

최적화 기법을 이용한 에너지 효율 프로그램의 지원금 수준 산정

論 文

57-3-6

Estimation of Rebate Level for Energy Efficiency Programs Using Optimization Technique

朴 鍾 鎭* · 蘇 喆 鎬** · 金 鎭 吾†
(Jong-Jin Park · Chol-Ho So · Jin-O Kim)

Abstract - This paper presents the evaluation procedures and the estimation method for the estimation of optimal rebate level for EE(Energy Efficiency) programs. The penetration amount of each appliance is estimated by applying price function to preferred diffusion model resulted from model compatibility test. To estimate the optimal rebate level, two objective functions which express the maximum energy saving and operation benefit are introduced and by multi-objective function which can simultaneously consider two objective functions the optimal rebate level of each appliance is estimated. And then, using the decided rebate level and each penetration amount, the priority order for reasonable investment of each high-efficiency appliance is estimated compared to the results of conventional method. Finally, using a benefit/cost analysis based on California standard practice manual, the economic analysis is implemented for the four perspectives such as participant, ratepayer impact measure, program administrator cost and total resource cost.

Key Words : Energy Efficiency, High-Efficiency Appliances, Rebate, Diffusion Model, Optimization

1. 서 론

최근 에너지원의 많은 부분을 외국에 의존하고 있는 국내의 실정에서 볼 때, 제한된 에너지 자원의 합리적인 이용을 목적으로 국가적인 관점에서 전력 수요관리(Demand-Side Management)의 필요성이 크게 부각되고 있다.

우리나라의 수요관리 프로그램은 70년대 요금제도에 의한 부하관리로 부터 시작하여 90년대부터는 고효율 조명기기, 그리고 2000년대 들어서서 고효율 전동기 및 인버터와 같은 에너지 절약기술에 의한 수요관리 프로그램을 도입하여 그 비중이 높아지고 있다. 그러나 에너지 효율 측면의 프로그램은 도입 이후의 진행 기간이 길지 않아 현재까지 누적된 실적 보급 데이터를 이용한 수요관리 목표량의 산정은, 그 방식에 있어 충분한 이론적인 배경이 결여되어 있는 것으로 판단되어 그 목표량 산정 결과의 신뢰성에 의문이 제기되고 있는 실정이다. 고효율기기의 보급량 예측은 일반적으로 Bass 확산 모형을 근간으로 이루어지나 이 모형은 충분한 과거 실적 데이터의 이용이 가능할 때 기기 보급의 예측에 대하여 그 우수성이 입증될 수 있다. 이는 국내의 경우 고효율기기의 미래 보급량을 예측하는데 있어 적은 수의 데이터를 Bass 확산 모형에 단순 적용 하는 것은 그 결과에 큰 오차가 포함될 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 투자 효율성의 제고를 위한 고효율기기 프로그램의 수요관리 목표량 산정은 합리적인 이론 방식에 근거한 추정치 필수적이며 정확한 기기 보급량의 예측을 위하여 고려 가능한 확산 모형의 비교 연구가 진행되어야 한다.

이에 본 논문에서는 에너지 효율의 수요관리 목표량을 산정하기 위하여 그 대상으로 조명기기의 전구형형광등, 32W 1/2등용 안정기와 50Hz/55Hz 인버터, 자동판매기 그리고 중대형/소형 전동기를 선정하였고, 확산 모형에 지원금 조건을 고려하고자 가격함수를 소개하였다. 또한 기존의 Bass 확산 모형과 이 모형의 발전된 확산 모형인 Virtual Bass 모형을 이용하여 국내의 기기 보급량에 각각 적용, 보급량 예측하였고 이를 바탕으로 모형 적합성 판별을 수행하였다. 모형 적합성 판별을 위한 기준으로 기기별 보급량 추정에 대한 오차를 비교 분석하였으며, 작은 오차를 갖는 확산 모형에 가격함수를 적용하였다. 본 논문에서는 고효율기기별 적정 지원금 수준의 산정에 있어 합리적인 이론적 배경을 제공하고 자 최적화를 수행하여 프로그램별 투자 우선순위를 새로이 산정하고자 한다.

