〈 研究論文 〉

生產設備의 適正修理 発注政策에 關한 研究

(A Study on the Optimum Repair-Ordering Policies for Production Facilities)

이 창 훈 *
이 면 우 *
정 성 진 *
조 인 호 *

Abstract

Three types of repair-ordering polices for the production facility with r-out-of-n configuration are considered. Policies are characterized by states of the system and two types of lead times ; regular lead time and expedited lead time.

Optimum repair-ordering policy is determined by minimizing the cost rate for the system. Optmum policy consists of the type of policies and repair-ordering time.

Variations of the optimum policies are observed with respect to variations of lead times and associated ordering costs and downtime cost, respectively.

1. 서 론

현재까지 연구된 보수 모형을 살펴보면 수리공 및 수리 설비가 시스템 내에 있는 경우에 대한 것이 많았다. [1,2,4,8,10-16]. 그러나 외부로 위탁 보수를 하는 경우에는 이와 같은 모형을 적용시킬 수가 없게 된다. 왜냐하면 자체 보수가 불가능하여 외부로 수리 발주를 하게 되는 것이므로 수리공 및 수리 설비가 주문에 의해 도착할 때까지 지연 (delay)이 있기 때문이다 [3,7,9]. 그리고 외부로의 수리 발주는 수리공 및 수리 설비가 도착할 때까지 고장나 있거나 도착하기 전에 고장나는 등 lead time으로 인하여 시스템의 정지 시간이 길어지게 된다. 시스템의 규모가 큰 경우에는 이로 인한 손실이 더욱 커지게 된다. 그리하여 본 연구에서는 외부 발주의 경우를 고려하여 r-out-of-n 시스템 형태를 취하는 생산 설비에 대해 적정 수리 발주 정책을 제시하고자 한다. 이러한 외부로의 발주를 다룬 모형으로는 Kaio와 Osaki「5,6」가 1 unit 시스템에서 대체 부품인 Spare가 시스템 내에 없어서 외부로 발주하는 모형을 다룬 바 있다.

Kaio와 Osaki「5,6」는 1 unit 시스템에서 두가지의 경우에 있어서 Spare 주문 모형을 전개했다.

첫번째 경우는 검사 (inspection)를 통하지 않고 시스템의 고장을 알 수 있는 경우「5」로서 일정 시간까지 시스템이 고장나지 않으면 일정 시간에 정규주문(regular order)을 취하고, 일정 시간전에 시스템이 고장나면 고장 즉시 지급 주문 (expedited order)을 취한다는 정책을 택한다.

* 서울大學校 工科大學 產業工學科

다른 하나는 검사를 통해서만 시스템의 상태를 알 수 있는 경우〔6〕로서 일정 시간에 시스템을 검사하여 시스템이 고장나 있으면 지급 주문을 취하고 시스템이 가동되고 있으면 정규 주문을 취한다는 정책을 고려했다.

그러나 지급 주문 비용과 정규 주문 비용의 차이가 크고 두 주문 정책에 의한 lead time의 차이가 적거나 시스템 정지 비용이 상대적으로 적으면 시스템 고장시 지급 주문보다 정규 주문을 취하는 것이 경제적일 수가 있다. 한편으로는 시스템이 가동되고 있어서 lead time이 긴 정규 주문을 취하고 난 후 시스템이 고장이 나면 spare가 도착할 때까지 기다릴 필요없이 지급 재주문을 취하는 것이 더욱 경제적인 경우가 있다. 이는 지급 주문 비용이 정규 주문에 비해 그다지 비싸지 않은 반면 두 정책에 의한 lead time의 차이가 크거나 시스템 정지 비용이 상대적으로 큰 경우이다.

이러한 지급 재주문과 정규 주문이 경제적인 경우를 고려하여 Kaio와 Osaki의 Spare 주문 정책을 확장시킴과 동시에 이를 r-out-of-n 시스템 형태를 취하는 생산 설비에서의 수리 발주 정책에 적용시켜 보고자 한다.

2. 수학적 모형

수리 발주가 정규인가 지급인가에 따라 lead time을 두가지로 분류해 보면 수리 발주 비용과 시스템 정지 비용의 차이에 따라 다음과 같이 세가지 경우로 구분할 수가 있다.

첫번째 경우(경우Ⅰ)는 시스템이 고장났을 경우 지급 수리 발주보다 정규 수리 발주를 취하는 것이 더욱 경제적인 경우이다. 이 경우는 지급 수리 발주 비용이 정규 수리 발주 비용보다 비싼 반면 두 발주 정책에 의한 lead time의 차이가 적거나 시스템 정지 비용(down cost)이 상대적으로 적은 경우이다.

두번째 경우(경우Ⅱ)는 시스템이 고장났을 때에는 지급 발주를 취하고 예방 보수를 위해서는 정규 발주를 취하는 경우이다.

세번째 경우(경우Ⅲ)는 예방 보수를 위해 정규 발주를 취한 후 얼마 지나지 않아 시스템에 고장이 발생하여 지급 수리 재발주를 고려해야되는 경우이다. 이 경우는 지급 발주 비용이 정규 발주 비용에 비해 그다지 비싸지 않은 반면 두 정책에 의한 lead time의 차이가 크거나 시스템 정지 비용이 상대적으로 큰 경우이다.

