

整備維持用部品 豫備量決定技法

趙 央 盛 譯

1. 序 論

整備 및 이에 대한 支援問題들이 장비운용상의 可用度を 심각하게 제한할 수 있다. 整備方法, 整備要員の 訓練, 豫備 部分品方針 및 補給量規定, 試驗 및 整備裝備의 선택——이 모두가 “綜合軍需支援”이라는 비교적 최근의 裝備支援概念 속에 있는 必須要素들이다.

우리가 이 새로운 裝備支援概念을 적용하는限 그 종합군수지원의 核心支援機能인 整備用豫備部分品の 지원소요량 결정절차에 관해 고찰해 보는 것은 현실적으로 중요하다.

美軍은 이전까지 裝備維持用 部分品豫備量을 既使用部分品の 任意常數百分率基準으로, 즉 10%乃至 20%로 정하여 왔는데 이 절차하에서는 일부 部分品の 數는 부족한 결과로 나타났었고 또 일부 部分品の 수는 不經濟인 過剩結果로 나타났었다.

이 考察은 裝備維持用 部分品豫備量을 정함에 있어 이러한 불합리성과 非經濟性을 배제하는 한편 더 나아가서는 장비의 壽命週期原價를 최소로 하고 運用上裝備의 가용도를 높이기 위한 보다 科學인 절차에 중점을 두고있다.

2. 綜合軍需支援概念

綜合軍需支援이란 어떠한 것인가?

綜合軍需支援이란 體系/裝備의 계획된 壽命週期동안 모든 정비단위에서 體系/裝備의 효과적 經濟인 지원을 받는데 필요한 諸要素의 合成이다. 방대한 官調達契約上에 전면적인 綜合軍需

支援計劃을 주로 사용하여 왔는限 綜合軍需支援은 商工業界에도 중요한 적용을 한다.

지난 20年동안 美國防省은 복잡하고 정교한 電子 및 武器體系에 관련된 軍需 및 지원문제들에 體系管理技法을 적용시키는데 적극 몰두해 왔다.

最初의 노력은 드디어 1964年 6월에 “體系 및 裝備를 위한 綜合軍需支援의 개발” 國防省訓令 4100.35의 發令으로 이끌었다. 이 文書에 기술되어 있는바와 같이 軍需支援要素에는 장비를 유지 및 운용하는데 필요한 資源을 모두 포함한다. 이 資源에는 다음과 같은 主要要素들을 포함시킨다.

- (1) 整備(Maintenance)
- (2) 人員(Personnel)
- (3) 軍需情報 및 諸元(Logistic Information and Data)
- (4) 豫備品 및 修理部分品(Spares and Repair Parts)
- (5) 施設(Facilities)

綜合軍需支援에 관해 잘알려져 있는 美海軍의 公式화된 두가지 文書가 1969년에 發刊되었다.

- 綜合軍需支援所要 OR-30
- 軍事規格書 MIL-M-24365

附隨되는 資料도 이들 刊行物에 基礎되어 있다.

綜合軍需支援은 장비의 壽命週期全體에 걸쳐 체계의 支援所要 및 이에 대한 관리와 관계가 있다. 이 壽命週期에는 개념, 설계, 제작, 시험, 운용 및 最終處理를 포함한다.

裝備設計의 개념형성단계의 初期에 하는 결정은 軍需支援可能性을 고려하는 것이 무엇보다도

중요하다. 여러 官裝備契約上에서 장려되는 바와같이 종합군수지원은 管理, 設計技術, 信賴性, 維持可能性 및 其他關聯機能에 있어서의 상호보완성을 필요로 한다.

綜合軍需支援의 요소들은 航空業, 輸送業, 通信業 및 광범하게 분배되는 消費者 製品과 같은 여러 非政府機關에도 동등하게 適用價値가 있을 수 있다. 綜合軍需支援計劃의 필수적인 목표는 다음과 같다.

- (1) 効果的 經濟的인 軍需支援을 保障하는데 필요한 管理努力을 조직하라.
- (2) 綜合軍需支援計劃案에다 管理組織, 訓練 및 통제사항을 기술하라.
- (3) 設計를 지원하는데 필요한 軍需資源所를 單純化 및 標準化하도록 技術變更을 포함하여 機器類의 설계결정에 영향을 주라.
- (4) 設計技術, 諸元管理, 標準化 및 其他關係되는 機能사이에 적당한 相互補完性을 확인하라.
- (5) 全體軍需支援計劃의 效果를 확인하라.

3. 壽命週期の 原價(LCC)

壽命週期の 原價란 장비의 壽命週期全體에 걸쳐 裝備/體系의 購費者에게 초래되는 獲得 및 所有者의 總원가를 말한다. 새로 개발되는 裝備에는 다음과 같은 수명주기원가를 포함한다.

- (1) 研究 및 開發原價
- (2) 生産原價
- (3) 體系의 運用原價
- (4) 故障構成品의 補充原價
- (5) 壽命終末의 處理原價

故障構成品이나 결함체의 補充原價에 관해 이루어져야 할 主決定의 하나는 그 구성품이나 結合體를 수리하는지(그리고 어떤 水準에서) 또는 폐기하고 補充하는지이다. 다시 말하면 各構成品이나 結合體마다 修理水準이 識別되지 않으면 아니된다. 修理水準決定에 포함시킬 몇가지의 原價要素는 다음과 같다.

- (1) 使用하는 位置數와 地理的인 分布
- (2) 補充部分品
 - (가) 調弁

《國防과 技術 1981. 7》

- (나) 貯藏
- (다) 輸送
- (라) 取扱
- (3) 修理施設
- (4) 工具 및 試驗裝備
- (5) 勞務
- (6) 記錄 및 行政

壽命週期原價의 한기능으로서 修理水準決定을 완벽하게 하기위해 電算化된 技法을 빈번하게 사용한다. 또한 壽命週期の 原價計算은 잠재력 있는 供給者들이 제시한 入札價格을 평가하는데 있어서처럼 製作對購買決定에 적용했을 때에도 利點이 있다.

어떤 裝備는 저렴한 獲得原價가 들지 모르지만 최초로 더 비싼型 보다는 運用維持하는데 훨씬 더 비싸게 치일것이다. 반대로 장비의 信賴性 및 維持可能性을 증대시켜 維持原價를 감소시키는 경향이 있으나 그것은 最初購買의 高價에다 相殺시킨것 보다는 한층 高價인지 모른다.

순수한 원가를 구할 수 있는 길은 原價要素들을 전부 포함한 壽命週期原價相殺效果分析에 의하는것 밖에는 없다.

4. 整備技術分析(MEA)

整備技術分析은 綜合軍需支援計劃의 필수적인 부분이다. 이 整備技術分析은 정비분야에 專門經驗을 가진 技師가 가장 효율적인 是正 및 豫防整備節次를 制定하기 위해 또 장비의 最終使用을 지원하는데 필요한 軍需資源을 식별하기 위해 장비의 設計案이나 實設計를 정밀하게 조사하는 한 過程이다. 때때로 이 整備技術分析에서의 피드백은 建設的으로 그 설계의 維持可能性과 性能試驗特徵에 영향을 준다.

整備技術分析諸元을 入力資料로 사용하는 部隊에는 예비품의 補給量規定과 技術教範을 포함한다. 이 整備技術分析은 필요한 是正 및 豫防整備作業들을 기술하며 各정비작업을 지원하는데 필요한 豫備品, 工具, 人員 및 施設을 식별한다.

일반적으로 整備技術分析은 是正 및 豫防整備를 필요로하는 各機能體系, 裝備, Unit, Assem·

bly, 및 Subassembly에 수행되며 아래와 같은 광범한 整備水準에서 수행된다.

(1) 主要體系

(2) 下位體系

(3) Unit나 Assembly의 複雜性이나 本質로 보아 그들을 次上級 整備技術分析에다 포함시키느니 차라리 軍需資源의 別途識別을 해야할 경우의 修理可能한 Unit와 assembly

特別한 고려를 해야할 品目

(1) 빈번한 정비를 필요로 하는 信賴性特性을 갖는 品目(故障高率品目)

(2) 特別取扱, 最初調整 또는 週期的 點檢을 필요로하는 品目

(3) 高價品目

(4) 高度用品品目

(5) 主要하게 다른 適應과 환경을 갖는 同一品目

整備技術分析은 수리수준분석과 함께 직접 相互作用한다. 최초의 정비기술분석은 計劃初期에 이루어지는 基準線修理水準決定을 나타내면서도 그것은 차례차례 非實用的 非經濟的인 지원소요를 눈에 띄게함으로써 그 수리수준개념의 更新을 일으킬 수 있다. 各整備所要(作業)는 그 정비기술 분석에서 독특하게 식별된다. 整備所要의 類型과 적응성은 다음과 같다.

