기계고장과 라인스톱

Machine Failure and Line Stop

서울대학교 경영대학 교수 남 익 현

Abstract

In this article, we apply priority scheme to the queueing system where a server (machine) breakdown occurs. For modeling purpose, we introduce failure customer to a manufacturing system in addition to regular customers. By giving preemptive priority to machine failure customer, we model failure-prone queueing system as a multi-class queueing network and derive the mean throughput time. And we also analyze line stop policy and describe the region where line stop is valuable.

This paper leaves the case of general interarrival time and service time distributions for further research. And the benefit from specialization in machine repair department may need to be formulated more explicity.

1. 서 언

제품 생산과정에서 불가피하게 발생하는 것이 기계·설비의 고장이다. 이러한 고장은 실제 생산계획을 수립하고 실행하는데 커다란 영향을 줌에도 불구하고, 고장에 대한 구체적인 고려를 포함하는 연구가 미흡한 실정이다.

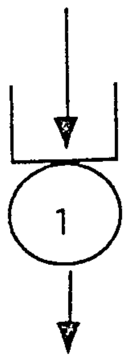
본 논문에서는 기계·설비가 수행하는 활동을 대기행렬 모형으로 표시하고, 가끔씩 발생하는 기계고장을 어떻게 모형구축에 포함시킬 것인지를 살펴보기로 한다. 또한 기계고장을 활용하여 간결화된 line-stop제도에 대해 연구해보고, 어떤 경우에 line stop이 보다 효율적인지를 파악해 본다. 마지막으로 공정상 불량 혹은 기계고장 발생시, 이에 대하여 전문적 수리공의 도움을 받는 것이 유리한지 아니면 상당부분의 예비적 유지 (preventive maintenance) 및 수리를 기계설비담당자가 병행하여 수행하는 것이 유리한지를 모형구성을 통해 알아본다.

본 논문은 기계고장을 명시적으로 고려함으로써 보다 정확한 모형구축을 추구하며 line stop, 기계수리담당 등 생산관리분야에서 다루어지는 주제들에 대한 간략한 모형을 만들어보는데 그 의의가 있다고 할 수 있겠다.

2. 기계·설비의 고장

어떤 기계·설비에서 작업을 필요로 하는 원자재 혹은 반제품들이 도착하여

요구되는 서비스를 받은 후 완제품들이 되어 나아가는 시스템은 전형적인 대기행렬 모형을 구성한다. (그림 1 참조)



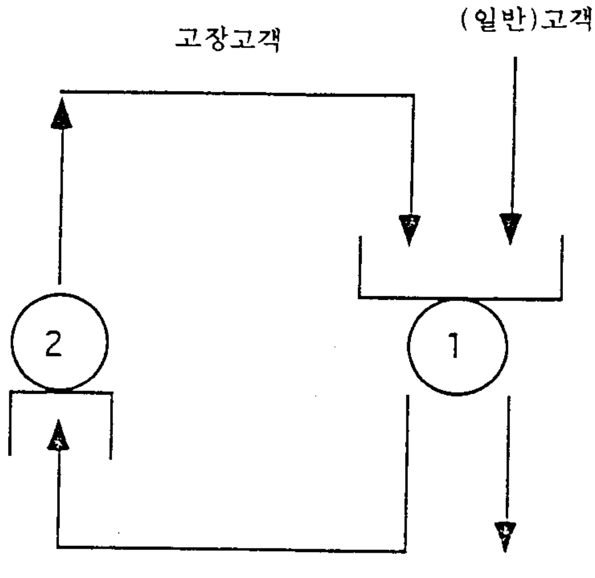
〈그림 1〉

분석의 편의를 위해 해당기계에 도착하는 반제품들을 '고객'이라 부르기로 하고 고객의 도착은 도착율이 λ 인 Poisson process를 따른다고 하자. 또한 한 고객이 서비스를 받는데 걸리는 시간은 평균이 $m=\frac{1}{\mu}$ 인 지수분포(Exponential Distribution)를 따른다고 가정한다. 따라서 그림 1에 나타나는 대기행렬 모형은 M/M/1 모형이 된다.

