

# 交換機의 信賴度에 關한 小考

崔太球 · 李大基 / 品質研究室

## 〈Abstract〉

This paper presents some considerations of reliability for switching system, i. e. reliability measures, reliability model and prediction, and reliability improvement. Those are described comprehensively than technologies aspects. Recent trends for switching system reliability are also described so as to aid people interested in this field.

## I. 序 論

北美地域을 중심으로 하여 交換機의 downtime 目標로서 現在까지는 40년에 2시간 이하[Unavailability,  $5.7 \times 10^{-6}$ ]라는 數值를 설정하고 이를 널리 사용하여 왔다. 이 目標値는 과거 機械式 交換機들의 運用 經驗으로 부터 형성되어 空間分割 方式의 電子交換機에도 적용되었으며 近來의 시분할 電子交換機에 대해서도 뚜렷한 變更없이 적용하여 오고 있다.

그러나 電子交換機의 品質 또는 信賴度(넓은 의미의)를 가늠하는 전통적인 척도(Measure)인 Downtime, MTBF, 故障時間 / 回線 / 年, 등 만으로는 전체 시스템의 性能을 적절히 나타내

기가 대단히 어려운 것이다. 또한 이들 척도들에 대한 정의도 각 나라마다, 각 生産社마다 약간씩 概念上의 차이를 갖는 사례도 있으므로 따라서 關聯된 數值들을 비교 판단할 경우 정확한 배경 파악이 함께 必要하다. CCITT에서는 개개의 機器나 裝備들의 性能, 信賴度, 保全度 등에 關한 事項은 물론, 특히 전체 通信網의 서비스 觀點에 焦點을 맞추고 있다. 이들 연구는 SG CMBD를 主軸으로 하여 進行中에 있으며 final draft가 84년 1/4分期中에 提出될 予定으로 있다.

本稿에서는 交換機의 信賴度 척도, 信賴度 모델 및 予測, 信賴度 改善, 部品 故障率들을 技術的인 側面보다는 포괄적으로 다루도록 하였으며 交換機의 信賴度 概念의 推勢와 信賴度 研究의 方向에 대해 언급하였다.

## II. 信賴度 尺度

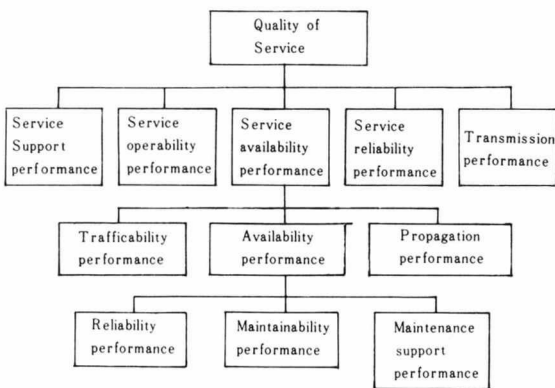
### 1. 交換機 信賴度 尺度의 推移

電話 交換機의 信賴度 尺度로서는 system downtime, service degradation, 서비스 또는 機器들에 대한 MTBF, 故障數 / 回線 / 年 또는 故障時間 / 回線 / 年들이 전통적으로 使用되어 왔다. 이들 尺度들의 目標値는 國家의 標準, 交換

機의 用途, 또 生産社들의 品質 / 信賴度 전략에 따라 다소간의 차이는 있으나 예를 들면, 대체적으로 2 시간/40년 以下, 1.25/10,000呼 以下, 1년, 28분/Trunk/年들이었다. 1970年代 중반에 이르러서는 서비스에 영향을 주는 總 故障時間 또는 시스템 當 1年동안 서비스에 영향을 준 平均時間들이 信賴度 尺度로서 提示되었다. 이 時期에 CCITT 에서도 信賴度, 可用度들에 관한 재조명이, 특히 전체 通信網의 觀點에서 있었으며 Rec.G106(Yellow Book)에서 信賴度, 可用度등에 관한 概念과 定義가 記述되고 GAS 6에서는 traffic에 따른 事項, 서비스等級(Grade of service)들과 Availability[Unavailability] 數值가 전체 시스템, 加入者回線, 課金 등에 관하여 잠정적인 값으로서 提示하였다. 近來에 이르러서는 顧客(加入者) 입장에서 서비스 品質 즉 通信網이나 시스템內的 어느 한 部分의 故障이나 誤動作들에 관해서는 별 關心이 없으며 단지 願하는 서비스를 願하는 時期에 만족스럽게 받을 수 있는가에 關心이 모아져 CCITT를 비롯하여 각 나라, 각 生産社들에서 많은 研究가 進行中이며 cutoff calls과 같은 尺度들도 포함되기 시작하였다.

