테스트  
Fig. 1. Pivotal Supplier Test

이러한 pivotal 참여자 테스트를 응용한 지수로는 SMA (Supply Margin Assessment), RSI (Residual Supply Index) 등이 있다. 미국 연방에너지규제위원회 (Federal Energy Regulatory Commission, FERC)는 SMA 테스트를 통해 pivotal로 확인되면, 해당 pivotal 참여자가 RTO (Regional Transmission Organization)에 가입할 때에는 제약이 없지만 이를 거부할 경우에는 RMR (Reliability Must Run) 계약을 할당하거나 입찰가격에 대해 제약을 가할 뿐만 아니라 입찰 데이터는 해당 회사의 홈페이지 등을 통해 공개하도록 하고 있다. 캘리포니아 ISO는 RSI 테스트를 통해 pivotal 참여자로 확인될 경우, 우선 장기계약을 맺도록 유도하고, 이것이 지켜지지 않으면 역시 입찰가격에 제재를 가하고 있다 [1].

### 3. 시장지배력 억제를 위한 장기 계약량 결정

#### 3.1 시장지배력 완화

현재 전력시장에서 사용되고 있거나, 고려중인 시장지배력 완화기법은 시장 감시를 할 수 있는 규제기관에게 더욱 강력한 권한을 부여하여 시장지배력이 행사되는 것을 사전에 예방하며, 시장지배력이 행사된 이후에도 즉각적인 사후 조치를 취하도록 하고 있다.

전력시장에서 시장지배력을 유발하는 문제점들에 대한 완화방법으로는 통상적으로 진입장벽 제거, 시장 점유율 제한, 송전망 확충, 계약에 기초한 방법, 수요측 입찰, 가격상한제 등이 있다 [2]. 이 중에서 장기계약은 현물시장에서 발전회사가 상당한 시장지배력을 행사하는 것으로부터 소비자를 보호할 수 있는 효과적인 해징 수단이다.

#### 3.2 용량철회를 통한 입찰 전략

발전사업자가 단독 또는 집단적으로 시장지배력을 행사하기 위한 전략의 두 가지 핵심 기법은 과도하게 높은 가격으로 입찰하는 경제적 용량철회 (financial withholding) 방법과 출력을 감소시키는 물리적 용량철회 (quantity withholding) 방법이 있다 [3].

부연하면, 경제적 용량철회는 입찰용량을 철회하고자 하는 발전기에 대하여 과도하게 높은 가격으로 입찰하여 이 발전기가 급전대상에서 탈락하게 함으로써 자연스럽게 철회되도록 하는 것을 의미한다. 비록 경제적 용량철회가 아니더라도 용량을 철회시키고 싶은 발전기에 대하여 허위로 고장을 빙자하여 발전 설비의 일부 또는 전체를 정지시켜 가격을 상승시키는 행위를 물리적 용량철회라고 한다. 그림 2는 이러한 용량철회를 통한 발전회사의 기본 전략을 나타낸다.

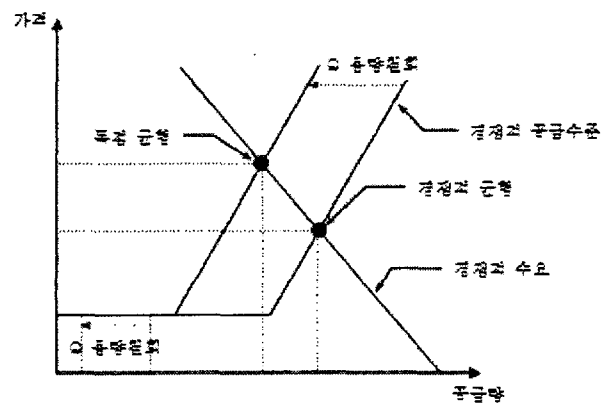


그림 2. 용량철회를 통한 기본전략  
Fig. 2. Genco's Strategy of withholding

개별 발전사업자가 용량철회를 통하여 공급입찰가격을 원가보다 더 높게 책정하면 시장가격은 높게 형성된다. 물론 경쟁 환경이 보장된 시장에서는 단일 발전사업자가 독립적으로 자신의 입찰가격을 높인다면 이 발전사업자는 급전에서 배제되고 그 결과 이윤획득의 기회를 상실하게 될 것이다.

그러나 소비자의 가격탄력성이 완전 비탄력적에 가깝고 허위 고장정지 등을 통해 발전설비를 의도적으로 중단하여 잔여발전량만으로는 시장 수요를 만족시키지 못할 경우, 발전사업자는 시장가격에 대한 가격제한인 가격상한선까지 가격을 인상시킬 수 있다. 그림 3은 이러한 상황에서의 발전사업자의 잔여수요곡선을 나타낸다 [4].

