

## 중고제품의 보증과 보전정책에 대한 최근 연구 동향

임재학<sup>†</sup>

한밭대학교 경영회계학과

---

### The Current Issues on Warranty & Maintenance Policy of the Second-Hand Products

Jae-Hak Lim<sup>†</sup>

Department of Business & Accounting, Hanbat National University, Korea

**Purpose:** The purpose of this research is to study research trend in the field of warranty and maintenance policy of second-hand products.

**Methods:** To this end, we consider research articles, which deal with warranty and maintenance of the second-hand products, published on journals during the past 20 years and classify them by taxonomy scheme proposed by Shafiee and Chukova (2013). The taxonomy scheme consists of three maintenance models in warranty for second-hand product. In each models, we analyze proposed maintenance and warranty policies with respect to types of upgrade models, types of preventive maintenances, decision variables and decision criteria model.

**Results:** We obtain the scheme of maintenance and warranty of the second-hand products and define cost related to warranty and maintenance of the second-hand item. Also, we summarize the characteristics of maintenance and warranty policies in each classified model.

**Conclusion:** There have been several research reviews on maintenance and warranty policy of new products. This research surveys researches of authors during the past 20 years and classifies, summarizes and compares proposed maintenance and warranty policies of the second-hand products. This research provides useful information to researchers who are interested in maintenance and warranty of the second-hand products.

**Keywords:** Maintenance, Warranty, Second-hand Product, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, Post Warranty, Minimal Repair, Replacement

#### 1. 서론

최근 기업의 경영환경은 매일 새로운 기술들이 개발됨에 따라 점점 짧아지는 제품의 수명주기, 동일한 기술과 부품들에 의해 만들어지는 거의 유사한 제품들의 시장 출시, 인터넷 기반의 가상시장으로 인한 시

장의 세계화와 이에 따른 경쟁의 치열함, 소비자들의 높은 교육수준과 정보 공유로 인하여 더 많이 제기되는 클레임의 수 등에 둘러 싸여있다. 이런 환경 하에서 제조자와 판매자들은 그들의 사업을 성공시키기 위하여 ‘어떻게 이익을 최대로 할 것인가?’ 그리고 ‘이를 위한 최선의 전략은 무엇인가?’에 대해 고민하고 있다.

---

<sup>†</sup> 교신저자 jlim@hanbat.ac.kr

2017년 6월 19일 접수; 2017년 6월 26일 수정본 접수; 2017년 6월 28일 게재 확정.

이익의 최대화를 목적으로 하는 기업의 입장에서 는 보증정책이나 제품의 가격과 같은 마케팅 정책과 생산계획이나 보전 또는 번인시험과 같은 공학적 의 사결정을 통합하여 최적의 경영전략을 수립하는 것 을 중요한 목표로 하고 있다. 따라서 신제품에 대한 최적의 신뢰성, 보증 및 가격을 종합적으로 고려하여 어떻게 의사결정을 하여야 하는가에 대한 관심이 고 조되고 있다.

제품의 보증은 구매자와 생산자 사이에 이루어지는 계약으로 규정된 기간 안에 제품이 고장 나는 경우 생산자/판매자가 수리와 교체 그리고 구매자에 대한 적절한 보상을 책임지는 계약이다[1]. Murthy and Blischke[2]는 보증의 두 가지 중요한 역할을 다음과 같이 설명하고 있다.

- (i) 소비자를 결함이 있는 아이템으로부터 보호하 고 생산자를 소비자들의 과도한 클레임으로부 터 보호한다.
- (ii) 생산자와 소비자에 대해 제품 차별화를 통해 판매를 촉진시킨다.

자동차나 전자제품 및 산업설비 등을 제조하여 판 매하는 기업에서는 다양한 보증정책을 개발하여 소 비자에게 제공하고 있다. 이러한 보증정책은 다음과 같은 기준에 의하여 분류될 수 있다.

- (i) 보증기간에 고장 난 제품을 교체, 수리, 수리/ 교체 중 어떤 것을 택할 것인가?
- (ii) 이 때 소요되는 비용을 무료로 할 것인가? 또 는 소비자에게 분담시킬 것인가?

- (iii) 고장 난 제품을 교체하는 경우 보증기간을 처 음과 같이 할 것인가? 또는 잔여기간만 보증을 할 것인가?
- (iv) 보증기간을 시간과 같은 하나의 변수로 정의 할 것인가? 아니면 두 개의 변수로 정의할 것 인가?

이러한 기준들을 결합시키면 다양한 종류의 보증 정책들이 만들어지며 <Fig. 1>은 이러한 종류들을 그 림으로 표현한 것이다.