그런데 실제로는 해당 기계·설비가 간혹 고장이 나서 제대로 작동을 못하는 경우가 생긴다. 이러한 상황을 어떻게 대기 행렬 모형 구성에 포함시킬 것인가를 살펴보자. 기계 고장에 대한 고려를 포함할 경우 보다 정확히 해당 기계에서 서비스를 받기 위해 소비하는 평균시스템체류시간, 평균대기작업의 숫자등을 파악할 수 있다.

우선 해당기계에서 서비스를 받는 일반고객에 추가하여 기계에 발생하는

고장을 편의상 '고장고객'이라 부르기로 하자. 그러면 우리는 고장고객과 (일반)고객으로 두 가지 종류의 고객(Multi-Class Customer)이 존재하는 대기행렬모형이 된다. 그런데 기계고장이 한 종류만이 존재한다고 가정했을 때, 기계고장 발생시점에서 다음 고장이 발생할 때까지 걸리는 시간은 고장고객의 도착간시간(Interarrival Time)으로 평균고장발생빈도로부터 계산할 수 있다. 또한 고장이 난 기계가 수선을 마치기 전에 또 고장이 발생할 수 없으므로 일단 고장 손님이 도착하였을 때는 추가적인 고장손님의 도착과정(Arrival Process)은 일시 중단된다고 볼 수 있다. 그리고 고장고객의 해당기계에서의 서비스시간은 그 기계고장을 수리하는데 걸리는 시간으로 파악하면 된다. 이러한 특성을 고려해 보면 기계고장을 고려한 대기행렬 모형은 그림 2에서와 같이 혼합형 대기행렬 네트워크(Mixed Queueing Network)가 된다.



〈그림 2〉

그림 2에서는 원래 기계를 1로 표시하고 고장고객도착을 위해 인위적 서비스제공자(server)를 2로 표시하였다. 고장고객의 도착간시간은 그림2의 서비스제공자 2에서의 처리시간으로 파악할 수 있다. 또한 고장고객에 대한 서비스제공자 1에서의 처리시간은 고장기계수리시간을 나타낸다.
여기에서 혼합형 대기행렬 네트워크라 함은 개방형 대기행렬 네트워크(Open Queueing Network)와 패쇄형 대기행렬 네트워크 (Closed Queueing Network)가 혼합되어 있다는 뜻이다. 개방형 대기행렬은 고객이 시스템 외부에서 도착하여 서비스를 받은 후 시스템을 떠나는 경우에 해당되고, 패쇄형은 대기행렬 시스템 내에 일정수의 고객이 상존한다는 의미이다. 그림 2에서 보면 일반고객은 개방형 대기행렬모형을 이루고 고장고객은 총 숫자가 1명으로 해당 대기행렬시스템 어디엔가 존재하게 되는 패쇄형 대기행렬 네트워크를 구성한다. 따라서 고장고객이 서비스 제공자 1에서 서비스를 받고 있을 때, 즉 기계가 고장이 나서 수리 중일 때에는 서비스 제공자 2에서 추가로 보내줄 수 있는 고장고객이 없게 되므로, 앞서 언급한 특성(고장이 난 기계가 수선을 마칠 때까지는 추가적 고장이 발생할 수 없다는)을 충족시키게 된다.

그러면 두 종류의 고객을 도입함으로써 기계고장에 대한 모형구축을 시도하였는데 이에 더하여 우선순위결정(Priority Scheme)을 이용할 필요가 발생하는데 우선순위를 도입할 때 생기는 대기행렬상의 결과를 살펴보자.

3. 우선순위(Priority)대기행렬 모형

여러 종류의 고객들이 대기행렬 시스템에 도착하고 고객의 종류별로 우선순위를 부여한 경우, 우선순위에 따라 어떻게 고객의 평균시스템체류시간이 결정되는가를 살펴본다. 우선 고객집단 i는 도착율이 λ_i인 Poisson과정을 따른다고 가정한다. 이러한 고객집단이 N(i=1,2,..,N)종류가 있다고 상정하자. 그리고 i⟨j인 경우 고객집단 i가 고객집단 j보다 우선순위가 있다고 하는데 이는 고객집단 i에 속한 고객이 고객집단 j에 속한 고객보다 서비스를 우선적으로 받는다는 것을 의미한다. 이를 달리 표현하면 고객집단 j에 해당하는 고객은 고객집단 i에 속하는 고객이 대기행렬상에 있으면 비록 먼저 도착하였다 할지라도 서비스를 계층 i보다 나중에 받게 되어 있다는 것을 뜻한다. 물론 동일 고객집단에 속하는 고객들 사이에는 FIFO(선입선출)가 지켜진다.

