

확산 모형을 이용한 고효율기기의 보급량 예측에 관한 연구

박종진 · 소철호 · 김진오*

한양대학교 전기공학과

(2007년 12월 11일 접수, 2008년 1월 11일 채택)

A Study on Forecast of Penetration Amount of High-Efficiency Appliance Using Diffusion Models

Jongjin Park, Cholho So and Jino Kim*

Dept. of Electrical Engineering, Hanyang University

요 약

현재 에너지 효율 프로그램에 대한 수요관리 목표량과 투자비는 과거 실적 데이터를 바탕으로 단일한 Bass 확산 모형을 이용하여 산정되고 있다. 국내외적으로 제품 등의 보급량 예측에 널리 사용되는 Bass 확산 모형은 시간과 세 가지 계수들에 대한 함수로 표현되며, 계수들의 추정에 있어서 제품의 과거 실적 데이터의 충분한 확보가 필수적이다. 국내의 경우 에너지 효율 측면에서 고효율기기의 수요관리 목표량 산정을 위해 기기별 보급량 예측이 선행되어야 하며, 기기별 보급량 예측은 Bass 모형을 근간으로 하고 있다. 그러나 현재 진행 중인 고효율기기 보급 프로그램의 조명기기, 인버터, 자판기와 진동기는 그 진행이 길지 않아 Bass 확산 모형을 이용한 보급량 예측에 필수요건인 충분한 실적 데이터가 존재하지 않은 실정이다. 이는 기기의 미래 보급량 예측에 큰 오차가 발생할 수 있으며 보급 예측량에 대한 정확성을 기대하기 어려우므로 앞으로의 고효율기기의 보급 예측의 방식에 제도적 개선이 필요한 상황이라 할 수 있다. 본 논문에서는 Bass, virtual Bass, Logistic과 Lawrence & Lawton 확산 모형을 이용하여 각 고효율기기의 미래 보급 확산 추이를 살펴보았다. 또한 기기별 특성에 따른 모형 선호도 평가를 위해 통계량 기준에 근거하여 실적 데이터와의 오차 범위를 산정하였다. 이 결과를 바탕으로 각 확산 모형을 이용한 기기 보급량 예측에 있어서 확산 모형의 단순 적용에 따른 오차 발생 원인과 기기별 특성에 따른 확산 모형 선호도를 분석하였다.

주요어 : 확산모형, Bass, Logistic, Lawrence & Lawton, 고효율기기

Abstract — At present, the target amount of demand-side management and investment cost of EE (Energy Efficiency) program, which consists of high-efficiency appliances, has been estimated simply by the diffusion function based on the real historical data in the past or last year. In the internal and external condition, the penetration amount of each appliance has been estimated by Bass diffusion model which is expressed by time and three coefficients. And enough acquisition of real historical data is necessary for reasonable estimation of coefficients. In energy efficiency, to estimate the target amount of demand-side management, the penetration amount of each appliance should be primarily forecasted by Bass diffusion model in Korea. On going programs, however, lightings, inverters, vending machine and motors have a insufficient real historical data which is a essential condition to forecast the penetration amount using a Bass diffusion model due to the short period of program progress. In other words, the forecast of penetration amount may not be exact,

*To whom correspondence should be addressed.
Dept. of Electrical Engineering, Hanyang University
Tel: 02-2220-0347
E-mail: jokim@hanyang.ac.kr

so that it is necessary for the method of forecast to apply improvement of method. In this paper, the penetration amount of high-efficiency appliances is forecasted by Bass, virtual Bass, Logistic and Lawrence & Lawton diffusion models to analyze the diffusion progress. And also, by statistic standards, each penetration is compared with historical data for model suitability by characteristic of each appliance. Based on the these result, in the forecast of penetration amount by diffusion model, the reason for error occurrence caused by simple application of diffusion model and preferences of each diffusion model for a characteristic of data are analyzed.