보전(maintenance)이란 아이템이 요구된 기능을 수 행할 수 있는 상태가 유지되도록 하거나 또는 그러한 상태로 복구되도록 하는 모든 기술적 행위와 행정적 조치의 조합으로 정의된다[3]. 예방보전(Preventive maintenance(PM))은 사전에 정해진 기간이나 사전에 정한 기준에 따라 아이템의 고장 가능성이나 기능저 하 확률을 낮출 목적으로 시행되는 보전을 말한다. 사 후보전(Corrective maintenance(CM))은 결함을 인식한 후에 아이템이 요구된 기능을 수행할 수 있는 상태가 되도록 하는 보전을 말한다.

그동안 제품의 보증과 보전과 관련된 연구문헌에 대한 고찰은 몇몇 학자들에 의하여 이루어져 왔다. Blischke and Murthy[4-5]는 그들의 저서에서 제품의 수명분포가 지수분포, 와이블분포, 감마분포, 대수정 규분포, 혼합지수분포인 경우 보증비용에 대한 분석 을 하였으며 보증과 관련된 법적인 사항, 마케팅 및 회 계와 관련된 사항들에 대해서 다루었다. Djameludin *et al.*[6]은 보증과 관련된 1,500여 편의 연구문헌들을 검

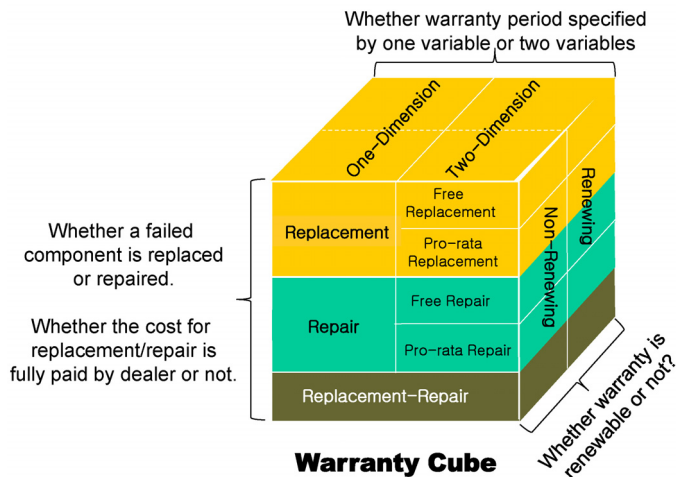


Fig. 1 Warranty cube

토하고 이 문헌들에 대한 고찰을 하였으며 Pham and Wang[7]은 불완전 보전정책에 관련된 연구결과들을 분석하여 보전방법 및 최적정책들에 대해 분류하여 정리한 연구결과를 발표하였다. Murthy and Djameludin[8]은 신제품의 보증정책에 관한 연구결과들을 고찰하였으며 Wang[9]은 단일 유닛 시스템과 다중 유닛 시스템의 보증정책에 대한 연구결과들을 분류하고 비교하였다. Sarkar *et al.*[10]은 지난 50년 동안 발표된 170명 연구자들의 보전정책에 관한 연구결과들을 고찰하였다. 최근 Shafiee and Chukova[11]는 2001년에서 2011년 사이에 44개 논문집에 발표된 보증과 보전에 관한 122개의 연구논문들을 분류하기 위한 분류틀을 제안하였다.

그러나 그동안 발표된 연구들은 대부분 신제품의 보전 및 보증정책에 대한 고찰이 주류를 이루고 있으며 중고제품의 보전 및 보증정책 연구에 대한 고찰은 상대적으로 적게 나타났다. 그러나 중고제품의 시장 규모가 점점 더 커지고 있어 중고제품의 보전이나 보증의 중요성이 한층 더 강조되고 있다. 따라서 본 연구에서는 지난 20여 년 동안 발표된 중고제품의 보전과 보증정책에 대한 연구결과들을 Shafiee and Chukova [11]의 분류 틀에 맞추어 고찰하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 중고제품의 시장에 대해 알아보고 중고제품의 보전활동의 특징에 대해 알아본다. 제3장에서는 중고제품의 보증 및 보전정책에 관한 연구결과들의 고찰한 결과를 보여주고 제4장에서는 결론을 제시한다.

