

RAM의 概念

徐 廷 旭

洪陵機械(工博)

1. 머릿말

RAM은 Reliability, Availability, Maintainability의 略語로서, 信賴性, 可用性, 整備(保全)性を 綜合的으로 體系化한 概念이다. RAM은 元來 高信賴性이 要求되고, 恒時 可用해야 하고, 運用整備가 容易해야 되는 軍事體系의 研究開發, 生産 및 運用에서 發展된 것이지만, 오늘 날에 와서는 民生分野의 公共電信電話, 發電이나 大都市가스와 같은 公共 에너지供給源, 各種 公共運送手段, 民防衛警報 등과 같은 大型 公共安全福祉體系에도 適用해야 되는 必須要素가 되었다. 그것은 이러한 民生公共體系의 信賴性, 可用性 및 整備性이 缺如되거나 不實하면 戰禍나 天災에 못지 않게 國民生活의 安全福祉에 至大한 危害를 招來하기 때문이다. 最近의 爆發 또는 交通事故의 大型化, 高層 大型建物の 昇降機 또는 災害警報系統 故障의 頻繁, 公共電信電話 서비스의 品格의 質的 不安, 電力系統의 停休電의 頻繁, 國產 工業製品에 對한 不信要因의 尙存 등은 모두 RAM 概念의 認識 不足에서 由來된 技術的 瑕疵의 結果이다. 따라서 國家 工業의 着實한 發展과 國民生活의 安全福祉를 爲하여 工業政策樹立者, 科學技術者, 產業界는 RAM에 對한 關心을 高潮해야 할 것이다.

RAM은 人間, 機械, 環境 등 複合要素를 網羅하는 工學의 한 分野로서, 立場에 따라 相異

한 意味로 받아 들여지게 되는데, 이것은 3個의 相異한 集團, 卽 使用者, 開發者, 支援(維持 및 補修)者가 시스템 開發過程에 모두 깊이 關與되기 때문이다.

이와 같은 RAM에 對한 相異한 認識의 特異性を 認定하면서 相互理解, 協助, 調和하려고 하지 않으면 結局에는 大型事故의 原因, 故障의 連續, 責任의 限界不明이나 轉嫁 등 重大한 社會問題까지 發生될 수 있다.

使用者는 mission에 影響을 미치는 因子에 主로 關心을 가지므로, RAM은 使用者에게 運用에 關聯된 意味를 가지게 된다. 反面에 RAM은 開發者에게 資源, 設計, 生産工程, 品質管理, 工法管理 등에 關聯된 科學技術的 意味를 띠게 된다. 또 支援者에게 RAM은 人力, 教育, 修理部品, 作業分配, 支援裝備 등과 같은 시스템 支援負擔에 關聯된 意味를 띠우게 된다.

本稿에서는 RAM의 概念을 理解하는 데 必要한 基本用語를 定義한 다음, RAM의 各要素의 相互關係 및 RAM과 시스템 效果度의 關係에 對하여 簡單히 解説한다.

2. RAM基本用語의 定義

가. 信賴性

信賴性이란 한 시스템이 所定의 條件下에서 所定期間 동안 그 目的 機能을 遂行할 確率을 말한다. 여기서 目的 機能을 遂行한다는 것은 시스

일이 故障을 일으키지 않음을 意味하므로 信賴性은 故障 및 그 故障頻度와 關係가 있다. 그러므로 故障을 定義하고 故障 判定方法과 基準을 確定하여야 비로소 信賴性이 規定되는 것이다.

所定條件이란 mission 期間 中 시스템 또는 그 構成要素(裝備)가 처해 있는 環境條件을 말하며, 所定期間은 定量的으로 明示한다.

信賴性을 規定하는 要素를 그림으로 表示하면 그림 1과 같다.