Key words : Diffusion model, Bass, Logistic, Lawrence & Lawton, High-efficiency Appliance

1. 서 론

최근에 전력산업의 구조개편이 진행되면서 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 고효율기기 보급 프로그램은 도입 이후의 진행 기간이 길지 않아 확산 모형을 이용한 고효율기기의 보급량 예측의 바탕이 되는 실적 보급 데이터의 확보와 프로그램 도입 시점 및 데이터 관리가 미비한 실정이다. 국내의 경우, 고효율기기의 보급량 예측은 일반적으로 Bass 확산 모형을 근간으로 이루어지나 이 모형은 충분한 과거 실적 데이터가 존재할 때 기기 보급의 예측에 대한 그 추정치의 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 확산 모형을 이용한 고효율기기 보급 프로그램의 수요관리 목표량 산정에는 과거 데이터 등 현 상황을 반영할 수 있는 추정이 필수적이며, 추정에 있어 오차율이 낮은 기기 보급량의 예측을 위하여 다양한 확산 모형의 비교 연구가 진행되어야 한다.

이에 본 논문에서는 에너지 효율기기의 보급량 예측을 위하여 그 대상으로 조명기기의 전구형형광등, 32 W 1/2등용 안정기와 50 Hz/55 Hz 인버터, 자동판매기 그리고 중대형/소형 전동기를 선정하였고, 기기의 보급량 예측에 널리 사용되고 있는 Bass 확산 모형의 단일 적용에 대한 단점을 극복하고자 virtual Bass, Logistic과 Lawrence & Lawton 확산 모형을 적용하여 그 결과를 비교하였다. 또한 모형 선호도 판별을 위해 통계량 기준인 RMSPE(Root Mean Square Percentage Error)와

Theil's 부등균 계수(Inequality Coefficient)를 바탕으로 확산 모형 별, 기기별 보급량 추정 결과와 실적 데이터와의 오차를 비교 분석하였다.

본 논문에서는 고효율기기의 수요관리목표량 산정의 근간이 되는 확산 모형 적합성의 비교 연구를 통하여 각 확산 모형을 이용한 기기 보급량 예측에 있어서 확산 모형의 단순 적용에 따른 오차 발생 원인과 기기별 특성에 따른 확산 모형 선호도를 분석하였다.

2. 확산 모형의 비교

2-1. Bass 확산 모형

Bass 확산의 적용을 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 뜻하며, m 은 잠재시장보급량(Potential Penetration Amount)을 말한다. 상황에 따라 다양한 형태의 확산 모형이 적용되나, 대체적으로 Bass 확산 모형을 근간으로 하고 있으며, Bass 모형은 Hazard 함수로부터 식 (1)과 같이 되며, 여기서 p , q 는 수요자의 성향을 대변한다^{[1][2]}.

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

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

$m(t)$ 을 시간 t 에서의 수요량, $N(t)$ 을 시간 t 까지의 누적 수요량, m 을 잠재시장보급량이라 두면, $f(t)=n(t)/m$, $F(t)=N(t)/m$ 와 같이 표현되고 이것을 식 (1)에 대입하여 정리하면 다음의 식 (2)처럼 표현되며 미분 방정식을 정리하여, 식 (3)과 식 (4)로 표현할 수 있다.

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = p[m - N(t)] + \frac{q}{m}N(t)[m - N(t)] \tag{2}$$

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \quad (3)$$

$$n(t) = m \frac{p(p+q)^2 e^{-(p+q)t}}{(p+q e^{-(p+q)t})^2} \quad (4)$$

식 (2)-식 (4)를 시점에서의 수요 n(t)와 누적수요 N(t) 간의 관계로 정리하면 다음의 식 (5)로 표현된다.

$$n(t) = p(m - N(t-1)) + \frac{q}{m} N(t-1)(m - N(t-1)) \\ = pm + (q-p)N(t-1) - \left(\frac{q}{m}\right)N(t-1) \quad t=1, 2, \dots, T \quad (5)$$