본 논문에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

A: 중고제품의 나이, 즉 사용기간

$F(t)$ : 신제품의 수명분포의 누적분포함수

$R(t)$ : 신제품의 수명분포의 신뢰도함수

$f(t)$ : 신제품의 수명분포의 확률밀도함수

$r(t)$ : 신제품의 수명분포의 고장률

$F_A(t)$ : 나이가 A인 중고제품의 수명분포의 누적분포함수,  $F_A(t) = \frac{F(t+A) - F(A)}{R(A)}$

$R_A(t)$ : 나이가(사용기간)가 A인 중고제품의 수명분포의 신뢰도함수,  $R_A(x) = 1 - F_A(t)$

$f_A(t)$ : 나이가 A인 중고제품의 수명분포의 확률밀도함수,  $f_A(t) = \frac{f(t+A)}{R(A)}$

$\lambda_A(t)$ : 나이가 A인 중고제품의 수명분포의 고장률

$$\lambda_A(t) = \frac{f_A(t)}{R_A(t)}$$

$\lambda_0(t, \bullet)$ : 업그레이드 직후의 고장률

## 2. 중고제품의 시장규모 및 특징

### 2.1 중고제품의 시장규모

소비자들의 소비패턴이 변화함에 따라 새로운 제품이 매우 빠른 속도로 시장에 출시되고 있으며 기술의 발전에 따라 제품의 수명은 점점 더 늘어나고 있다. 그 결과 중고제품의 거래액은 종종 신제품의 거래액과 맞먹는 경우가 발생하고 있다[12]. 고가의 가전제품이나 자동차와 같은 제품의 거래 현황을 분석해보면 중고제품의 비중이 점점 더 늘어나고 있는 추세이다. 미국에서는 <Fig. 2>에서 보는 바와 같이 2010년 신차의 매출액이 1,158만 달러이었던 반면에 중고차의 거래액은 3,688만 달러에 이르고 있어 중고차 시장의 규모가 신차 시장 규모의 약 3배에 이르고 있다. 또한 <Fig. 3>에서 보는 바와 같이 미국과 영국의 자동

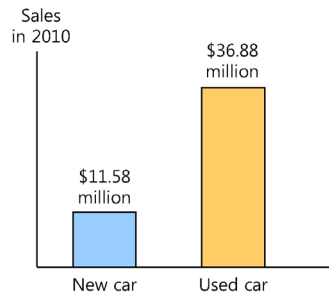


Fig. 2 Market of new car and used cars in 2010 in the United States

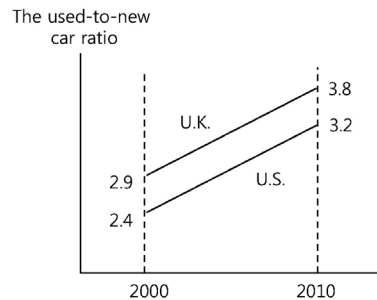


Fig. 3 The used-to-new car ratio in the United States

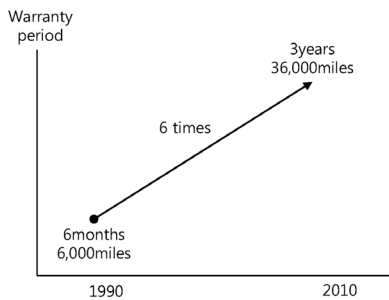


Fig. 4 Warranty period of used car in United Kingdom

차 시장에서 신차 매출액과 중고차 매출액의 비율이 1999년 약 2배에서 2009년 약 3배로 10년 사이에 격차가 더 벌어졌음을 알 수 있다. 또한 영국의 경우 1990년대 초반 중고차의 보증기간이 6개월 또는 6,000마일이었으나 2010년 3년 또는 36,000마일로 6배가 증가하였음을 알 수 있다[12].

## 2.2 중고제품의 보증-보전정책의 특징

Chattopadhyay and Murthy[12]가 중고제품의 보증 비용에 관한 연구결과를 처음으로 발표한 이후 많은 학자들이 중고제품의 보증과 보전에 관한 연구를 실시하였다. Kim *et al.*[14]은 중고제품에 대한 적절한 보증이 판매자나 소비자에게 매우 중요하다고 지적하고 있다. 중고제품의 소비자들은 신제품의 소비자들에 비하여 제품의 신뢰성에 더 많은 우려를 하고 있으며 이에 따라 판매자가 제공하는 보증정책에 더 많은 관심을 갖고 있다. 따라서 보증정책은 소비자의 구매 의사결정에 영향을 미치는 요인 중의 하나이다. 판매자가 제품을 판매하는 주된 목적은 이익을 얻기 위함이다. 경영학의 기본적인 이론에서 잘 알려진 대로 이익은 수입에서 비용을 뺀 것으로 이익을 극대화하는 세 가지 전략 중 하나는 비용을 최소화 하는 것이다. 따라서 중고제품을 판매할 때 최적의 보증전략을 수립하는 경우 제품의 보증에 소요되는 비용을 줄임으로써 이익을 극대화 할 수 있게 된다.

신제품과 중고제품의 보전에서 가장 큰 차이는 업그레이드 활동이다. 중고제품은 신제품에 비하여 상대적으로 고장률이 높기 때문에 판매자는 중고제품을 소비자에게 판매하기 전에 제품의 신뢰성과 안전성을 확보하여 그 제품을 사용하는 소비자가 어떠한

피해를 입지 않도록 하는 효과적인 방법을 강구할 필요가 있다. 이러한 효과적인 방법을 일반적으로 업그레이드 활동이라 한다. 업그레이드 활동은 다음과 같은 목적을 위해 실행된다[15].