◇ 檢査(Inspection)

檢査는 그 根本意圖가 필요한 조건이 존재하는지의 여부를 결정할 경우에 적용한다. 그 檢査가 무엇을 立證할 것인지를 완전히 記述하도록 所要(作業)明細書를 상세히 기입하여야 한다.

◇ 整備(Servicing)

整備는 그 根本意圖가 消耗性 즉, 燃料, 기름, 空氣, 液體酸素등의 보충인 경우에 적용한다 또한 정비는 消耗性品目이 고갈되어 충전시키거나 일정한 간격으로 보충시켜야 할 경우에 또는 예를 들면, 船舶이 特定任務를 수행하기 위해 준비해야 할 경우에도 적용할 수 있다.

정비는 Hydraulic Line의 交換으로 생기는 Hydraulic System의 整備와 같은 다른 整備所要의 결과나 일부인 경우에는 적용할 수 없다.

◇ 注油(Lubrication)

注油는 그 根本意圖가 예정된 기준으로 어떤

한 도안에 의거해서 潤滑油를 充入시킬 경우에 적용한다. 注油는 다른 整備所要의 일부이거나 결과인 경우, 즉 Hinge Pin의 設置前에 Hinge Pin에 注油하거나 Wheel 交換中에 Wheel Bearing을 재차 裝設 경우에는 적용할 수 없다.

◇ 脫去(Remove)

脫去는 정해진 脫去인 경우에 적용한다. 整備를 쉽게하기 위해 脫去하는 것이 필요한 경우 또는 결함이 內包되어 있지않은 여하한 다른 理由로 脫去는 적용할 수 없다.

◇ 設置(Install)

設置所要는 各 脫去所要에 결부되도록 설치된다.

◇ 調整, 口徑測定, 整列, 臙裝등등(Adjust, Calibrate, Align, Rig, Etc.)

調整, 口徑測定, 整列, 臙裝등은 이런 조치들이 그 根本意圖나 목적을 나타낼 경우 또는 이들 조치에 대한 확인으로 根本意圖나 목적이 되는 경우에 적용한다.

◇ 機能試驗(Functional Test)

機能試驗은 그 根本意圖가 該當體系(Systems), 下位體系(Subsystems), 結合體(Assemblies) 또는 모듈(Modules)의 작동을 확인하여야할 경우에 적용한다. 結合體 또는 모듈水準에서의 機能試驗에는 수리 또는 정비수준의 必要與否를 확인하거나 修理完了後 사용가능성 여부를 결정하기 위한 Bench Check를 포함한다.

◇ 保存, 保存解除(Preserve or Depreserve)

保存 또는 保存解除는 그 根本意圖가 보존 또는 保存解除를 적용하여야할 경우에 적용한다.

◇ 修理(Repair)

修理所要는 작기능의 狀態不良徵候 때문에 존재할 것이다. 그 根本意圖나 목적이 整備技術分析品目を 사용가능한 상태로 轉換시켜야 할 경우에 수리가 적용된다. “修理”라는 낱말이 뜻하는 作業의 종류나 類型은 그것이 結合體의 整備技術分析에 있어서와 體系(Systems)의 整備技術分析에 있어서는 차이가 있다. 그 근본차이는 體系修理에서는 通常 한 결함을 1個品目으로 分離, 그 品目を 교환 및 修理檢査를 포함하며 結合體의 수리에서는 보통 한결함을 交換可能한 모듈(Module) 또는 部分品(Parts)으로 分

離, 후자를 교환 또는 수리, 그 다음으로 修理 檢査를 포함한다.

◇ 故障分離

故障分離는 그 根本意圖가 故障徵候를 原因했던 특정품목을 識別해야 할 경우에 적용한다. 이 故障分離의 절차는 建造中인 시험장비의 作動, 自體點檢 및 特殊支援裝備의 試驗器를 포함할 수도 있다.

◇ 取扱(Handling)

取扱은 지원장비의 위치결정, 繫留 또는 結縛, 隱蔽物設置, 新位置에로의 이동, 또는 오염 제거 및 特別取扱裝備가 필요한 경우에 적용한다.

◇ 닦기(Cleaning)

닦기는 洗滌, 酸性浴, 연한가죽으로 닦기, 砂吹滌, 그릭이스除去 등으로 부식을 통제할 필요가 있는 경우에 적용한다. 修理中에 수행되는 닦기는 修理所要로 간주한다.

整備作業을 수행할 필요와 그 作業間의 시간 간격은 특수한 品目の 고장 및 耐用特性과 관련시켜 생각하여야 한다. 또한 이 評價는 장비의 運用中故障의 결과, 檢査實施容易性 및 정비활동의 경제성도 고려하여야 한다.

整備技術分析記錄(Maintenance Engineering Analysis Record)은 整備技術分析이 실시되어 文書化된 作業表모양의 것이다. 整備技術分析記錄은 총예비량, 시설 및 人力所要를 분석하며 技術敎範을 작성하는 各種部隊에 入力資料로 충족시킨다. 各整備作業마다 그 整備技術分析記錄에 제공되는 量的 Data에는 作業頻度(是正整備作業의 경우에 신뢰도에측에서 推定되는), 경과된 下位作業(Subtask) 및 作業回數, 필요한 整備工具數, 예비품의 型과 수량, 시험장비, 工具 및 備品들을 포함한다. 作業表見本과 더불어 整備技術分析과 整備技術分析記錄에 관한 더 상세한 내용은 MIL-M-24365A를 참조하라.

5. 支援所要決定技法

(가) 一般的 支援分野

아래에 記述되는 支援範疇들은 처음에는 整備技術分析記錄에서 한 작업식 식별된다. 그 다음에는 各種數學的 방법을 사용하여 總(全體系的)

《國防과 技術 1981. 7》

所要가 나타나게 된다.

(1) 工具 및 試驗裝備: 최대한도의 標準化가 추구되어야 한다.

(2) 人員: 필요한 技術水準을 規定하여야 하며 訓練計劃을 발전시켜야 한다.

(3) 整備資源: 需要率과 수리회수의 函數로서 수리시설의 適正配置를 결정하는데 待機理論(Queueing Theory)을 사용할 수 있다.

(4) 固定施設: 輸送時間과 비용을 최소화하기 위해 線形計劃(Linear Programming)과 같은 數學的인 技法으로 修理工場과 창고의 適正位置를 정한다.

(5) 豫備部分品: 배치된 豫備品의 수량은 裝備의 故障率, 요망되는 豫備品保護水準(필요한 경우 豫備品 1個를 可用할 수 있게 하는 確率) 및 豫備品原價에 左右된다. 이 예비량 결정문제는 장비신뢰도의 의존관계 및 (나)의 (4)에서 토의되는 예비량 모델과의 유사성 때문에 다음 項에서 더욱 상세하게 다룰 것이다.

(나) 豫備部分品の 補給量決定

(1) 一般的 考慮事項

裝備를 요구되는 運用시간 t 全體에 걸쳐 運用할 수 있도록 整備된 상태로 유지하기 위하여 交換 가능한 Parts, Units, Modules 및 Assemblies에 대한 충분한 數의 예비품들이 補給되지 않으면 아니된다. 豫備部分品の 보급량결정은 절대 필요한 綜合軍需支援의 支援機能이다. 그것은 軍需業務上 실행할 수 있는 경제적인 豫備量方針을 정하는 것과 관계된다. 이 方針의 수립에 포함시킬 諸要素는 다음과 같다.

① 故障率(λ)로 나타난 豫備로될 Unit의 信賴度

② 使用되는 Unit數

③ 運用時間 t 中에 필요한 경우 豫備品 1個가 可用할 수 있을 요구되는 確率

④ 適用의 緊要性

⑤ Unit의 物理的 地理的 位置

⑥ 貯藏, 積送 및 取扱考慮

⑦ 原價考慮

運用時間 t 란 豫備在庫品 補充間의 稼動時間이 다. 全體任務遂行에 필요한 豫備品들이 그 임무

출발점에서 모두 補給되어 있을 경우 t 는 다만稼動하는 時間일 뿐이다. 이전에는 豫備品の 수량을 既使用部品の 任意常數百分率基準으로 정했었다. 即 10%乃至 20%로 나타낸다. 이것은 빈번하게 한가지 類型의 豫備品の 數는 不足한 結果로 나타났었으며 다른 類型의 豫備品の 數는 不經濟인 過剩結果로 나타났었다. 이 方法으로는 豫備品の 最適量을 판단하기가 곤란하였었다.

오늘날의 복잡한 武器體系와 제품들은 壽命週期의 原價를 최소화하며 運用上의 裝備可用度를 높이기 위한 보다 科學인 豫備品補給量決定節次에 의존한다.

이 절차는 종종 복잡한 變數를 分析 및 완벽하게 하기위해 數學的인 모델과 컴퓨터프로그램을 사용함으로써 수행된다.

