

Pooled Process를 활용한 ITS 현장장비의 MTBF 산정방안

MTBF estimation of ITS Field Equipments Using Pooled Process

송영화

(Young-Hwa, Song)

서울시립대 교통공학과 석사과정

이청원

(Chungwon Lee)

서울시립대 교통공학과 교수

김은영

(Eun-Young, Kim)

서울시립대 교통공학과 석사과정

Key Words : MTBF, 신뢰도, Pooled Process, 고장률

목 차	
I. 서론	1. 일반적인 장비구조
II. ITS현장장비와 MTBF	2. ITS현장장비의 구조
1. ITS현장장비 유지관리의 중요성	IV. Pooled Process의 활용을 통한 MTBF의 추정
2. ITS현장장비 신뢰도 관련용어	1. Pooled Process 적용개념
3. MTBF의 상대적 중요성과 지수분포	2. 적용사례 및 활용
4. 신뢰도 함수와 고장확률밀도 함수	V. 결론
III. ITS 현장장비의 구조와 고장률 산정	참고문헌

I. 서론

하나의 장비가 여러 부품으로 구성되는 ITS현장장비로는 접지기, CCTV, VMS, AVI 등이 있다. 이들 장비에 대한 적절한 사전점검과 신속한 사후대응은 장비의 수명과 가동률을 높여 시스템의 운영성과 경제성을 높여준다.

본 연구는 여러 부품들로 구성된 ITS 장비의 MTBF (Mean Time Before Failures) 산정방법과 활용방법을 소개하고, 국내 ITS센터가 항공기 유지관리시스템과 달리 부품 혹은 모듈별로 장비를 관리하는 이력관리시스템을 갖고 있지 않은 상황에서 MTBF를 추정하는 Pooled Process로 추정하는 방안을 제시하였다. 물론 이력관리시스템을 구축하는 것이 가장 바람직하나, 구축 후에도 자료를 수집하여 활용하려면 향후 몇 년은 또 기다려야 하기에 현재 획득 가능한 총괄통계방식의 자료를 활용하여 유지관리체계를 설정하는데 상당한 가치가 있을 것이다.

II. ITS현장장비와 MTBF

1. ITS현장장비 유지관리의 중요성

모든 시설물은 사용연수 증가에 따른 노후화로 인해 고장이 발생하고 그에 따라 시설물 성능과 운영으로부터 얻고자 하는

효과는 저하되기 마련인데, 시설물 운영시간이 증가하더라도, 최초의 시설물 설계 개념에 합당한 최적성능유지를 위해서는 신속한 대응의 사후유지관리뿐만 아니라 적정수준의 예방유지관리와 같은 효율적인 유지관리가 필수이다.¹⁾

특히 조금씩 연구가 이루어지고 있는 도로, 교량 등의 건축물에 비해 ITS현장장비에 대한 연구는 거의 전무한 상태로 지속적으로 증가하고 있는 ITS현장장비에 대한 효율적인 유지관리의 필요성이 증대되고 있는 실정이다. 또한 자료수집이나 정보제공을 목적으로 하는 ITS현장장비의 경우, 적정수준의 유지관리가 이루어지지 않는 한 획득되는 자료를 전적으로 신뢰할 수 없어 운영목적에 맞는 활용에 어려움이 있을 것이다.

2. ITS현장장비의 신뢰도 관련 용어

1) 신뢰도(Reliability)

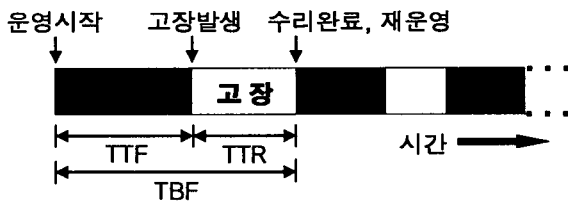
신뢰도는 시스템이나 시설물의 효율성을 결정짓는 하나의 속성(attribute)으로서 시스템이 「어떤 특정 환경과 운전조건하에서 어느 주어진 시점 동안 명시된 특정 기능을 성공적으로 수행할 수 있는 확률」로 정의할 수 있다.²⁾

장비의 운영에 있어 신뢰도의 산정에 따라 교체주기, 비용 등이 매우 달라질 수 있기 때문에 운영 목적에 맞는 적정수준의 신뢰도를 산정하는 것은 매우 중요하다.