여기서, m : 잠재시장보급량
 p(m-N(t-1)) : 혁신구매자
 $\frac{q}{m}N(t-1)(m-N(t-1))$: 모방구매자

이상의 Bass 모형의 누적 추정식은 식 (5)를 아래 식 (6)으로 간단히 변환하여 추정한 후, 추정량 a, b, c를 Bass 파라미터로 전환하면 아래 식으로 표현된다.

$$n(t) = a + bN(t-1) + cN(t-1)^2 \quad (6)$$

또한, 각 파라미터들 간의 관계는 다음 식 (7)로 표현된다.

$$p = \frac{a}{m}, q = p + b, m = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c} \quad (\text{단, } m > 0) \quad (7)$$

따라서 Bass 확산 모형에 의한 추정은 식 (3), (4)와 세 가지 확산계수 p, q, m의 값에 따라서 결정된다.

2-2. Virtual Bass 확산 모형(VBM)

VBM은 Fig. 1의 경우에서처럼 프로그램 도입 시점과 실적 데이터의 누적 시점이 데이터의 소실 등으로 인하여 차이가 발생하게 될 때 그 차이를 확산 정도에 고려하는 모형이다. 다음의 식 (8)은 Bass 모형에 대한 변수들과의 관계를 표현하고 있으며, t는 데이터의 누적 시점과 프로그램 도입 시점의 차를 나타낸다^[4]. 만약 τ=0 이면, 계수의 추정값은 앞의 Bass 모형에서 추정한 값과 같게 된다.

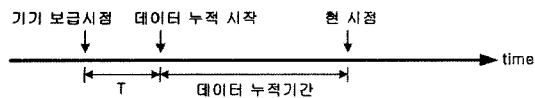


Fig. 1. Initial year of programs introduction and data accumulation.

Table 1. Information of programs introduction (year).

고효율기기 분류	프로그램 도입시점	데이터 누적 첫 해	τ
전구형형광등	1993	1995	-2
32 W 1등용 안정기	1993	1995	-2
32 W 2등용 안정기	1993	1995	-2
인버터 50 Hz	2000	2001	-1
인버터 55 Hz	2000	2001	-1
자판기	1999	2000	-1
중대형 전동기	2000	2000	0
소형 전동기	2000	2000	0

$$p' = U - q', q' = U / (1 + e^{z'}) , m' = M / (1 + p' / q') \quad (8)$$

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

아래 Table 1은 고효율기기 프로그램의 시장 도입 시점과 각 기기의 보급 실적 데이터의 누적 초기 시점을 나타낸다^[4].

2-3. Logistic 확산 모형

Logistic 확산 모형은 인구성장률의 분석을 위해 소개된 모형으로 현재는 제품의 보급 확산에 대한 분석으로도 사용되며, 함수의 형태는 다음 식 (9)로 표현된다^[4].

$$Y_t = \frac{m}{1 + \exp(-\alpha - \beta t)}, \quad t=1, 2, \dots, T \quad (9)$$

여기서, Y_t : 누적 수요
 m : 잠재시장보급량
 α : 위치 모수
 β : 형상 모수

위 식에서 $\exp(-\alpha - \beta t) = \mu$ 라고 하면, μ 의 성장률은 아래 식 (10)과 같이 표현된다.

$$\frac{\left[\frac{du}{dx} \right]_{x=t+1}}{\left[\frac{dy}{dx} \right]_{x=t}} = \frac{\beta - \exp[-\alpha - \beta(t+1)]}{\beta - \exp(-\alpha - \beta t)} = \exp(-\beta) \quad (10)$$

모수 β가 양수이고, $t \rightarrow \infty$ 일 때, μ 와 Y의 값은 점근적으로 0과 m로 접근한다. Logistic 함수에서 변곡점이 발생하는 시점은 $t = -\alpha/\beta$ 이고, 최대 성장률은 $Y = m/2$ 에서 발생한다.