(2) 必要한 경우 豫備品 1個가 可用할 수 있을 確率(豫備品保護水準)

앞에 記述한 요소 가운데 豫備品方針의 公式化에서 高찰되는 時間 t 中에 필요한 경우 豫備品 1個가 可用할 수 있는 確율은 더욱 具體的으로 高찰될 것이다. 다 아는 바와같이 이 確率決定에는 또다른 요소인 豫備 Unit의 信賴度도 포함시켜야 한다.

만일 우리가 장비의 有用한 壽命期間에 適用할 수 있는 指數分布(常數故障率)에 따라 故障가 발생한다고 가정한다면 우리의 豫備量問題도 당연히 다음과 같이 假定할 수도 있다.

우리가 裝備 1臺에서 작동하는 일정한 信賴度가 있는 單一 Unit를 가지고 있어 豫備品 1個를 보급한다고 가정하면 運用時間 t 中에 필요한 경우 豫備品 1個를 可用할 수 있게할 確율은 얼마인가? 물론 故障는 故障發生時에 고치는 것으로 간주된다.

既補給된 單一豫備品으로는 必要한 경우 그 可用度의 明確한 保障을 하지 못한다. 최초로 작동하는 Unit에 故障날 수도 있다. 이 故障는 豫備品の 사용을 불가피하게 할것이다.

그러나 그것 역시 요구되는 運用時間 t 가 끝나기 전에 故障가 날수 있다. 이것은 결코 필요할때 可用할 수 있는 豫備品이 하나도 없는 狀況을 만들것이다. 故障가 일정치 않게 發生

할때 나타내는 이런 狀況에 있어서의 固有한 기회가 있다.

豫備品들이 必要한 경우 可用할 수 있는 確율을 精算에 있어서 우리는 먼저 그 豫備品들이 사용되기에 앞서 100%信賴度를 가지고 있다고 假定하여야 할것이다.

(3) 豫備品 1個로 지원되는 單一 Unit의 分析 이제부터 豫備量問題를 數字로 나타내게 고찰하자.

예를들면 :

基本部品の 信賴度: $p=0.705$ 로 假定하자

豫期되는 故障數: λt 로 나타낼 경우

$$p=0.705=e^{-\lambda t}$$

表 5에서 $p=0.705$ 에 대해 $\lambda t=0.35$ 의 値를 精하다. 조금 생각해 보면 非稼動豫備品 1個로 지원되는 稼動部分品 1個의 경우는 다음 項에서 托의되는 併行式 豫備量待機體系의 경우와 類似한 것임을 곧 알게되어 있다. 주어진 時間 t 中에 두개 部分品中 적어도 1個가 可用할 確率은

$$\text{方程式 } p=e^{-\lambda t}+\lambda t \cdot e^{-\lambda t} \text{로써 나타낸다.}$$

$\lambda t=0.35$ 를 確率方程式에 代置시키면 豫備品 1個를 가져야할 確율인 p_{pp} 는

$$\begin{aligned} p_{pp} &= e^{-0.35} + 0.35 \times e^{-0.35} \\ &= 0.705 + 0.35 \times 0.705 \\ &= 0.951 \text{이 된다.} \end{aligned}$$

部分品信賴度の 상이치는 λt 의 相異值를 나타낸다. 그러므로 위 方程式에 代치시켰을때 상이한 確率值로 나타날 것이다.

表 1은 部分品信賴度 p_p 의 範圍에 대해 必要한 경우 豫備品 1個를 가져야할 確율을 計算한 數值를 表로 나타낸다.

<표 1> 시간 t 중에 必要한 경우 예비품 1개를 가져야 할 確율(예비품 1개가 보급)

시간 t 중의 p_p 부품 신뢰도	고장에기수	시간 t 중에 必要한 경우 예비품 1개를 가져야 할 確율 p_{pp}
0.95	0.051	0.9985
0.90	0.105	0.9945
0.85	0.163	0.9879
0.80	0.223	0.9780
0.75	0.228	0.9656
0.70	0.357	0.9500
0.60	0.511	0.9070

이들 각경우에 稼動部分品 1個는 時間 t 中 어 느때고 고장난 稼動部分品 1個에 대신할 준비가 된 豫備品 1個로 지원된다고 推定돼 있다.

(4) 併行式豫備量待機體系

이 待機體系配置에서는 1個이상의 下位體系가 그 基本 Unit에 故障時 작동을 맡기위해 대기 하고 있다. 이 待機 Unit들은 故障感知裝置(器)로 基本 Unit의 고장을 감지하여 그 待機 Unit에 손을대고 連結시킬 때까지 작동하지 못한다. 待機 Unit들은 基本 Unit에 고장이 發生하지 않는 限 작동하지않고 있다는 사실때문에 이러한 배치경우는 체계의 信賴度가 계속적으로 작동하는 Unit와 比較되는 체계보다 더 높다.

포이쑈分布의 項은 포이쑈法의 일정한 λt 特性을 나타내기 때문에 待機體系의 信賴度를 정하는데 사용될 수도 있다.

表 2는 $e^{-\lambda t}$ 인 것이 故障한번도 없는 확률로 表示됐다. 故障한번의 확률은 $\lambda t \cdot e^{-\lambda t}$ 로 나타낸다. 故障두번의 확률은 $(\lambda t)^2 / 2 \cdot e^{-\lambda t}$ 등등으로 나타낸다. 이들 項式으로 各種待機體系配置의 信賴도를 나타내도록 整理할 수 있다.

稼動 Unit 1個와 待機 Unit 1個가 함께 구성되는 배치에는 故障이 한번도 없거나 고장이 한번 發生할 확률로 나타난다(Unit 1個는 손대지 않은채 두는것).

λt 는 故障豫期數일 경우

p (대기 Unit 1개가 있는) = $e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t}$ (1)
 稼動 unit 1個와 待機 unit 2個가 함께 구성되어 있는 배치경우 故障이 한번도 없거나 故障이 한번 또는 두번 發生할 확률은(적어도 Unit 1個는 손을 대지않은채 됨).

$$p(\text{대기 Unit 2개가 있는}) = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t} + \frac{(\lambda t)^2}{2} e^{-\lambda t} \text{로 나타낸다. (2)}$$

待機 Unit를 追加할 경우에는 表 2에 의한 포이쑈의 追加項을 더한다. 例를 들면 稼種 Unit 1個와 待機 Unit 4個에 대한 確率은

$$p(\text{대기 Unit 4개 있는}) = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t} + \frac{(\lambda t)^2}{2} e^{-\lambda t} + \frac{(\lambda t)^3}{6} e^{-\lambda t} + \frac{(\lambda t)^4}{24} e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-\lambda t} \left(1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2} + \frac{(\lambda t)^3}{6} + \frac{(\lambda t)^4}{24} \right)$$

로 나타낸다.

〈표 2〉 포이쑈 항(Poission Terms)

포이쑈 항	사건발생 ○ 회확률
e^{-a}	" 1 "
$a e^{-a}$	" 2 "
$\frac{a^2}{2} e^{-a}$	" 3 "
$\frac{a^3}{6} e^{-a}$	" 4 "
$\frac{a^4}{24} e^{-a}$	" 5 "
$\frac{a^5}{120} e^{-a}$	" "
\vdots	\vdots
$\frac{a^k}{k!} e^{-a}$	" k "

例題 1: 100時間동안 운용하는 稼動 Unit 1個와 동일한 待機 Unit 1個로 구성되는 待機體系의 확률을 구하라 각. Unit마다 故障率은 $\lambda = 0.001$ /고장/시간이다. 故障感知器와 연결스워치는 100% 信賴度를 가지고 있다고 假定하라.

解答;

$$p(\text{대기 Unit 1개 있는}) = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-\lambda t} (1 + \lambda t)$$

$$\lambda t = 0.001 \times 100 = 0.1$$

$$p = e^{-0.1} (1 + 0.10)$$

$$= 1.10 e^{-0.1}$$

表 5에서

$$e^{-0.10} = 0.90484$$

$$p = 1.10 \times 0.90484 = 0.99532$$

例題 2: 併行式豫備量을 가정하는 外 待機로 하는 대신에 任務全體를 통해 가동할 第 2 Unit를 가지고 例題 1을 引用하라. 그리고 두가지 計劃의 信賴도를 比較하라.

解答:

$$p(\text{병행예비량}) = 1 - Q^n$$

$$Q = 1 - p$$

$$= 1 - 0.90484 = 0.09516$$

$$p(\text{병행예비량}) = 1 - (0.09516)^2$$

$$= 1 - (0.009055)$$

$$= 0.99094$$

豫期했던 바와같이 待機體系의 信賴도는 併行式 豫備量體系의 信賴도(0.99094)보다 더 높다(0.99532)는 것을 알았다.