이러한 순위체제는 다시 몇 가지 종류로 나눌 수 있는데 먼저 새로운 고객이 도착한 시점에서 서비스를 받고 있던 고객이 우선순위에서 새로이 도착한 고객보다 뒤떨어질 때 대기행렬(queue)로 밀려나는지 아니면 우선순위가 낮다고할 지라도 그 시점에서 서비스를 받고 있던 고객은 완전히 서비스를 마치고 나갈 때까지 기다려주는지에 따라 preemptive priority와 non-preemptive priority로 나누어 진다. 그리고 preemptive priority의 경우 일시적으로 쫓겨난 고객이 그 때까지 받았던 서비스가 무효화되어 다시 서비스차례가 되었을 때 처음부터 새로이 시작되는 경우를

preemptive-renew라 한다. 이와는 달리 잔여 서비스 부분만을 나중에 추가로 받으면 완료되는 경우를 preemptive-resume이라 한다. 즉 preemptive-renew와 preemptive-resume의 차이는 서비스를 받고 있던 고객이 도중에 우선순위가 높은 고객의 도착으로 밀려났을 때 그 때까지 받았던 서비스가 무효화 되는지 아니면 계속 유효하게 남아있는지에 따라 다르다.

non-preemptive priority	
preemptive priotity	renew
	resume

여기서는 non-preemptive 경우와 preemptive resume 경우에 대해 각 고객집단별 대기행렬시스템에서의 평균체류시간을 요약한다. 이를 위해 우선 변이계수 (Coefficient of Variation)를 다음과 같이 정의한다.

$$C_i = \sqrt{\frac{Var(X_i)}{E(X_i)^2}}$$

여기에서 X_i는 고객집단 i에 속하는 고객의 서비스시간을 나타내는 확률변수이다. 변이계수는 확률변수 X_i의 평균에 대한 표준편차의 상대적 크기로, 분포의 변이정도를 나타낸다고 볼 수 있다. 특별히 X_i가 지수분포를 따를 때 변이계수는 1이됨을 알 수 있다.

non-preemptive의 경우 고객집단 i에 속하는 고객의 평균시스템 체류시간(Mean Throughput Time)은

$$E(W_i) = \sum_{j=1}^{N} \frac{\rho_j\left(\frac{1+C_j^2}{2}\right)E(X_j)}{(1-\sigma_i)(1-\sigma_{i-1})} + E(X_i) \quad \text{여기서} \quad \rho_j \equiv \frac{\lambda_j}{\mu_{j,}} \quad \sigma_i \equiv \sum_{j=1}^{i} \rho_j \text{ 이다.}$$

또한 preemptive resume의 경우 고객집단 i에 속하는 고객의 평균시스템 체류시간은

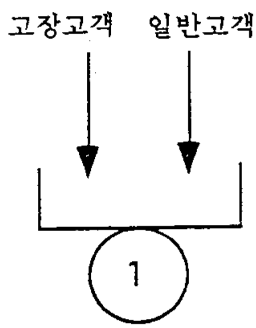
$$E(W_i) = \sum_{j=1}^{i} \frac{\rho_j\left(\frac{1+C_j^2}{2}\right)E(X_j)}{(1-\sigma_i)(1-\sigma_{i-1})} + \frac{E(X_i)}{1-\sigma_{i-1}} \quad .$$

4. 우선순위를 이용한 고장설비에 대한 모델

앞서 살펴본 우선순위우선체제(Priority Mechanism)를 이용하여 고장고객을 어떻게 모형화할 수 있는 지를 살펴보도록 하자. 이미 고장고객을 표시하는 방법은 혼합형 대기행렬 네트워크를 통해서 이루어진다는 것을 보았다. 그런데 고장고객은 일반고객에 대해 preemptive priority를 갖는다는 사실에 주목할 필요가 있다. 즉 기계·설비에 고장고객이 도착하였다는 것은 서비

스를 제공하던 기계가 고장났음을 의미하며, 이는 또한 그 시점에서 제공되던 서비스가 중지됨을 의미한다. 따라서 이를 preemptive priority를 갖는다는 것으로 정확히 표현할 수 있다.

