

## TMN 개념을 응용한 통신망 관리구조 설계에 관한 연구

正會員 金 榮 明\* 正會員 曹 永 鉉\*

A Study on the Design of Network Management  
Architecture based on TMN ConceptYoung Myoung Kim\*, Young Hyun Cho\* *Regular Members*

## 요 약

통신망 진화와 함께 다양하게 변화해가는 통신망 운용환경에 능동적으로 대처하기 위해서는 표준화된 개방형 구조를 지향하는 통신망 관리구조의 설계가 필수적으로 요구된다.

특히, 다양하고 이질적인 통신망 구성요소(NE: Network Element)들로 구성되는 통신망에서는 상호연동성(interoperability)이 결여되어 통신망 운용관리측면에서 TMN 사용자가 필요로 하는 관리서비스(MS: Management Service)의 효율적인 지원이 매우 어려워진다.

그러므로, 본 고에서는 국제표준화기구인 ITU-TS(Telecommunication Standardization Sector: CCITT)와 유럽의 RACE(R&D in Advanced Communications and Technologies in Europe)프로그램으로 권고하는 TMN 개념을 토대로 관리서비스를 세분화하여 계층적 관계를 정립한 후, 관리대상이 되는 통신망에 취해지는 관리행위에 대한 요구사항을 기술한 서비스구성요소(MSC: Management Service Component)를 TMN 관리계층에 따라 계층화시키고, 관리응용기능(MAF: Management Application Function)을 기능관점에서 분류한 관리기능영역(FA: Functional Area)들간의 정보흐름을 분석하는 등 Top-Down 접근방법에 의한 통신망 관리구조 설계에 대해서 기술하고자 한다.

## Abstract

With the evolution of telecommunications network, the operational environments of a modern telecommunication network are becoming more complex and diverse. Therefore, the design of NMA(Network Management Architecture) that pursues standardization and openness in order to accommodate them actively will be required.

In such a network environment which composes various and heterogeneous network elements, it is not easy to support efficiently TMN MSs(Management Services) because it has lack of interoperability among them.

\*韓國通信 研究開發團  
Korea Telecom Research Center Network Management  
System Dept.  
論文番號: 94 17

This paper proposes a top-down approach being taken to design a network management architecture with establishing the hierarchical relationships of management services based on ITU-TS(Telecommunication Standardization Sector: CCITT) and RACE(R&D in Advanced Communications and Technologies in Europe) TMN concept, and allocating MSC(Management Service Component) by TMN management layer, and analyzing the information flow between FAs(Functional Areas).

## I. 서 론

다양하고 이질적인 통신망 구성요소(NE: Network Element)가 공존하고, 각기 다른 관리영역을 갖는 개별 운용시스템(OS: Operation System)이 운용중인 통신망 환경하에서 TMN 개념에 의한 총체적인 관리구조를 갖지 못한 현재의 통신망 관리구조로는 상호연동성(interoperability)이 결여되어 효율적인 TMN 관리서비스(MS: Management Service) 지원이 매우 어려우므로 이들 개별 운용시스템들을 표준화된 개방형 통신망 관리구조에 맞춰 물리적, 정보적, 기능적 통합단계를 거쳐 통합 운용되어야만 개별 관리의 한계성을 극복하고 다양한 관리서비스 지원이 가능해질 것이다.

따라서 통신망의 진화와 함께 다양화 되어 가고 있는 통신망 구성요소와 서비스 환경에 효율적으로 대처하기 위해서는 표준화된 개방형 통신망 관리구조 설계가 필수적으로 요구된다.

본 고에서 정의된 통신망 관리구조란 아래의 4가지 관리목표에 입각하여 통신망의 효율적 관리를 위한 TMN개념의 계층적 기능, 정보 및 물리구조를 의미하는 것으로, 이러한 통신망 관리구조 설계방법에는 크게 Top-Down 방법과 Bottom-Up 방법의 두가지 접근방법이 있다.

- 표준화(Standardization)
- 개방형(Open) 구조
- 총체적(Global) 관리
- 일원적(Unified) 관리

Top-Down 방법은 관리대상이 되는 통신망에 대한 계층별 관리서비스를 정의한 후, 이들을 점차 세분화시켜 서비스구성요소, 관리응용기능들을 순차적으로 정의하고 이들의 관계를 정립하는 방법인 반면 Bottom-Up 방법은 통신망의 서비스환경, 구성환경으로부터 요구되는 관리응용기능의 정의와 이들 기능들간의 관계를 정립한 후, 그룹화시켜 서비스구성요소 및 관리서비스를 정의해 나아가는 방법이다. 본 고에서는 ITU-TS(Telecommunication Standardization

Sector: CCITT), RACE(R&D in Advanced Communication Technologies in Europe)에서 권고하는 TMN 개념을 하부구조로 도입하는 Top-Down 방법의 통신망 관리구조 설계방법에 대해서 고찰한다.