(가) 待機體系의 MTBF(故障間의 平均時間) (MTBF=Mean Time Between Failure)

基本 Unit와 待機 Unit 1個로 구성되는 體系의 MTBF는

$$MTBF = \frac{2}{\lambda} \text{이다. (3)}$$

基本 Unit와 待機 Unit 2個로 구성되는 體系의 MTBF는

$$MTBF = \frac{3}{\lambda} \text{이다. (4)}$$

$n-1$ Unit가 待機中인 경우 그 基本 Unit가 故障나면 작동을 인수토록 준비하라. 그 體系의 MTBF는

$$MTBF = \frac{n}{\lambda} \text{이다. (5)}$$

例題 3 : 電子장치 1個의 故障率은 $\lambda=21$ 고장/10⁶시간이다. 그 체계에 待機 Unit 2個가 추가된다. 그 체계의 MTBF는 얼마인가?

$$\text{解答 : } MTBF = \frac{3}{\lambda}$$

故障率은 時間當 고장으로 바뀐다.

$$21 \text{ 고장} / 10^6 \text{ 시간} = 21 \times 10^{-6} \text{ 고장} / \text{시간}$$

$$MTBF = \frac{3}{21 \times 10^{-6}} \\ = \frac{3 \times 10^6}{21}$$

$$= 143,000 \text{ 시간}$$

(나) 故障感知器와 스위치의 信賴度

故障感知器와 스위치엘레멘트는 100% 信賴度를 가지고 있다고 假定할 수 없을경우 다음 方程式을 적용한다.

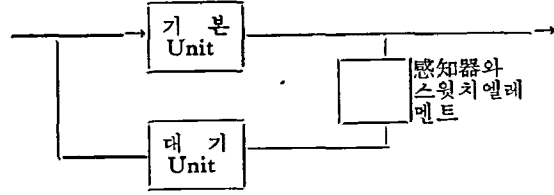
$$p = e^{-\lambda t} + p_{\text{스위치}} \times (\lambda t) e^{-\lambda t} \text{ 또는}$$

$$p = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t p_{\text{스위치}}) \text{(6)}$$

위 關係는 다음 조건에 기초해 있다.

- ① 基本 Unit와 待機 Unit의 對等한 故障率
- ② 感知 Unit의 故障는 基本Unit에 영향을 주지 못한다.
- ③ 스위치의 信賴度는 基本 Unit의 故障時 單一스위치의 잘된 작동의 確率을 인용한다.

例題4 : 電子裝置 1個는 500고장/10⁶시간의 故障率을 나타낸다. 基本裝置의 信賴度를 높이기 위해 동인한 待機 Unit 1個가 사용된다. 주어진 運用시간은 1000시간이다. 故障感知器와 스위치엘레멘트의 信賴度는 $p_{\text{FSS}}=0.97$ 이다. 그 體系의 개요에 대해서는 그림 1을 참조하라 그 체계의 확율은 얼마인가?



<그림 1> 感知器와 스위치 엘레멘트를 사용하는 待機豫備量

解答 : $500 \times 10^{-6} = \text{고장} / \text{시간}$ 이면

故障豫期數는

$$\lambda t = 500 \times 10^{-6} \times 1000 \text{이다}$$

$$\text{故로 } \lambda t = 0.5$$

方程式(6)을 使用하면

$$p = e^{-0.5} [1 + 0.5(0.97)] \text{를 구한다.}$$

表 5에서

$$e^{-0.5} = 0.60653$$

$$p = 0.60653((1 + 0.485))$$

$$= 0.60653 \times 1.485$$

$$= 0.90069$$

故障感知器와 스위치엘레멘트는 100% 信賴할 수 있었으므로 方程式(1)에 의한 그 체계의 信賴度는

$$p = 0.60653 + 0.5(0.60653) = 0.90979 \text{가 되었을 것이다.}$$

(5) 그 自體의 독특한 豫備品으로 各各支援되는 多數獨特한 Unit의 分析

지금까지의 고찰은 單一豫備品으로 지원되는 稼動 Unit 1個의 아주 단순한 경우에 限定시켜 왔다. 이제부터 各相異한 交換可能 Module 4個를 携帶하는 積은 組立板(Chassis)1個의 경우를 고찰하자. 例를들면 이 Module들은 모두 그 自體의 틀에 넣어만든 꾸러미속에 各各 들어있는 帶域濾波器回路(Bandpass Filter Circuits)가 될 수 있다. 이 Module間的 차이는 약간씩 차이나는 波長調整蓄電器(Tuning Capacitor)의 價値만을 포함하는 中波周波數의 약간 차이이다. Module 4個의 設計는 동일함으로 그들의 信賴度도 같다.

그러나 Module는 그들의 豫備品과 동시에 相互交換할 수는 없다. 各 Unit는 各豫備品에 의해서서만 교환할 수 있다. 各 Module의 信賴度가 0.8이라고 가정하면 運用時間 t 全體에 걸쳐 필요한 경우 豫備品 1個를 가져야할 확율은 얼마인가? 이 全體確率에는 1번 Unit가 필요한 경

우 그 豫備品을 가용할 수 있게하는 확률과 2번 Unit가 필요한 경우 그 豫備品을 가용할 수 있게 하는 確率등등을 포함시킨다. 1번 Unit의 고장이 어떤 다른 故障과는 관계가 없기 때문에 독립된 경우의 確率表示法을 사용할 수도 있다.

$$p = p_1 \times p_2 \times p_3 \times \dots$$

따라서 表 1에서 $p_p = 0.80$ 에 대해 $p_{sp} = 0.978$ 을 정한다. 그 結果 필요한 경우 Module 4個中の 어느것에도 運用時間t中에 豫備品 1個를 가져야할 確率은

$$p = p_{sp1} \times p_{sp2} \times p_{sp3} \times p_{sp4}$$

$$p_{sp1} = p_{sp2} = p_{sp3} = p_{sp4} = 0.9780$$

故로 $p = (0.9780)^4 = 0.91486 (91.49\%)$ 이 된다.

그러므로 各 Module의 信賴度가 0.8일때 運用時間 t中에 필요한 경우 그 Module 4個 가운데 어느것에도 豫備品 1個를 代替할 수 있는 91.49%의 기회가 있다.

若干 더 복잡한 것은 그 자체의 豫備品을 갖는 Unit와 함께 2개 이상의 상이한 Unit 群을 (Groups of Units) 포함하는 문제이다. 이 Unit들은 獨特하다. 즉 이 Unit들은 그 自體의 群內에서 또는 다른 群內의 Unit가운데 어떤 것과도 相互交換할 수 없다. 그러나 各群內의 Unit들은 동일한 信賴度를 가지고 있다. 한例題로 이 경우를 說明한다.

例題 5: 獨特한 Module 3個는 0.6씩의 信賴度를 가지고 있고 獨特한 部分品 4個는 0.8씩의 信賴度를 가지고 있다. 이 7個品目들은 그 自體의 獨特한 豫備品으로 지원된다. 運用時間t中에 필요한 경우 이 7個品目 가운데 어느 品目도 豫備品 1個를 가져야할 確率은 얼마인가?

解答:

Module:

$$p_p = 0.6$$

表 1에서 p_{sp} 는 0.9070이다

$$p = (p_{sp})^3 = (0.907)^3 = 0.7461$$

部分品:

$$p_p = 0.8$$

表 1에서 p_{sp} 는 0.9780이다.

$$p = (p_{sp})^4 = (0.9780)^4 = 0.9149$$

$$p = p_{modules} \times p_{parts} = 0.7461 \times 0.9149 = 0.6826$$

表 3은 獨特한 部品 1個부터 100個까지의 範圍에 대해 運用時間t中에 필요한 경우 豫備品 1個를 가져야할 確率을 나타낸다. 各部分品은 상응하는 豫備品 1個로 지원된다. 相互交換할 수 있는 部分品은 하나도 없고 그 豫備品도 하나없다. 表 3의 사용요령은 아래의 두가지 例題에서 說明되어 있다.

例題 6: $p_p = 0.85$ 의 信賴度를 各各 가지고 있는 獨特한 部分品 9個가 豫備品 1個씩을 支援받는다. 運用時間t中에 필요한 경우 豫備品 1個를 가져야할 確率은 얼마인가?

解答: 表 3에서 獨特한 部分品 9個行과 個別部分品 信賴度欄 0.85의 交叉點은 0.8962의 確率을 나타낸다.

例題 7: 獨特한 部分品 5個가 그 相應하는 豫備品 1個씩을 支援받을때 運用時間 t中에 必要한 경우 豫備品 1個를 가져야할 最少限度 94%의 確率을 보장할 部分品の 信賴度는 얼마인가? 相互交換할 수 있는 部品은 하나도 없고 그 豫備品도 하나없다.

解答: 獨特한 部品 5個行을 왼쪽에서 오른쪽으로 훑어보면 標題欄 0.85 밑에 0.9409의 確率 이 나타난다. 故로 個別部品の 信賴度는 85%가 되어야 한다.