## 2. CCITT 에서의 信賴度 研究

可用도와 信賴度 研究에 關聯하여 概念, 用語 및 定義들이 CCITT Rec. G 106에 기술되어 있다. 記述된 內容들은 모두 확립된 事項들은 아니나 많은 部分들이 정리 단계에 있으며 8次 總회에서 論議하여 確定될 것이며(그림 1)에서 나타난 것과 같다.



<그림 1> 서비스 품질의 계위(CCITT Rec. G106)

서비스 品質은 전체 通信網의 觀點에서 개개의 裝備들과 交換網의 서비스에 適用하는 것이며 交換機의 品質/信賴도와 直接 關係되는 것은 service availability performance 와 service reliability performance 이다. Service availability performance는 SG XI Rec. Q 504 (Performance requirements)와 서로 關聯이 되며 availability performance는 equipment availability 이다.

CMBD에서는 WP B에서 주도하고 있으며 한편 7차 總회를 끝으로 活動은 停止 되었으나 GAS 6에서는 서비스 등급(Blocking, Delay, 關聯), 可用度[Unavailability]에 대한 잠정적인 數值를 提示하였다. 여기에서 提示된 값들을 交換機 生産社들이 提示하고 있는 값들과 비교해 보면 대체로 낮은 값을 갖고 있음을 알 수 있다.

## III. 交換機의 信賴度

### 1. 信賴度 配分

一般 製品이나 시스템과 마찬가지로 交換機의 경우에도 이를 製品化하기 위한 最初 企劃段階에서 feasibility study 후 시스템 目標(System objectives)를 定하며 이에 準하여 各部分別 目標 즉, 信賴度 目標, 維持 保守 目標 등을 定한다. 이들 목표들은 費用, 現在의 技術水準, 納期, 人力, 其他 여러가지 要素들을 망라하여 결정할 것이다. 信賴度 目標値가 정해지면 이에 따라 交換機의 構造와 機能에 따른 信賴度 配分(Allocation)을 하여 이를 目標로 한 設計業務에 들어가게 된다. 예를 들면 制御部分은 40分/20年 以下, network은 1 시간/20年 以下, cutoff call은 1.25 / 10,000呼 以下 등이 되며 일반적으로는 生産하고 運用하는 동안에 얻어지는 信賴度(Achieved reliability)는 設計當時의 信賴度(Inherent reliability) 보다 낮은 값을 갖게 되므로 設計時에는 現場에서 要求되는 目標値보다 높은 값으로 정할 필요가 있다.

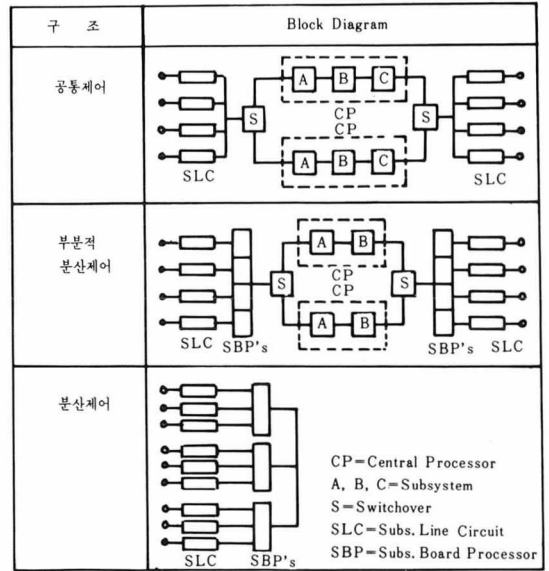
한편 시스템內에서 차지하는 소프트웨어 비중이 더욱 더 커지고 있으며 이제까지의 시스템設計 概念이 소프트웨어를 사용하는 하드웨어를 기반으로 하는 設計(Hardware-based design)에서 하드웨어 支援을 받는 소프트웨어를 기반으로 하는 설계(Software-based design)로 바

꾸고 있는 推勢이므로 信賴度 配分時 소프트웨어 信賴도에 보다 큰 比重을 두어야 한다. 또한, 유지 보수 전략이 전체 시스템의 信賴도에 매우 큰 영향을 주게되므로 設計時 유지 보수側面에서의 考慮가 충분히 반영되어야 한다.