여기서 모형설정의 근사화 (Model Approximation)를 시도해보자. 이미 살펴본 혼합형 대기행렬 네트워크를 분석이 보다 용이한 개방형 대기행렬 네트워크로 대체를 하려한다.



〈그림 3〉

개방형 대기행렬에 도착하는 고장고객은 본래 혼합형 대기행렬네트워크 상에서의 평균도착시간 (Mean Interarrival Time)과 서비스시간에 대한 분포를 취하도록 근사화한다. 이러한 개방형 네트워크가 근사모델이 되는 주된 이유는 다음과 같다. 실제로는 일단 고장이 난 기계 (고장고객이 도착하여 수리를 받고 있는 기계)에는 수리가 끝날 때까지 추가적인 고장이 발생하지 않는 것이 옳은데 개방형 대기행렬 네트워크에서는 둘 이상의 고장고객이 시스템 내에 존재할 수 있다는 문제점이 발생한다. 이러한 사실은 고장고객이 둘

이상 있을 수 없다는 기본조건에 위배가 되므로 정확한 모형이 못되고 근사모형이 된다.

5. 간단한 Line-Stop에의 적용

공장 공정의 개선을 위해 사용되는 line stop은 그 중요한 취지 중 하나가 기계설비의 중요 고장 발생시 공장라인을 중지(line stop) 하고 그 원인에 대한 철저한 분석 및 개선을 통해 고장의 발생빈도를 줄이고자 하는 것이다. line stop 도입 이전의 고장의 발생율이 λ_1, 고장에 대한 서비스율이 μ_1이라고 하고 line stop 도입 이후 고장의 발생율이 λ_1', 고장에 대한 서비스율이 μ_1'이라 하자. 또한 고장고객의 도착 및 서비스와 관련된 확률변수가 지수분포를 따른다고 하자. 일반적으로 line stop 제도를 도입하면 고장의 발생빈도를 줄이게 될 것이다. 즉 $\lambda_1 > \lambda_1'$이 성립할 것이다. 하지만 이를 위해 고장발생시 철저한 원인분석 및 개선을 수행하여야 하므로 고장에 대한 서비스시간은 길어진다. 즉 $\mu_1 > \mu_1'$이 만족된다. 여기서 우리가 밝히려고 하는 것은 기존의 (λ_1, μ_1)에 대해 (λ_1', μ_1')이 어떤 범위에 속할 때 line stop제도가 더 유리한 가를 밝히는 것이다. 유리한 지 판단여부는 일반고객들의 평균시스템체류시간을 기준으로 사용한다. 일반고객들의 도착율 및 서비스율은 각각 λ_2와 μ_2이며, 지수분포를 따른다고 가정하자.

앞서 제시한 식에 $C_j=1$임을 사용하면 line stop 사용이전의 일반고객 평균체류시간은

$$E_O=\frac{\rho_1 m_1+\rho_2 m_2}{(1-\rho_1-\rho_2)(1-\rho_1)}+\frac{m_2}{1-\rho_1} \text{ 이며}$$

line stop을 도입한 후에는

$$E_L=\frac{\rho_1' m_1'+\rho_2 m_2}{(1-\rho_1'-\rho_2)(1-\rho_1')}+\frac{m_2}{1-\rho_1'} \qquad \text{이다.}$$

실제로 $E_O=E_L$이 되도록 하는 λ_1'과μ_1'의 구체적 관계식 (closed form)은 복잡하므로 (2차방정식의 형태) 대략적 관계를 구하도록 하자.

우선 $\rho_1'=\rho_1$ 이고 $m_1<m_1'$인 경우를 살펴보자. 이는 line stop을 도입함으로써 고장빈도는 줄어들었지만 $(\lambda_1>\lambda_1')$정비수리시간이 적절히 증가하여 고장에 따른 교통혼잡도는 일정한 경우 $(\rho_1=\rho_1')$이다. 이 때에는 쉽게 $E_O<E_L$임을 알 수 있다. 또한 E_L은 ρ_1'에 대한 증가함수이다.