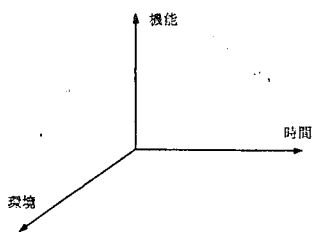


그림 1. 信賴性의 要素

나. 整備性

整備性이란 設計 및 設置에 關聯된 特性因子로서 規定 節次와 資源(計測機器, 工具, 人力, 部品材料, 時間 等)을 使用하여 整備 行爲를 施行할 境遇 시스템이 所定 時間內에 所定 狀態와 一致할 確率을 말한다.

信賴性이 故障頻度와 關係를 가지는 反面에, 整備性은 修理頻度와 關係를 가진다.

所定狀態를 規定하려면 어떠한 性能이 受諾 可한 性能인가를 判定하는 基準을 設定하여야 한다. 이 判定基準이 設定되면 要求되는 修理의 範圍가 決定될 수 있다.

故障은 여러 가지 方法으로 修理할 수 있다. 例를 들어 電子裝備의 回路基板을 交替하는 修理의 境遇, 裝備가 充分한 自體試驗(built-in test) 能力을 自藏하고 있다면 普通水準의 訓練을 받은 運用者가 交替할 수 있으며, 半自動 試驗裝備나

手動試驗裝備를 使用한다면 熟練技術을 가진 運用者가 交替할 수 있으며, 運用者가 普通水準의 訓練만 받고 또 裝備가 自體試驗能力을 自藏하고 있지 않다면 專門修理者에게 修理를 依頼해야 되는 것이다. 이 境遇 回路基板의 交替에 所要되는 時間은 修理 方法에 따라 다를 것이지만 整備性을 論議할 때에는 整備性의 定義에 나오는 規定節次 및 資源을 適用하는 境遇에 所要되는 時間을 對象으로 한다.

다. 可用性

可用性이란 未知의 任意時點에 mission이 떨어질 때 시스템이 mission 着手當時 確實하게 作動 가능한 狀態에 있을 程度를 말한다. 이것은 稼動時間(uptime)과 總時間의 比로 表示된다.

이 比는 非稼動時間(downtime)의 原因이 되는 故障의 發生頻度와 非稼動時間의 總計에 따라 決定되므로 可用性은 信賴性和 整備性의 函數가 됨을 알 수 있다.

라. 耐久性(Durability)

耐久性은 信賴性의 特殊境遇로서 시스템이 規定된 使用壽命 또는 分解修理(overhaul)時點 또는 再組立(rebuild)時點까지 殘存할 確率을 말한다.

다. 運用樣式 摘要(Operational Mode Summary, OMS) 및 Mission Profile (MP)

(1) Mission Profile

Mission Profile이란 어떤 mission을 遂行하기 爲하여 시스템이 갖추어야 할 運用 要求事項을 말하며, 이것은 mission 信賴性의 評價基礎로서 使用된다.

mission task에는 다음과 같은 種類가 있다.

- (가) 多機能 : 여러 가지 task를 遂行
- (나) 連續單一機能 : 單一 task를 連續적으로 遂行

RAM의 概念

(다) 反復單一機能 : 單一 task를 反復적으로 遂行

(라) 一回單一機能 : 消耗品과 같이 一回 task를 遂行(例 : 레디오 존데)

mission task는 時間, 距離 등으로 表示된다.

Mission Profile이 가지는 特徵의 하나는 그 mission의 達成 確率을 設定하고 遂行 能力을 評價할 수 있는 點이다.

(2) 運用樣式摘要

이것은 여러가지 運用樣式的 豫想配合과 各種 運用 및 環境 條件下에서의 豫想使用比率을 記述한 것이다.

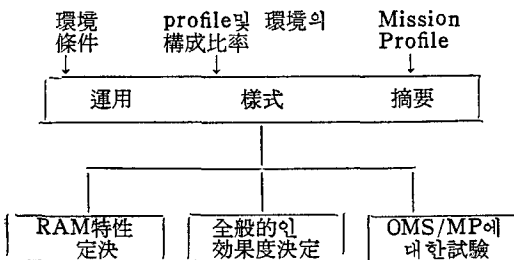


그림 2. 運用樣式摘要

OMS는 RAM 特性과 全般的인 效果度를 決定하는 데 쓰인다. 또한 OMS는 信賴性的의 定義에 나오는 目的機能, 所定期間 및 所定條件을 規定하며, OMS에서 使用과 環境이 規定되던 整備性的의 定義에 나오는 規定節次 및 資源에 關한 選定作業이 始作된다.