먼저 TMN 개념과 관련 용어들에 대한 정의를 2장에서 살펴보고, 3장에서는 통신망 운용관리측면에서 TMN 사용자가 필요로 하는 운용, 관리 및 유지보수(OAM: Operation Administration and Maintenance)와 관련된 요구사항들로 표현되는 관리서비스(MS)를 정의하고, 이들을 서비스 사용자에 의해 인지되는 관리서비스의 최소부분이며 관리객체(MO: Managed Object)상에 수행될 액션이 순차로 구성되는 관리응용기능(MAF: Management Application Function)까지 세분화시켜 관리서비스의 계층적 관계를 구성한 후 시스템으로의 기능구현시 주 고려대상이 되는 OSI 시스템관리기능(OSI/SMF: OSI/System Management Function)들과의 관계를 정립한다.

이는 관리대상이 되는 통신망을 통해 제공가능한 관리서비스와 이들 구성하는 구성요소들을 일목요연하게 파악하고, TMN 사용자 관점과 시스템 구현관점과의 관계를 조명하기 위한 것이다.

4장에서는 3장의 연구결과를 토대로 TMN 개념에 입각한 계층적 기능, 정보 및 물리구조를 설계하기 위하여 TMN 운용시스템 기능블럭(OSF: Operation System Function)으로 분류가 가능한 서비스구성요소(MSC)를 관리서비스(MS) 및 관리기능영역(FA: Functional Area)별로 TMN 관리계층에 따라 계층화시켜 계층적 기능구조를 설계하고, 관리기능영역들간의 정보 및 데이터 흐름을 조사분석하여 계층적 정보구조를 설계하고자 한다. 그리고 물리구조 설계시 고려되는 통신망 운용환경을 반영한 여러 속성들의 제시와 함께 설계가능한 다양한 물리구조형태를 제시한다.

5장에서는 결론과 향후 총체적(Global)이고 일원화(Unified)된 통신망 관리체제 구축을 위한 방안을 간략히 기술한다.

## II. TMN 개념과 관련 용어 정의

TMN 이란 “통신망 및 통신서비스 관리를 목적으로 통신망 운용시스템(OS)과 통신망 장비들을 표준 인터페이스로 연결하고 이 표준 인터페이스를 통해 필요한 관리정보를 교환할 수 있도록 한 구조로, OSI 시스템 관리서비스 및 프로토콜을 기반으로 하는 관리기능들을 이용하여 통신망을 구성하는 여러 종류의 통신망 구성요소들과 운용시스템간, 운용시스템들간에 관리정보를 교환 및 처리하여 통신망을 관리하는 협력체제 구조”를 의미한다.[10]

본 고에서 주로 언급될 TMN 관련 용어들을 다음과 같이 정의한다.[7][10]

- 관리서비스(MS)

통신망의 운용, 관리, 유지보수를 지원하는 관리활동영역을 말하며, TMN 사용자 입장에서 인지된 운용, 관리, 유지보수(OAM : Operation, Administration and Maintenance) 요구사항들을 기반으로 기술된다.

- 서비스구성요소(MSC)

통신망에 취해질 관리행위에 대한 요구사항을 기술하는 것으로 TMN 관리서비스의 구성요소가 된다.

- 관리응용기능(MAF)

서비스 사용자에 의해 인지되는 것으로 TMN 관리서비스의 최소 부분이며, 일반적으로 정의된 관리객체(MO : Managed Object)(들)상에 수행될 액션의 순차로 구성된다.

- 기능구조(Functional Architecture)

TMN내의 기능적 분산을 기술한다.

- 정보구조(Informational Architecture)

복잡한 관리 대상시스템들을 조직화하고 이들의 상호 협력체제를 정립하기 위해 관리자/관리대행자(Manager/Agent) 개념을 TMN 관리영역과 공유관리지식(SMK : Shared Management Knowledge)에 도입하여 정보흐름을 기술한다.