### 2. 信賴度 모델과 信賴度 予測

信賴度 모델을 만드는 目的中的의 하나는 対象에 関하여 적절한 情報를 이끌어 내어 판단 基準을 삼기 위함이다. 즉 모델에 数学的 技法을 적용 평가하여 結果值가 既定된 목표치에 도달하는지를 評價해 보거나 또는 alternative structure를 비교하여 最適의 設計를 이끌어 낸다든지 하기 위함이다. 信賴度 모델을 만드는 첫段階는 대상에 관한 세밀한 定義에서부터 시작한다. 交換機에 있어서는 각 構造와 機能을 면밀히 分析 定義하고 각 部分別로 FMEA (Failure Mode Effect and Analysis)를 수행하여 reliability block diagram을 作成하는 段階順으로 수행한다. 그러나 交換機와 같이 대단히 複雜한 시스템을 構造와 機能別로 정확히 분석하고 실제 対象物의 복제품과 같은 모델을 세우는 것은 실제로는 매우 어려운 작업이며 Markov approach, Bayesian approach같은 技法들이 利用되고 있다. 交換機의 信賴度 모델(Benchmark Model)이 정립되지 않은 原因中的의 하나는 소프트웨어 모델이 아직 精確化되어 있지 못하기 때문이며 여기에 유지 보수 모델(Maintenance model)과 現場 運用 모델(Field experience model)들도 適用上의 어려움이 많기 때문이다. 交換機의 信賴度 予測研究에 있어서도 신뢰도 모델은 중요한 位置를 차지하고 있으며 이에 대한 간단한 모델 例를(그림2)에 나타내었다.

交換機의 信賴度 予測 研究에서는 먼저 필요한 尺度(Measure)들을 決定한다. 즉 可用度, 信賴度(좁은 의미의), 보전도, MTBF, cutoff call들을 選定하고 対象物인 交換機의 構造와 機能 環境條件, 使用條件, 유지 보수 條件들에 관한 모든 情報들을 蒐集하고 이들을 정의함으로써 앞에서 언급한 모델作成의 첫 段階에 들어가게 된다. 다음에 reliability block diagram 作成後 수리율(Repair philosophy)에 관한 事項을 決定한다. 모델에서 부터 필요한 尺度들을



(그림 2) 交換機의 신뢰도 모델 예

計算해 내기 위해서는 적절한 故障率 데이터 出處를 定하고 数学的 方法(주로 Matrix 計算)을 사용하여(일반적으로 계산을 위한 별도 프로그램을 作成한다) 結果를 誘導한 뒤 이를 信賴度 目標值, 規格들과 比較 分析한다. 이러한 신뢰도 예측의 의의는 適時에 必要한 데이터(Board, subsystem 單位의 設計上의 信賴度 값, redundancy, 유지보수 전략, 시스템內的 취약한 部分 決定 등)를 設計部署에 提供함으로써 既定된 시스템 目標, 信賴度 目標, 유지보수 目標을 충족시킬 수 있도록 支援하는 것이다.

위에서 언급한 信賴度 모델 및 予測에 있어서는 適定한 假定下에서 遂行하게 되는 데이터들 假定을 잘못 적용하는 경우가 발생하여 推出된 데이터가 쓸모없게 되는 危險性도 많이 있다. 重要한 몇가지로는 電源, 일정 修理率, 故障現象에 대한 比重值, 완벽한 스위치 (Redundancy, standby 에서), 완전한 故障探知 등이며 이들을 適用할 때에는 세심한 注意가 요구되고 있다.

### 3. 信賴度 改善

交換機의 信賴度를 設定된 目標대로 達成하기 위하여 일반적으로 적용하는 信賴度 改善 技法은 高信賴部品 使用, 시스템의 複雜性을 줄임, redundancy, 二重化 使用, 予測되는 stress 보다 더 높은 stress에 견딜 수 있도록 設計(De-

rating) 하는 방법들로서 상당한 信賴度 改善을 기약할 수 있으나 이는 주로 하드웨어 改善 技法이며 소프트웨어에는 그대로 적용할 수는 없다.

上記 技法들은 信賴度 向上을 이룩하는데 有力한 方法임에는 틀림없으나 오랜 기간 동안 高 信賴度를 확보 維持하도록 하기 위해서는 費用 또한 많이 소요된다. 그러므로 修理時間의 減小에서 오는 維持 保守 費用의 감소와 시스템 故障時間의 감소로 인한 收入增大, 利益의 增加分이 高信賴 시스템을 확보 유지하는데 所要된 費用을 補償할 수 있는 전체 비용(Total cost)의 觀點에서, 즉 전체 비용의 最小化가 信賴度 改善 研究에서 技術的인 측면과 함께 큰 比重을 차지하고 있다.