OMS/MP는 開發者, 要求者(使用者) 및 運用 試驗評價者가 共同 作成하고 承認하되 要求者가 全般的인 責任을 진다.

바. 故障定義 및 故障 判定基準

(1) 故障定義

故障이란 運用者가 操縱器, OEM (Original Equipment Manufacturer) 道具 및 OEM 部品을 使用하여 調整, 修理 또는 交替作業에 依하

여 規定時間內에 矯正할 수 없어서 다음과 같은 結果를 誘發하는 誤機能을 말한다.

(가) 作動開始不能, 作動停止 또는 性能低下

(나) 作動繼續으로 因한 重大破損

(다) 重大한 人命危害

但, 서로 關聯되어 同時に 나타나는 여러 개의 誤機能은 한 개의 故障으로 보며, mission 遂行에 影響을 주지 않는 誤機能은 故障으로 치지 않는다.

(2) 故障判定基準

이것은 故障의 定義를 擴張한 것으로서 例를 들면 그림 3과 같은 flow chart로 表示된다.

3. 信賴性

가. 信賴性的의 種類

(1) 運用 信賴性

人間, 機械 및 豫測 不可能한 運用 條件을 包含한 環境下에서 시스템이 所定期間동안 目的 機能을 遂行할 確率로서 表示되며, 使用者가 實際로 經驗하게 되는 信賴性이다.

(2) 支援 信賴性

所定 條件下에서 運用時 시스템이 所定期間동안 整備를 要하지 않을 確率로서 表示된다.

(3) 시스템 信賴性

시스템이 所定 條件下에서 所定期間동안 目的 機能을 遂行할 確率로서 表示되며 hardware的인 信賴性이다.

(4) Mission 信賴性

시스템이 所定 條件下에서 所定期間동안 Mission Failure를 일으키지 않고 目的 機能을 遂行할 確率로서 表示된다.

(5) 安全 信賴性

所定 條件下에서 시스템 運用時 所定期間동안 重大 安全 事故가 發生하지 않을 確率을 말한다.