Logistic curve는 변곡점에 대하여 대칭적이며, 기술의 성장 행태가 초기에는 서서히 증가하다가 성숙단계에 진입하여 상대적으로 빠른 성장률을 보이는 경우에 선호

하는 모형이다. Logistic 확산 모형은 모수에 대하여 비선형이므로 대수변환에 의하여 식 (11)과 같은 선형식으로 변환될 수 있으며, 각 계수의 추정은 최소제곱법을 이용한 추정이 가능하다.

$$\log_e\left(\frac{Y_t}{m-Y_t}\right) = L_t = \alpha + \beta t, \quad t=1, 2, \dots, T \quad (11)$$

2-4. Lawrence & Lawton 확산 모형

이 확산 함수는 3개의 계수 즉, 초기시장 파라미터, 잠재시장보급량, 확산률 계수에 의해 규정되며 전형적인 ‘S’자 모양의 곡선으로 표현된다. 초기시장 파라미터계수(N_0)는 첫째 누적보급량과 잠재시장보급량 그리고 확산률로 표현되며, 이는 처음 도입될 당시의 시장상태를 나타낸다. N_0 값이 커질수록 보급 첫째의 시장점유율이 커진다. 확산률 계수(p^*)는 확산의 속도를 조절한다. 현재의 life style, 조작의 간편성, 구입의 편리성 그리고 성능의 우월성의 정도에 따라 p^* 의 값은 커진다. Lawrence & Lawton의 조사에 의하면 확산률 값은 주거용의 경우 0.4~0.55, 업무용의 경우 0.65~0.68의 범위를 가지며, 주거용의 경우 0.5, 업무용의 경우 0.66을 권고하고 있다⁶⁾.

$$\frac{dS(t)}{dt} = p^* \frac{N_0 + S(t)}{N + N_0} [N - S(t)]$$

또는 $S(t) = \frac{N + N_0}{(1 + (N/N_0)e^{-p^*t})} - N_0$ (12)

여기서, $S(t)$: 시간 t 까지의 누적 보급량
 N_0 : 초기시장 파라미터(정보효과 포함)
 N : market size(잠재시장보급량)
 p^* : 확산률

계수 추정을 위하여 만약, $A = p^* N_0 / (N + N_0)$ 그리고 $B = p^* (N + N_0)$ 라 하면, 식 (12)에서 첫 번째 식은 아래 식 (13)처럼 축약된다.

$$\frac{dS(t)}{dt} = A[N - S(t)] + BS(t)[N - S(t)] \quad (13)$$

식 (13)은 Bass의 형태와 비슷한 식으로 여기서 A 는 혁신계수, B 는 모방계수를 의미하며, 식 (12)에서는 $N_0 = A/B$ 라 가정한다.

3. 확산 모형의 적합성 판별

각 확산 모형을 이용하여 예측한 순증 보급량과 실적 데이터가 존재하는 부분을 식 (14)의 RMSPE(Root Mean Square Percentage Error)를 기준으로 각 모형의 오차를 비교하였다. 또한, 각 모형의 누적 추정치와 실적 데이

터의 누적 보급량에 대한 오차 비교는 식 (15)의 Theil's 부등균 계수(Inequality Coefficient)를 이용하여 비교하였다.

$$RMSPE = 100 \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [(y_t - \hat{y}_t)/y_t]^2} \quad (14)$$

$$U = \frac{\sqrt{MSE}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N y_t^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \hat{y}_t^2}} \quad (15)$$

여기서, MSE(Mean Squared Error)

$\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_t)^2$
 \hat{y}_t : 추정치
 y_t : 실적 데이터
 N : 비교 기간(년)

식 (14)의 RMSPE를 이용한 결과는 통계적 기준(t 값, R 값 등)의 결과와 반드시 일치하지 않을 수도 있다. 즉, 통계적 적합성이 우수한 모형이 시물레이션 적합성 관점에서는 좋지 못할 수 있으며, 이와 반대로 시물레이션 적합성은 뛰어나나 통계적 적합성이 우수하지 못할 가능성이 있다. 그러므로 모형을 평가함에 있어 통계적 적합성과 시물레이션 적합성이 함께 고려되어야 한다. 상기 통계량, RMSPE와 U 는 그 결과값이 작을수록 해당 모형을 선호하며, 일반적으로 Theil's의 부등식 계수 U 는 0~1 사이에 놓이게 되며, 0에 근접 할수록 예측이 정확한 것으로 판정한다⁷⁾.