2) TBF, TTF, TTR

장비가 운영되는 동안 발생한 고장에 대해, 각 고장간의 간격이나, 고장시간등을 장비의 신뢰도와 관련한 요소로 표현할 수 있는데 이 때, 고장이 발생하게 되면 더 이상 운영할 수 없는 장비의 운영시작부터 고장발생까지의 시간을 TTF(Time To Failure)라 하고, 고장발생으로 수리시간동안 시스템이 중단된 시간을 TTR(Time To Repair)라 한다.

또한 운영이 시작되어 고장이 발생하고 그 고장을 수리하여 재운영하기까지의 시간을 TBF(Time Between Failure)라 하며 $TBF=TTF+TTR$ 의 관계가 성립하게 된다.



<그림 1> MTBF, MTTR, MTTF의 개념

3) MTBF, MTTF, MTTR³⁾

장비의 운영과 고장이 위의 그림과 같이 반복되고 장기간 TBF, TTR, TTF데이터를 축적한다면 그 데이터를 통해 각각의 TBF, TTR, TTF의 평균인 MTBF(Mean Time Between Failure), MTTR(Mean Time To Repair), MTTF(Mean Time To Failure)를 구할 수 있다.

MTBF는 신뢰도 측정에서 매우 중요한 요소로 시스템의 고장과 고장사이 평균시간을 나타내며 총 가동시간을 고장횟수로 나누어줌으로서 구할 수 있다. 이 경우, 시스템은 고장이 발생하더라도 수리하여 제 성능을 유지할 수 있으며, 장기간의 데이터가 축적되면 각 고장간의 간격들을 평균하여 구할 수 있게 된다.

반면, MTTF는 TBF와 매우 유사한 개념이지만 MTBF는 고장이 발생하더라도 수리하여 제 성능을 유지할 수 있는데 반해, MTTF는 고장이 발생하게 되면 더 이상 사용할 수 없는 시스템의 신뢰도를 측정하는데 사용된다.

마지막으로 MTTR은 시스템의 평균 수리시간(정지시간)으로서, 시스템의 예상 가동시간 동안 발생하는 평균 정지시간이라고 할 수 있다. 사실 엄밀히 구별하면, 고장발견부터 원래의 성능을 복구하기 위한 조치까지의 정지시간과 순수 수리시간과는 차이가 있지만, 보통 수리시간과 고장시간을 같다고 가정한다.

4) 고장률(Failure Rate)과 생애주기(Cycle life)

시스템의 효율성을 저하시키는 가장 큰 요인은 고장이며 이것의 발생 빈도를 나타내는 것이 고장률이다. 다시 말하면 고장률은 고장빈도로서 단위시간내에 몇 번의 고장이 발생하는지에 대한 비율이다. MTBF가 평균고장 발생간격이라 한다면 고장수를 총 가동시간으로 나눠줌으로서 계산할 수 있고 만약 고장이 지수분포를 따른다면 고장률과 MTBF는 서로 역수의

관계가 성립하게 된다.