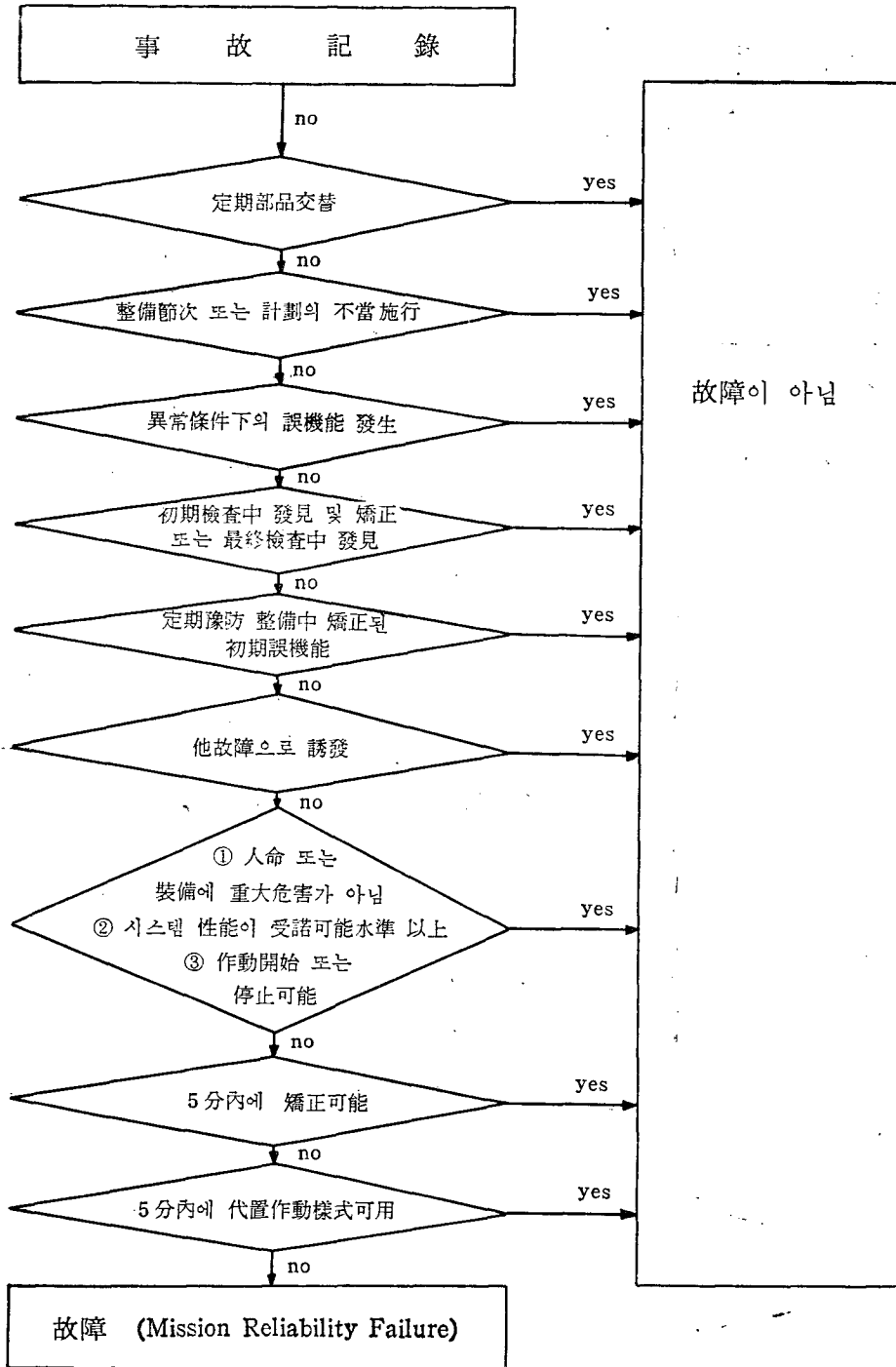


그림 3. 故障判定基準

RAM의 概念

(6) 貯藏 信賴性

貯藏中の 受諾 可能한 性能 低下의 程度를 規定하는 것이다.

나. 信賴性의 尺度

(1) 平均故障間隔(Mean Time Between Failure, MTBF)

$$MTBF = \frac{\text{所定期間中の 總運用時間}}{\text{同一期間中の 故障回數}}$$

MTBF는 一般的으로 시스템 信賴性 또는 Mission 信賴性의 尺度로 使用된다.

(2) 平均非定期整備間隔(Mean Time Between Unscheduled Maintenance Action; MTBUMA)

MTBUMA는 시스템 信賴性和 支援信賴性의 中間範疇에 使用된다.

(3) 平均整備間隔(Mean Time Between Maintenance Action; MTBMA)

MTBMA는 支援信賴性의 尺度로 使用된다.

(4) 特定mission의 遂行 確率

이것은 어떤 單一 Mission Profile에 對한 信賴性의 尺度로 使用된다.

(5) 故障率(Failure Rate)

故障率은 單位 時間當 豫想 故障 回數를 말하며, 主로 部品單位의 信賴性에 使用된다.

(6) 整備率(Maintenance Factor)

整備率은 生產品 100個當 豫想 年間 故障 回數를 말하며, 支援 信賴性에 使用된다.

나. 信賴性 設計

(1) 信賴性 工學의 前提

信賴性은 設計中에 豫測 可能하고, 試驗으로 測定 可能하며, 運用時에 確認 可能하다.

(2) 信賴性工學의 目的

① 시스템 壽命 期間中 언제라도 作動 可能함을 保證한다.