2. 확산 모형

2.1 Bass 확산 모형

Bass의 확산 모형을 적용하기 위해서는 기본적으로 세 가지 모수를 추정하여야 하며, 아직 보급실적이 미미한 고효율기기의 경우 통계적 방법에 의한 모수추정을 하는데 어려움이 있다. 세 가지 모수 중 p 는 혁신계수(Coefficient of Innovation), q 는 모방계수(Coefficient of Imitation)를 뜻하

† 교신저자, 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 正教授 · 工博
E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

* 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 博士課程

** 學生會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 碩士課程

接受日字 : 2007年 12月 10日

最終完了 : 2008年 2月 12日

며, m 은 잠재시장보급량(Potential Penetration Amount)을 말한다. Bass 모형은 Hazard 함수로부터 식 (1)과 같이 되며, 여기서 p, q 는 수요자의 성향을 대변한다[1,2].

$$\frac{f(t)}{1-F(t)} = p + qF(t) \quad (1)$$

- 여기서, p : 혁신계수(Coefficient of Innovation)
- q : 모방계수 (Coefficient of Imitation)
- $f(t)$: 시간 t 에서의 채택 확률
- $F(t)$: 시간 t 에서의 누적 채택 확률

$n(t)$ 을 시간 t 에서의 수요량, $N(t)$ 을 그 때까지의 누적 보급량, m 을 잠재시장보급량이라 두면, $f(t) = n(t)/m$, $F(t) = N(t)/m$ 와 같이 표현되고, 이것을 식 (1)에 대입하여 미분 방정식을 정리하면 아래 식 (2)로 표현되며, 기기의 순증 보급량은 계수 p, q, m 으로 결정된다.

$$n(t) = m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} \quad (2)$$

2.2 Virtual Bass 확산 모형(VBM)

VBM은 프로그램 도입 시점과 실적 데이터의 누적 시점이 데이터의 소실 등으로 인하여 차이가 발생하게 될 때 그 차이를 확산 정도에 고려하는 모형이다[3]. 다음 식 (3)은 Bass 모형과의 변수들 사이 관계를 표현하고 있고, 그림 1의 τ 는 데이터의 누적 시점과 프로그램 도입 시점의 차를 나타낸다[4]. 만약 $\tau=0$ 이면, 계수의 추정값은 앞의 Bass 모형에서 추정된 값과 같게 된다.

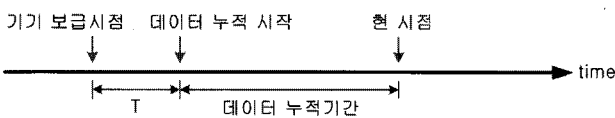


그림 1 프로그램의 도입 및 데이터 초기 누적해
Fig. 1 Initial year of Programs Introduction and Data Accumulation

$$p' = U - q', \quad q' = U / (1 + e^{z'U}), \quad m' = M / (1 + p' / q') \quad (3)$$

- 여기서, $M = (1 + p/q)m$, $U = p + q$,
- $z' = z + \tau$, $z = [1 / (p + q)] \ln(p/q)$

2.3 모형 적합성 판별

Bass 모형과 VBM을 이용하여 추정된 순증 보급량과 실적 데이터가 존재하는 부분을 식 (4)의 RMSPE(Root Mean

Square Percentage Error)를 기준으로 각 모형의 오차를 비교하였다. 또한, 각 모형과 실적 데이터의 누적보급량에 대한 오차 비교는 식 (5)의 Theil's 부등균 계수(Inequality Coefficient)를 이용하였다[5].

$$RMSPE = 100 \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left[\frac{(\bar{y}_t - y_t)}{y_t} \right]^2} \quad (4)$$

$$U = \frac{\sqrt{MSE}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N y_t^2 + \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \bar{y}_t^2}} \quad (5)$$

- 여기서, MSE (Mean Squared Error) = $\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (\bar{y}_t - y_t)^2$
- \bar{y}_t : 시간 t 에 대한 추정치
- y_t : 시간 t 에 대한 실적 데이터
- N : 고찰 기간(년)

2.4 가격 함수

지원금 지급을 통한 고효율기기 가격과 지원금 지원 효과 분석을 위한 가격변수로 도입함으로써 고효율기기에 대한 지원금 지원 효과를 분석할 수 있다. 이때 기기의 가격이 t 시점의 기기 채택자에게 영향을 주는 것으로 가정하고 가격 함수를 기기의 가격과 지원금 등에 대한 함수로 정의하면 다음 식 (6)으로 표현되는 가격함수를 상정할 수 있다[6].