고장률은 여러 시간의 흐름에 따라 여러 형태를 가지게 되는데 일반적으로 시간에 따라 꾸준히 고장률이 증가하는 경우와 초기증가 후 일정하게 유지하는 경우, 시간에 관계없이 고장률이 일정한 경우, 고장률이 감소한 뒤 점진적으로 증가하는 경우 등, 여러 형태가 발생할 수 있다.⁴⁾

생애주기는 시스템이나 시설물의 생산에서 철거에 이르는 전 과정을 나타내는 용어로 일반적으로 계획단계(Planning)부터 설계(Design), 건설(Construction), 운영(Running), 폐기처분단계(Demolition)등 시스템의 수명기간 전체를 말한다. 또한 생애주기비용(Life Cycle Cost)이란 생애주기 동안 발생하는 모든 비용을 말한다.⁵⁾

3. MTBF의 상대적 중요성과 지수분포

시스템이나 시설물의 신뢰도를 측정하는 중요한 요소로는 MTBF, MTTF, MTTR이라고 앞에서 설명하였다. 이 중 특히 MTBF가 중요한데 MTTF가 더 이상 사용할 수 없는 장비의 운영시간을 평가하는데 반해, MTBF는 수리를 통해 계속 운영이 가능한 장비에 대한 평균 동작시간이기 때문에 한 장비에 대한 이력자료를 계속해서 축적시키는데 매우 유용하다 할 수 있다. 또한 MTBF를 활용해서 장비의 고장률을 계산할 수 있고, 특히 고장발생이 지수분포를 따른다면 고장률은 MTBF의 역수를 취해줌으로써 간단히 계산할 수 있게 된다.

부품 혹은 모듈별로 이력자료가 있는 경우에는 MTBF의 통계적 분포를 조사할 수 있으며, 통계를 알 수 없는 경우에는 고장발생을 통상 지수분포로 가정하여 계산하게 된다.⁶⁾ 특히 여러개의 부품들로 구성된 장비의 경우는 각 부품들이 독립적으로 고장이 나는 경우가 많다고 알려져 있으며, 따라서, ITS 현장장비의 고장 관련 분포가 무엇인지 알 수 없는 상황에서 본 연구는 지수분포로 가정하였다. 그러나 이 가정의 정확성은 별도의 자료 수집을 통해 검증되어야 할 것이다.

4. 신뢰도 함수와 고장확률밀도함수⁷⁾

시스템의 고장을 확률적으로 계산하기 위해서는 고장확률분포가 필요한데 이는 각 확률밀도함수에서 약간의 가정과 조건을 취함으로써 해결할 수 있다. 먼저 시스템의 운영을 고장으로 인해 동작하지 않는 시간과 안정적으로 성능을 발휘하는 시간의 합을 1이라 하고, 신뢰도함수를 $R(t)$, 누적고장확률을 $F(t)$ 라 한다면 $R(t)+F(t)=1$ 이라 할 수 있을 것이다.

신뢰도함수와 관련해서 결과만을 살펴보면,

$$R(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right] \text{ 이고,}$$

이것이 고장률로 나타낸 신뢰도 함수(Reliability Function)이며 시점 t 에서의 생존확률이 된다.

위 식에 의하면 신뢰도 함수 $R(t)$ 는 고장률 함수 $\lambda(t)$ 만 알면 구할 수 있기 때문에, 만약 어떤 제품의 고장률이 지수분포를 따른다는 가정을 하면 고장률은 사용시간에 관계없이

일정하게 되고, 즉, $\lambda(t) = \lambda(\text{일정})$ 이기 때문에 이 제품의 신뢰도 함수는 다음과 같이 된다.

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

따라서, 고장률함수 $\lambda(t)$ 나 시간당 고장률을 알면 위 식에 의해 그 제품의 신뢰도를 구할 수 있다. 그러므로 제품의 신뢰도를 알기 위해서는 반드시 고장률 함수 $\lambda(t)$ 를 먼저 알아야 한다.

고장확률밀도함수는 시간당 어떤 비율로 고장이 발생되고 있는가를 나타내는 것으로 일반적으로 단일 부품의 고장확률밀도함수는 대개 정규분포를 따르지만, 고장률이 상이한 여러 개의 부품들로 구성되어 있는 ITS장비의 경우 장비 전체의 고장률은 이들의 평균이라 할 수 있고 이 경우, 고장률은 일정하게 되므로 시간에 대한 장비의 고장발생확률은 지수분포를 따른다고 가정할 수 있다.