② 全壽命期間費用을 節減한다.

③ 나쁜 裝備를 保有하고 오히려 좋은 裝備를 廢棄시키는 誤判의 危險 要素를 事前에 豫防한다.

④ 시스템에 對한 開發 試驗時 認證을 保障한다.

⑤ 機能遂行을 確實하게 한다.

⑥ 經濟的 整備를 可能케 한다.

(3) 信賴性 設計要素

① 單純性

② 立證된 部品の 使用

③ Stress-strength 關係의 改善

④ 重複性(Redundancy)

⑤ 保護技法

⑥ 環境의 局部制御

⑦ 重大故障의 排除

⑧ 自體回復能力

⑨ 故障의 事前探知

⑩ 定期的인 豫防整備의 適用

⑪ 公差評價

라. 信賴性 試驗

信賴性 試驗은 信賴 水準과 實驗 誤差를 考慮하고 統計的 技法을 使用하여 施行하는 試驗으로서 故障率의 傾向(增加, 一定, 減少)과 統計的 分布(指數分布, 正常分布, Weibull分布)가 把握될 수 있도록 計劃 하여야 한다. 信賴性 試驗 計劃에 包含할 事項은 다음과 같다.

(1) 試驗品의 數

(2) 샘플 크기

(3) 合格/不合格 判定基準(故障 定義 및 故障 判定 基準)

(4) 信賴 水準

(5) 시스템 및 subsystem 水準의 試驗

(C) 信賴性 試驗의 計劃

(7) 試驗持續時間(O/S/MP)

(8) 試驗條件(O/S/MP)

4. 整備性

整備성은 整備를 經濟的으로 容易하게 하기 爲한 設計 要素이다. 卽, 整備성은 生産 및 使用 段階에 들어 간 裝備를 適正 費用으로 容易하게 整備 維持 할 수 있도록 開發 初期 段階부터 設計에 反映 하여야 한다. 여기에서 整備성과 整備의 概念 差異를 알 수 있다. 整備성은 設計 要素인 反面, 整備는 使用에 따른 措置 行爲이다. 卽, 整備는 裝備를 使用可能한 狀態로 維持하거나 回復 시키는 데 必要한 모든 行爲를 말한다. 따라서 整備성은 整備를 爲한 設計라고 할 수 있고, 整備는 設計의 結果라고 할 수 있다. 訓練이 不足하거나 誤判定, 不注意, 또는 道具가 不適當하면 整備行爲로 因하여 整備성이 低減될 수 있음을 認識하여야 한다.

가. 整備성의 種類

(1) 定性的 整備性

定性的으로 表現되는 시스템 特性을 말하며, 複雜性的의 最少化, 整備時 部品에의 接近性(accessibility)의 最適化, 外部 試驗 裝備의 最少 使用 등과 같은 것이다.

(2) 定量的 整備性

確率, 比率 등과 같은 測定 可能한 量으로 表示되며, 例를 들면 平均 修理 時間, 整備 比率 등이다.

나. 整備성의 尺度

(1) 平均修理時間(Mean Time To Repair, MTTR)

MTTR은 修理 整備에 所要되는 平均 整備 時間을 말한다.

(2) 平均豫防整備時間(Mean Preventive Ma-

intenance Time, MPT)

MPT는 豫防 整備에 所要되는 平均 整備 時間을 말한다.

(3) 最大修理時間(Maximum Time To Repair, Mmax)

Mmax는 모든 修理 整備中 規定된 比率(%)의 修理 整備가 完了 되어야 하는 最大 時間을 말한다.

(4) 整備比率(Maintenance Ratio, MR)

$$MR = \frac{\text{所定期間中 總整備工數}}{\text{同一期間中 總運用時間}}$$

(5) 使用者 修理確率

(6) 專門修理者 修理確率

다. 整備性 設計 要素

(1) 接近性(Accessibility)…部品, 모듈, 試驗 點

(2) 部品の 標識

(3) 互換性

(4) 安全性

(5) 單純性

(6) 모듈化

(7) Fastners & Connectors

(8) 故障診斷法……手動(trouble shooting) 半自動, 自動技法

(9) 修理方針……全修理, 部分修理, 廢棄

(10) 標準化

5. 可用性

가. 可用性의 種類

可用性에 使用되는 記號를 먼저 定義한다.