(6) 相互交換可能豫備品 1個 이상으로 지원되는 相互交換可能單一 또는 多數 Unit의 分析

지금까지 獨特한 基本 Unit와 그 基本 Unit의 獨特한 豫備品을 포함하는 경우의 豫備品補給量 決定過程을 토의해 왔다. 또 상응하는 獨特한 豫備品으로 지원되는 獨特한 基本 Unit의 群에도 이들 高찰을 확대시켜 왔다. 한 群內에 있는 모든 Unit에 있어서의 共通因子는 Unit들이 같은 確率을 가지고 있다는 것을 假定받았다는 사실의는 없었다. 이제부터 基本 Unit마다 그 豫備品の 數를 늘려보자. 우선 Unit 3個가운데 어느것도 基本 Unit 두개위치中の 한개 位置에 사용할 수 있도록 單一基本 Unit에 第2 豫備品 1個를 추가한다. 필요한 경우 豫備品 1個를 가용할 수 있게할 確率을 計算하면 단지 確率方程式에다 포이손展開法의 追加項 1個를 더한다(포이손項에 대해서는 表 1을 참조하라). 편의상 아래

〈표 3〉

시간 t중에 필요한 경우 예비품 1개를 가져야할 확률

독특한 부품수	개별 부품품 신뢰도						
	0.60	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
1	0.9070	0.9500	0.9656	0.9780	0.9879	0.9945	0.9985
2	0.8226	0.9025	0.9324	0.9565	0.9759	0.9890	0.9970
3	0.7461	0.4857	0.9003	0.9354	0.9641	0.9836	0.9955
4	0.6768	0.8145	0.8693	0.9149	0.9525	0.9782	0.9940
5	0.6138	0.7738	0.8394	0.8947	0.9409	0.9728	0.9925
6	0.5567	0.7351	0.8106	0.8751	0.9296	0.9675	0.9910
7	0.5050	0.6983	0.7827	0.8558	0.9183	0.9621	0.9895
8	0.4580	0.6634	0.7557	0.8370	0.9072	0.9568	0.9880
9	0.4154	0.6302	0.7298	0.8186	0.8962	0.9516	0.9866
10	0.3768	0.5987	0.7046	0.8006	0.8854	0.9463	0.9851
25	0.0871	0.2774	0.4168	0.5734	0.7376	0.8712	0.9632
50	0.0076	0.0769	0.1737	0.3288	0.5440	0.7590	0.9277
100	0.0001	0.0059	0.0300	0.1081	0.2960	0.5761	0.8606

주기 : 각 독특한 가동 Unit는 그 자체의 독특한 예비품으로 지원된다.

에 a를 代替하는 λt를 이용하며 根을 구하는 共通因子 e^{-λt}를 사용하는 포이쎈展開의 數個項式이 표시되어 있다.

$$p = e^{-\lambda t} \left[1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2} + \frac{(\lambda t)^3}{6} + \frac{(\lambda t)^4}{24} + \frac{(\lambda t)^5}{120} + \dots \right] \quad (8)$$

그러므로 Unit 3개가 모두 相互交換可能한 경우인 基本 Unit 1個와 豫備品 2個의 위경우에 運用時間 t중에 필요한 경우 豫備品 1個를 가져야할 確率은

$$p = e^{-\lambda t} \left[1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2} \right] \text{가 된다.} \quad (9)$$

豫備品을 1個 더 算出하면

$$p = e^{-\lambda t} \left[1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2} + \frac{(\lambda t)^3}{6} \right] \quad (10)$$

豫備 Unit를 그 이상 추가할려면 마찬가지로 方程式(8)에서 나온 포이쎈項을 1個 더 추가함으로써 다루어진다. 方程式(8)과 (9)를 검사하면 모난 判호안에 數 1의 다음에 豫備品들 만큼의 포이쎈項이 있다는 것을 알게된다. 만일 單一基本 Unit에 豫備品 5個가 있다면 포이쎈項을 (λt)⁵/120까지 포함시킬 것이다. 지금까지 相互交換不能한 Unit를 다루는 배치요령이 토의되었다.

部分品標準化의 이런 부족은 豫備品 1個가 群內의 어느 Unit도 교환할 수 있는 배치현상보다 필요한 경우 豫備品 1個가 가용할 수 있는 確率이 더적게 나타났었다.

標準化된 部分品으로서의 豫備品 1個의 潛在

의인 배치범위가 더 넓게 나타난다. 즉 豫備品의 가용도가 같은 確率치고도 豫備品의 수가 보다 적은 사용을 묵인한다는 사실이다. 그런 까닭에 部分品標準化의 잇점은 豫備品의 가용도를 줄이지 않고도 豫備品의 均수보급부담을 덜며, 또 그것에 의해서 部分品補給計劃원가를 줄이는 능력이 된다. 그 순수한 결과는 이들 部分品을 포함하는 장비에 대해 저렴한 壽命週期原價가 나타난다.

우리가 單一基本 Unit를 다루는限 故障 λ와 時間 t에 대한 故障豫期數는 λt로 나타냈었다. 基本部分品 2個가 사용될 경우 故障豫期數는 명백하게 2λt이다. 基本部分品 3個의 경우는 3λt 등으로 나타낸다. 그렇다면 相互交換可能基本 Unit 2個경우의 포이쎈項式은

$$p = e^{-2\lambda t} \left[1 + 2\lambda t + \frac{(2\lambda t)^2}{2} + \frac{(2\lambda t)^3}{6} + \frac{(2\lambda t)^4}{24} + \frac{(2\lambda t)^5}{120} + \dots \right] \text{가 된다} \quad (11)$$











그리고 相互交換可能基本 Unit 3個의 경우는

$$p = e^{-3\lambda t} \left[1 + 3\lambda t + \frac{(3\lambda t)^2}{2} + \frac{(3\lambda t)^3}{6} + \frac{(3\lambda t)^4}{24} + \frac{(3\lambda t)^5}{120} + \dots \right] \text{등등} \quad (12)$$

모난 判호안에 數 1의 다음에 오는 項數는 總 豫備品數에 充分할 만큼 더한다.

表 4는 상응하는 確率表示法을 사용하여 各種 基本部分品과 豫備品의 배치현상을 表로 나타낸

〈표 4〉 시간 t중에 필요한 경우 예비품 한개를 가져야 할 확률

배치	고장때 기수	시간 t중 예비품 한개를 가져야 할 확률
	λt	$P = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t}$
	λt	$P = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2})$
	λt	$P = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2} + \frac{(\lambda t)^3}{6})$
	$2\lambda t$	$P = e^{-2\lambda t} (1 + 2\lambda t)$
	$2\lambda t$	$P = e^{-2\lambda t} (1 + 2\lambda t + \frac{(2\lambda t)^2}{2})$
	$2\lambda t$	$P = e^{-2\lambda t} (1 + 2\lambda t + \frac{(2\lambda t)^2}{2} + \frac{(2\lambda t)^3}{6})$
	$3\lambda t$	$P = e^{-3\lambda t} (1 + 3\lambda t)$
	$3\lambda t$	$P = e^{-3\lambda t} (1 + 3\lambda t + \frac{(3\lambda t)^2}{2})$
	$3\lambda t$	$P = e^{-3\lambda t} (1 + 3\lambda t + \frac{(3\lambda t)^2}{2} + \frac{(3\lambda t)^3}{6})$
	$3\lambda t$	$P = e^{-3\lambda t} (1 + 3\lambda t + \frac{(3\lambda t)^2}{2} + \frac{(3\lambda t)^3}{6} + \frac{(3\lambda t)^4}{24})$