장비의 고장발생이 지수분포를 따른다고 가정했을때, 고장확률밀도는 $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ 가 되고 여기서 $\lambda = 1/\text{MTBF}$ 의 역수이기 때문에 구성부품들의 MTBF를 알고 있다면 고장률을 알 수 있고, 각 구성부품들의 고장률 또한 지수분포를 따른다면, Pooled Process를 활용하여 그 부품들로 이루어진 장비의 고장률을 계산할 수 있을 것이다.

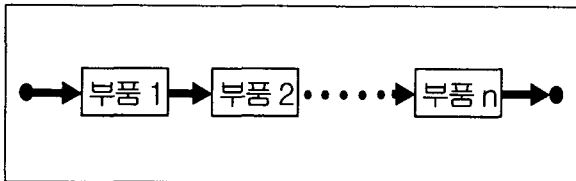
III. ITS현장장비의 구조와 고장률 선정

1. 일반적인 장비구조

VDS, VMS, AVI, CCTV와 같은 ITS현장장비들은 제어부, 감지부 등의 여러 부품들로 구성되어 있는데, 각 부품들의 연결이 직렬인지, 병렬인지에 따라 고장률은 크게 달라질 수 있다. 일반적으로 ITS현장장비들의 경우, 카메라부, 제어부, 전원부 등으로 연결되어 있으며, 이들 부품 중 한 개만 고장나더라도 그 부품들로 이루어진 장비는 정상적인 작동을 할 수 없기 때문에 ITS현장장비는 각 부품들의 직렬구조로 이루어져 있다고 할 수 있다.

1) 직렬구조로 이루어진 설비의 고장률 선정(1)

직렬구조로 이루어진 설비의 경우, 부품이 하나라도 고장나게 되면 전체 시스템 역시 고장이 나게 되어 있고, ITS현장장비와 같은 경우가 여기에 속한다.



<그림 2> 직렬구조

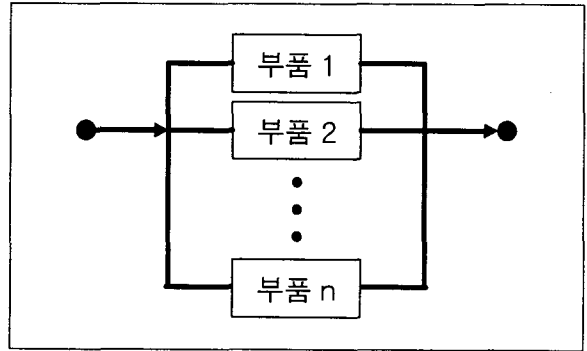
직렬구조에서는 모든 부품이 정상이어야만 하고 각 부품들의 고장발생확률이 지수분포를 따르며 서로 독립적이라고 한

다면, 장비의 고장률은 구성부품들의 고장률의 합과 같게 된다. 따라서, 직렬구조에서의 신뢰도(정상적으로 작동할 확률)와 고장률은 다음과 같다.

직렬구조로 이루어진 장비의 고장률 $\lambda_s = \sum \lambda_i$ 가 되고 신뢰도 $R_s = e^{(-\lambda_s t)}$ 가 된다.

2) 병렬구조로 이루어진 설비의 고장률 선정

병렬구조로 이루어진 설비의 경우, 한 개의 부품이 고장나더라도 전체시스템의 운영에는 영향을 미치지 않는다. 즉, 개개의 부품 모두에서 고장이 발생했을 경우에만, 전체 시스템이 고장이 발생한다. 따라서 전체 시스템의 신뢰도는 다음과 같이 표현할 수 있다.