信賴度 管理(Reliability management) cycle을 設計-生産-運用의 세 段階로 나누면 信賴度 改善은 설계단계에서 완벽하게 수행하는 것이 技術的인 면에서나 費用面에서 가장 有利한 것은 당연할 것이며 生産, 運用順이 될 것이다

信賴度를 높일 수 있는 사람은 신뢰도 엔지니어도 아니고, 生産 엔지니어도 아니며 바로 設計者가 實質的으로 신뢰도 개선의 主役이며 신뢰도 管理 cycle에서 關連되는 모든 사람들에 의해 最適한 信賴度 改善이 이루어진다

4. 部品の 信賴度

交換機는 대단히 많은 機械, 電氣, 電子部品들로 構成되며 특히 全 電子式 交換機에는 大量의 半導體, IC 部品들이 使用되고 있으므로 이들 部品들의 信賴度는 전체 시스템의 신뢰도에 커다란 影響을 미친다. 設計時 要求되는 신뢰도 目標值를 충족시킬 수 있는 部品를 評價, 選定할 필요가 있으며 信賴度 予測 研究에 있어서도 部品들의 故障率을 가능한 한 精確하게 求하여야 한다. 많은 量의 부품들을 일관성 있게 評價하고 故障率을 精確하게 求하기 위하여는 부품들에 대한 完備한 모델이 必要하게 된다.

現在까지 部品들 전 品種에 걸쳐서 거의 完備한 모델을 確立하고 이를 發刊한 機關은 두 곳으로 MIL-HDBK-217(DOD), Reliability Prediction of Electronic Equipment와 Latest Version of CNET Reliability Prediction Model for Microcircuits이다. MIL-HDBK-217의

경우에는 軍用規格이므로 이를 産業用 또는 일반 商用製品에 적용할 경우에는 많은 무리가 따르기 마련이다(MIL-HDBK-217에 의하면 故障率값이 일반적으로 높음). 그러므로 이를 精確히 變更시켜서 적용하여야 하며 특히 field experience에 의한 項目들은 많은 調整이 必要하다.

通信機器 大 메이커들은 각자 데이터 베이스를 갖고 있으나 이는 주로 MIL-HDBK-217을 기반으로 하고 各社의 field experience를 feedback시켜 데이터 뱅크를 運營하고 있다. 部品の 故障率 予測 研究에 있어서 MIL-HDBK-217과 關連 메이커에서 評價한 부품 故障율 比較表를 <表1>과 <表2>에 나타내었다.

部 品	機 能	Package type	故障率 予測值(FIT)		
			A社	MIL-HDBK 217C	CNET model
74LS00	Logic	Ceramic	10	100	15
"	"	Plastic	10	210	15
82S181	PROM	Ceramic	1300	710	250
"	"	Plastic	3300	22000	390
4164	DRAM	Ceramic	750	3000	700
6116	SRAM	Plastic	480	180000	2600
8085A	P	Ceramic	190	1000	540
"	"	Plastic	550	270000	1000
8086	"	Ceramic	990	3400	2200

<表 1> MIL, CNET 및 A사모델의 부품 고장율 예측치 비교 (4)

部 品	게이트數	고장율예측치(10 <sup>4</sup> /hr)	
		MH-217D	B社
Dual 1024-Bit Shift Register PMOS	2048	0.352	0.0435
1024×1 Bit Static RAM NMOS	1125	0.606	0.0281
1024×1 Bit STTL	125	0.902	0.0355
2048(412×4) Bit PROM	2048	0.158	0.0464
1024(256×4) Bit PROM STTL	1024	0.212	0.0341
Hex D Type F/F LSTTL	38	0.086	0.0067
Quad 2 Input MUX LSTTL	19	0.088	0.0064
4-Bit ALU LSTTL	63	0.163	0.0080
Synch 4-Bit Binary Counter LSTTL	57	0.114	0.0093
16-Input MUX LSTTL	226	0.148	0.0078
8-Bit Bidirectional S/R LSTTL	87	0.155	0.111
64(16×4) Bit RAM LSTTL	95	0.184	0.0143

<表 2> MIL 과 B사 모델에 의한 부품 고장율 예측치 비교 (5)