2.1 기호 설명

모형 전개에 사용한 기호는 다음과 같다.

- $f(t)$, $F(t)$: 시스템 고장 밀도 함수(p.d.f)와 고장 분포 함수(c.d.f)
- $r(t)$, $R(t)$: 부품과 시스템의 신뢰성(reliability)
- C_1, C_2 : 지급 수리 발주 비용과 정규 수리 발주 비용
- Cr : 부품 단위 당 수리 비용
- Cd : 단위 시간 당 시스템 정지 비용
- L_1, L_2 : 지급 수리 발주와 정규 수리 발주에 의한 lead time
- tr : 부품 단위 당 수리 시간
- $N(t)$: 시간 t까지 고장난 부품의 개수

2.2 가 정

1) $t=o$에서는 모든 부품이 가동한다.
2) 각 부품은 수리되면 신품과 같다. (as good as new)
3) 각 부품의 고장률은 서로 독립적이다.

2.3 수학적 모형의 전개

기호 설명에 따라 앞에서 설명된 세가지 경우를 분류하면 다음과 같다. 시스템이 고장났을 경우 지급 수리 발주를 하면 비용은 $C_1+L_1\times Cd$가 들고 정규 수리 발주를 하면 $C_2+L_2\times Cd$의 비용이 든다. $(C_1\geq C_2,\ L_1\leq L_2)$ 만약 $C_1+L_1\times Cd\geq C_2+L_2\times Cd$이면 시스템 고장시 정규 수리 발주를 취하고(경우Ⅰ), 그렇지 않으면 지급 발주를 취한다(경우Ⅱ와 경우Ⅲ). 즉 $L_2-L_1\leq(C_1-C_2)/Cd$이면 경우Ⅰ에 해당하게 된다.

그리고 예방 보수를 위한 일정 발주 시간까지 시스템이 고장나지 않아 정규 발주를 취했을 때 정규 발주 후 시간 tc가 경과한 후에 시스템 고장이 났다고 하자. 그러면 이 때 지급 수리 재발주를 하지 않으면 수리공 및 수리 설비가 도착하기까지 $(L_2-tc)\times Cd$의 시스템 정지 비용이 발생하고 지급 수리 재발주를 하면 $C_1+L_1\times Cd$의 비용이 든다. 그리하여 $(L_2-tc)\times Cd=C_1+L_1\times Cd$를 만족하는 $(tc=L_2-L_1-C_1/Cd)$보다 먼저 시스템이 고장나면 지급 수리 재발주를 하는 것이 경제적이다.

즉 $(C_1 - C_2)/Cd \leq L_2 - L_1 \leq C_1/Cd$이면 경우Ⅱ에 해당되고 $L_2 - L_1 > C_1/Cd$이면 경우Ⅲ으로 시스템 고장 시간이 tc 전후에 따라 지급 수리 재발주를 고려해야 한다. 이를 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

이러한 경우 Ⅰ, Ⅱ, 그리고 Ⅲ에 있어서 발생 가능한 여러 상황에 대해 소요되는 시간, 비용, 그리고 그 상황이 발생할 확률을 구하여 모든 부품이 작동하기 시작한 때부터 수리공 및 수리 설비가 도착하여 고장난 부품에 대한 수리가 끝날