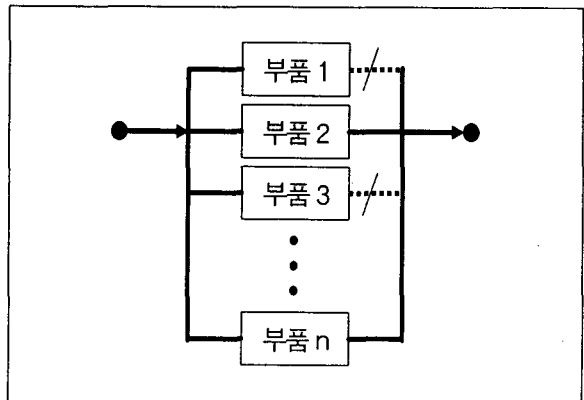
<그림 3> 병렬구조

병렬구조로 이루어진 장비의 신뢰도

$$R_s = 1 - [(1 - R_1)(1 - R_2) \cdots (1 - R_n)] \text{ 이 된다.}$$

3) n중 k구조(k out of n)

병렬로 이루어진 설비 중 n개의 부품 중 k개 이상이 작동하면 시스템이 작동되는 경우를 n중 k구조라고 한다.

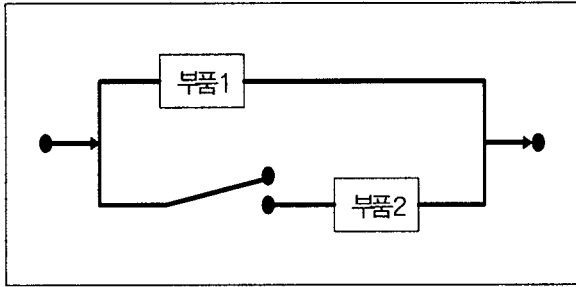


<그림 4> n중 k구조

여기서, $R_n(t)$ = n번째 구성요소의 신뢰도이고 전체 시스템의 신뢰도는 $R_s = \sum_{i=k}^n \binom{n}{i} R^i (1-R)^{n-i}$ 이 된다.

4) 대기결합(stand-by structure)

병렬로 이루어진 설비 중 첫 번째 부품이 정상적인 기능을 수행하다가 고장나게 되면 다른 여분이 부품이 그 기능을 대신하여 계속 수행할 수 있도록 결합되어 있는 것을 대기결합 모델이라고 한다.



<그림 5> 대기결합

이 때, $R_n(t)$ = n번째 구성요소의 신뢰도이고 전체시스템의 신뢰도는 $R_T = e^{-\lambda T}(1 + \lambda T)$ 가 된다.

2. ITS현장장비의 구조

현재, 도로상에 설치·운영중인 ITS현장장비는 각 모듈이 직렬구조의 형태로 이루어져 있는데 이를 각 장비별로 크게 나눠보면 <표 1>과 같다.

<표 1> ITS현장장비별 구성모듈

ITS현장장비	VDS	VMS	CCTV	AVI
구성모듈	감지부 제어기부 전원부 통신부	표시부 제어기부 전원부 통신부	영상부 제어기부 전원부 통신부	감지부 제어기부 전원부 통신부

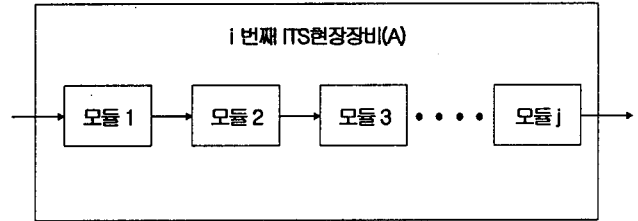
각 모듈로 조합된 ITS현장장비는 모듈 각각의 고장 원인과 고장률이 상이하지만, 장비 전체적으로는 각 모듈의 고장이 장비의 고장으로 나타나는 직렬구조라 할 수 있기 때문에 본 연구에서는 각 구성모듈의 고장률을 Stochastic Processes의 Pooled Process를 활용하여 장비의 고장률을 산정하고, 점검 주기, 예비품 확보 등과 같은 활용방안을 모색하고자 한다.