〔 정 리 〕

Line stop을 도입한 경우에 발생하는 일반고객의 평균시스템 체류시간이 원래 (λ_1, m_1)의 고장고객이 있는 경우나 동일하도록 하는 $m_1'=f(\lambda_1')$함수식은 다음 특성을 갖는다.

(i) λ_1'에 대한 감소함수이다.

(ii) $m_1'=f(\lambda_1')$ 과 $\lambda_1' m_1'=\rho_1$의 간격은 $\lambda_1'<\lambda_1$에서는 감소하며 $\lambda_1'>\lambda_1$에서는 증가한다.

☞ 증 명

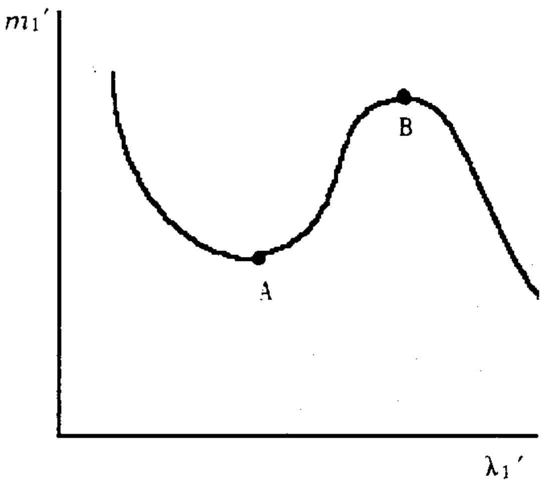
(i) λ_1'에 대해 감소함수가 아니라면 그림 4에서 처럼 증가구간이 생기며 두 점 A,B가 존재한다. 이 때 $\rho_A<\rho_B$, $m_A'<m_B'$ 이므로 $E_L(A)<E_L(B)$이 되어 모순에 이른다.

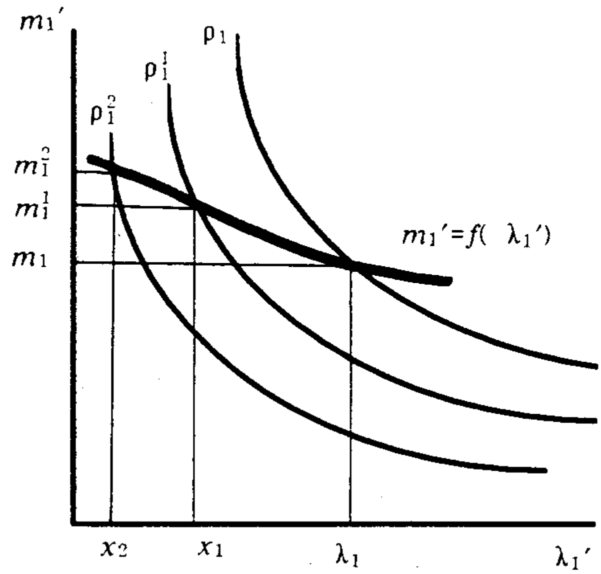
(ii) 먼저 $m_1<m_1^1<m_1^2$인 m_1^1과 m_1^2 를 고려하자. $E_O=E_L$을 만족하기 위해 $\rho_1^2<\rho_1^1<\rho_1$인 ρ_1^1과 ρ_1^2가 필요하다 (E_L이 ρ_1의 증가함수이므로). 그러면 그림 5에서 처럼 $x_i \cdot m_1^i=\rho_1^i$ $(i=1,2)$을 만족시키는 x_i가 정의된다.

x_2에서 $m_1'=\dfrac{\rho_1}{\lambda_1'}$과 $m_1'=f(\lambda_1')$의 간격은

$\dfrac{\rho_1}{x_2}-\dfrac{\rho_1^2}{x_2}=\dfrac{1}{x_2}(\rho_1-\rho_1^2)$이 되며 x_1에서는 $\dfrac{\rho_1}{x_1}-\dfrac{\rho_1^1}{x_1}=\dfrac{1}{x_1}(\rho_1-\rho_1^1)$ 이 된다.