4. 사례 연구

4-1. 고효율기기의 보급량 추정

확산 모형을 이용한 각 기기의 보급량 추정을 위해서는 각 모형에 소개된 계수의 결정이 선행되어야 한다. 모형별 계수는 앞서 소개한 고효율기기의 보급 실적 데이터에 대한 식 (6), (11), (13)과 보급 실적 데이터를 바탕으로 최소제곱법을 이용하여 추정하였으며, Lawrence & Lawton의 확산률 계수(p^*)는 조명기기의 경우 0.5 값으로, 또한 인버터, 자판기와 전동기는 0.66 값으로 권고에 준하여 결정하였다. 아래 Table 2는 각 확산 모형별 결정된 계수 추정의 결과값을 보여준다.

결정된 각 계수의 결과값을 Bass, VBM, Logistic 그리고 Lawrence & Lawton 확산 모형의 보급량 예측에 관한 식 (3), (9)와 (12)에 적용하여 각 기기별 미래 보급량을 예측하였다. Fig. 2~4는 각 기기별, 모형별 경우에 대해 2007년~2009년까지의 향후 3년 동안의 보급량

Table 2. Decision of coefficients for each diffusion model.

구분	Bass			VBM			Logistic		Lawrence & Lawton			
	p	q	m	p'	q'	m'	m	α	β	N	N_0	p'
전구형형광등	0.033	0.086	865107	0.027	0.092	918430	865107	-3.62	0.326	865107	21670	0.5
32 W 1등용안정기	0.026	0.370	2847100	0.012	0.384	3153600	2847100	-4.124	0.485	2847100	56300	0.5
32 W 2등용안정기	0.037	0.341	1662400	0.019	0.360	1784300	1662400	-3.837	0.478	1662400	42080	0.5
50 Hz 인버터	0.007	0.445	14525	0.005	0.448	14609	14525	-5.793	0.512	14525	76.729	0.66
55 Hz 인버터	0.006	0.514	7879	0.003	0.516	7914	7879	-6.121	0.562	7879	21.508	0.66
자판기	0.076	-0.344	34643	0.075	-0.344	34643	34643	-3.388	0.446	34643	1309	0.66
중대형전동기	0.017	0.261	10967	0.017	0.261	10967	10967	-6.075	0.736	10967	15.016	0.66
소형전동기	0.028	0.348	7800	0.028	0.348	7800	7800	-5.790	0.810	7800	15.032	0.66

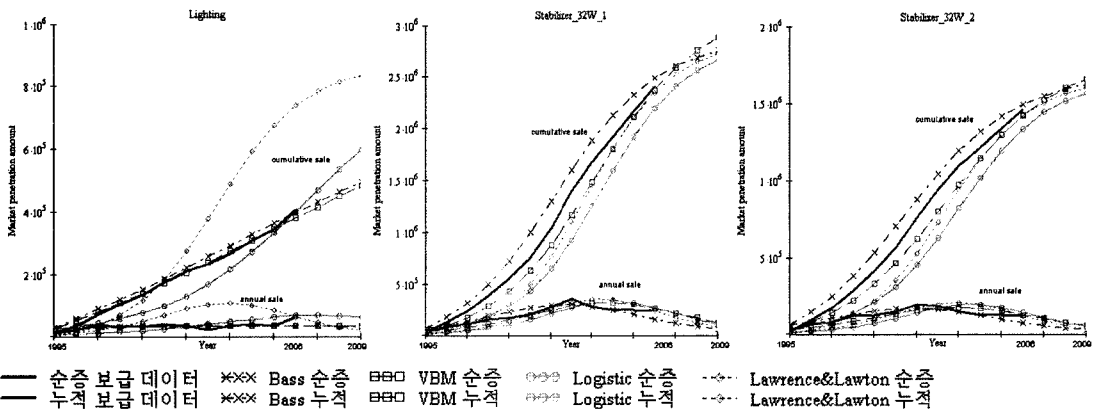


Fig. 2. Forecast of penetration amount for lightings.