5. 信賴度 데이터

信賴度 研究의 궁극적인 목표는 最適한 시스템을 設計하고, 生産하고 이를 顧客의 要求를

충분히 만족시킬 수 있는 서비스水準에서 시스템을 운영하는 것이다. 그러므로 信賴度目標을 設定하고 예측 평가하고 또한 確保維持하는 信賴度 管理面에서의 확립이 절실하다. 이를 위한 가장 重要的 事項中的의 하나는 많은 相關자료(故障率, 修理率, 現場 運用데이터, 품질이력, 등)를 蒐集하고 運營하는 것이다. 이는 工學的인 面과 相關 데이터를 적용하는 統計的 技法들의 開發과 또한 많은 時間과 費用을 要하는 작업이며 방대한 組織에서 가능한 일이다. 그러므로, 中小規模의 組織에서는 대규모 組織에서 만든 데이터 뱅크로부터 필요한 情報를 入手하는 것이 効率的이며 실제로 外國에서는 이러한 方法을 많이 이용하고 있다. 國內에서도 外國의 相關 데이터 뱅크를 活用할 수 있도록 推進하는 것이 한 方法이 되나 美國防省에서 개발한 ORACLE (MIL-HDBK-217의 컴퓨터化한 프로그램)의 access는 어려운 條件이고 民間레벨에서 개발한 프로그램은 完全하지 못하여 美國의 GIDEP (Government Industry Data Exchange Program)의 경우에는 外國機關에서 access하는 데 대해 매우 閉鎖的인 한편 유럽의 EXACT (International Exchange of Authenticated Electronic Component Performance Test Data)와 같은 機關과의 協助도 부진한 狀況이다. 그러나 더욱 중요한 것은 이들 데이터가 國內實情에 맞는 지 미지수인 것이다. 國內에서도 有関機關들이 필요한 데이터를 하나씩 蒐集하고 이를 데이터 베이스化하여 國內 실정에 맞는 데이터 뱅크를 공동으로 運營하는 것이 가장 바람직하다.

#### IV. 結 論

交換機의 信賴度 尺度, 信賴度 모델 및 予測, 部品 信賴度들에 관하여 개략적으로 檢討하였다. 앞에서 언급한 바와 같이 交換機의 信賴度는 通信網의 한 부분인 交換機를 전체 通信網의 신뢰도 側面에서 평가하여야 한다. 더욱 더 높아지는 소프트웨어 比重, human factor, 등 많은 要素들 전부를 망라한다는 것은 대단히 어려우나 단편적인 信賴度 평가는 가능하므로 이를 段階的으로 확대 精確하고 体系的으로 精確하여 목표에 接近하도록 하여야 한다. 信賴度 모델을 세우는 업무에 있어서도 실제 対象物과 유사한 복제품 모델을 만든다는 것은 실제로는 不可能

하므로 이미 精確되어 있는 理論的 信賴度 모델에 실제 対象物을 逆으로 맞추는 경우도 일어나게 된다. 그러므로 sensitivity analysis를 철저히 수행하여 檢證(Verification)에 만전을 期하여야 한다.

交換機의 信賴度 標準을 精確하기 위하여 CCITT와 先進國에서 많은 研究가 進行중에 있다. 따라서 이에 關한 事項과 現在 信賴度研究의 推勢가 전통적인 尺度에 關한 것과 특히 고객(가입자)의 서비스 側面에서 強調하고 있으므로 여기에도 焦點을 맞추는 한편 交換機의 life cycle에 關한 전체 費用面에서의 信賴度 研究도 併行되어야 하겠다.

#### 參 考 文 獻

1. CCITT GAS 6 Contribution No. 31-E, Feb. 1979.
2. CCITT Rec. G106.
3. CCITT SG CMBD Contribution No. 6, March, 1981.
4. Palo, Sauli, "Reliability Prediction of Microcircuits," Microelectronics and Reliability, Vol. 23, No. 2, 1983, pp283~294
5. O'Connor, P. D. T., "Microelectronic System Reliability Prediction" IEEE Trans. Reliability, Vol. R-32 No. 1, 1983. pp9~13
6. Malec, H. A., "Telephone Switching System Reliability, Past, Present and Future", National Telecommunications Conference Record, Dec., 1975.
7. Pitroda, S. G. et al, "Digital Switching II - Digital Switching Techniques" Pro. of the National Electronics Conference, Vol. 12, 1978, pp41 - 45
8. Dutt, J. and H. A. Malec, "Reliability Standards for Digital Switching System" 5th European Conference on Electrotechnics-Eurocon, 1982. pp363 - 366
9. Karas, W. P., "Reliability and Maintainability Improvements through Distributed Controls in Communication Systems", National Telecommunications Conference Record, Nov. 1981