그런데 $\rho_1-\rho_1^2>\rho_1-\rho_1^1$, $\dfrac{1}{x_2}>\dfrac{1}{x_1}$ 이므로 $\dfrac{1}{x_2}(\rho_1-\rho_1^2)>\dfrac{1}{x_1}(\rho_1-\rho_1^1)$ 이 성립한다. 따라서 $\lambda_1'<\lambda_1$영역에서는 $\dfrac{\rho_1}{m_1}$'과 $f(\lambda_1')$의 간격이 좁아진다. $\lambda_1'>\lambda_1$의 영역에 대한 증명도 유사하다.



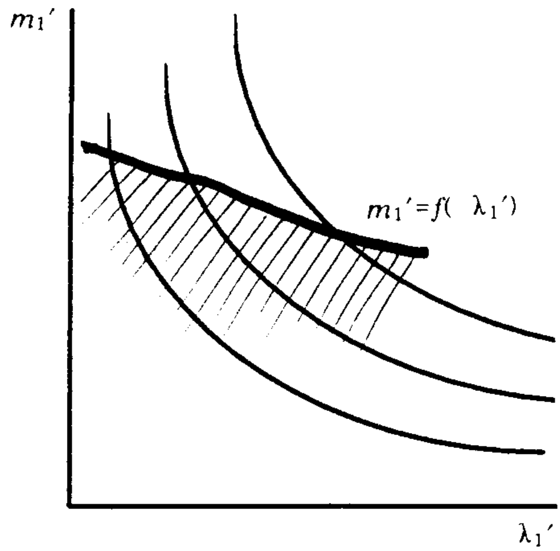


〈그림 4〉 〈그림 5〉

☞ 따름정리

$f(\lambda_1')$아래에 속하는 (λ_1' ,m_1')영역에서는 line stop 을 도입한 경우 고객의 평균시스템체류시간을 단축할 수 있다. (그림 6 참조)

line stop을 도입할 때 새로운 (λ_1', m_1')이 그림 6의 빗금친 영역에 속할 때, 도입이전보다 고객들의 평균대기시간이 줄어 들어 그 효과가 긍정적이라고 할 수 있다.



〈그림 6〉

6. 수선 및 정비 서비스의 유연성 효과

지금까지 살펴 본 고장고객에 대한 모형에서 고장고객의 소요 서비스 시간은 기계를 수선하는 데 걸리는 시간이라고 하였다. 이는 정비요원이 즉시 수선을 시작할 수 있을 경우에는 수선시간이지만, 항시 정비요원이 대기중은 아니므로 실제로는 정비를 위한 대기시간을 포함하게 된다. 따라서 요사이 일본 등에서 새로이 제시되는 방법으로 기계를 담당하는 작업자가 예비적 정비

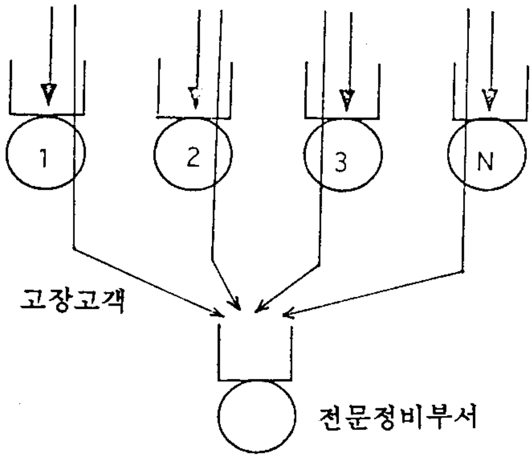
(Preventive Maintenance)혹은 웬만한 수리, 정비를 직접 수행하는 기법이 있다. 이렇게 함으로써 얻는 효과는 여러 가지가 있다. 우선 생각해 볼 수 있는 것이, 기계수리를 기다리기 위한 대기시간이 없어지며, 또한 작업자의 입장에서는 직무다양화를 통한 직무만족도가 높아진다. 그리고 작업자가 자신이 담당하는 기계에 대한 소유개념(ownership)이 증대되며 기계의 고장 및 불량품 발생에 대한 책임소재가 보다 분명해지므로 경영관리상 유리하다. 물론 정비업무에 대한 교육 훈련, 정비업무에 대한 적절한 보상이 필요할 것이고, 전문화된 정비부서를 애당초 도입한 이유를 살펴볼 때 전문화에 따른 이득을 잃을 수 있다. 즉, 여러 기계들에 대한 전문가를 고용함으로써 수리시간을 단축할 수 있게 될 수 있다는 장점을 잃을 수 있다. 따라서, 저자는 이러한 전문화된 수리부서체제와 개별작업자들의 정비업무분담체제를 적절히 혼합한 형태를 제시하고 싶다. 즉 여러 기계에 공통된 요소에 해당하는 것, 예를 들어 생산공정의 개선 등에 해당하는 것 등은 개별 기계의 개선과 별개의 문제이므로 전문부서에서 다루는 것이 좋을 것이며, 개별 기계에 해당하는 정비, 수선, 개량 등은 오히려 그 기계를 사용하여 온 작업자가 국부정보(Local Information)를 보다 많이 가지고 있을 것이므로 작업자에게 할당하는 것이 보다 효율적일 것이다.