IV. Pooled Process의 활용을 통한 MTBF 추정

1. Pooled Process 적용개념

Pooled Process는 j개로 구성되어 있는 한 개의 시스템에서

각각의 구성요소 j개의 고장률을 알면, 한 개의 시스템의 고장률은 각 구성요소의 고장률의 합으로 표현할 수 있다는 것이다. 즉 $\lambda_{os} = \sum \lambda_j$ 이라 할 수 있게 된다.



<그림 6> ITS현장장비의 구조

ITS 현장장비의 Pooled Process의 적용과정을 설명하면, <그림 6>과 같은 N개의 A라는 ITS현장장비가 j개의 모듈로 구성되어 있고 A라는 장비의 i장비가, k번까지 고장이 발생하였을 때를 TBF_k^i 라 한다면 각 모듈별로 <표 3>과 같이 정리할 수 있다.

<표 3> ITS현장장비 i의 MTBF 및 고장률 산정

	모듈1	모듈2	...	모듈j
첫 번째 고장발생	TBF_1^1	TBF_1^2	...	TBF_1^j
두 번째 고장발생	TBF_2^1	TBF_2^2	...	TBF_2^j
세 번째 고장발생	TBF_3^1	TBF_3^2	...	TBF_3^j
...
k번째 고장발생	TBF_k^{i1}	TBF_k^{i2}	...	TBF_k^{ij}
$MTBF_j^i$	$\frac{\sum_{k=1}^{K_1} TBF_k^{i1}}{K_1}$	$\frac{\sum_{k=1}^{K_2} TBF_k^{i2}}{K_2}$...	$\frac{\sum_{k=1}^{K_j} TBF_k^{ij}}{K_j}$
고장률 λ_j^i	$\frac{1}{MTBF_1^i}$	$\frac{1}{MTBF_2^i}$...	$\frac{1}{MTBF_j^i}$

<표 2>는 j개의 모듈로 구성된 장비 i에 대해 각 모듈의 고장이 각각 k_1, k_2, \dots, k_j 번 발생했을 때 고장률 산정 방법을 설명하고 있다. 여기서 고장률 λ_j^i 는 j번째 모듈 각각의 고장률이고 각각의 모듈의 고장발생이 지수분포를 따른다면 Pooled Process를 이용하여 장비전체의 고장률을 산정할 수 있게 된다. 즉, i번째 장비 한개의 고장률은 Pooled Process

에 의해 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$\lambda_{pooled}^i = \sum_{j=1}^N \lambda_j^i$$

또한, 장비 한 개의 고장률을 λ_{pooled}^i 라 한다면, N개의 A장비에 대한 평균 고장률을 λ_{tot} 라 한다면 A장비의 평균 고장률과 MTBF를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda_{tot} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_{pooled}^i}{N}$$

$$MTBF_{tot} = \frac{1}{\lambda_{tot}}$$

위와 같이 계산되어진 MTBF를 활용하면 ITS현장장비에 대한 유지관리업무중 향후 1년간 각 장비의 신뢰도를 산정할 수 있게 되며, 신뢰도와 비용을 연계시킨다면 고장으로 인한 장비교체주기나 소요수량등을 사전에 예측할 수 있을 것이다.

예를 들어, 4개의 모듈로 구성되어 있는 100개의 VDS의 경우, 고장률은 4개의 모듈에 대한 각각의 MTBF를 계산한 후, Pooled Process를 이용하여 장비 한 개의 MTBF를 계산하게 된다. VDS 100개에 대해 장비별로 MTBF를 알게 된다면, 전체 100개의 VDS 전체에 대해 MTBF 및 고장률을 산정할 수 있게 되는 것이다.