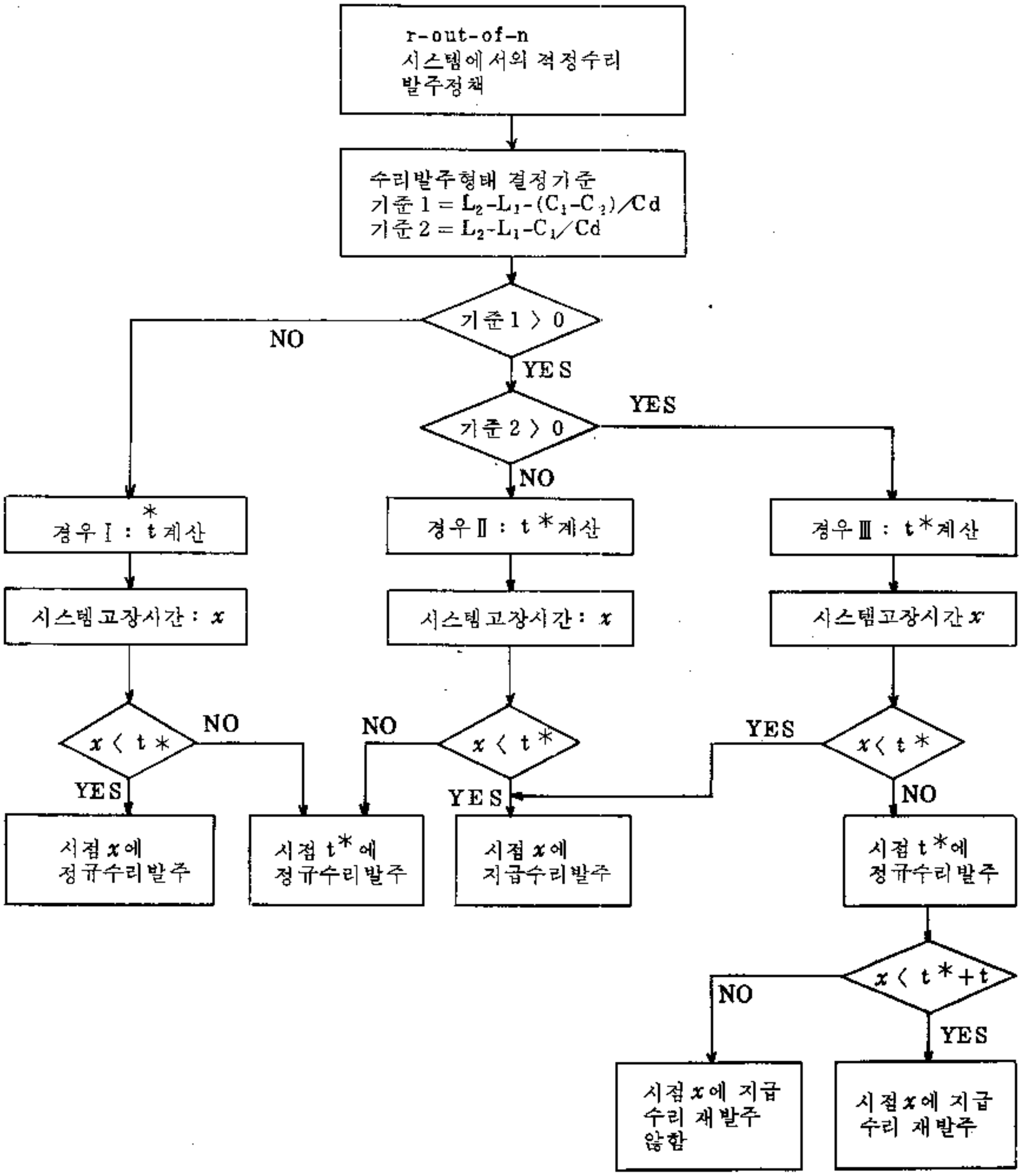


그림 1. 두가지 기준에 따른 수리발주형태의 분류

때까지의 기대 주기와 기대 비용을 정식화하면 다음과 같다.

경우 I : 정규 수리 발주를 취하는 것이 지급수리 발주보다 경제적일 때 경우 I에 있어서 기대 주기와 기대 비용을 구하면 다음과 같다. 여기선 발생 가능한 상황을 다음 세가지로 세분할 수 있다.

경우 I－1 : 예방 보수를 위한 일정 수리 발주시간 t 이전에 시스템이 고장날 경우 (그림 2 참조)

경우 I－1의 기대 주기 Ta_1은,

$$Ta_1 = \int_0^t x \cdot f(x)\,dx + \int_0^t f(x)\,dx \cdot \{L_2 + (n - r + 1)\,tr\} \quad (1)$$

로 주어지고

경우 I－1 의 기대 비용 Ca_1은

$$Ca_1 = \int_0^t f(x)\,d(x) \cdot \{C_2 + L_2 \times Cd + (n - r + 1)\,Cr\} \quad (2)$$

로 주어진다.

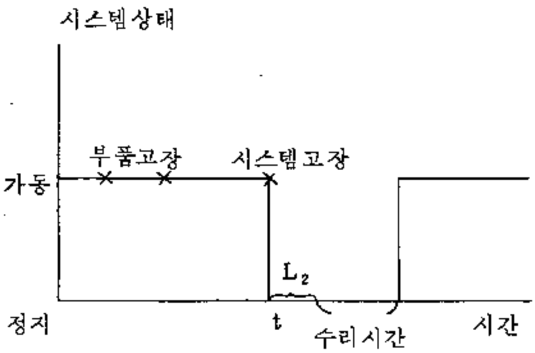


그림 2. 예방보수를 위한 일정수리발주시간 t 전에 시스템이 고장나는 경우

경우 I－2 : 정규 수리 발주 후 수리공 및 수리설비가 도착하기 이전에 시스템이 고장날 경우 (그림 3 참조)

기대 주기 Ta_2는

$$Ta_2 = \int_t^{t+L_2} x \cdot f(x)\,dx + \int_t^{t+L_2} (t + L_2 - x) \cdot f(x)\,dx + \int_t^{t+L_2} f(x)\,dx \cdot (n - r + 1)\,tr \quad (3)$$

로 주어지고

기대 비용 Ca_2는

$$Ca_2 = \int_t^{t+L_2} f(x)\,dx \cdot C_2 + \int_t^{t+L_2} (t + L_2 - x) f(x)\,dx \cdot Cd + \int_t^{t+L_2} f(x)\,dx \cdot (n - r + 1)\,Cr \quad (4)$$

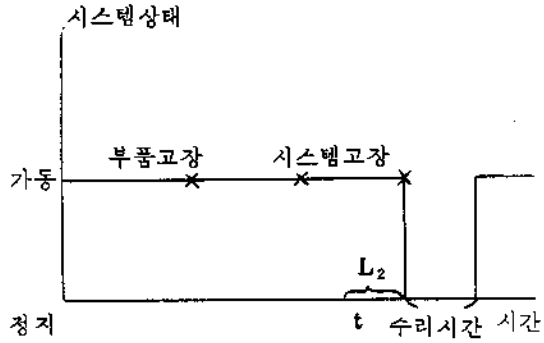


그림 3. 정규수리발주후 수리공 및 수리설비가 도착하기 이전에 시스템이 고장나는 경우

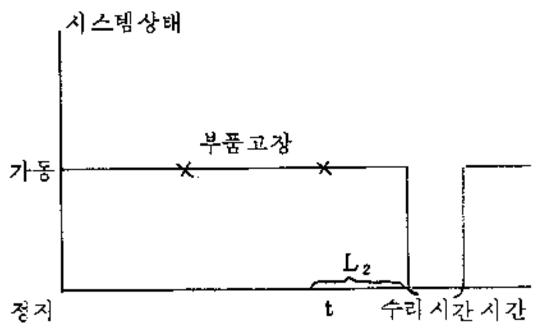


그림 4. 정규수리발주후 수리공 및 수리설비가 도착하기 까지 시스템이 가동되는 경우

로 주어진다.