$$G(P_i(t)) = \exp \left[-\eta_i \left(\frac{P_i(t)}{P_i(T)} \right) \right], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$P_i(t) = MP_i(t) - RL_i(t)$$

- 여기서, $G(P_i(t))$: 시간 t 에서의 i 고효율기기 가격함수
- $P_i(t)$: 시간 t 에서의 지원금을 고려한 i 고효율기기가격
- $MP_i(t)$: 시간 t 에서의 i 고효율기기의 시장가격
- $RL_i(t)$: 시간 t 에서의 i 고효율기기에 대한 지원금 수준
- $P_i(T)$: 고찰기간동안 i 고효율기기의 평균 가격
- η_i : i 고효율기기의 가격 탄력성

따라서, 앞 절에서 소개된 보급량을 표현하는 식 (2)에 가격함수를 표현하는 식(6)을 곱하는 것으로 아래 식 (7)로 표현되는, 지원금 효과를 고려한 확산 모형을 얻을 수 있다.

$$m(t) = m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} \times G(P_i(t)) \quad (7)$$

- 여기서, $m(t)$: 시간 t 에서 지원금을 고려한 순증 보급량

3. 최적화

3.1 목적함수 설정

3.1.1 최대 에너지 절감량

식 (8)은 최대 에너지 절감을 위한 목적함수를 표현하며, 앞 절에서 소개한 지원금 조건을 고려한 기기의 순증 보급량을 나타내는 $m_i(t)$ 의 지원금 수준이 결정 변수이다.

$$Max. Total Savings$$

$$Total\ savings(t) = \sum_{i=1}^k m_i(t) \times SV_i \times PV_i \quad (8)$$

여기서, k : 전체 고효율기기 수

$m_i(t)$: t 년도 i 고효율기기의 순증 보급량

SV_i : i 고효율기기의 에너지 절감량(MWh)

$$PV_i = [(1+r)^n - 1] / [(1+r)^n \times r]$$

: 할인율(r)과 기기수명(n)을 고려한 i 기기의
현재가계수

3.1.2 최대 운영상의 이득

식 (9)는 최대 운영상의 이득을 얻기 위한 목적함수를 나타내며, 각 고효율기기의 보급량에 대한 기기 대당 운영상 발생하는 회피비용을 이득으로 표현하였다.

$$Max. Benefit$$

$$Benefit(t) = \sum_{i=1}^k (AC_i \times PV_i - MC_i - RL_i(t)) \times m_i(t) \quad (9)$$

여기서, AC_i : i 고효율기기의 대당 회피비용

MC_i : i 고효율기기의 관리비용

$RL_i(t)$: t 년도 i 고효율기기의 지원금 수준

3.1.3 최대 에너지 절감량과 운영상의 이득

앞 절에서 설정하였던 두 가지 목적함수인 최대 에너지 절감량과 운영상 이득을 표현하는 각 목적함수를 동시에 고려하기 위한 방법으로 식 (10)을 소개한다.

$$Min. \lambda$$

$$\lambda = \sum_{r=1}^l \omega_r (f_r^* - f_r(RL)) \quad , \quad \lambda \geq 0 \quad (10)$$

여기서, ω_r : r 번째 목적함수의 가중치

f_r^* : r 번째 목적함수의 최적값

RL : 지원금 수준(결정 변수)

l : 단일 목적함수의 수

각 목적함수의 최대값을 f^* 라 하면, 가능해 영역에서의

모든 지원금 수준(RL)에 대하여 최소 λ 를 갖기 위한 공통해인, 지원금 수준(RL)을 산정할 수 있다.

3.2 제약조건 설정

3.2.1 지원금의 효과

시장에서 지원금의 증가는 보급량의 증가를 유도하지 못할 가능성이 존재한다. 그림 2에서 곡선 A 는 지원금의 지원이 없는 경우를 표현하고 있으며, 이 경우 시장 전환은 t_2 시점에 발생된다. 곡선 B 는 효과적인 제도에 의한 적정 지원금 지원의 경우를 표현하고 있으며, 이 경우 시장 전환은 곡선 A 의 t_2 보다 빠른 t_1 시점에 발생한다. 그러나 잘못 결정된 지원금 지원의 경우를 표현하고 있는 곡선 C 는 지원금 프로그램이 종료된 시점(t_2) 후에 보급이 원활히 이루어져 t_3 시점에 이르러 시장 전환이 이루어지는 것을 표현한다[7].