여기서, 고장이 발생했을때, 장비를 교체해야 한다면, 장비 뿐만 아니라 모듈별로 평균적으로 소요되는 수량을 계산할 수 있는데, 장비 한 개의 평균고장률이 λ_{tot} 라 하였으므로 T시간 동안 장비의 고장은 $\lambda_{tot} T$ 가 될 것이다. 따라서 만약 T시간 동안 N개의 장비를 운영한다면 T시간동안 평균적으로 소요되는 수량은 장비의 교체시간이 무시할 정도로 작다는 가정하에 $N \lambda_{tot} T$ 가 될 것이다.9)

또한, 각 모듈별로 평균적으로 소요되는 수량은 각 모듈별로 차지하는 고장률의 비중에 따라 계산할 수 있을 것이며 그에 따라 효율적인 예비품 확보 방안을 마련할 수 있을것으로 생각된다. 다만, 여기서 소요되는 수량은 평균적인 값으로, 최적의 유지관리를 위해서는 최소한 평균 소요 수량 이상의 예비품을 보유해야 할 것으로 판단된다.

2. 적용사례 및 활용

현재 ITS현장장비를 설치·운영하는 국내의 각 센터의 경우, 각 구성모듈이나 각각의 장비별로 이력관리를 하고 있지 않기 때문에 앞에서 서술한 Pooled Process활용하기에 어려움이 있다. 다만 국내 센터의 경우, 비록 개별장비이력은 없지만 구성모듈의 고장을 총괄해서 정리하고 있는데 <표 2>와 같이 단순고장을 제외한, 입고수리와 같은 중정비를 요하는 경우만을 정리해 보았다.

<표 2> 국내 P센터의 2003년 1년간 ITS현장장비의 모듈별 고장 빈도

ITS현장장비	VDS	VMS	CCTV
감지부	240	690	480
제어기부	2650	930	670
전원부	570	490	180
통신부	830	430	220
총 고장수	4290	2540	1550
총 운영장비수	1943	327	523

<표 2>에서 보면 장비 전체의 고장수나 모듈별로 고장수는 알 수 있지만, 각각의 장비별로 고장이 정리되어 있지 않아 고장률이 지수분포를 따른다는 가정을 하더라도 장비의 정확한 MTBF산정과 고장률 산정에 어려움이 발생하게 된다.

현재 운영중인 ITS현장장비에 대해 정확한 고장률을 산정하기 위해서는 장비의 개별이력자료가 있어야 할것이다. 그러나, 본 연구에서 제시한 Pooled Process를 활용하면, 개별 장비의 이력자료가 없는 상태에서, <표 2>와 같은 총괄통계표만을 이용해서도 고장률을 산정할 수 있게 된다.

앞의 <표 2>와 같은 고장을 기록한 국내 P센터의 VMS를 살펴보기로 하자. VMS의 총 수는 327대이고, 각각의 VMS는 4개의 모듈로 구성되어 있음을 알 수 있다. 따라서, 각각의 모듈별 고장률은 <표 3>과 같다.

<표 3> ITS현장장비의 모듈별 MTBF

	모듈별 고장수	모듈 1개당 평균 고장수	모듈별 MTBF
감지부	690	2.11	$\frac{8640}{2.11} = 4094.8$
제어기부	930	2.84	$\frac{8640}{2.84} = 3042.3$
전원부	490	1.50	$\frac{8640}{1.50} = 5760$
통신부	430	1.31	$\frac{8640}{1.31} = 6595.4$
계	2540	7.76	$\frac{1}{\sum \frac{1}{MTBF_i}} = 1113$

각 모듈의 MTBF는 연간 총운영시간(8640시간)을 각 모듈당 고장수로 나눠주면, <표 3>과 같이 되고 이것의 역수를 취해주면, <표 4>와 같이 고장률을 계산할 수 있게 된다.