경우 I－3 : 정규 수리 발주 후 수리공 및 수리설비가 도착하기까지 시스템이 가동되는 경우 (그림 4 참조)

기대 주기 Ta_3는

$$Ta_3 = \int_{t+L_2}^{\infty} f(x)\,dx \cdot (t + L_2) + \left[\sum_{i=0}^{n-r} \Pr\{N(t + L_2) = i\} \times i\right] \times tr \quad (5)$$

로 주어지고

기대 비용 Ca_3는,

$$Ca_3 = \int_{t+L_2}^{\infty} f(x)\,dx \cdot C_2 + \left[\sum_{i=0}^{n-r} \Pr\{N(t + L_2) = i\} \times i\right] \times Cr \quad (6)$$

로 주어진다.

경우 I－1, I－2, I－3 은 mutually disjiont 한 경우이므로 경우 I에서의 기대 주기 Ta는 식 (1), (4), (6)의 합으로 주어진다. 즉

$$Ta = Ta_1 + Ta_2 + Ta_3$$
$$= \int_0^t R(x)\,dx + L_2 + \Big[\sum_{i=0}^{n-r+1} \Pr\{N(t+L_2)=i\} \times i\Big] \times tr \quad \cdots\cdots (7)$$

$$Ca = Ca_1 + Ca_2 + Ca_3$$
$$= C_2 + L_2 \times Cd - \int_t^{t+L_2} R(x)\cdot Cd + \Big[\sum_{i=0}^{n-r+1} \Pr\{N(t+L_2)=i\} \times i\Big] \quad \cdots\cdots (8)$$

으로 주어진다.

여기서

$$R(x) = \sum_{k=r} \binom{n}{k} \{r(x)\}^k \{1-r(x)\}^{n-k}\text{이고}$$

$$\sum_{i=0}^{n-r+1}\big[\Pr\{N(t+L_2)=i\} \times i\big]$$
$$= \sum_{k=r}^{n} \binom{n}{k} \{r(t+L_2)\}^k \cdot \{1-r(t+L_2)\}^{n-k}(n-k) + \Big[1 - \sum_{k=r}^{n} \binom{n}{k} \{r(t+L_2)\}^k \cdot \{1-r(t+L_2)\}^{n-k}\Big](n-r+1) \quad \cdots\cdots (9)$$

로 주어진다.

경우Ⅱ : 시스템이 고장났을 때에는 지급 수리 발주를 하고 예방 보수를 위해서는 정규 수리 발주를 하는 경우

경우Ⅱ에 있어서 기대 주기와 기대 비용을 구하면 다음과 같다.

여기선 발생 가능한 상황을 다음 세가지로 세분할 수 있다.

경우Ⅱ－1 : 예방 보수를 위한 일정 수리 발주 시간 t 이전에 시스템이 고장나서 지급 수리 발주를 취하는 경우

기대 주기 Tb_1은

$$Tb_1 = \int_0^t x f(x)\,dx + \int_0^t f(x)\,dx \cdot \{L_1 + (n-r+1)\,tr\} \quad \cdots\cdots (10)$$

로 주어지고

기대 비용 Cb_1은

$$Cb_1 = \int_0^t f(x)\,dx \cdot C_1 + \int_0^t f(x)\,dx \cdot \{L_1 \times Cd + (n-r+1)\cdot Cr\} \quad \cdots\cdots (11)$$

로 주어진다.

경우Ⅱ－2 : 정규 수리 발주 후 수리공 및 수리설비가 도착하기 이전에 시스템이 고장나는 경우

이 경우는 경우Ⅰ－2와 동일하다. 따라서 이 경우의 기대 주기와 기대 비용은 각각 식(3)과 (4)로 주어진다.

기대 주기 Tb_2는

$$Tb_2 = Ta_2$$

로 주어지고

기대 비용 Cb_2

$$Cb_2 = Ca_2$$

로 주어진다.

경우Ⅱ－3 : 정규 수리 발주 후 수리공 및 수리 설비가 도착하기까지 시스템이 가동되는 경우

이 경우는 경우Ⅰ－3과 동일하다.

즉 기대 주기 Tb_3는

$$Tb_3 = Ta_3$$

로 주어지고

기대 비용 Cb_3는

$$Cb_3 = Ca_3$$

로 주어진다.