여기서,  $DR_1$ ,  $DR_2$ 는 각각 pivotal 물량이 없을 때와 있을 때의 잔여수요곡선을 나타내며, 극대화 조건인 한계비용과 한계수입이 일치하는 점에서 물량을 결정하게 된다. 이렇게 결정된 물량과 잔여수요 곡선이 만나는 점, 즉  $(P_2, Q_2)$ 에서 입찰이 결정된다. 만약, 수요의 변화에 따라 pivotal 물량이 발생하게 되면 해당 발전회사는 위의 이윤극대화 전략 이외에도 pivotal 물량만큼을 가격상한선 ( $\bar{p}$ )까지 상승시키는 전략을 취할 수 있게 된다.

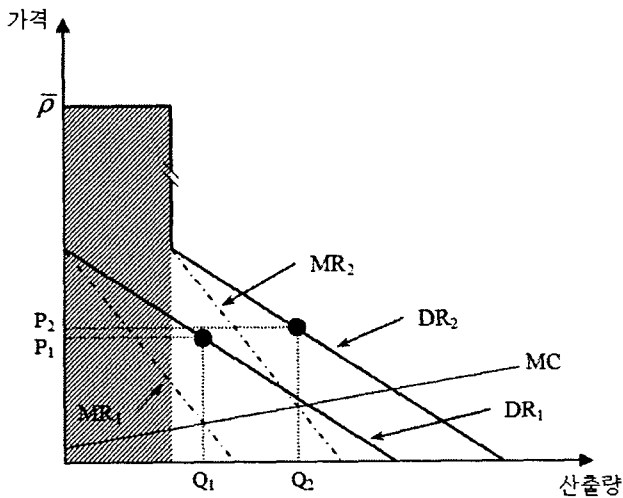


그림 3. Pivotal 참여자의 잔여수요곡선  
Fig. 3. Residual demand curve for a pivotal player

### 3.3 Pivotal 참여자에 대한 계약량 결정

이번 절에서는 특정시간대의 수요에 대한 pivotal 테스트를 통해 시장 참여자들의 시장지배력 행사 가능성을 판정하고 pivotal 참여자의 시장지배력 행사를 억제시킬 수 있는 계약량을 결정하고자 한다.

그림 4와 같이 발전회사 A가  $Q^p$  만큼의 pivotal 물량을 갖는 pivotal 참여자라고 하자. 발전회사 A가 시장지배력을 행사하여 이익을 얻고자 하는 유인을 억제하기 위하여 할당되어야 할 계약량과 계약가격을 각각  $Q^a$ ,  $P^a$ 라고 하자. 그림 4에서 살펴보면, 발전회사 A는 다음과 같은 두 가지 전략을 가지게 된다. 첫 번째는 용량철회를 통해 pivotal 물량만큼을 제한가격에 받는 전략으로, 이익은 그림 4에서 빗금 친 부분의 넓이와 같으며 수학적으로는 식 (3)과 같다. 두 번째는 수요곡선에 상응하는 pivotal 발전회사 A의 한계수입곡선 ( $MR_A$ )을 도출하여 한계비용곡선 ( $MC_A$ )과 교차하는 수준에서 물량과 가격을 정하여 이윤을 극대화하는 방법이다. 다시 말해 물량을  $Q_a$ , 가격을  $P_a$ 로 설정하여 생산·판매할 때 이윤

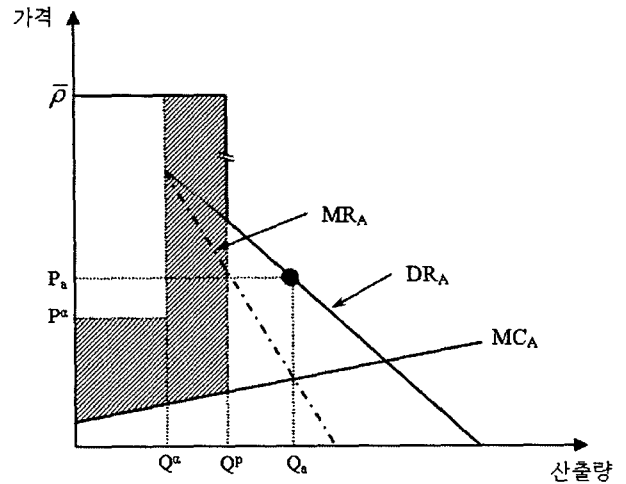


그림 4. 장기계약 할당  
Fig. 4. Allocation of long-term contracts to a pivotal player

이 가장 커지게 되며, 이 때의 이익은 식 (4)와 같다.