〈표 5〉 차량지수 $e^{-\lambda t}$ 의 치

$a = \lambda t = 0.000$

$a = \lambda t = 0.249$

λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$
0.000	1.00000	0.050	0.95123	0.100	0.90484	0.150	0.86071	0.200	0.81873
0.001	0.99900	0.051	0.95028	0.101	0.90393	0.151	0.85985	0.201	0.81791
0.002	0.99800	0.052	0.94933	0.102	0.90303	0.152	0.85899	0.202	0.81709
0.003	0.99700	0.053	0.94838	0.103	0.90213	0.153	0.85813	0.203	0.81628
0.004	0.99601	0.054	0.94743	0.104	0.90123	0.154	0.85727	0.204	0.81546
0.005	0.99501	0.055	0.94649	0.105	0.90032	0.155	0.85642	0.205	0.81465
0.006	0.99402	0.056	0.94554	0.106	0.89942	0.156	0.85556	0.206	0.81383
0.007	0.99302	0.057	0.94459	0.107	0.89853	0.157	0.85470	0.207	0.81302
0.008	0.99203	0.058	0.94365	0.108	0.89763	0.158	0.85385	0.208	0.81221
0.009	0.99104	0.059	0.94271	0.109	0.89673	0.159	0.85300	0.209	0.81140
0.010	0.99005	0.060	0.94176	0.110	0.89583	0.160	0.85214	0.210	0.81058
0.011	0.98906	0.061	0.94082	0.111	0.89494	0.161	0.85129	0.211	0.80977
0.012	0.98807	0.062	0.93988	0.112	0.89404	0.162	0.85044	0.212	0.80896
0.013	0.98708	0.063	0.93894	0.113	0.89315	0.163	0.84959	0.213	0.80816
0.014	0.98610	0.064	0.93800	0.114	0.89226	0.164	0.84874	0.214	0.80735
0.015	0.98511	0.065	0.93707	0.115	0.89137	0.165	0.84789	0.215	0.80654
0.016	0.98413	0.066	0.93613	0.116	0.89047	0.166	0.84705	0.216	0.80574
0.017	0.98314	0.067	0.93520	0.117	0.88959	0.167	0.84620	0.217	0.80493
0.018	0.98216	0.068	0.93426	0.118	0.88870	0.168	0.84535	0.218	0.80413
0.019	0.98118	0.069	0.93333	0.119	0.88781	0.169	0.84451	0.219	0.80332
0.020	0.98020	0.070	0.93239	0.120	0.88692	0.170	0.84366	0.220	0.80252
0.021	0.97922	0.071	0.93146	0.121	0.88603	0.171	0.84272	0.221	0.80172
0.022	0.97824	0.072	0.93053	0.122	0.88515	0.172	0.84198	0.222	0.80082
0.023	0.97726	0.073	0.92960	0.123	0.88426	0.173	0.84114	0.223	0.80011
0.024	0.97629	0.074	0.92867	0.124	0.88338	0.174	0.84030	0.224	0.79932
0.025	0.97531	0.075	0.92774	0.125	0.88250	0.175	0.83946	0.225	0.79852
0.026	0.97434	0.076	0.92682	0.126	0.88161	0.176	0.83862	0.226	0.79772
0.027	0.97336	0.077	0.92589	0.127	0.88073	0.177	0.83778	0.227	0.79692
0.028	0.97239	0.078	0.92496	0.128	0.87985	0.178	0.83694	0.228	0.79612
0.029	0.97142	0.079	0.92404	0.129	0.87897	0.179	0.83611	0.229	0.79533
0.030	0.97045	0.080	0.92312	0.130	0.87810	0.180	0.83527	0.230	0.79453
0.031	0.96948	0.081	0.92219	0.131	0.87722	0.181	0.83444	0.231	0.79374
0.032	0.96851	0.082	0.92127	0.132	0.87634	0.182	0.83360	0.232	0.79295
0.033	0.96754	0.083	0.92035	0.133	0.87547	0.183	0.83277	0.233	0.79215
0.034	0.96657	0.084	0.91943	0.134	0.87459	0.184	0.83194	0.234	0.79136
0.035	0.96561	0.085	0.91851	0.135	0.87371	0.185	0.83110	0.235	0.79057
0.036	0.96464	0.086	0.91759	0.136	0.87284	0.186	0.83027	0.236	0.78978
0.037	0.96368	0.087	0.91666	0.137	0.87197	0.187	0.82944	0.237	0.78899
0.038	0.96271	0.088	0.91576	0.138	0.87110	0.188	0.82861	0.238	0.78820
0.039	0.96175	0.089	0.91485	0.139	0.87023	0.189	0.82779	0.239	0.78741
0.040	0.96079	0.090	0.91393	0.140	0.86936	0.190	0.82696	0.240	0.78663
0.041	0.95983	0.091	0.91302	0.141	0.86805	0.191	0.82613	0.241	0.78584
0.042	0.95887	0.092	0.91211	0.142	0.86762	0.192	0.82531	0.242	0.78506
0.043	0.95791	0.093	0.91119	0.143	0.86675	0.193	0.82448	0.243	0.78427
0.044	0.95695	0.094	0.91028	0.144	0.86589	0.194	0.82366	0.244	0.78349
0.045	0.95600	0.095	0.90937	0.145	0.86502	0.195	0.82283	0.245	0.78270
0.046	0.95504	0.096	0.90846	0.146	0.86416	0.196	0.82201	0.246	0.78192
0.047	0.95409	0.097	0.90710	0.147	0.86330	0.197	0.82119	0.247	0.78114
0.048	0.95313	0.098	0.90665	0.148	0.86243	0.198	0.82037	0.248	0.78036
0.049	0.95218	0.099	0.90574	0.149	0.86157	0.199	0.81955	0.249	0.77958

〈표 5〉 계속

$a = \lambda t = 0.250$

$a = \lambda t = 0.499$

λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$
0.250	0.77880	0.300	0.74082	0.350	0.70469	0.400	0.67032	0.450	0.63763
0.251	0.77802	0.301	0.74008	0.351	0.70398	0.401	0.66965	0.451	0.63699
0.252	0.77724	0.302	0.73934	0.352	0.70328	0.402	0.66898	0.452	0.63635
0.253	0.77647	0.303	0.73860	0.353	0.70258	0.403	0.66831	0.453	0.63572
0.254	0.77569	0.304	0.73786	0.354	0.70187	0.404	0.66764	0.454	0.63508
0.255	0.77492	0.305	0.73712	0.355	0.70117	0.405	0.66698	0.455	0.63445
0.256	0.77414	0.306	0.73639	0.356	0.70047	0.406	0.66631	0.456	0.63381
0.257	0.77337	0.307	0.73565	0.357	0.69977	0.407	0.66564	0.457	0.63318
0.258	0.77260	0.308	0.73492	0.358	0.69907	0.408	0.66498	0.458	0.63255
0.259	0.77182	0.309	0.73418	0.359	0.69837	0.409	0.66431	0.459	0.63192
0.260	0.77105	0.310	0.73345	0.360	0.69768	0.410	0.66365	0.460	0.63128
0.261	0.77028	0.311	0.73271	0.361	0.69696	0.411	0.66299	0.461	0.63065
0.262	0.76951	0.312	0.73198	0.362	0.69628	0.412	0.66232	0.462	0.63002
0.263	0.76874	0.313	0.73125	0.363	0.69559	0.413	0.66166	0.463	0.62939
0.264	0.76797	0.314	0.73052	0.364	0.69489	0.414	0.66100	0.464	0.62876
0.265	0.76721	0.315	0.72979	0.365	0.69420	0.415	0.66034	0.465	0.62814
0.266	0.76644	0.316	0.72906	0.366	0.69350	0.416	0.65968	0.466	0.62751
0.267	0.76567	0.317	0.72833	0.367	0.69281	0.417	0.65902	0.467	0.62688
0.268	0.76491	0.318	0.72760	0.368	0.69212	0.418	0.65836	0.468	0.62625
0.269	0.76414	0.319	0.72688	0.369	0.69143	0.419	0.65770	0.469	0.62563
0.270	0.76338	0.320	0.72615	0.370	0.69073	0.420	0.65704	0.470	0.62500
0.271	0.76262	0.321	0.72542	0.371	0.69004	0.421	0.65639	0.471	0.62438
0.272	0.76185	0.322	0.72469	0.372	0.68935	0.422	0.65573	0.472	0.62375
0.273	0.76109	0.323	0.72397	0.373	0.68867	0.423	0.65508	0.473	0.62313
0.274	0.76033	0.324	0.72325	0.374	0.68798	0.424	0.65442	0.474	0.62251
0.275	0.75957	0.325	0.72253	0.375	0.68729	0.425	0.65377	0.475	0.62189
0.276	0.75881	0.326	0.72181	0.376	0.68660	0.426	0.65312	0.476	0.62126
0.277	0.75805	0.327	0.72108	0.377	0.68592	0.427	0.65246	0.477	0.62064
0.278	0.75730	0.328	0.72036	0.378	0.68523	0.428	0.65181	0.478	0.62002
0.279	0.75654	0.329	0.71964	0.379	0.68454	0.429	0.65116	0.479	0.61940
0.280	0.75578	0.330	0.71892	0.380	0.68386	0.430	0.65051	0.480	0.61878
0.281	0.75503	0.331	0.71821	0.381	0.68318	0.431	0.64986	0.481	0.61816
0.282	0.75427	0.332	0.71749	0.382	0.68250	0.432	0.64921	0.482	0.61755
0.283	0.75352	0.333	0.71677	0.383	0.68181	0.433	0.64856	0.483	0.61693
0.284	0.75277	0.334	0.71605	0.384	0.68113	0.434	0.64791	0.484	0.61631
0.285	0.75201	0.335	0.71534	0.385	0.68045	0.435	0.64726	0.485	0.61570
0.286	0.75126	0.336	0.71462	0.386	0.67977	0.436	0.64662	0.486	0.61508
0.287	0.75051	0.337	0.71391	0.387	0.67909	0.437	0.64597	0.487	0.61447
0.288	0.74976	0.338	0.71320	0.388	0.67841	0.438	0.64533	0.488	0.61385
0.289	0.74901	0.339	0.71248	0.389	0.67773	0.439	0.64468	0.489	0.61324
0.290	0.74826	0.340	0.71177	0.390	0.67706	0.440	0.64404	0.490	0.61263
0.291	0.74752	0.341	0.71106	0.391	0.67638	0.441	0.64339	0.491	0.61201
0.292	0.74677	0.342	0.71035	0.392	0.67570	0.442	0.64275	0.492	0.61140
0.293	0.74602	0.343	0.70964	0.393	0.67503	0.443	0.64211	0.493	0.61079
0.294	0.74528	0.344	0.70893	0.394	0.67435	0.444	0.64147	0.494	0.61018
0.295	0.74453	0.345	0.70822	0.395	0.67368	0.445	0.64082	0.495	0.60957
0.296	0.74379	0.346	0.70751	0.396	0.67301	0.446	0.64018	0.496	0.60896
0.297	0.74304	0.347	0.70681	0.397	0.67233	0.447	0.63954	0.497	0.60835
0.298	0.74230	0.348	0.70610	0.398	0.67166	0.448	0.63890	0.498	0.60774
0.299	0.74156	0.349	0.70539	0.399	0.67099	0.449	0.63827	0.499	0.60714