이리하여 경우Ⅱ에서의 기대 주기 Tb는 식(3), (5), (10)의 합으로 주어지고, 기대 비용 Ca 는 식 (4), (6), (11)의 합으로 주어진다. 즉

$$Tb = Tb_1 + Tb_2 + Tb_3$$
$$= \int_0^t R(x)\,dx + L_1\{1-R(t)\} + L_2 \cdot R(t) + \Big[\sum_{i=0}^{n-r+1} \Pr\{N(t+L_2)=i\} \times i\Big] \times tr \quad \cdots\cdots (12)$$

$$Cb = Cb_1 + Cb_2 + Cb_3$$
$$= \{1-R(t)\}(C_1 + L_1 \times Cd) + R(t)\cdot(C_2 + L_2 \times Cd) - \int_t^{t+L_2} R(x)\,dx \cdot Cd + \Big[\sum_{i=0}^{n-r+1} \Pr\{N(t+L_2)=i\} \times i\Big] \times Cr \quad \cdots\cdots (13)$$

로 주어진다.

경우Ⅲ : 정규 수리 발주를 취한 후 지급 수리 발주의 여부를 결정해야 하는 경우. 경우Ⅲ에 있어서 기대 주기와 기대 비용을 구하면 다음과 같다. 여기선 발생 가능한 상황을 다음 네가지로 세분할 수 있다.

경우Ⅲ－1 : 예방 보수를 위한 일정수리 발주 시간 t 이전에 시스템이 고장날 경우

이 경우는 경우Ⅱ－1과 같아진다.

즉 기대 주기 Tc_1은

$$Tc_1 = Tb_1$$

으로 주어지고

기대 비용 Cc_1은

$$Cc_1 = Cb_1$$

으로 주어진다.

경우Ⅲ－2 : 정규 수리 발주 후 시스템이 고장나서 지급 수리재발주를 하는 경우

기대 주기 Tc_2는

$$Tc_2 = \int_t^{t+tc} x f(x)\,dx + \int_t^{t+tc} f(x)\,dx \cdot \{L_1 + (n-r+1)\,tr\} \quad \cdots\cdots (14)$$

으로 주어지고

기대 비용 Cc_2

$$Cc_2 = \int_t^{t+tc} f(x)\,dx \cdot \{C_1 + C_2 + L_1 \times Cd + (n-r+1)\,Cr\} \quad \cdots\cdots (15)$$

으로 주어진다.

경우Ⅲ－3 : 정규 수리 수리 발주 후 시스템이 고장나더라도 지급 수리 재개발주 하지 않는 경우

기대 주기 Tc_3는

$$Tc_3 = \int_{t+tc}^{t+L_2} x f(x)\,d(x) + \int_{t+tc}^{t+L_2} (t + L_2 - x)\, f(x)\,dx + \int_{t+tc}^{t+L2} f(x)\,dx \cdot (n - r + 1)\, tr \quad \cdots\cdots (16)$$

로 주어지고

기대 비용 Cc_3

$$Cc_3 = \int_{t+tc}^{t+L2} f(x)\,dx \cdot C_2 + \int_{t+tc}^{t+L2} f(x)\,(t+L_2 - x)\,dx \cdot Cd + \int_{t+tc}^{t+L2} f(x)\,dx \cdot (n-r+1)\,Cr \quad \cdots\cdots (17)$$

로 주어진다.

경우Ⅲ－4 : 정규 수리 발주 후 수리공 및 수리 설비가 도착할 때까지 시스템이 가동되는 경우.

이 경우는 경우Ⅰ－3과 같아진다.

즉 기대 주기 Tc_4는

$$Tc_4 = Ta_3$$

로 주어지고

기대 비용 Cc_4는

$$Cc_4 = Ca_3$$

로 주어진다.

이리하여 경우Ⅲ에서의 기대 주기 Tc는 식(5), (10), (14), (16)의 합으로 주어지고, 기대 비용 Cc는 식 (6), (11), (15), (17)의 합으로 주어진다.

$$\begin{aligned} Tc = {} & Tc_1 + Tc_2 + Tc_3 + Tc_4 \\ = {} & \int_0^{t+tc} R(x)\,dx + (L_2 - Tc) \cdot R(t+tc) + L_1 \cdot F(t+tc) + \Big[\sum_{i=0}^{n-r+1} \Pr\{N(t+L_2) = i\} \times i\Big] \times tr \quad \cdots\cdots (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc = {} & Cc_1 + Cc_2 + Cc_3 + Cc_4 \\ = {} & F(t+tc) \cdot (C_1 + L_1 \times Cd) + R(t) \cdot C_2 + R(t+tc) \cdot (L_2 - tc) \cdot Cd - \int_{t+tc}^{t+L2} R(x)\,dx \cdot Cd + \Big[\sum_{i=0}^{n-r+1} \Pr\{N(t+L_2) = i\} \times i\Big] \times Cr \quad \cdots\cdots (19) \end{aligned}$$

로 주어진다.

그리하여 경우Ⅰ에 있어서의 단위 시간당 소요되는 비용은 Ta/Ca로 주어지고 Ta와 Ca는 각각 식(7), (8)로 주어진다. 경우Ⅱ에 있어서의 단위 시간당 소요되는 비용은 Tb/Cb로 주어지고 Tb와 Cb는 각각 식 (12), (13)으로 주어진다. 경우Ⅲ에 있어서의 단위 시간당 소요되는 비용은 Tc/Cc로 주어지고 Tc와 Cc는 각각 식 (18), (19)로 주어진다.