<표 3> ITS현장장비의 모듈별 고장률

	모듈별 고장수	모듈별 MTBF	모듈별 평균 고장률
감지부	690	4094.8	0.024
제어기부	930	3042.3	0.033
전원부	490	5760	0.017
통신부	430	6595.4	0.015
계	2540	1113	0.089

따라서, Pooled Process를 활용한 VMS의 고장률, $\lambda = \sum \lambda$ 라 모듈의 고장률이 되고 VMS의 고장률은 0.089가 된다. T기간동안 소요되는 연평균소요 수량은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{평균 소요 수량} &= N \times \lambda \times T \\ &= 327 \times 0.089 \times 1 = 29.1 \end{aligned}$$

즉, 1년에 약 30개의 VMS가 소요되는 것으로 나타난다.

이를 각 모듈별로 살펴보면 고장발생의 비중에 따라 계산하면, 감지부는 약 8개, 제어기부는 11개가, 전원부는 6개, 통신부는 5개가 필요하게 된다. 만약 고장발생시 교체가 장비단위로 이루어진다면 1년에 30개의 완전한 VDS가 필요하겠지만, 모듈별로 교체가 이루어진다면, 각 모듈별로 6개~11개만 보유하면 되므로, 비용절감과 교체로 인한 시간 절감등의 효과를 예상할 수 있을 것이다. 그러나 이와같이 산정된 소요수량은 평균수량이기 때문에 만약 예비품보유량을 설정한다면, 최소한 평균소요수량이상을 보유해야만 안정적으로 ITS현장장비를 운영할 수 있을것으로 판단된다.

예비품보유와 더불어 유지관리활동 중 중요한 요소인 최적 점검주기등에 대해서도 Pooled Process활용을 고려할 수 있지만 점검의 경우, 장비교체와 달리 경제적인 요소를 고려해야 하는 것으로 자료추가를 통해 별도의 추가연구를 수행할 예정이다.

5. 결론

국내 ITS시설의 확대는 필연적으로 운영과 장비의 유지관리를 중시하는 방향으로 변화하게 될 것이다. 현재 유지관리 수준은 사후대응과 초보적인 예방점검이다. 따라서 각종 장애 관련 이력자료를 분석하여 예방을 중시하는 한단계 높은 수준의 유지관리체계를 모색해야 할 것이다. 문제는 사후분석의 핵심인 이력자료의 관리가 개별부품이나 모듈별로 이루어지지 않고 있어서 소중한 정보가 소실되고 있다는 점이다.

그나마 총괄통계자료는 보관되고 있는바, 이를 분석하여 유지관리에 도움이 되는 정보를 가공하는 방안이 1차적으로 모색되어야 하며 2차적으로는 장비이력을 부품 및 모듈별로 관리하는 장비이력관리시스템을 신속히 구축하고 이력 유지관리 인원, 장비계획 및 예산과 연동시켜 활용하는 유지관리시스템으로 확대시켜야 할 것이다.

본 연구는 장비이력관리시스템이 구축되어도 상당기간 자료 누적이 이루어질 때 까지는 어려움이 상존하는 바, Stochastic Processes의 Pooled Process를 기존 총괄통계자료에 적용하여 MTBF를 산정하는 방안을 제시하였다. 본 연구는 ITS장비의 MTBF산정을 위해 국내외에서 처음으로 시도된 연구로 추후 자료확대를 통해 연구가 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

1. FHWA, "Guidelines for Transportation Management System Maintenance Concept and Plans", 202년
2. 이상용, "신뢰성 공학", 형설 출판사, 1999년
3. Frank P. LEes, "Loss Prevention in the Process Industry", 2001년
4. 함효준, "설비관리", 동현출판사, 2000년
5. 권오운, 이홍철, "설비예방보전을 위한 TBM의 최적보전주기 설정모델 연구", 2003년
6. 김종철, "LCC개념 도입을 통한 시설물 유지관리 개선방안에 관한 연구", 석사학위논문, 인하대학교, 2003
7. 양승이, "시스템 신뢰성에 기초한 교량의 최적 유지관리 계획", 한국강구조학회 논문집, 2002년
8. ERICSSON, Design Note 002, 2000년
9. I. Gertsbakh, "Reliability Theory with Applications to Preventive Maintenance", Springer, 2000년