

# Remanufacturing 시스템 관리의 적용에 관한 연구

- A Study on Application to a Remanufacturing  
System Control -

양 광 모 \*  
Yang, Kwang Mo \*  
박 재 현 \*\*  
Park, Jae Hyun \*\*  
김 창 식 \*\*\*  
Kim Chang Sik \*\*\*  
강 정 호 \*\*\*\*  
Kang Jung Ho \*\*\*\*

## ABSTRACT

remanufacturing 시스템의 공정을 다룬 모델은 그들의 경제적인 결론 평가에 집중하여 보여졌다. 특별히 이러한 모델은 분리된 구성품의 목적과 정도에 대한 의사결정을 보조하였으며, 결론적으로 복구될 수 있는 아이템의 경제적 가치를 사용 이러한 아이템의 재고 보유 원가를 얻을 수 있다고 하였다. 이러한 정보는 재고 관리 정책 결정을 위해 사용될 수 있으며, 경제적 가치에 접근하기 위해 이상의 평균 원가 접근은 순 현재 가치 방법으로 비교할 수 있다. 재고관리 관점으로부터 remanufacturing 시스템에서의 수집 방식을 추가하여 고려하였으며, 향후 폐차업의 리사이클링 분야에 접목하고자 한다. 경제적 평가 모델로부터의 반영된 결과는 remanufacturing 시스템뿐만 아니라 체계적인 평가를 제조업에서 추가하여 연구 할 수 있다.

**Keyword : Remanufacturing, Inventory management.**

\* 명지대학교 산업대학원 객원조교수, (주) 썬더 부설연구소 수석연구원

\*\* (주) 썬더 부설연구소 소장

\*\*\* 산학협동재단 팀장

\*\*\*\* 자원 리사이클링 학회 간사

## 1. 서론

remanufacturing는 고객에 의해 더 이상 길게 요구되지 않는 중고 제품들로부터 시장에서 다시 사용되는 제품까지 재생 자재의 공정을 반영하는 역 물류 시스템의 부수적 영역이다.

폐 종이 재활용, 토너 카트리지의 재사용 그리고 소프트 음료병을 위한 매장 시스템은 제조 산업 그리고 서비스에 의해 사용되는 모든 예이다. 최근 몇 년간 역 물류 시스템은 처리 대안보다 재생 제품들의 경제적 매력을 인식하고 산업에서 엄격한 환경적 규범을 따르는 추세처럼 하나의 중요한 연구 영역으로 나타났다. 어쨌든 시스템관리는 통상적인 시스템적 평가에서의 방법과 논리적인 배경의 결핍뿐만 아니라 다른 측면으로 반영된 역 물류 시스템에서의 원재료 범칙의 복잡성 때문에 복잡하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 remanufacturing 시스템을 평가하고 국내 제조업에서 활용할 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

## 2. 선행연구

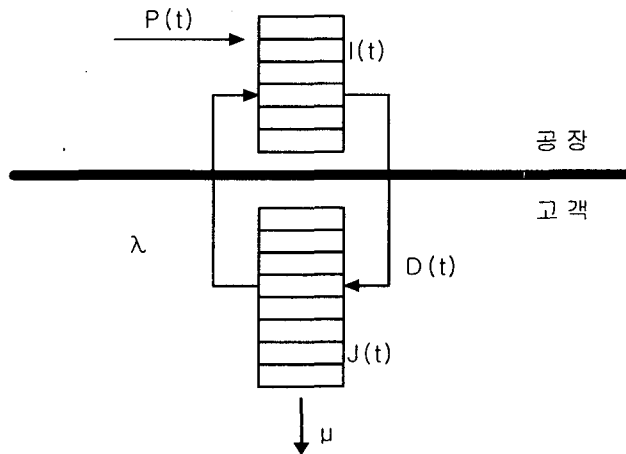
Gungor and Gupta(1999) 그리고 Moyer and Gupta(1997)는 환경적 인식을 갖는 제조와 제품회수의 영역에서 문헌적으로 고찰하였다. 그들은 모델과 그 해법등의 산업적 예들을 포함한 영역에서 요약했다. Minner(2001)은 제품 회수 연구 영역에서 잘 알려진 두 가지 흐름에 대해 언급하였다; 추계적 재고 관리(SIC) 그리고 자재소요계획(MRP). 현 논문은 SIC에 제한한다. 기간적 고찰 모델에서 Cohen et al(1980)은 수집된 제품들이 직접적으로 사용되는 제품 회수 모델을 개발하였다. Inderfurth(1997)은 서로 다른 모델에서 회수와 발주가 0이 아닌 리드타임의 효율성에 대해 토의하였다. Muckstadt and Issac(1981)은 0이 아닌 리드타임 그리고 전통적인  $(Q, r)$  규칙을 갖는 관리 정책을 이용한 remanufacturing 시스템을 위한 모델을 다루었다. Van der Laan and Saloman(1997)은 remanufacturing 시스템을 위한 push and pull 정책을 제시하였다. Guide and Gupta(1999)는 remanufacturing 시스템의 연구를 위해 대기 모형으로 표현하였고 Kiesmuller(2003)은 리드타임을 갖는 하나의 제품 회수를 위한 최적 정책에 대해 토의하였다. 이 정책은 최적 제조 비율, remanufacturing 비율 그리고 제한된 계획 선상에서 처리 비율로 구성된다.