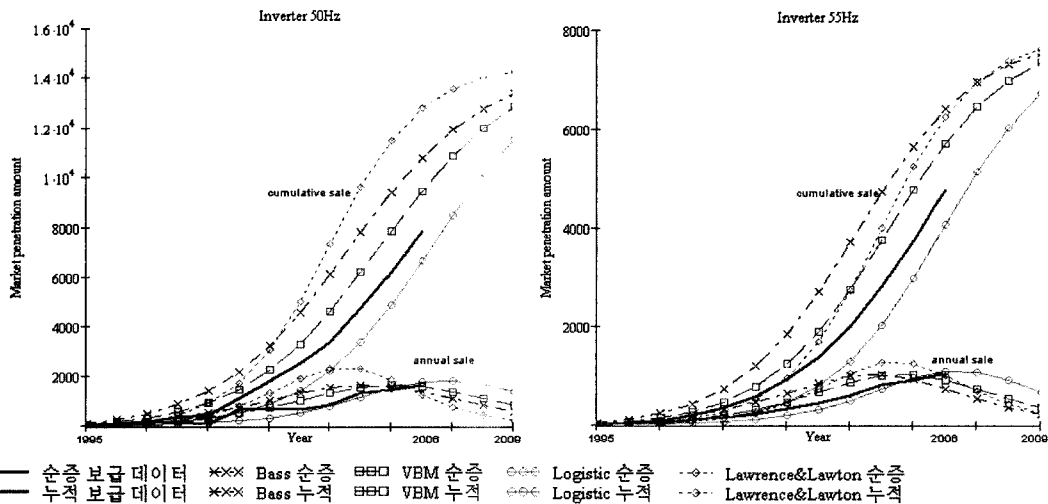


Fig. 3. Forecast of penetration amount for inverters.

확산 추이를 표현하고 있다.

Fig. 2는 조명기기 즉, 전구형형광등, 안정기 32 W 1.

2등용의 순증(하단) 및 누적(상단) 보급 추이를 표현하고 있으며, 각 확산 모형의 적용에 따른 보급 추이가 실

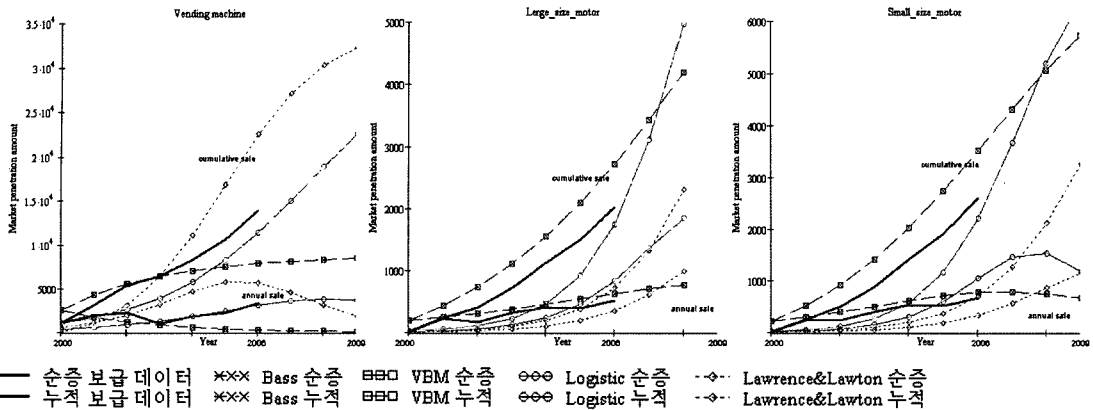


Fig. 4. Forecast of penetration amount for vending machine and motors.

적 데이터(실선)를 추종하고 있음을 확인 할 수 있다.