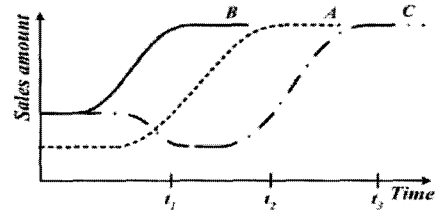


그림 2 시장에서의 지원금 효과
Fig. 2 Effects of Rebate in Market

단기간 동안 급격히 변동하는 지원금은 소비자가 고효율기기의 적정 가격 선에 대해 혼란을 가질 수 있다. 높게 책정된 지원금에 대하여 소비자가 해당 고효율기기의 품질을 과소평가 하게 하며, 이는 소비자로서 하여금 지원금의 수준이 소비자가 구매 의사가 있을 때까지 기다리게 한 후 기기의 구매를 유도할 가능성이 있다. 본 논문에서는 이러한 혼란을 피하기 위하여 식 (11)에서처럼 전년도 대비 지원금 수준의 1.5배를 넘지 않는 것으로 가정하여 제약 조건을 설정하였다.

$$0 \leq RL_i(t) \leq RL_i(t-1) \times 1.5 \quad (11)$$

$$0 \leq PR(t) \leq PR(t-1) \times 1.5$$

여기서, $PR(t)$: 시간 t 에서의 프로그램별 전체 지원금 수준

3.2.2 지원금의 지원기간

그림 3에서처럼 현실성을 고려하기 위해 기기의 시장 잠재 보급량 시점 전에서 지원금 지원이 종료되는 것으로 가정하였으며, 기기의 누적보급량과 잠재 시장 보급량의 비율을 고려하여 지원금의 종료시점을 설정하였다. 목표년도(다음해)의 지원금을 산정하는데 있어서 식 (12)의 경우처럼 기기의 누적 보급량이 보급 가능한 시장 잠재량의 90%를 넘어서면 지원금이 종료되는 것으로 가정하여 제약조건을 설정하였다.

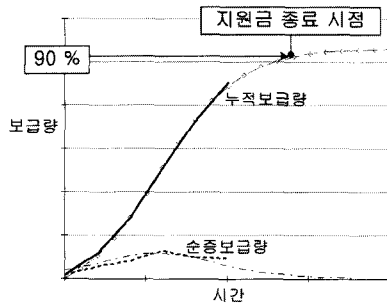


그림 3 지원금 지원 종료 시점
Fig. 3 Expiration Point of Rebate Support

$$RL_i(t) = 0, \text{ if } \frac{N_i(t-1)}{m_i} \geq 0.9 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (12)$$

여기서, $N_i(t-1)$: $t-1$ 년도의 i 기기 누적 보급량
 m_i : i 기기의 시장 잠재 보급량

4. 경제성 평가

수요관리사업의 경제성 평가를 시행하는 방법 가운데 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법은 캘리포니아 표준평가 방법(California Standard Practice Manual)이며, 평가 관점에 따라 다음의 4가지로 구분된다[8].

- P: Participant (참여자 테스트)
- RIM: Ratepayer Impact Measure (수용가 영향도 테스트)
- PAC: Program Administrator Cost (프로그램 관리자 비용 테스트)
- TRC: Total Resource Cost (총자원비용 테스트)

표 1 DSM 비용효과 테스트의 편익/비용 요소
Table 1 Benefit/Cost Element of Cost-Effectiveness Test in DSM Programs

구분		PAC	P	RIM	TRC
전력회사	회피비용	+		+	+
	기기비용	-		-	-
	프로그램 관리비용	-		-	-
	지원금	-	+	-	-
요금수입감소					-
참여자	기기비용			-	-
	요금지불액감소		+		

(+ : 편익, - : 비용)

표 1은 위에서 소개한 네 가지 관점에서 비용효과 테스트를 수행할 경우의 비용과 편익의 구성요소를 나타내며, 이를 바탕으로 편익/비용 평가를 실시하게 된다.

5. 사례 연구

확산 모형에 기기별 실적 데이터를 적용하는 것으로 보급량을 예측할 수 있으며 모형 선호도 판별은 실적 데이터가

존재하는 구간에 대하여 분석된다. 그림 4는 32W 2등용 안정기의 경우에 대한 모형별 보급량 추이를 나타내고 있으며, 이 경우 실적 데이터와 예측치의 비교는 1995년부터 2006년 기간에 걸쳐 수행되며 통계량 기준, 오차율이 작은 모형이 미래 보급량 추정에 있어서도 작은 데이터 오차율을 가질 가능성이 크므로 그림 4와 표 2의 결과에서 알 수 있듯이 VBM이 Bass 확산 모형보다 선호됨을 확인할 수 있다.