- (1) 중고제품을 더 좋은 상태에서 동작할 수 있도록 함
- (2) 열화과정을 제어함
- (3) 보증기간동안 고장 가능성을 줄임
- (4) 중고제품의 잔여수명을 더 길게 함

이러한 업그레이드 활동을 통해 판매자는 사용자의 불확실성 감소, 제품에 대한 지식 증대, 제품의 신뢰성을 제고, 보증 서비스 비용을 절감, 제품의 가치 증대 및 매출 규모를 증대시킬 수 있다

중고제품의 업그레이드 활동은 Shafiee *et al.*[15]에 의하면 다음과 같은 다섯 가지로 구분된다.

- (1) 신제품으로 교체
- (2) 완전 수리(perfect repair)
- (3) 현재 상태보다 더 나은 제품으로 교체
- (4) 불완전 수리
- (5) 최소 수리

위의 다섯 가지 방법 중에서 신제품으로 교체하거나 완전 수리를 하는 경우 업그레이드 활동 후의 제품의 상태는 신제품과 동일한 상태가 된다. 즉, 고장률이 0이 되는 업그레이드 활동이다. 세 번째와 네 번째 업그레이드 활동은 업그레이드된 시스템의 상태가 업그레이드 직전보다 좀 더 나아진 상태가 되는 것이나 두 방법의 차이는 세 번째 방법은 업그레이드 정도가 업그레이드 활동을 계획하는 단계에서 정해지게 되나 네 번째 방법인 불완전 수리는 업그레이드 활동 후 시스템의 수준이 불확실하며 확률적 의사결정변수로 판매자에 의하여 통제된다. 최소 수리는 업그레이드 효과가 거의 없는 것으로 업그레이드 전과 같은 상태가 유지된다.

## 3. 중고제품의 보증-보전모형

본 장에서는 중고제품의 보증과 보전모형을 크게 세 가지로 분류하고 각 분류에서 이루어진 연구동향을 살펴본다. 중고제품의 보증 및 보전과 관련된 비용은 다양하며 세부적인 내용은 <Fig. 5>와 같다. 가장 처음에 발생하는 비용은 판매자가 사용기간이 A인

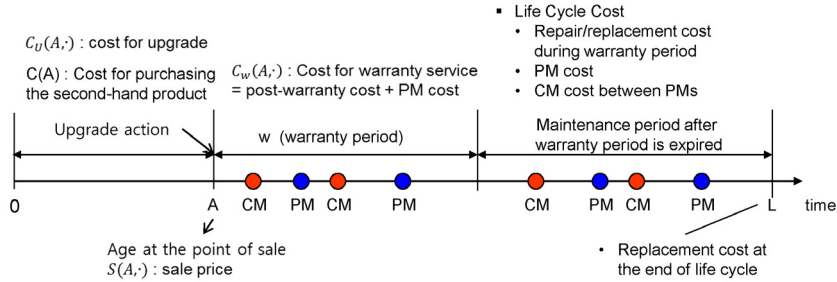


Fig. 5 Costs related to warranty and maintenance of the second-hand item

중고제품의 구입을 위해 지불한 구매비용( $C(A)$ )이며 그 후에 발생하는 비용은 구매한 중고제품의 업그레이드 비용( $C_U(A; \cdot)$ )을 들 수 있다. 또한 중고제품을 판매한 후 보증기간동안 발생하는 보증서비스 비용( $C_W(A; \cdot)$ )을 고려할 수 있으며 이는 예방보전비용 및 사후보전비용으로 구성된다. 그리고 보증기간이 종료된 후에는 예방보전비용 및 사후보전비용이 발생하며 마지막으로 보전기간이 종료되는 시점에서 교체비용이 발생한다.

판매자의 기대이익은 판매가격에서 앞에서 언급한 비용들을 빼면 된다. 판매가격은 업그레이드 수준과 보증기간이 반영된 Cobb-Douglas 형태의 함수가 사용되었으며 업그레이드 비용은 업그레이드 수준과 중고제품의 나이가 반영된 함수를 이용하였다. 또한 보증서비스 비용 중 사후보전비용은 일정기간동안 발생하는 고장수가 Non-homogeneous Poisson Process를 따르기 때문에 단위당 최소 수리 비용과 기대 고장 수를 이용하여 구할 수 있으며 제품의 구입비용은 신제품의 판매가격과 중고제품의 나이의 함수로 표현하고 있다.

### 3.1 사후보전 중심의 보증서비스

사후보전(CM: Corrective Maintenance) 중심의 보증서비스는 <Fig. 6>과 같이 다음과 같은 내용으로 이루어진다. 판매자는 사용기간이 A인 중고제품을 소비

자에게 판매하며 판매하기 직전에 업그레이드 활동을 수행한다. 또한 판매자는 판매하는 중고제품에 대해 일정기간(w) 신뢰성을 보증 하고 보증기간 중에 발생하는 고장에 대해서는 사후보전만을 실시한다. 여기서 사후보전 활동은 최소 수리를 의미한다.