Fig. 3은 50 Hz/55 Hz 인버터에 대한 보급 추이를 표현하고 있으며, 충분한 데이터의 이용을 위해 실제 도입해진 2001년 전의 예측 데이터를 함께 표현하였다⁸⁾. 인버터의 경우 Fig. 2의 경우와 비교하여 확산 모형을 통한 보급 추이의 실적 데이터 추종이 다소 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 4는 자판기와 중대형/소형 전동기의 경우로 확산 모형을 통한 순증 및 누적 보급 추이가 Fig. 2와 3과 비교해 실적 데이터를 충분히 추종하지 못하고 있다. 위의 Fig. 2~4를 바탕으로 기기별 모형 선호도 판별을 위해 각 확산 모형의 적용을 통한 기기별 보급 추이와 실적 데이터와의 오차 분석을 수행하게 된다.

4-2. 확산 모형의 적합성 판별

앞 절의 Fig. 2~4에서 알 수 있듯이 각 고효율기기별 보급량 예측은 추정에 적용되는 확산 모형에 따라 달라질 수 있으며, 본 논문에서는 기기별 미래 보급량 예측에 대한 추정 오차를 비교하기 위해 각 확산 모형을 바

탕으로 추정된 과거 데이터 보급량을 과거 실적 데이터와 비교하여 모형 적합성을 분석하였다. 순증 보급량에 대한 오차 분석과 누적 보급량의 분석은 각각 RMSPE와 Theil's 부등균 계수를 이용하여 비교하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다.

Fig. 2~4의 보급량 추정과 표 3의 적합성 판별 결과에서 알 수 있듯이 인버터, 자판기 그리고 전동기 기기의 경우 큰 오차가 발생함을 확인할 수 있으며, 그 이유는 다음과 같이 설명될 수 있다. 첫째, 기기별 데이터 누적 기간은 조명기기와 인버터가 12년(과거 예측 데이터 포함), 자판기와 전동기는 7년으로 확산 모형에 적용하기 위한 데이터의 양이 적다. 둘째, 고효율기기 보급 프로그램에 대한 과거 실적 데이터는 지원금 제도에 의한 영향을 포함하고 있다. 즉, 모든 고효율기기는 데이터의 누적 기간 동안 지원된 지원금 수준에 따라 보급이 급격히 증가하거나 또는 감소하여 보급되었다. 그러나 위에서 소개한 확산 모형은 지원금의 지원 수준에 따른 영향을 고려할 수 없으므로 확산 모형을 이용한 기기의 보급량 예측에 큰 오차가 포함될 가능성이 크다는

Table 3. Results of model compatibility test.

구분	Bass		VBM		Logistic		Lawrence & Lawton	
	RMSPE	U	RMSPE	U	RMSPE	U	RMSPE	U
전구형형광등	41.19	0.04	35.03	0.02	52.31	0.11	150.14	0.29
32 W 1등용안정기	38.25	0.06	21.89	0.05	41.78	0.12	33.67	0.08
32 W 2등용안정기	43.89	0.053	22.35	0.051	44.92	0.13	37.60	0.09
50 Hz 인버터	312.61	0.22	189.54	0.12	50.46	0.14	184.72	0.29
55 Hz 인버터	101.12	0.22	39.75	0.12	42.71	0.13	38.97	0.15
자판기	73.55	0.19	73.55	0.19	43.77	0.16	118.68	0.22
중대형전동기	475.79	0.17	475.79	0.17	56.17	0.22	70.32	0.56
소형전동기	554.98	0.18	554.98	0.18	56.73	0.23	75.48	0.64

것이다. 이러한 단점을 극복하기 위해 기기 가격 및 지원금 수준을 확산 모형에 반영하기 위한 방법으로 가격 함수의 개념 도입에 대한 연구가 진행되고 있다¹⁹⁾. 셋째, 지원금 지원에 따른 소비자의 기기 구매 증가는 산업용에 속하는 시장 가격이 높은 기기에서 발생할 수 있으며, 위의 대상 중 지원금에 크게 반응하는 즉, 가격 탄력성이 높은 기기는 인버터, 자판기, 전동기 그리고 조명기기 순이다.