〈표 5〉 계속

$a = \lambda t = 0.500$

$a = \lambda t = 0.749$

λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$
0.500	0.60653	0.550	0.57695	0.600	0.54881	0.650	0.52205	0.700	0.49659
0.501	0.60592	0.551	0.57637	0.601	0.54826	0.651	0.52152	0.701	0.49609
0.502	0.60532	0.552	0.57580	0.602	0.54772	0.652	0.52100	0.702	0.49559
0.503	0.60471	0.553	0.57522	0.603	0.54717	0.653	0.52048	0.703	0.49510
0.504	0.60411	0.554	0.57465	0.604	0.54662	0.654	0.51996	0.704	0.49460
0.505	0.60351	0.555	0.57407	0.605	0.54607	0.655	0.51944	0.705	0.49411
0.506	0.60290	0.556	0.57340	0.606	0.54553	0.656	0.51892	0.706	0.49361
0.507	0.60230	0.557	0.57293	0.607	0.54498	0.657	0.51840	0.707	0.49312
0.508	0.60170	0.558	0.57235	0.608	0.54444	0.658	0.51789	0.708	0.49263
0.509	0.60110	0.559	0.57178	0.609	0.54389	0.659	0.51737	0.709	0.49214
0.510	0.60050	0.560	0.57121	0.610	0.54335	0.660	0.51685	0.710	0.49164
0.511	0.59990	0.561	0.57064	0.611	0.54281	0.661	0.51633	0.711	0.49115
0.512	0.59930	0.562	0.57007	0.612	0.54227	0.662	0.51582	0.712	0.49066
0.513	0.59870	0.563	0.56950	0.613	0.54172	0.663	0.51530	0.713	0.49017
0.514	0.59810	0.564	0.56893	0.614	0.54118	0.664	0.51479	0.714	0.48968
0.515	0.59750	0.565	0.56836	0.615	0.54064	0.665	0.51427	0.715	0.48919
0.516	0.59690	0.566	0.56779	0.616	0.54010	0.666	0.51376	0.716	0.48870
0.517	0.59631	0.567	0.56722	0.617	0.53956	0.667	0.51325	0.717	0.48821
0.518	0.59571	0.568	0.56666	0.618	0.53902	0.668	0.51273	0.718	0.48773
0.519	0.59512	0.569	0.56609	0.619	0.53848	0.669	0.51222	0.719	0.48724
0.520	0.59452	0.570	0.56553	0.620	0.53794	0.670	0.51171	0.720	0.48675
0.521	0.59393	0.571	0.56496	0.621	0.53741	0.671	0.51120	0.721	0.48627
0.522	0.59333	0.572	0.56440	0.622	0.53687	0.672	0.51069	0.722	0.48578
0.523	0.59274	0.573	0.56383	0.623	0.53633	0.673	0.51018	0.723	0.48529
0.524	0.59215	0.574	0.56327	0.624	0.53580	0.674	0.50967	0.724	0.48481
0.525	0.59156	0.575	0.56270	0.625	0.53526	0.675	0.50916	0.725	0.48432
0.526	0.59096	0.576	0.56214	0.626	0.53473	0.676	0.50865	0.726	0.48384
0.527	0.59037	0.577	0.56158	0.627	0.53419	0.677	0.50814	0.727	0.48336
0.528	0.58978	0.578	0.56102	0.628	0.53366	0.678	0.50763	0.728	0.48287
0.529	0.58919	0.579	0.56046	0.629	0.53312	0.679	0.50712	0.729	0.48239
0.530	0.58860	0.580	0.55990	0.630	0.53259	0.680	0.50662	0.730	0.48191
0.531	0.58802	0.581	0.55934	0.631	0.53206	0.681	0.50611	0.731	0.48143
0.532	0.58743	0.582	0.55878	0.632	0.53153	0.682	0.50560	0.732	0.48095
0.533	0.58684	0.583	0.55822	0.633	0.53100	0.683	0.50510	0.733	0.48047
0.534	0.58626	0.584	0.55766	0.634	0.53047	0.684	0.50459	0.734	0.47999
0.535	0.58567	0.585	0.55711	0.635	0.52994	0.685	0.50409	0.735	0.47951
0.536	0.58508	0.586	0.55655	0.636	0.52941	0.686	0.50359	0.736	0.47903
0.537	0.58450	0.587	0.55599	0.637	0.52888	0.687	0.50308	0.737	0.47855
0.538	0.58391	0.588	0.55544	0.638	0.52835	0.688	0.50258	0.738	0.47807
0.539	0.58333	0.589	0.55488	0.639	0.52782	0.689	0.50208	0.739	0.47759
0.540	0.58275	0.590	0.55433	0.640	0.52729	0.690	0.50158	0.740	0.47711
0.541	0.58217	0.591	0.55377	0.641	0.52677	0.691	0.50107	0.741	0.47664
0.542	0.58158	0.592	0.55322	0.642	0.52624	0.692	0.50057	0.742	0.47616
0.543	0.58100	0.593	0.55267	0.643	0.52571	0.693	0.50007	0.743	0.47568
0.544	0.58042	0.594	0.55211	0.644	0.52519	0.694	0.49957	0.744	0.47521
0.545	0.57984	0.595	0.55156	0.645	0.52466	0.695	0.49907	0.745	0.47473
0.546	0.57926	0.596	0.55101	0.646	0.52414	0.696	0.49858	0.746	0.47426
0.547	0.57868	0.597	0.55046	0.647	0.52361	0.697	0.49808	0.747	0.47379
0.548	0.57810	0.598	0.54991	0.648	0.52309	0.698	0.49758	0.748	0.47331
0.549	0.57753	0.599	0.54936	0.649	0.52257	0.699	0.49708	0.749	0.47284