사후보전 중심의 보증서비스에 대한 연구는 Chattopadhyay and Murthy[16], Shafiee *et al.*[18], Shafiee *et al.*[15], Shafiee and Chukova[1], Dargouth *et al.*[19]에 의하여 수행되었다.

이 분야의 연구자들은 다양한 업그레이드 모형과 업그레이드 비용함수를 고려하고 판매자의 기대이익을 최대화 할 수 있는 최적의 업그레이드 수준, 최적의 보증기간 또는 최적의 판매가격을 결정하는 것을 목적으로 하는 연구결과를 제시하고 있다. 제안된 업그레이드 모형은 크게 나이감소모형과 고장률감소모형으로 구분되며 나이감소모형은 업그레이드 활동 후 사용기간(나이)이 일정수준으로 감소하는 것이며 고장률감소모형은 고장률이 일정 수준으로 감소하는 것이다.

위의 연구들을 정리해보면 <Table 1>과 같다. Chattopadhyay and Murthy[16]의 모형 1, Shafiee and Chukova[1]의 모형 1 그리고 Dargouth *et al.*[19]의 모형 1은 나이감소모형에 해당되며 Chattopadhyay and Murthy[16]의 모형 2, Shafiee *et al.*[18]의 모형 1과 모형 2, Shafiee *et al.*[15]의 모형 1 그리고 Shafiee and Chukova[1]의 모형 2와 모형 3은 고장률감소모형에 해당된다고 할 수 있다.

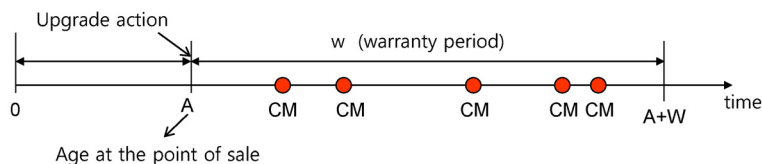


Fig. 6 Structure of warranty service with corrective maintenance

Table 1 Upgrade model

Researchers	Upgrade model
Chattopadhyay and Murthy[16]	model 1 $\lambda_0(t, \tau) = \lambda(t - \tau)$ model 2 $\lambda_0(t, p) = p\lambda(t - A) + (1-p)\lambda(t)$
Shafiee <i>et al.</i> [18]	model 1 $\lambda_0(t, p) = p\lambda(t - A) + (1-p)\lambda(t)$ model 2 $\lambda_0(t) = \lambda - (\lambda - \lambda_m)\delta_u$
Shafiee <i>et al.</i> [15]	model 1 $\lambda_0(t, p) = \frac{pf(t) + (1-p)f_A(t)}{pR(t) + (1-p)R_A(t)}$
Shafiee and Chukova[1]	model 1 $\lambda_0(t, p) = \lambda(t - pA)$ model 2 $\lambda_0(t, p) = p\lambda(t - A) + (1-p)\lambda(t)$ model 3 $\lambda_0(t, p) = \frac{pf(t) + (1-p)f_A(t)}{pR(t) + (1-p)R_A(t)}$
Dargouth <i>et al.</i> [19]	model 1 $\lambda_0(t, p) = \lambda(t - u)$

Table 2 Decision variable and decision criteria

Reseachers	Decision variable	Decision criteria
Chattopadhyay and Murthy[16]	Upgrade level	Dealer's expected profit
Shafiee <i>et al.</i> [18]	Upgrade level	Dealer's expected cost
Shafiee <i>et al.</i> [15]	Perfect upgrade probability	Dealer's expected profit
Shafiee and Chukova[1]	Upgrade level, Warranty period, Sale price	Dealer's expected profit
Dargouth <i>et al.</i> [19]	Upgrade level	Dealer's expected cost

3.2 예방보전과 사후보전 중심의 보증서비스

예방보전(PM: Preventive Maintenance) 및 사후보전 중심의 보증서비스는 <Fig. 7>에서 보는바와 같이 다음과 같은 내용으로 이루어진다. 판매자는 사용기간이 A인 중고제품을 소비자에게 판매하며 판매하기 직전에 업그레이드 활동을 수행한다. 또한 판매자는 판매하는 중고제품에 대해 일정기간(w) 신뢰성을 보증 하고 보증기간 중 주기적인 예방보전을 실시하며 그 사이에 발생하는 고장에 대해서는 사후보전을 실시한다. 여기서 예방보전을 통하여 시스템은 신뢰성이 향상되며 사후보전 활동은 최소 수리만 의미한다.