이들 각 경우에 대하여 단위 시간당 소요되는 비용을 최소화하는 예방 보수를 위한 적정 수리 발주 시간을 구하는 데 있어서 분석적인(analytic) 방법으로 구하기 힘드므로 Search 기법을 사용하였다. 여기서 사용한 Search 기법은 황금분할 방법(Golden section method)이다.

3. 적용 예제

3－out－of－5 시스템에서 각 부품이 고장율 $\lambda = 0.005$인 지수 분포(exponential distribution)를 따르는 경우 예방 보수를 위한 적정 수리 발주 정책과 시기를 구해보면 표 1과 같다. 이를 그림으로 나타내보면 그림 5, 6과 같다.

이를 구하는 데는 해석적 방법이 어려우므로 수치적 방법으로 황금분할 방법을 사용했다.

그림 5는 L_1/L_2와 C_2/C_1의 변화에 따른 적정 수리 발주 시기와 발주 형태를 보여주고 있다.

예로 $L_1/L_2 = 0.6$, $C_2/C_1 = 0.6$인 경우를 보면 적정 수리 발주 형태는 경우Ⅱ가 되고 적정 수리 발주 시간은 101.39시간이 됨을 보여주고 있다. 이때 적정 수리 발주 형태는 주문, 시스템 정지 비용과 lead time등에 의하여 결정되고 적정 수리 발주 시기는 적정 수리 발주 형태 하에서 단위 시간당 소요되는 비용을 최소로 해주는 시간이 된다.

그림 6은 참고로 L_1/L_2와 C_2/C_1의 변화에 따른 수리 발주 형태의 변화를 보여주고 있다.

L_1/L_2 \ C_2/C_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1	23.04 (3)	43.59 (3)	66.79 (3)	99.83 (3)	165.11 (3)	1,480.33 (3)	1,480.33 (3)	1,480.33 (3)	1,480.33 (3)	1,480.33 (3)
0.2	21.93 (2)	40.57 (2)	60.40 (2)	85.81 (2)	125.52 (2)	216.10 (2)	1,480.33 (2)	1,480.33 (2)	1,480.33 (2)	1,480.33 (2)
0.3	22.22 (1)	38.09 (2)	55.62 (2)	76.74 (2)	106.20 (2)	157.00 (2)	305.57 (2)	1,480.33 (2)	1,480.33 (2)	1,480.33 (2)
0.4	22.22 (1)	39.75 (1)	51.87 (2)	70.15 (2)	93.88 (2)	129.48 (2)	198.59 (2)	562.98 (2)	1,480.33 (2)	1,480.33 (2)
0.5	22.22 (1)	39.75 (1)	55.59 (1)	71.31 (1)	85.14 (2)	112.83 (2)	157.78 (2)	261.00 (2)	1,480.33 (2)	1,489.33 (2)
0.6	22.22 (1)	39.75 (1)	55.59 (1)	71.31 (1)	87.67 (1)	101.39 (2)	134.85 (2)	194.74 (2)	380.78 (2)	1,480.33 (2)
0.7	22.22 (1)	39.75 (1)	55.59 (1)	71.31 (1)	87.67 (1)	105.26 (1)	119.74 (2)	161.83 (2)	248.66 (2)	1,480.33 (2)
0.8	22.22 (1)	39.75 (1)	55.59 (1)	71.31 (1)	87.67 (1)	105.26 (1)	124.67 (1)	141.39 (2)	197.29 (2)	342.39 (2)
0.9	22.22 (1)	39.75 (1)	55.59 (1)	71.31 (1)	87.67 (1)	105.26 (1)	124.67 (1)	146.68 (1)	168.29 (2)	247.76 (2)
1.0	22.22 (1)	39.75 (1)	55.59 (1)	71.31 (1)	87.67 (1)	105.26 (1)	124.67 (1)	146.68 (1)	172.32 (1)	203.37 (1)

주) ( ) 안의 숫자는 수리발주 형태를 나타낸다.