모든 확산 모형의 경우에 대하여 조명기기에 해당하는 전구형형광등과 안정기에 대한 오차가 상대적으로 낮은 결과를 보이고 있다. 조명기기는 인버터와 함께 데이터 누적 기간이 12년으로 가장 길며, 지원금 지원에 대한 가격 탄력성이 매우 작으므로 보급 실적 데이터에 급격한 증가 및 감소가 발생하지 않아 상대적으로 작은 추정 오차를 갖으며, VBM에 대하여 순증 및 누적의 적합성 판별이 우수하다. 또한 인버터의 경우, 높은 가격 탄력성에 기인한 데이터의 급격한 증가 및 감소의 특성과 전동기의 경우 짧은 데이터 누적 기간으로 큰 오차가 발생하였으며, Table 3의 결과와 시뮬레이션 적합성 관점을 바탕으로 대체적으로 Logistic 모형에 대하여 적합성 판별이 우수함을 확인할 수 있다. 기기별 미래 보급량의 추정은 적합성 판별 결과 오차가 작은 모형의 적용이 선호되며, 실적 순증 데이터가 완만한 증가와 감소를 갖는 경우는 VBM을, 그리고 데이터가 급격한 증가와 감소 특성을 포함하고 있을 경우 Logistic의 적용이 선호됨을 확인하였다.

5. 결 론

고효율기기로 구성된 에너지 효율 프로그램의 수요 관리 목표량은 과거 실적 데이터를 Bass 확산 모형에 단순 적용하여 예측된 보급량을 바탕으로 산정된다. 확산 모형과 과거 실적 데이터의 특성에 따른 기기별 보급량 추이를 비교 및 분석하고자 Bass, VBM, Logistic 그리고 Lawrence & Lawton 확산 모형을 소개하였다. 네 가지 확산 모형을 이용하여 추정된 각 기기별 보급 예측 추이는 과거 실적 데이터와의 오차 비교를 위해 RMSPE와 Theil's 부등균 계수의 통계량 기준을 바탕으로 적합도 판별을 시행하였다.

본 논문은 모형 적합도 판별을 통한 예측 오차를 기준으로 고효율기기 및 데이터 특성에 따른 각 확산 모형별 선호도를 분석하였으며, 이를 바탕으로 장기적인 관

점의 에너지 효율 프로그램의 목표량 산정에 대한 포트폴리오 구성의 기초 단계인 확산 모형의 적용에 있어 기존 연구의 문제점을 보완할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 에너지 효율 프로그램의 정확한 보급량 예측을 위해서는 기기별 확산 모형의 선호도 평가를 통하여 기기의 가격 탄력성과 지원금 수준 등을 수식적으로 표현하여 각 확산 모형에 적용할 수 있는 방법론에 대한 연구가 진행되어야 한다. 또한, 기기의 보급 실적 데이터의 철저한 관리로 실적 데이터의 소실 방지와 데이터 기록의 통일성 등의 노력이 필요하다 할 수 있겠다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Bass, F.M. "A New Product Growth Model for Consumer Durables", *Management Science*, 1969, 15, 215.
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*, 2006, 23, 93.
4. 에너지관리공단. "DSM 성과계량 및 비용효과분석 연구 최종보고서", 2000, 9.
5. Hernes, G. "Diffusion and Growth-The Non-homogeneous Case", *Scandinavian Journal of Economics*, 1976, 78, 427.
6. Yoram Wind; Vijay Mahajan; Richard N. Cardozo. *New-Product Forecasting*, LexingtonBooks, 1984, 2, 529.
7. 이종원; 이상돈. RATS를 이용한 계량 경제 분석, 박영사, 2000, 860.
8. <http://218.153.40.3/main/DsmMain.aspx>.
9. Mark William Speece; Douglas L. MacLachlan. "Forecasting Fluid Milk Package Type", *IEEE Transaction on Engineering Management*, 1992, 39(2), 169.