예방보전과 사후보전 중심의 보증서비스에 대한 연구는 Yeh *et al.*[20], Kim *et al.*[14], Su and Wang[13],

Dargouth *et al.*[19]에 의하여 수행되었다. 보증기간동안의 예방보전은 사후보전과 달리 시스템의 상태를 점검하여 미리 개선함으로써 시스템의 사용수명을 연장시키는 방법이다.

이 분야의 연구자들은 업그레이드 모형과 예방보전 모형 그리고 보전에 소요되는 다양한 비용을 고려하고 판매자 관점의 보전비용이나 기대이익의 기준에서 최적의 예방보전 횟수, 예방보전 최적 수준, 최적의 보전기간을 결정하는 것을 목적으로 하는 연구결과를 제시하고 있다. 예방보전 활동의 효과는 시스템의 나이가 감소하는 형태(나이감소모형)와 고장률이 감소하는 형태(고장률감소모형)로 구분된다. <Table 3>은 연구결과들을 정리한 것이다.

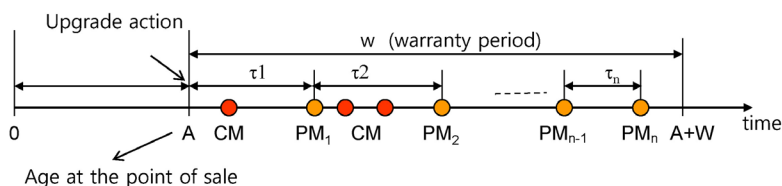


Fig. 7 Structure of warranty service with preventive maintenance and corrective maintenance

**Table 3** Preventive maintenance model, decision variable and decision criteria

Researchers	PM model	Decision variable	Decision criteria
Yeh <i>et al.</i> [20]	Age reduction	PM level	Expected maintenance cost
Kim <i>et al.</i> [14]	failure reduction	PM level Number of PMs	Expected warranty cost
Su and Wang[13]	Age reduction	Upgrade level PM level	Dealer's expected profit
Dargouth <i>et al.</i> [19]	Age reduction	Upgrade level	Dealer's expected cost

Yeh *et al.*[20]은 나이나 사용기간이 알려진 중고제품에 대한 주기적 예방보전모형을 제시하였으며 제시된 두 모형에서 중고제품은 보증을 받지 않고 있으며 예방보전의 효과는 모두 나이감소모형으로 가정하였다. Yeh *et al.*[20]의 연구에서 총 보전비용의 기댓값을 최소로 하는 최적의 예방보전 횟수와 예방보전 수준을 결정하는 것을 목적으로 하고 있다.

Su and Wang[13]은 판매 전에 업그레이드가 되고 보증기간동안 주기적 보전이 이루어지는 중고제품의 업그레이드 수준과 주기적 보전정책 문제를 다루었다. 그들의 연구에서 중고제품은 비재생 무료 수리 보증서비스를 받는 것으로 가정하였으며 그들이 제안한 모형에서 업그레이드와 주기적 보전의 효과는 나이가 감소하는 것으로 모형화하였다. 또한 그들의 의사결정기준은 판매자의 이익을 극대화하는 것이다.

Kim *et al.*[14]은 고정된 기간 동안 비재생 무료 보증서비스를 받는 중고제품에 대하여 주기적인 점검과 업그레이드를 하는 모형을 제안하였다. 그들의 모형에서 업그레이드의 효과는 고장률이 감소하는 것으로 모형화 하였으며 보증기간동안의 비용이 최소화되는 최적의 점검횟수와 업그레이드 수준을 결정하는 문제를 다루고 있다.

Dargouth *et al.*[19]은 보증기간동안 주기적 예방보전을 하는 정책을 고려하였다. 그들이 고려한 예방보전의 효과는 나이감소모형이다. 그들은 판매자 관점에서의 평균 보증서비스 비용을 최소화하는 중고제품의

예방보전 수준의 결정에 대한 연구를 수행하였다.

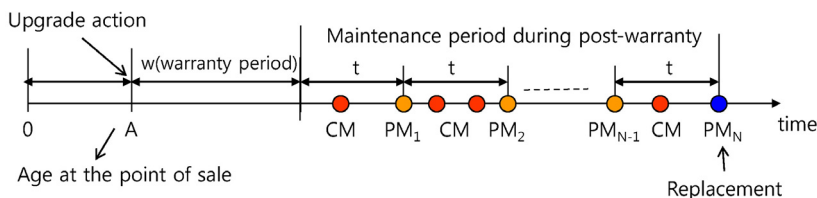
### 3.3 보증 종료 후의 보전정책

신제품에 대하여 보증기간이 종료된 후 보전정책에 대한 연구는 많은 학자들에 의해 진행된 반면 중고제품에 대한 보전정책의 연구는 소수의 연구자들에 의하여 제한적으로 수행되었다.