여기서는 간단한 모형설계를 통해 전문정비부서를 별도로 갖고 있는 경우와 정비업무를 각 작업자가 수행하는 경우를 비교하여, 후자가 전자에 비해 얼마만큼의 작업시간을 개선할 수 있는지를 살펴 본다.

우선 공장에 N 대의 기계가 존재하며, 각 기계 i 에 대하여 고장고객 i 가

기계고장을 일으킨다. 고장고객 i 의 도착율을 λ, 서비스율을 μ 라 하고 각각 지수분포를 따른다고 가정하자. 또한 기계 i 에 도착하는 일반고객은 도착율 λ', 서비스율 μ'인 지수분포를 따른다고 가정하자.

전문정비부서가 존재하는 경우를 그림으로 표시해 보면 그림 7과 같다.



〈그림 7〉

고장고객이 발생하면 그것은 정비부서 대기행렬로 가서 자신의 순서가 될 때까지 기다렸다가 수리서비스를 받고 돌아간다. 수리서비스가 끝나면 이는 해당기계가 정상가동으로 돌아갔음을 의미하는 것이다. 고장발생 시점부터 수리완료까지 걸리는 평균시간은 지수분포를 따른다는 것이 알려져 있으며 〔Gross and Harris, 1985 〕 그 분포함수는

$$W(t) = [\ \mu - N\lambda]\ e^{-[\ \mu - N\lambda]\ t} \quad (t > 0)$$

이다.

따라서 고객당 평균체류시간은 $\frac{1}{\mu-N\lambda}$ 이며, 변이계수는 1이 된다.

그러므로 기계 i 에 대한 일반고객의 평균체류시간은 preemtive priority체제임을 이용할 때

$$E(W_i) = \frac{\lambda m^2 + \lambda' m'^2}{(1-\lambda' m' - \lambda m)(1-\lambda m)} + \frac{m}{1-\lambda m}$$

이제 전문정비부서의 정리능력 μ 를 N 개의 기계에 균등배분한다고 해 보자. 이는 기계를 서비스율 μ'으로 이용하던 작업자가 새로이 정비업무까지 관장하는 체제를 나타내려는 모형으로, 정비부서능력이 작업자에게 이관된다고 본 것이다. 그러면 기계 i 에 있어서 작업능력은 다음과 같이 계산할 수 있다. 일반고객의 서비스율은 $\mu'(1+\frac{1}{N})$, 고장고객의 서비스율은 $\mu(1+\frac{1}{N})$ 이 된다. 유도과정은 부록을 참조하기 바란다.

따라서 기계작업자가 정비업무까지 담당하는 경우의 일반고객에 대한 평균체류시간은

$$\frac{\lambda\left(\frac{1}{\mu(1+\frac{1}{N})}\right)^2 + \lambda'\left(\frac{1}{\mu'(1+\frac{1}{N})}\right)^2}{\left(1-\frac{\lambda}{\mu(1+\frac{1}{N})} - \lambda\frac{'}{\mu'(1+\frac{1}{N})}\right)\left(1-\frac{\lambda}{\mu(1+\frac{1}{N})}\right)} + \frac{\frac{1}{\mu'(1+\frac{1}{N})}}{1-\frac{\lambda}{\mu(1+\frac{1}{N})}}$$

이다.