OT(Operating Time) : 所定期間中の 總作動 時間

TCM(Total Corrective Maintenance Time) : 所定 期間中の 總修理整備時間

TPM(Total Preventive Maintenance Time)

RAM의 概念

: 所定 期間中の 總豫防整備時間

ST(Stand by Time) : 所定 期間中の 待機 時間
 間即, 作動 可能한 期間中の 非作動 時間

ASDT(Administrative and Support Down-time) : 所定 期間中の 行政 支援으로 因한 非稼動 時間

(1) Inherent availability, Ai

$$A_i = \frac{OT}{OT+TCM}$$

Ai는 初期豫測 및 分析時에 使用된다.

(2) Achieved availability, Aa

$$A_a = \frac{OT}{OT+TCM+TPM}$$

Aa는 開發 試驗 및 最初 生産 試驗時에 適用 된다.

(3) Operation availability, Ao

$$A_o = \frac{OT+ST}{OT+ST+TCM+TPM+ASDT}$$

시스템 效果도와 關係를 가지는 特性은 다음과 같다.

- (1) mission 要請에 대한 卽應能力
- (2) 시스템 作動的 持續性
- (3) mission의 最終 成果

이 3個 特性의 寄與를 各各 可用性, 持續性 (depend ability) 및 能力이라고 하며, 따라서 시스템 效果도는 그림 4와 같이 可用性, 持續性, 能力의 函數가 된다.

7. 맺는 말

效果的인 시스템의 開發에 있어서 RAM 特性은 重要 要素이다. 整備 維持 可能한 高信賴性 시스템을 使用者에게 供給하려면 다음 事項을 考慮 하여야 한다.

가. RAM 特性은 시스템 要求者가 規定 하여야 한다.

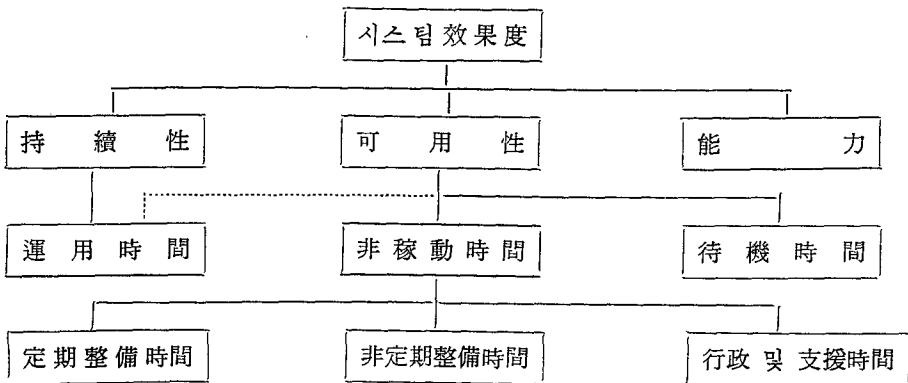


그림 4. 시스템 효과도

Ao는 要求提起, 運用試驗, 全 壽命 期間 費用算定에 適用된다.

나. 可用性 設計 要素

可用性은 信賴性和 整備性의 函數이므로 自然히 信賴性和 整備性의 設計 要素가 可用性 設計 要素가 된다.

6. RAM과 시스템 效果도의 關係

나. 故障定義, 故障判定基準, 作動樣式摘要 (OMS) 등은 시스템 要求者와 시스템 開發者가 共同規定하고 相互 同意 하여야 한다.

다. RAM 設計는 開發 段階에서 開發者가 하여야 한다.

라. 시스템 要求者가 本來의 要求 事項을 充足하는 시스템을 供給 받으려면 適切한 方法으로 RAM 特性을 試驗 評價 하여야 한다.