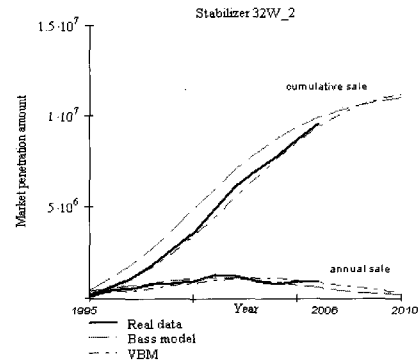


그림 4 32W 2등용 안정기의 모형 선호도 비교
Fig. 4 Comparison of Model Suitability for Stabilizer 32W_2

여기서 순증분과 누적분에 대한 판별은 RMSPE와 Theil's Inequality(U)를 기준으로 각각 비교 분석하였으며, 아래 표 2는 각 확산 모형으로 추정된 보급량과 실적 데이터를 바탕으로 모형 적합도 판별을 수행한 결과이며, 결과값이 작을수록 적합도가 우수함을 의미한다.

표 2 모형 적합도 판별 결과
Table 2 Results of Comparison for Model Suitability

고효율기기 분류	RMSPE		U	
	Bass	VBM	Bass	VBM
진구형형광등	38.54	31.88	0.045	0.020
32W 1등용 안정기	38.97	22.40	0.086	0.039
32W 2등용 안정기	47.06	22.49	0.075	0.024
인버터 50Hz	361.1	242.4	0.431	0.285
인버터 55Hz	69.56	22.41	0.194	0.103
자판기	36.53	32.63	0.043	0.031
중대형 전동기	19.70		0.059	
소형 전동기	29.42		0.024	

위 표의 결과에서 알 수 있듯이 모든 고효율기기에 대하여 모형 적합성 판별 결과 순증분과 누적분의 모든 경우에 있어 VBM이 Bass 모형보다 선호되므로 본 논문의 최적화 수행을 위한 목적함수 설정은 VBM에 가격함수를 적용한 식을 바탕으로 진행하였다.

5.1 고효율기기의 지원금 산정

5.1.1 최대 에너지 절감량

최대 에너지 절감량을 표현하는 식 (8)의 목적함수와 식 (11), 식 (12)에서 설정한 제약조건을 만족하는 지원금 수준을 산정 하였으며, 산정된 지원금 수준을 식 (7)에 적용하는

것으로 향후 3년 동안에 대한 기기별 보급량을 추정하였다. 표 3은 최적화 수행에 따른 향후 3년(2007~2009)동안의 지원금과 보급량의 산정 결과이다.

표 3 지원금 및 보급량 산정 결과

Table 3 Results of Rebate Level and Penetration Amount

고효율기기 분류	지원금 수준(원/대)			순증보급량(천대)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
전구형형광등	2,604	3,194	3,868	39.84	47.45	57.65
32W 1등용 안정기	3,485	3,464	2,434	196.2	152.9	114.4
32W 2등용 안정기	2,941	2,261	2,432	99.77	76.28	56.88
인버터 50Hz	1,092,000	1,183,000	1,308,900	1.124	1.268	1.395
인버터 55Hz	2,170,500	2,322,300	2,499,200	1.389	1.425	1.420
자판기	172,250	120,610	84,427	0.271	0.210	0.164
중대형 전동기	336,930	259,460	182,470	0.768	0.854	0.912
소형 전동기	57,680	40,376	30,004	0.868	0.821	0.741

5.1.2 최대 운영 이득

최대 운영상의 이득을 표현하는 식 (9)의 목적함수와 식 (11), 식 (12)로 표현된 제약조건의 설정으로 이를 만족하는 적정 지원금 수준을 산정 하였다. 그 결과를 식 (7)에 적용하여 각 해(2007~2009)의 기기별 보급량을 추정하였으며, 표 4는 최적화 수행 결과를 나타낸다.