$$\pi_A = P^a \square Q^a + \bar{p} \square (Q^p - Q^a) - C(Q^p) \quad (3)$$

$$\pi'_A = P^a \square Q^a + P_a \square (Q_a - Q^a) - C(Q_a) \quad (4)$$

위와 같을 때 발전사업자 A의 시장지배력을 억제하여 보다 낮은 가격 수준으로 유지하기 위해서 발전회사 A에게 부과되는 계약량은 식 (5)의 조건을 만족하여야 하며, 이에 따른 최소 계약량은 식 (6)과 같이 결정된다. 단, 편의상 발전회사 A의 한계비용은 상수라고 가정한다.

$$\pi_A \leq \pi'_A \quad (5)$$

$$Q^a \leq \frac{\bar{p} - MC}{\bar{p} - P_a} \square Q^p - \frac{P_a - MC}{\bar{p} - P_a} \square Q_a \quad (6)$$

따라서 식 (6)과 같이 결정된 시장지배력을 억제할 수 있는 계약량은 시장 운영자에 의해 사전에 결정되는 가격상한선 ( $\bar{p}$ ), 발전사업자의 한계비용, 이윤을 극대화하는 공급량과 가격 등을 반영하여야 하며, 발전사업자의 설비용량이나 수요에 따른 pivotal 물량의 크기에 따라 이 계약량은 증감할 수 있음을 알 수 있다.

## 4. 사례연구

본 논문에서는 그림 5와 같이 5개의 발전회사와 1개의 pivotal 발전회사를 가정하여 사례연구를 수행하였다. 5개의 발전회사들은 각각 100 [MW]의 설비용량을 가지고 있으며, 20 [\$ /MWh]부터 60 [\$ /MWh]의 한계비용을 가진다고 가정한다. 이 때, pivotal 발전회사 A의 한계비용은  $MC_A$ , 설비용량은  $Q_A^N$ 으로 표기한다. 또한 수요는 가격에 대해 완전 비

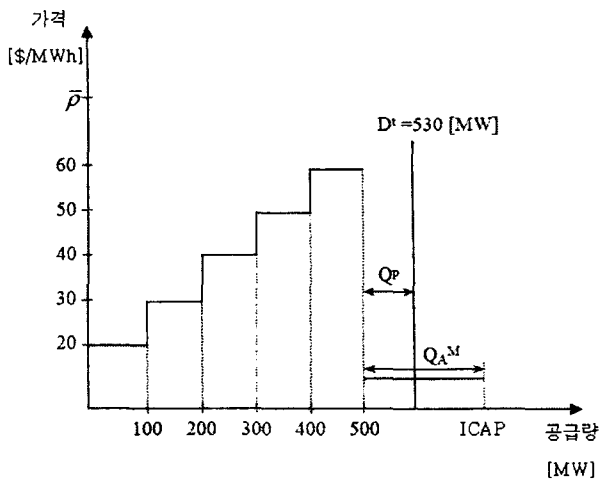


그림 5. 발전회사 데이터  
Fig. 5. Case study data for 5 Gencos and 1 pivotal supplier

탄력적이라고 가정하고, ICAP (Installed Capacity)은 시장 내의 설비용량의 총합을 의미한다.

위와 같은 단일가격시장 환경 하에서 pivotal 참여자인 발전회사 A의 용량철회를 막기 위한 계약량은 식 (6)을 이용하여 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$Q^{\alpha} = \frac{\bar{\rho} - MC}{\bar{\rho} - \rho^*} \square Q^p - \frac{\rho^* - MC}{\bar{\rho} - \rho^*} \square Q_A \quad (7)$$

여기서,  $\rho^*$ 는 pivotal 물량을 이용하지 않고 이윤을 극대화 는 전략을 선택하였을 때 시장에서 결정되는 가격이다.

표 1에서는 발전회사 A의 설비용량  $Q_A^M=150$  [MW], 한계 비용  $MC_A=10$  [\$ /MWh],  $t$  시간대의 수요  $D^t=530$  [MW]로 설정하고, 가격상한선 ( $\bar{\rho}$ )의 변화에 따른 계약량을 계산하여 보았다. 한편, pivotal 물량 ( $Q^p$ ) 값은 식 (2)에 의해서 30 [MW]이다. 표 1의 결과, 가격상한선이 높아질수록 이에 따른 계약량은 증가하였다. 특히, 가격상한선이 10,000 [\$ /MWh] 정도로 설정되면 pivotal 용량만큼의 계약이 필요하다는 것을 알 수 있다. 이것은 시장에서 허용되는 가격이 높을수록 발전회사가 시장지배력을 행사할 유인이 커지는 것에 대한 결과라고 유추된다.