보증기간이 종료된 후 보전정책에서는 사용기간이 A인 중고제품을 소비자에게 보증서비스와 함께 판매한다. 또한 판매자는 보증기간 중 발생하는 고장에 대해서는 동일한 중고제품으로 교체하고 보증기간은 재생되는 것으로 가정한다. 동일한 중고제품의 의미는 제품의 사용기간이 같은 제품을 의미한다. 보증기간이 종료된 후 주기적 예방보전이나 순차적 예방보전이 실시되며 예방보전 사이에 발생한 고장에 대해서는 최소 수리를 한다. 따라서 최소 수리 후의 고장률은 고장 직전과 변화가 없다는 것을 가정한다. 그리고 일정횟수의 예방보전이 수행된 후 다른 제품으로 교체된다. 보증기간이 종료된 후 보전정책에 대한 일반적인 구조는 <Fig. 8>과 같다.

보증기간이 종료된 후 보전정책에 대한 연구는 Kim *et al.*[21-22]에 의하여 수행되었는데 수명주기비용(life cycle cost; LCC)을 최소화하기 위한 보증기간 종료 후 예방보전의 역할에 대해 다루었다.

Kim *et al.*[21]은 중고제품의 보증기간이 종료된 후



**Fig. 8** Structure of maintenance during post-warranty period



보전정책의 최적화에 대한 연구를 수행하였으며 최적 예방보전 기간의 결정기준은 소비자 관점에서 단위시간 당 평균보전비용을 이용하였다. 그들은 Canfield[23]가 제안한 예방보전 모형을 사용하였는데 Canfield[23]의 모형에서 예방보전은 시스템의 상태를 예방보전 시점보다  $\alpha$ 기간만큼 되돌려 놓는다고 가정하고 있다. 여기서  $\alpha$ 는 복구기간이라 하며 예방보전 간격보다 같거나 작은 값이다. 따라서 예방보전이 실시되고 난 후  $t$ 시점에서 아이템의 고장률은 예방보전을 실시하지 않은 아이템의  $(t-\alpha)$ 시점의 고장률과 같게 되며 고장률의 형태도 변화지 않게 된다. 즉, 예방보전 후에 아이템의 신뢰성이 저하되는 속도는 줄어들지만 고장률은 지속적으로 증가하게 된다. Kim *et al.*[20]의 비용모형은 앞서서도 설명한 바와 같이 수명주기비용을 고려하였으며 예방보전비용, 예방보전사이에 발생한 고장의 최소 수리비용, 보전주기가 끝나는 시점에서의 교체비용뿐만 아니라 보증기간동안의 교체비용 및 고장비용을 포함하고 있다.

Kim *et al.*[22]은 보증기간이 고정되어 있으며 보증의 형태가 무료 비재생 보증인 중고제품의 기간이 종료된 후 최적의 순차적 정비계획을 고려하였으며 보증기간동안 발생한 고장은 최소 수리를 가정하였다. 보증기간이 종료된 후 중고제품의 사용자는 자신의 비용으로 정해진 횟수만큼 정비와 업그레이드 활동이 실시되며 이러한 활동으로 인하여 중고제품의 고장률이 감소하며, 정해진 횟수만큼의 정비와 업그레이드 활동이 실시된 후 그 제품은 교체된다고 가정하였다. 그들은 제품의 생명주기동안 소비자가 부담하는 평균 보전비용이 최소가 최적의 업그레이드 수준을 찾는 것을 목적으로 하고 있다.

#### 4. 결 론

Shafiee and Chukova[11]의 연구에서도 지적하였듯이 보전과 보증에 대한 연구가 신제품에 집중되어 있는 반면 보증서비스가 제공되는 중고제품의 보전전략에 대한 연구는 매우 제한적으로 진행되어왔다. 그러나 중고제품에 대한 시장의 규모가 꾸준히 증가함에 따라 중고제품에 대한 보전과 보증의 중요성이 증가하고 있으며 이 분야에 대한 연구자들의 관심이 증가하고 있다.

본 연구에서는 중고제품의 보증기간 내 보전정책 및 보증 종료 후의 보전정책에 대한 기존의 연구결과들을 (i) 사후보전 중심의 보증서비스, (ii) 예방보전과 사후보전 중심의 보증서비스, 그리고 (iii) 보증 종료 후 보전정책의 세 범주로 구분하여 고찰하였다. 중고제품의 보전과 보증이 신제품의 보전과 보증과의 가장 큰 차이는 중고제품을 새로운 소비자에게 판매하기 전에 판매자에 의하여 행해지는 업그레이드 활동이다. 이 업그레이드 활동은 판매자의 이익에 영향을 줄 뿐만 아니라 판매자의 비용에도 영향을 준다.