이상의 연구 모두는 시스템에서 독립된 획득 그리고 수요를 고려한다. Nakashima et al.(2002)는 제품 라이프 사이클의 단일 분류에서의 제품 회수 시스템에 대해 다르었다. 그들은 다양한 조건의 수치 예가 주어진 Markov 체인을 사용한 시스템 평가를 위해 새로운 분석적 접근을 제한하였다.

### 3. 최적 remanufacturing 시스템

이산형 시간의 마코브 의사결정 모델을 사용한 수요를 추계변수로 사용한 remanufacturing 시스템을 모형화한다. 단일 아이템 제품을 생산하는 단일 공정을 고려한다. 완성된 제품들은 공장과 고객의 요구에 따르는 위치에 저장된다. 전통적인 재고 관리는 공장내의 재고에 집중한다. remanufacturing 시스템은 고객으로부터 수집된 중고 제품들에 집중된다. 이것은 remanufacturing 생산이 미래 재고의 한 부분처럼 사용되는 제품들을 고려한다는 것이다. 소비자에 의해 사용된 제품들은 가상 재고로 여기서 수행된다. 제품들이 선택되고 취급 재고관리뿐만 아니라 remanufacturing 내에서 사용되고 수집될때 까지 가상재고의 운영은 매우 중요한 것이다.

[그림 1]은 remanufacturing 생산 시스템을 보여준다. remanufacturing는 remanufacturing 원가와 더불어 품질의 수준 요구를 생산에 수행하기 위한 일신된 운영 그리고 요구된 분리를 수행하고 부품 또는 제품의 열거를 사전 제공한다. 다른 측면으로 우리는 새로운 원자재를 사용하여 제품을 생산하는 정상적인 제조를 정의한다.  $t$  기간 동안에 정상적인 제조에 의한 제품의 수  $P(t)$ 는 활동  $k$  에 의해 선택된다 즉  $k = P(t)$  이다. 제품들은 정상적 제조에 의한것과 고객으로부터 회수된 부품들로 remanufacturing하여 생산한다. 모든 제품들은 기간의 출발점에서 시작하고 모든 제품은 기간의 마지막에서 완성된다. 소비에 의해 가져오는 제품들은 새로운 것이다. 이 가정은 완료된 제품들의 수 그리고 고객에 의해 가져오는 제품의 수를  $I(t)$ 와  $J(t)$ 로 가정한다. 만약 주문잔고(backlog)가 발생한다면  $I(t)$ 는 음수가 된다. 성공적인 기간에서 수요  $D(t)$ 는 알려진 중요한 분포와 더불어 독립적 무작위 변수로 구성된다.



[그림 1] remanufacturing 시스템

판매가 될 때 제품은 수집 원가를 포함한 remanufacturing 원가와 더불어 remanufacturing 비율  $\lambda$ 에서 재제조된다 그리고 사용에서 제품들은 일정 외 원가를 갖는 버려진 비율  $\mu$ 에서 버려지게 된다. 이것은  $\lambda + \mu \leq 1$  이다.