표 1. 가격상한선에 따른 계약량  
Table 1. Quantity of long-term contracts according to changes in price cap

	가격상한선( $\bar{\rho}$ ) [\$ /MWh]	계약량 [MW]
1	500	19
2	1,000	25
3	2,000	28
4	10,000	30

표 2. 발전회사 A의 설비용량에 따른 계약량  
Table 2. Quantity of long-term contracts vs. pivotal player's capacity

	발전회사 A의 용량 [ $Q_A^M$ , MW]	이윤 극대화 입찰량 [ $Q_A$ , MW]	시장가격 ( $\rho^*$ ) [\$ /MWh]	계약량 [MW]
1	150	150	50	25
2	200	199	50	24
3	250	250	40	23
4	300	299	40	22

표 2에서는 가격상한선 ( $\bar{\rho}$ )=1,000 [\$ /MWh],  $MC_A=10$  [\$ /MWh],  $D^t=530$  [MW]일 경우, 발전회사 A의 설비용량 변화에 따른 계약량을 계산하였다. 단, 발전회사의 기동정지는 고려하지 않기로 한다. 표 2에 의하면, pivotal 발전사업자의 설비용량이 증가함에 따라 계약량이 감소함을 확인하였다. 계약량의 감소폭이 작은 이유는 증가시킨 발전회사 설비용량에 비해 가격상한선이 높게 설정된 결과로 해석된다.

이상과 같이 규제자의 가격상한선 설정 및 pivotal 발전회사의 설비용량 변동에 따른 시장지배력을 억제하기 위한 계약량을 계산하여 보았다. 결론적으로 표 1과 표 2를 통해서 전력시장이 가지고 있는 고유한 시장 제도 및 구조적 특성에 따라 시장지배력 억제를 위한 계약량은 달라질 수 있음을 알 수 있다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 pivotal 참여자 테스트를 통해 발전회사의 pivotal 여부와 pivotal 물량을 계산하고, 이 물량에 대해 어느 정도의 장기 계약량을 할당할 것인가의 방법론에 대해 제안하였다. 이를 통해 발전회사에게는 pivotal 물량을 이용한 시장지배력 행사를 통해 얻는 이윤이 감소하도록 하였으며, 동시에 해당 발전회사의 시장지배력 행사 유인을 줄일 수 있는 계약량 결정과 관련된 수식을 도출하였다. 이러한 계약량 결정 방법은 향후 시장상황 변화에도 불구하고 규제자 또는 시장감시기구로 하여금 효율적인 시장감시체계를 구축하는데 광범위하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력 연구원 주관으로 수행된 과제이며 관리기관 관계자 여러분에게 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

[1] A. F. Rahimi and A. Y. Sheffrin, "Effective market monitoring in deregulated electricity markets," IEEE Trans. on Power Systems, vol. 18, no. 2, pp. 486-493.

May 2003.

- [2] 전력시장 경쟁제한요소 분석 및 운영 효율성 제고 방안, 한국전기연구원, 2003.
- [3] S. Stoft, Power System Economics, 1st Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002.

- [4] F. A. Wolak, Remediating Undue Discrimination through Open Access Transmission Service and Standard Market Design, FERC Docket No. RM01-12-000, 2002.

## 저 자 소 개



### 송 광 재 (宋 光 載)

1976년 3월 20일생. 2002년 강원대 제어계측공학과 졸업. 2004년 서울대 전기컴퓨터공학부 졸업(석사). 2004년 10월~현재 산업기술시험원 연구원  
 Tel : 02-860-1582  
 Fax : 02-860-1527  
 E-mail : song@ktl.re.kr



### 허 돈 (許 焯)

1974년 1월 17일생. 1997년 서울대 전기공학부 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학부 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박). 2004년 9월~현재 서울대 공학연구소 객원연구원  
 Tel : 02-880-7258  
 Fax : 02-878-1452  
 E-mail : hanwha@snu.ac.kr



### 남 영 우 (南 瑛 祐)

1974년 1월 4일생. 1996년 서울대 전기공학부 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학부 졸업(석사). 1999년~현재 동 대학원 전기공학부 박사과정  
 Tel : 02-880-7258  
 Fax : 02-878-1452  
 E-mail : berru92@snu.ac.kr



### 박 종 근 (朴 鍾 根)

1952년 10월 21일생. 1973년 서울대 전기공학과 졸업. 1979년 일본 동경대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1983년~현재 서울대 전기컴퓨터공학부 교수  
 Tel : 02-880-7247  
 Fax : 02-878-1452  
 E-mail : parkjk@snu.ac.kr



### 정 해 성 (丁 海 聖)

1969년 12월 22일생. 1993년 서울대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박). 2004년 3월~현재 한국전기연구원 전력시장기술연구그룹 선임연구원  
 Tel : 031-420-6134  
 Fax : 031-420-6139  
 E-mail : junghs@keri.re.kr



### 윤 용 태 (尹 容 兌)

1971년 4월 20일생. 1995년 MIT 전기컴퓨터공학부 졸업. 1997년 동 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박). 2004년 3월~현재 서울대 전기컴퓨터공학부 조교수  
 Tel : 02-880-9143  
 Fax : 02-878-1452  
 E-mail : tytoon@ee.snu.ac.kr