표 1. 예방보수를 위한 적정수리발주정책과 적정시기

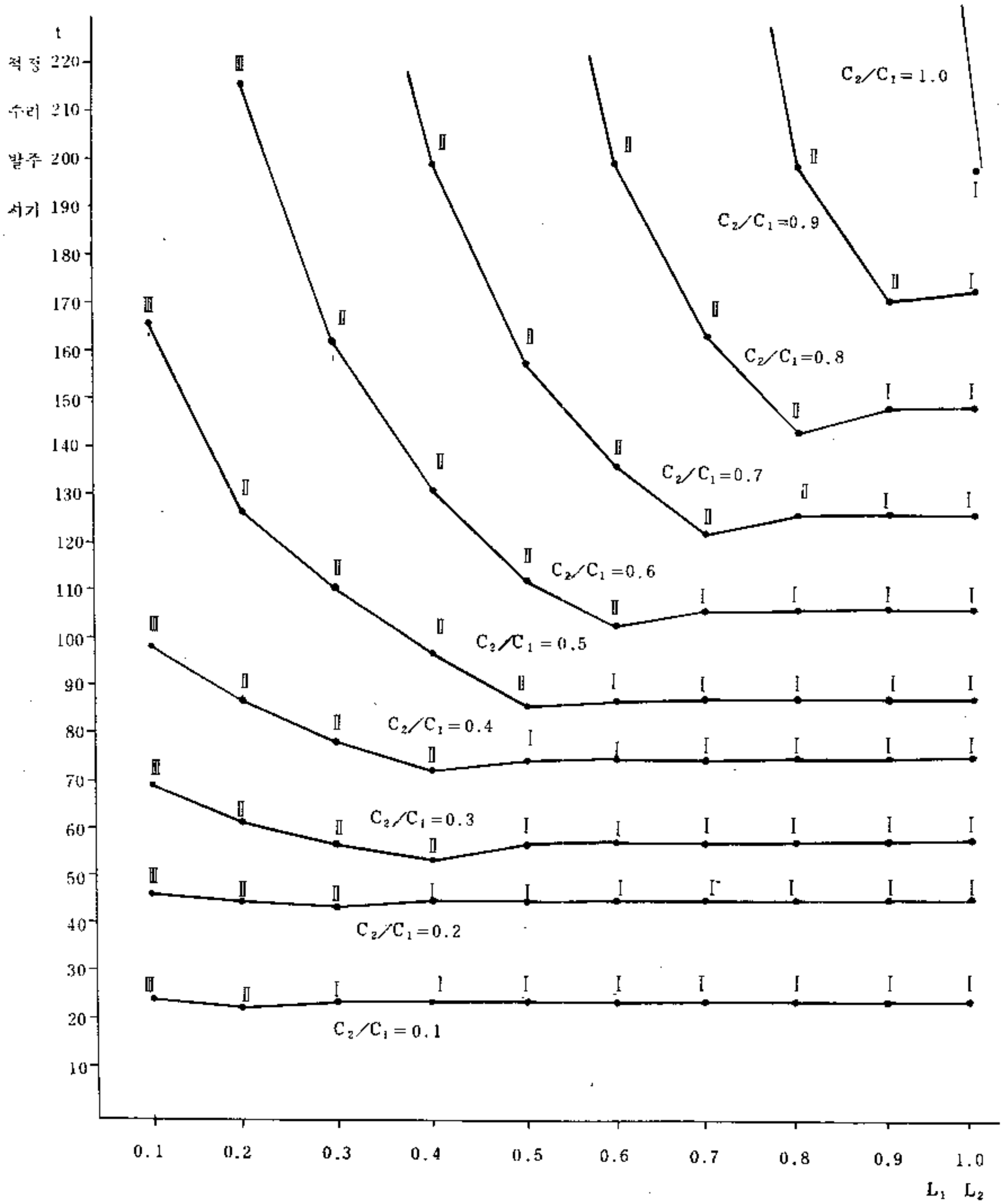
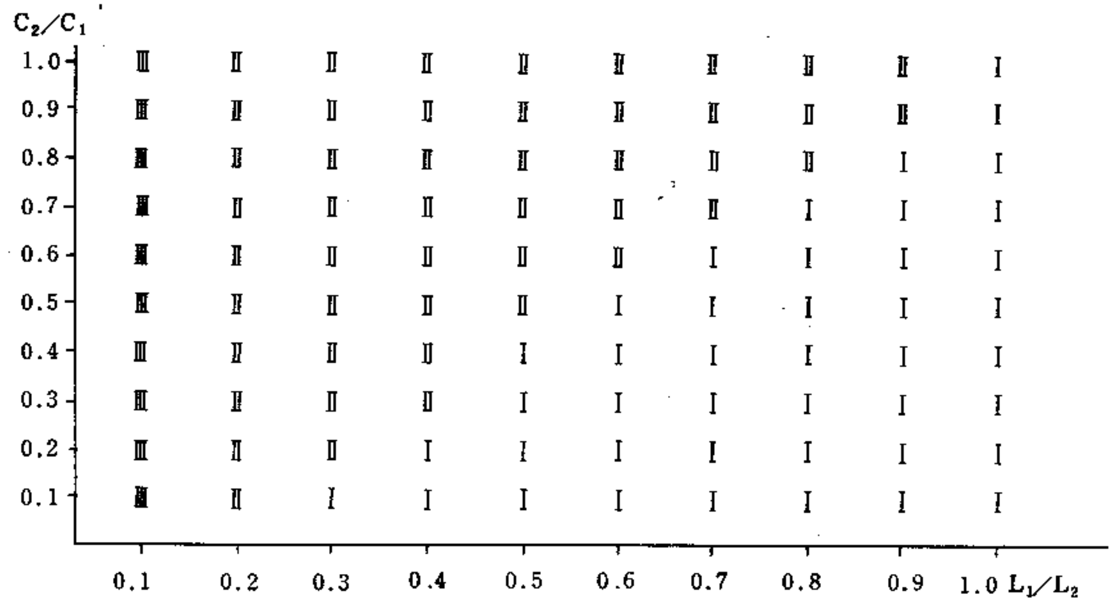


그림 5. L_1/L_2와 C_2/C_1의 변화에 따른 적정수리발주시기

L_1/L_2가 일정한 경우에 있어서 C_2/C_1이 줄어듬에 따라 적정 수리 발주시기 t가 줄어드는 것을 알 수 있다. 이는 C_2/C_1이 감소하면 상대적으로 지급 발주 비용 C_1이 증가하므로 예방 보수를 위한 정규 발주를 자주함으로써 시스템의 고장을 막아 지급 발주를 취해야 하는 경우를 줄이는 것이 경제적이기 때문이다. 그리고 지급 발주 비용이 정규 발주 비용에 비해 너무



($L_2=30$, $C_1=10.0$, $Cd=0.40$, $Cr=0.40$, $Tr=0.30$)

그림 6. L_1/L_2와 C_2/C_1의 변화에 따른 적정수리 발주정책

크면 시스템이 고장날 경우에 정규 수리 발주를 취하는 경우 I 이 많이 나타난다. C_2/C_1이 일정한 경우에 있어서 L_1/L_2가 증가함에 따라 경우Ⅲ, 경우Ⅱ, 경우 I 의 순서로 나타나는 것을 보여준다.