중고제품의 보전과 보증에 관한 연구모형은 신제품의 연구모형에 비하여 다소 복잡한 경향은 있어 수식의 전개나 모의실험을 하는 과정에서 어려움을 겪을 수 있다. 그러나 앞서서도 언급하였듯이 중고제품의 업그레이드 활동을 포함한 보전과 보증에 대한 연구가 많이 진행되지 않았다는 연구자들에게 더 많은 연구주제를 제공할 수 있다고 할 수 있을 것이다.

#### References

- [1] Shafiee, M. and Chukova, S. (2013). "Optimal upgrade strategy, warranty policy and sale price for second-hand products". *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, Vol. 29, No. 2, pp. 157-169.
- [2] Murthy, D. N. P. and Blischke, W. R. (2000). "Strategic warranty management - a life cycle approach". *IEEE Trans. on Engineering Management*, Vol. 47, pp. 40-54.
- [3] IEC 60050-191 Ed.2.0: "International electrotechnical vocabulary-Chapter 191: dependability and quality of service" (ITU-T Recommendation E.800).
- [4] Blischke, W. R. and Murthy, D. N. P. (1994). "Warranty cost analysis". Marcel Dekker, Inc., New York.
- [5] Blischke, W. R. and Murthy, D. N. P. (1996). "Product warranty handbook". Marcel Dekker, Inc., New York.
- [6] Djameludin, I. A., Murthy, D. N. P. and Blischke, W. R. (1996). "An annotated bibliography on warranties, in *Product Warranty Handbook*, W. R. Blischke and D. N. P. Murthy (eds)". Marcel Dekker, Inc., New York.
- [7] Pham, H. and Wang, H. (1996). "Imperfect maintenance". *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, pp. 425-438.



- [8] Murthy, D. N. P. and Djameludin, I. A. (2002). "Product warranty: a review". *International Journal of Production Economics*, Vol. 79, pp. 231-260.
- [9] Wang, H. Z. (2002). "A survey of maintenance policies of deteriorating systems". *European Journal of Operational Research*, Vol. 139, pp. 469-489.
- [10] Sarkar, A., Panja, S. C. and Sarkar, B. (2011). "Survey of maintenance policies for the last 50 years". *International Journal of Software Engineering & Applications*, Vol. 2, No. 3, pp. 130-148.
- [11] Shafiee, M. and Chukova, S. (2013). "Maintenance models in warranty: a literature review". *European Journal of Operational Research*, Vol. 229, No. 2, pp. 561-572.
- [12] Chattopadhyay, G. N. and Murthy, D. N. P. (2000). "Warranty cost analysis for second hand products". *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 31, pp. 81-88.
- [13] Su, C. and Wang, X. (2014). "Optimizing upgrade level and preventive maintenance policy for second-hand products sold with warranty". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, Vol. 228, No. 5, pp. 518-528.
- [14] Kim, D. K., Lim, J. H. and Park, D. H. (2015). "Optimal maintenance level for second-hand product with periodic inspection schedule". *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, Vol. 31, No. 3, pp. 349 - 359.
- [15] Shafiee, M., Finkelstein, M. and Chukova, S. (2011). "On optimal upgrade level for used products under given cost structures". *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 96, No. 2, pp. 286-291.
- [16] Chattopadhyay, G. N. and Murthy, D. N. P. (2004). "Optimal reliability improvement for used items sold with warranty". *International Journal of Reliability and Applications*, Vol. 5, No. 1, pp. 47-52.
- [17] Chattopadhyay, G., Yun, W. Y. (2006). "Modeling and analysis of warranty cost for 2D-policies associated with sale of second-hand products". *International Journal of Reliability and Applications*, Vol. 7, No. 1, pp. 71-77.
- [18] Shafiee, M., Chukova, S., Yun, W. Y. and Niaki, S. T. A. (2011). "On the investment in a reliability improvement program for warranted second-hand items". *IIE Transactions*, Vol. 43, No. 7, pp. 525-534.
- [19] Darghouth, M. N., Chelbi, A. and Ait-kadi, D. (2015). "On reliability improvement of second-hand products". *The 15th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing - INCOM 2015*, Vol. 48, No. 3, pp. 2158 - 2163.
- [20] Yeh, R. H., Lo H. C. and Yu, R. Y. (2011). "A study of maintenances policies for second-hand products". *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 60, pp. 438-444.
- [21] Kim, D. K., Lim, J. H. and Park, D. H. (2011). Optimal maintenance policies during the post-warranty period for second-hand item, *Proceeding of QR2MSE 2011*, pp. 446-450.
- [22] Kim, D. K., Lim, J. H. and Park, D. H. (2015). Optimization of post-warranty sequential inspection for second-hand product, *Proceeding of QR2MSE 2015*.
- [23] Canfield, C. V. (1986). "Cost optimization of periodic preventive maintenance". *IEEE Trans Reliability*, Vol. 35, No. 1, pp. 78-81.