표 4 지원금 및 보급량 산정 결과

Table 4 Results of Rebate Level and Penetration Amount

고효율기기 분류	지원금 수준(원/대)			순증 보급량(천대)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
전구형형광등	2,617	1,832	1,282	39.96	34.78	31.26
32W 1등용 안정기	1,960	1,372	960	196.2	152.9	114.5
32W 2등용 안정기	2,940	2,058	1,440	99.77	76.16	56.44
인버터 50Hz	1,143,900	1,266,600	1,292,500	1.176	1.366	1.374
인버터 55Hz	2,240,100	2,449,500	2,706,900	1.458	1.562	1.657
자판기	140,000	98,154	68,608	0.267	0.208	0.164
중대형 전동기	312,930	219,050	153,340	0.760	0.839	0.900
소형 전동기	32,732	22,912	16,038	0.802	0.776	0.707

5.1.3 최대 에너지 절감량과 운영 이득

앞의 식 (10)을 이용하여 앞에서 설정한 두 가지 단일 목적함수를 동시에 고려한 경우에 대한 적정 지원금 수준과 그에 따른 기기별 보급량을 산정하였다. 다음의 표 5는 두 목적함수인 최대 에너지 절감량과 운영상의 이득을 동시에 만족하기 위한 적정 지원금 수준과 이에 따른 기기별 보급량 추정 결과를 나타낸다.

표 5 지원금 및 보급량 산정 결과

Table 5 Results of Rebate Level and Penetration Amount

고효율기기 분류	지원금 수준(원/대)			순증보급량(천대)		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009
전구형형광등	2,250	2,422	2,618	36.82	39.73	42.89
32W 1등용 안정기	3,767	5,351	7,887	196.2	153	114.6
32W 2등용 안정기	5,898	8,646	12,934	102	80.12	61.86
인버터 50Hz	968,590	934,790	944,000	1.011	1.017	0.998
인버터 55Hz	2,013,000	2,007,700	2,058,500	1.244	1.135	1.023
자판기	200,200	286,300	290,940	0.275	0.228	0.182
중대형 전동기	275,350	270,950	271,050	0.748	0.859	0.951
소형 전동기	47,354	51,153	58,849	0.840	0.851	0.817

그림 5는 표 5에서의 인버터 50Hz 기기에 대한 것으로 ---선은 고정 지원금의 경우에 대한 보급량 추정을 표현하고 있으며 - - - -선은 결정된 지원금 수준의 변화에 따른 보급량의 변화 추이를 표현하고 있다.

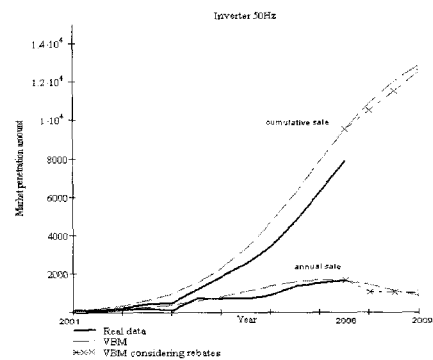


그림 5 인버터 50Hz 보급량 추정

Fig. 5 Estimation of Penetration Amount for Inverter 50Hz

또한, 산정된 지원금 수준과 순증 보급량을 이용하여 기기별 당해 투자비를 바탕으로 투자 우선순위를 결정하였다.

본 논문에서는 현 경우보다 프로그램을 세분화하여 투자 범위 및 우선순위를 결정하였으며, 다음의 표 6은 2007년의 경우에서 지원금 투자 순위 결과를 나타내고 있다.

표 6 지원금 투자 우선순위 결정

Table 6 Decision of Priority Order for Investment

고효율기기 분류	지원금 투자 우선순위	
	2007년도	
	기 존	제 안
전구형형광등		7
32W 1등용 안정기	2	1
32W 2등용 안정기		2
인버터 50Hz		4
인버터 55Hz	1	3
자판기	4	5
중대형 전동기		8
소형 전동기	3	6

5.2 편익/비용 테스트

결정된 기기별 순증 보급량과 회피비용, 기기비용, 프로그램 관리비용, 지원금 수준, 요금 수입 감소분과 지출 감소분의 데이터를 이용하여 캘리포니아 표준평가 방법을 적용, 경제성 분석을 수행하였다. 표 7은 네 가지 관점에서의 편익/비용 비율의 결과이며, 프로그램별 그리고 각 관점별 1 보다 큰 수치의 경우 해당 프로그램은 그 관점에서 이득이 크며, 1 보다 작은 수치는 비용이 크다는 것을 의미한다.