시스템의 상태는 다음과 같이 정의된다:

$$s(t) = (I(t), J(t)) \tag{1}$$

각 재고의 전환은 다음과 같다:

$$I(t+1) = I(t) + k + \lambda J(t) - D(t) \tag{2}$$

$$J(t+1) = J(t) - \lambda J(t) - \mu J(t) + D(t) \tag{3}$$

$s(t)$ 의 활동영역  $K(s(t))$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$K(s(t)) = \{0, \dots, \max\{0, Imax - I(t) - \lambda J(t)\}\} \tag{4}$$

전환 확률은 다음과 같이 정의된다.

$$P_{s(t) \rightarrow s(t+1)} = \begin{cases} \Pr\{D(t) = d\} \text{ 만약 } s(t+1) = \begin{pmatrix} I(t) + k + \lambda J(t) - d, \\ J(t) - \lambda J(t) - \mu J(t) + d \end{pmatrix} \\ 0 \text{ 그렇지 않으면} \end{cases} \tag{5}$$

$k$  하에서 상황  $s(t)$ so 기간 당 기대 원가  $r(s(t), k)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$r(s(t), k) = C_N k + C_R \lambda J(t) + C_H [I(t)]^+ + C_B [-I(t)]^+ + C_O \mu J(t), \tag{6}$$

여기서

- $C_H$     단위당 유지 원가
- $C_N$     새로운 제품의 정상 제조 원가
- $C_R$     제품의 remanufacturing 원가
- $C_B$     단위 당 주문잔고 원가
- $C_O$     단위 당 일정 외 원가.

$S$  그리고  $|\mathcal{S}|$ 는 모든 가능한 상황의 집합이고 상황의 총 수 이다. 여기서 우리는 상황을 수로 놓을 수 있다  $S_n$  여기서  $s = \{1, \dots, |\mathcal{S}|\}$ . 기간 당 기대 평균 원가를 최소화 하는 이산형태가 아닌 MDP,  $g$ 는 다음과 같은 최적화 등식으로 모형화 한다:

$$g + v_s = \min_{k \in K(s)} \left\{ r(s, k) + \sum_{s' \in S} P_{s \rightarrow s'}(k) v_{s'} \right\} (s \in S) \tag{7}$$

여기서  $v_s$ 는 상황  $s$ 로부터 생산 시스템을 시작할 때 관련 가치이다(Howard 1960). 하나의 최적 생산 정책은 정책의 반복 방법을 사용하여 각 상황  $s$ 를 위해 등식 (7)의 우변이 최소화되는  $k$ 의 집합으로 결정된다(Howard 1960, Puterman 1994).

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 remanufacturing 환경에서 시스템의 분석을 위한 모델을 제안하였다. 이 모델은 MRP 논리와 의사결정 분석 그리고 의사결정 나무 접근의 시도를 기초로 할 수 있다. 이 모델은 remanufacturing 정책에 관한 의사결정을 하는데 도움을 준다. 회수제품과 재생 아이템의 가치를 계산하고 추가해 재고 유지비용의 평가에 사용되었다. 본 논문은 유지비용이 재생 아이템의 경제적 가치에 따라 평가되어진다.

본 연구에서 제안되는 모델은 불확실한 remanufacturing의 경우로 확장할 수 있으며, 향후에 본 연구에서는 국내 폐차 산업을 대상으로 하여 remanufacturing 시스템을 적용하여 그 효과를 분석하고자 한다. 이 경우 의사결정 나무에 따라 좋은 조건에서의 조립 아이템 또는 제품을 얻기 위한 확률적 변환을 고려하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] TANG, O. and GRUBBSTRO" M, R. W., 2004, Considering stochastic lead times in a manufacturing/remanufacturing system. International Journal of Production Economics, forthcoming.
- [2] TEUNTER, R. H. and VAN DER LAAN, E., 2002, On the non-optimality of the average cost approach for inventory models with remanufacturing. International Journal of Production Economics, 79, 67.73.