〈표 5〉 계속

$a = \lambda t = 0.750$

$a = \lambda t = 0.999$

λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$	λt	$e^{-\lambda t}$
0.750	0.47237	0.800	0.44933	0.850	0.42741	0.900	0.40657	0.950	0.38674
0.751	0.47189	0.801	0.44888	0.851	0.42699	0.901	0.40616	0.951	0.38635
0.752	0.47142	0.802	0.44843	0.852	0.42656	0.902	0.40576	0.952	0.38596
0.753	0.47095	0.803	0.44798	0.853	0.42613	0.903	0.40535	0.953	0.38558
0.754	0.47048	0.804	0.44754	0.854	0.42571	0.904	0.40495	0.954	0.38520
0.755	0.47001	0.805	0.44709	0.855	0.42528	0.905	0.40454	0.955	0.38481
0.756	0.46954	0.806	0.44664	0.856	0.42486	0.906	0.40414	0.956	0.38443
0.757	0.46907	0.807	0.44619	0.857	0.42443	0.907	0.40373	0.957	0.38404
0.758	0.46860	0.808	0.44575	0.858	0.42401	0.908	0.40333	0.958	0.38366
0.759	0.46813	0.809	0.44530	0.859	0.42359	0.909	0.40293	0.959	0.38328
0.760	0.46767	0.810	0.44486	0.860	0.42316	0.910	0.40252	0.960	0.38289
0.761	0.46720	0.811	0.44441	0.861	0.42274	0.911	0.40212	0.961	0.38251
0.762	0.46673	0.812	0.44397	0.862	0.42232	0.912	0.40172	0.962	0.38213
0.763	0.46627	0.813	0.44353	0.863	0.42189	0.913	0.40132	0.963	0.38175
0.764	0.46580	0.814	0.44308	0.864	0.42147	0.914	0.40092	0.964	0.38136
0.765	0.46533	0.815	0.44264	0.865	0.42105	0.915	0.40052	0.965	0.38098
0.766	0.46487	0.816	0.44220	0.866	0.42063	0.916	0.40012	0.966	0.38060
0.767	0.46440	0.817	0.44175	0.867	0.42021	0.917	0.39972	0.967	0.38022
0.768	0.46394	0.818	0.44131	0.868	0.41979	0.918	0.39932	0.968	0.37984
0.769	0.46348	0.819	0.44087	0.869	0.41937	0.919	0.39892	0.969	0.37946
0.770	0.46301	0.820	0.44043	0.870	0.41895	0.920	0.39852	0.970	0.37908
0.771	0.46255	0.821	0.43999	0.871	0.41853	0.921	0.39812	0.971	0.37870
0.772	0.46209	0.822	0.43955	0.872	0.41811	0.922	0.39772	0.972	0.37833
0.773	0.46163	0.823	0.43911	0.873	0.41770	0.923	0.39733	0.973	0.37795
0.774	0.46116	0.824	0.43867	0.874	0.41728	0.924	0.39693	0.974	0.37757
0.775	0.46070	0.825	0.43823	0.875	0.41686	0.925	0.39653	0.975	0.37719
0.776	0.46024	0.826	0.43780	0.876	0.41645	0.926	0.39614	0.976	0.37682
0.777	0.45978	0.827	0.43736	0.877	0.41603	0.927	0.39574	0.977	0.37644
0.778	0.45932	0.828	0.43692	0.878	0.41561	0.928	0.39534	0.978	0.37606
0.779	0.45886	0.829	0.43649	0.879	0.41520	0.929	0.39495	0.979	0.37569
0.780	0.45841	0.830	0.43605	0.880	0.41478	0.930	0.39455	0.980	0.37531
0.781	0.45795	0.831	0.43561	0.881	0.41437	0.931	0.39416	0.981	0.37494
0.782	0.45749	0.832	0.43517	0.882	0.41395	0.932	0.39377	0.982	0.37456
0.783	0.45703	0.833	0.43474	0.883	0.41354	0.933	0.39337	0.983	0.37419
0.784	0.45658	0.834	0.43431	0.884	0.41313	0.934	0.39298	0.984	0.37381
0.785	0.45612	0.835	0.43387	0.885	0.41271	0.935	0.39259	0.985	0.37344
0.786	0.45566	0.836	0.43344	0.886	0.41230	0.936	0.39219	0.986	0.37309
0.787	0.45520	0.837	0.43301	0.887	0.41189	0.937	0.39180	0.987	0.37269
0.788	0.45478	0.838	0.43257	0.888	0.41148	0.938	0.39141	0.988	0.37323
0.789	0.45430	0.839	0.43214	0.889	0.41107	0.939	0.39102	0.989	0.37195
0.790	0.45384	0.840	0.43171	0.890	0.41066	0.940	0.39063	0.990	0.37158
0.791	0.45339	0.841	0.43128	0.891	0.41025	0.941	0.39024	0.991	0.37121
0.792	0.45294	0.842	0.43085	0.892	0.40984	0.942	0.38985	0.992	0.37083
0.793	0.45249	0.843	0.43042	0.893	0.40943	0.943	0.38946	0.993	0.37046
0.794	0.45203	0.844	0.42999	0.894	0.40902	0.944	0.38907	0.994	0.37009
0.795	0.45158	0.845	0.42956	0.895	0.40861	0.945	0.38868	0.995	0.36972
0.796	0.45113	0.846	0.42913	0.896	0.40820	0.946	0.38829	0.996	0.36935
0.797	0.45068	0.847	0.42870	0.897	0.40779	0.947	0.38790	0.997	0.36898
0.798	0.45023	0.848	0.42827	0.898	0.40738	0.948	0.38752	0.998	0.36861
0.799	0.44978	0.849	0.42784	0.899	0.40698	0.949	0.38713	0.999	0.36825

다. 첫째欄은 배치형상을 나타낸다(白色四角形은稼動 Unit이고 黑色四角形은待機豫備品을 나타낸다.) 둘째欄은故障豫期數를 나타내며 셋째欄은運用時間 t中에 필요한 경우豫備品 1個를 가용할 수 있는 확율을 나타낸다. 各配置欄에 있는 Unit들은 모두相互交換이 가능하다.

例題 8: 表 4를 사용하여豫備品 2個로 지원되는稼動 Unit 2個의 배치에豫備品 1個를 가용할 수 있게하는 확율을求하라. Unit들은 모두相互交換이 가능하며 그들의信賴度는 85%이다.

解答: 表 1에서 $\lambda t = 0.163$ 을 定한다(信賴度 85%). 表 4에서 適用할 수 있는方程式은

$$p = e^{-2\lambda t} \left[1 + 2\lambda t + \frac{(2\lambda t)^2}{2} \right] \text{이다}$$

代置시키면

$$p = e^{-0.326} \left[1 + 0.326 + \frac{(0.326)^2}{2} \right]$$

表 5에서 $\lambda t = 0.326$ 에 대해 $e^{-0.326}$ 을 정한다. 그 値는 0.72181이다.

$$\text{故로 } p = 0.72181 \left(1 + 0.326 + \frac{0.1063}{2} \right) = 0.9954$$

例題 9: 어떤 裝備用豫備品이 6個月마다 보충된다. 그중에 1,000시간당 0.05091의 故障率을 갖는 單一 Module用豫備品 1個가 이豫備品이 次期補充日字까지 충족시킬 확율은 얼마인가?

解答: 豫備品補充日字間의 運用時間 t는

$$t = 6\text{개월} = 4380\text{시간}$$

$$\lambda = \frac{0.05091}{1,000} = 0.05091 \times 10^{-3} \text{고장/시간}$$

$$\lambda t = 0.05091 \times 10^{-3} \times 4380 = 0.223$$

表 4에서

$$p = e^{-\lambda t} + \lambda t \cdot e^{-\lambda t} \\ = e^{-0.223} + 0.223 \cdot e^{-0.223}$$

表 5에서

$$e^{-0.223} = 0.8$$

$$\text{故로 } 0.8 + 0.223 \times 0.8 = 0.978$$

例題 10: 例題 5를 반복하라. 그러나 처음群의 Module 3個가豫備品 3個가운데 어느것과도 마찬가지로 그들自體間에 상호교환이 가능하다. 필요한 경우豫備品 1個를 가져야할 既計算된 확율의 增加値를 求하라.

解答: Module 3個의 $p_{1,3}$ 는 0.907이었다. 故로 表 1에 의거 $\lambda t = 0.511$

表 4에서

$$p = e^{-3\lambda t} \left[1 + 3\lambda t + \frac{(3\lambda t)^2}{2} + \frac{(3\lambda t)^3}{6} \right] \\ = e^{-1.533} \left[1 + 1.533 + \frac{(1.533)^2}{2} + \frac{(1.533)^3}{6} \right] \\ = 0.9302$$

例題 5에서 相應하는 結果가 非標準化된 Module에 대해 0.7461의 확율로 나타났었다. 그러므로 그 增加値는 0.7461에서 0.9302까지이다.

豫備品深護機能으로서 裝備캐터고리의豫備品을 배치하는 電算化된 기법들이 개발되어 왔다.

6. 結論

앞에서 고찰한 裝備維持用 部分品の豫備量決定技法은 그 眞價가 잘 인식되어 있진 않았지만 美軍에서는 오래전부터 “綜合軍需支援”의 支援機能의 핵심요소로서 다루어져 귀중한 한 次元을 최근에 와서야 그것의 眞價를 알게 되었다.

確率方程式을 포함한 各種數學的인 方法에 의해 部分品の豫備量을 정하는 이 技法은 종전의 任意常數百分率基準에 의한 部分品豫備量決定에 있어서의 不合理性和 비경제성을 철저히 제거리라고 믿는다. 이 技法은 복잡한 變數를 분석 및 완벽하게 하기 위해 數學的인 모델과 컴퓨터 프로그램을 사용함으로써 수행되며 Part, Unit, Module 및 Assembly의 豫備量을 必要로 하는 裝備에 適用될 수 있다.

그러나 여기에 더욱 重要視되는 것은 部品의 標準化인데 部品 標準化의 不足은 豫備品 1個가 한 群內의 어느 Unit도 교환할 수 있는 배치현상보다 豫備品 1個가 필요한 경우 가용할 수 있는 確率이 더 적게 나타났었다. 標準化된 部品으로서의 豫備品 1個의 潛在的인 배치범위가 더 넓게 나타났었다. 即 豫備品の 가용도가 같은 確率치고도 豫備品の 수가 보다적은 사용을 묵인한다는 사실인바 최대한의 部分品 표준화를 꾀하면서 이 技法을 사용한다면 豫備品の 가용도를 줄이지 않고도 豫備品에 대한 軍需支援負擔을 덜며 또 그것에 의해서 部分品補給량 원가를 줄일 수 있을 것이다.

참고 문헌

Halpern. The Assurance Sciences, 1978, p.357