[정 리]

전문정비부서를 이용하는 경우보다 개별 기계작업자가 정비업무까지 수행하는 경우 고객에 대한 서비스가 신속해진다. 그리고 위에서 언급된 체제하에서 고객의 평균시스템 체류시간은 전문정비부서를 이용할 때 발생하는 고객의 평균시스템 체류시간을 A로, 개별기계작업자가 정비업무를 수행할 때 발생하는 평균시스템 체류시간을 B로 표시할 때

$$A - B$$

만큼 단축된다.

☞ 증명

우리는 $A - B \geq 0$ 을 보인다.

Preemtive-resume priority scheme 하에서 나오는 일반고객의 평균체류시간

$$E(W_i) = \frac{\lambda_i m^2 + \lambda_{N+1} m_{N+1}{}^2}{(1-\lambda_{N+1} m_{N+1} - \lambda_i m)(1-\lambda_i m)} + \frac{m}{1-\lambda_i m}$$

은 m_j $(j=1,2,\cdot\cdot\cdot,i)$에 대하여 엄격증가함수이다.

즉, $\frac{\partial}{\partial m_j} E(W_i) > 0$ $(j=1,2,\cdot\cdot\cdot,i)$ 이다.

그런데 A와 B를 비교해 볼 때

$$\mu - N\lambda < \mu + \frac{1}{N}\mu \qquad \mu' < \mu' + \frac{1}{N}\mu'$$

이므로 $A > B$ 임은 자명해진다.

7. 결 언

본 논문에서는 기계고장을 대기행렬모형에서 복수계층고객을 도입하여 나타내고 우선순위체제(Priority Scheme)를 이용하여 표시하는 모형구성기법을 먼저 살펴 보았고 이를 이용하여 간단한 line stop모델을 구축하여 어떤 경우에 line stop이 더 좋은 효과를 내는지 보았다. 또한 기계수선 서비스를 전문화할 것인지 아니면 기계작업자가 직접 수행할 것인지를 비교해 보는 모형을 살펴 보았다.

본 논문의 부족한 점은 모형구성의 간편성을 위해 지수분포를 가정하였다는 점을 들 수 있다. 보다 일반적인 분포를 고려하여도 유사한 결과를 얻을 수 있으리라 기대하지만 보다 명확한 식의 유도가 어려워진다.

또한 기계수선서비스 전문부서를 이용함으로써 발생할 수 있는 전문화 효과를 직접적으로 고려하지 않은 점은 또다른 개선점으로 남아 있다.

附 錄

고장고객에 해낭하는 서비스율이 μ 라는 것을 다음과 같이 해석할 수 있다. 고장고객이 평균적으로 $m=\frac{1}{\mu}$ 만큼의 일거리를 갖고 오는데 그 일에 대한 처리는 확정적으로 시간당 1만큼씩 처리할 수 있다. 따라서 평균적으로 한 시간에 μ 만큼의 고장고객을 처리할 수 있는 것이다.

그런데 고장고객만을 처리하던 정비부서의 처리능력을 N 대의 기계를 관장하는 개별 작업자에게 분배한다고 했을 때 지금까지 한 시간에 1만큼씩 처리하던 것을 이제는 $1+\frac{1}{N}$ 만큼 처리 할 수 있게 된다. 따라서 고장고객에 대해서는 한 고객을 처리하는 데 걸리는 평균시간이 $\frac{m}{1+\frac{1}{N}}$ 이 되므로 서비스율은 $\mu(1+\frac{1}{N})$이 되며, 마찬가지로 일반고객에 대해서는 $\mu'(1+\frac{1}{N})$ 이 된다.

參考文獻

1. Gross, D and Harris, CM. Fundamental of Queueing Theory, John Wiley & Sons, 1985.
2. Kleinrock, L. Queueing System, Volume I, II, John Wiley & Sons, 1975.
3. Nam, I.H. Flexibility in Manufacturing : Dynamic Scheduling and Resource Pooling, Stanford University Ph.D. Dissertaion, 1992.

저자 : 남익현
1981년에 서울대학교 경영대학에 입학하여 동 과정 학사,석사 학위를 받음.
1986년에 Stanford 대학에서 산업공학 석사(M.S. in Operation Research)를 취득하고 1993년에 Stanford 경영대학원에서 경영학 박사 학위 취득.
1993년 8월부터 서울대학교 경영대학에서 전임강사로 재직.