표 7 편익/비용 테스트 결과
Table 7 Results of Benefit/Cost Test

고효율기기 분류	편익/비용 비율			
	2007 년도			
	PAC	RIM	TRC	P
진구형형광등	4.03	2.76	1.56	3.47
32W 1등용 안정기	4.98	1.03	6.76	6.79
32W 2등용 안정기	6.39	1.10	10.9	10.26
인버터 50Hz	8.98	0.42	2.88	7.88
인버터 55Hz	11.9	0.85	7.23	9.85
자판기	0.52	0.06	0.19	4.22
중대형 전동기	10.4	1.38	1.07	0.78
소형 전동기	5.67	1.08	1.18	1.10

6. 결 론

본 논문에서는 에너지 효율 프로그램의 투자량 및 투자 우선순위 선정에 대한 합리적인 이론적 배경을 제공하고자 최적화 수행을 토대로 적정 지원금 산정의 방법론을 제안하였다. Bass 와 Virtual Bass 모형을 이용하여 각 기기별 보급량 추이를 예측 하였고 적합성 판별을 통해 모든 기기에 대하여 Virtual Bass 모형을 이용한 추정 결과의 적합함을 확인하였다. 지원금 수준을 결정변수로 최대 에너지 절감량과 최대 운영이득을 위한 목적함수와 현실성을 반영하기 위한 제약조건을 설정하여 각 목적함수별 최적화를 수행하였다. 또한, 절감량과 이득을 동시에 고려하는 최적화의 결과로 지원금 수준을 산정하였고 이를 토대로 각 프로그램별 투자량을 결정하고 투자 우선순위를 제시하였다. 경제성 분석을 위하여 캘리포니아 표준분석방법에 지원금 수준 결과와 보급량 그리고 관련 데이터를 적용하여 편익/비용 비율을 도출, 결과 수치를 비교하여 각 관점별 비용효과 분석에 대한 기준을 마련하였다.

본 논문은 합리적인 투자 우선순위의 결정과 이에 대한 비용효과 분석으로 향후 프로그램별 투자 효율성의 증진과 프로그램의 투입 및 관리에 대한 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Bass F. M., "A New Product Growth Model for Consumer Durables," *Management Science*, vol. 15, pp. 215-227, 1969
 [2] Vijay Mahajan, Eitan Muller, Yoram Wind, *New Product Diffusion Models*, International Series in Quantitative Marketing, 2000

[3] Zhengrui Jiang, Frank M. Bass, Portia Isaacson Bass, "Virtual Bass Model and the Left-Hand Data-Truncation Bias in Diffusion of Innovation Studies," *Inter. J. of Research in Marketing*, vol. 23, pp. 93-106, 2006
 [4] 에너지관리공단, DSM 성과계량 및 비용효과분석 연구 최종보고서, pp. 9-34, 2000
 [5] Lindberg, B. C., "International Comparison of Growth in Demand for a New Durable Product," *Journal of Marketing Research*, vol 19, pp. 364-371, 1982
 [6] Mark W, Speece, Douglas L, Maclachlan, "Application of a Multi-Generation Diffusion Model to Milk Container Technology," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 49, pp. 281-295, 1995
 [7] Michel Gibbs and Jeanne C. Townend. "The Role of Rebates in Market Transformation: Friend or Foe?," *Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, pp. 6.121-6.132. 2000
 [8] http://www.energy.ca.gov/greenbuiding/documents/background/07-J_CPUC_STANDARD_PRACTICE_MANUAL.PDF.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2007-2-040) 주관으로 수행된 과제임.

저 자 소 개



박 종 진 (朴 鍾 鎭)

1966년 4월 30일 생. 1991년 한양대학교 전기공학과 석사. 현재 동 대학원 전기공학과 공학박사과정.
 Tel : 02-2220-0347
 E-mail : jjpark@keri.re.kr



소 철 호 (蘇 喆 鎬)

1980년 3월 29일 생. 2005년 홍익대학교 전자전기공학부 졸업. 2006년~현재 한양대학교 전기공학과 석사과정.
 Tel : 02-2220-0347
 E-mail : chso@hanyang.ac.kr



김 진 오 (金 鎭 吾)

1956년 1월 17일 생. 1980년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 2월 동 대학원 전기공학과 석사. 1991년 12월 Texas A&M대학교 전기공학과 공학박사. 현재 한양대학교 전자전기공학부 정교수.
 Tel : 02-2220-0347
 Fax : 02-2297-1569
 E-mail : jokim@hanyang.ac.kr