4. 결　　론

현재까지 연구된 보수 모형은 수리공 및 수리 설비가 시스템 내에 있는 경우가 대부분이다. 그러나 외부로 보수를 위탁해야 하는 경우는 위와 같은 모형을 적용시킬 수 없다. 왜냐하면 외부로부터 수리공 및 수리 설비가 도착할 때까지의 지연때문이다.

본 연구에서는 세가지 경우의 수리 발주 정책에 관하여 비용 최소화를 만족하는 적정 정책을 제시하였다. 이와 같은 정책을 적용할 수 있는 시스템은 높은 가용성이 요구되는 시스템과, 생산 설비의 정지시 발생되는 비용이 다른 비용에 비해 상대적으로 큰 시스템 등이 있다. 한편 앞으로 연구를 확장시킬 수 있는 방향은 적정 수리 발주 정책 선정 기준으로서 시간을 사용했으나 시스템의 가동 상태를 알 수 있는 경우에는 선정 기준으로 고장난 부품의 수로 나타낼 수 있을 것이다. 그리고 평균 수리 시간의 개념 대신에 수리 시간에 대한 확률 분포를 사용하여 확장시켜 나가면 보다 정량적인 분석이 될 것이다.

감사의 말

본 연구는 1981년도 산학협동재단의 학술연구비의 지원을 받아 수행된 연구의 일부이며, 산학협동재단에 감사를 표한다.

References

1. K. J. Arrow, D. Levhari and E. Sheshinski, "A Production Function for the Repairman Problem," Review of Economic Studies, Vol. 39, No. 3, Ju. 1972, pp. 241-249.
2. Y. M. I. Dirickx and K. P. Kistner, "Reliability of a Repairable System with Redundant Units and Preventive Maintenance," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-28, No. 2, Jun. 1979, pp. 170-171.
3. M. N. Gopalan and A. D. Dharmadhik-

ark, "2-Unit System With Delayed Repair Facility," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-29, No. 2, Jun. 1980.

4. A. K. S. Jardine, Maintenance, Replacement and Reliability, Pitman Pub, 1973.

5. N. Kaio and S. Oski, "Optimum Ordering Policies with Lead Time for an Operating Unit in Preventive Maintenance," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-27, No. 4, Oct. 1978.

6. _____ and _____, "Optimum Inspection-Ordering Policies with Two Types of Lead Times," Proceedings of The Pacific Conference On Operations Research, Apr. 1979, pp. 1084-1094.

7. P. K. Kapur and K. R. Kapoor, "A 2-Unit Warm-Standby Redundant System With Delay and One Repair Facility," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-24, No. 4, Oct. 1975, pp. 275.

8. Z. Khalil, "Asymtotic Distribution of Standby System With delayed Repair," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-28, No. 3, Aug. 1979, pp. 265-266.

9. C. H. Lie, C. L. Hwang and F. A. Tillman, "Availability of maintained systems : A state-of-the art survey," AIIE Transactions, Vol. 9, No. 3, Sep. 1977, pp. 247-259.

10. S. Osaki, "Reliability Analysis of a Two-Unit Standby-Redundant System with Preventive Maintenance," IEEE Trans. Reliability Vol. R-21, No. 1, Feb. 1972, pp 24-30.

11. K. S. Park, "Optimal Number of Minimal Repairs before Replacement," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-28, No. 2, June 1979, pp. 137-140

12. J. G. Rau, Optimization and probability in System Engineering, Van Nostrand Reinhold Company, 1970.

13. D. Rm Smith, "Optimal Repairman Allocation-Asymtotic Results," Management Science, Vol. 24, No. 6, Feb. 1978, pp. 665-674.

14. R. Subramanian and K. S. Venkatakrishnan, "Reliability of a 2-Unit Standby Redundant System with Repair, Maintenance and Standby Failure," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-24, No. 2, June 1975, pp. 139-142.

15. _________, _______ and K. P. Kistner, "Reliability of a Repairable System with Standby Failure," Operations Research, Vol. 24, No. 1, Jan. 1976, pp. 169-176.

16. N. Tamegai, "Availability of Two server k-out of-n F Systems," IEEE Trans. Reliability, Vol. R-29, No. 1, Apr. 1980, pp. 91-92

17. F. A. Tillman, C. H. Lie and C. L. Hwang, "Analysis of Pseudo-Reliability of a Combat Tank System and its Optimal Design," IEEE Trans. Reliability, Vol, R-25, No. 4, Oct. 1976, pp. 239-242.