- 물리구조(Physical Architecture)

TMN을 구성하는 물리적 구성요소들 사이의 실현가능한 인터페이스를 기술한다.

한편, TMN에서는 관리대상 또는 관리영역에 따라 TMN 관리가 계층화 된다. 통신망을 구성하는 물리적 구성요소들로 표현되는 최하위계층인 통신망 요소계층(NEL : Network Element Layer)위에 단계적으로 각각의 통신망 구성요소들을 개별적으로 관리하며 제공되는 모든 기능들에 대한 추상화를 지원 하는 요소관리계층(NEML : Network Element Mana-

gement Layer), 모든 통신망 구성요소들에 대한 개별적 관리 및 전체적인 관리를 수행하는 네트워크관리계층(NML : Network Management Layer), 고객들에게 제공되고 있거나 제공될 서비스들을 관리하는 서비스관리계층(SML : Service Management Layer), 통신망 사업 전반에 대한 총괄적인 관리를 수행하는 사업관리계층(BML : Business Management Layer) 등으로 구성된다.[10]

국제표준화기구인 ISO와 ITU-TS(Telecommunication Standardization Sector : Section : CCITT)에서는 관리기능영역을 주로 관리의 인-서비스(In-Service)관점에 초점을 두어 장애, 구성, 요금, 성능 및 보안(FCAPS : Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security)관리 등을 다루고 있으나, RACE(R&D in Advanced Communications Technologies in Europe)에서는 ITU-TS(CCITT) 관리관점 이외에도 서비스이전(Pre-Service)과 서비스이후(Future Service) 관점에 관련된 기능들에 대한 연구도 추가 수행하여 TMN 관리기능영역을 아래와 같이 10가지 관리기능영역으로 확장하였다.[4] 각 관리기능영역의 정의와 범위를 설정하기 위해 관리기능영역별로 세분화되어 있는 세부관리기능영역(SFA : SubFunctional Area)들을 표 2-1에 나타내었다.

표 2-1. RACE TMN 관리기능영역의 정의 및 범위  
Table 2-1. Definition and Scope of RACE TMN Functional Area

서비스단계	TMN 관리기능영역	정의	세부관리기능영역(SFA)
서비스이전 (Pre-Service)	설 계 (TMN Design)	서비스공급자 장비, 단말장비, 가입자 시설망, 통신망구성요소의 TMN 개념적 설계	서비스설계 I/F 설계 요소설계
	계 획 (Planning)	사용자 및 고객의 요구를 만족시키기 위하여 새로운 요구 예측, 기존적 시안 변경	서비스예측 통신망예측 기술시안 모의실험 I/F 및 프로토콜 통신망 최적화
	설 치 (Installation)	통신망구성요소의 물리적, 전기적 상호 연결 (운용자 <> 서비스공급자)	설치계획 설치기술 현장적용 구성 검수
인-서비스 (In-Service)	계 획 (Provisioning)	사용자에 대한 서비스의 제공, 변경, 제어 (서비스공급자 <> 사용자)	서비스준비 고객요구 지향발명 서비스가입 서비스개시 서비스종지 도움정보제공
	유지보수 (Maintenance)	장애발생시 정상상태 유지를 위한 유지 보수 활동계획 및 지원제공, 예방보전, 장애감지 및 조치, 대체, 수리, 재구성	모전관리 예방보전 일정계획 이상상황감지 이상상황통지 이상상황확인 이상상황조치 시행 서비스복구

서비스단계	TMN 관리기능영역	정의	세부관리기능영역(SFA)
인 서비스 (In-Service)	성능관리 (Performance Management)	고려인특수순의 성능유지사 지원의 경제적 활용	- 성능감시 - 서비스성능관리 - 통신망성능관리 - MS 성능관리
	보안관리 (Security Management)	통신 및 교환되는 정보에 대한 보안 측면의 지원 및 제어	- 인증 - 확인 - 암호화지원 - 보안감시 - 보안상태 - 보안복구 - 보안특성관리
	요금관리 (Accounting Management)	통신망지원 사용자 측정 및 과금데이터의 수집, 저장, 처리와 요금정책 결정	- 요금산출 및 청구 - 요금정책
	고객질의 및 제어 (Customer Query & Control)	통신문용자기 제공하는 서비스를 직접 관리하는 고객의 관리행위	
서비스이후 (Future Service)	TMN 관리 (Management of TMN)	총체적인 TMN 관리행위	

그림 2-1은 TMN 개념과 관련 용어들간의 관계를 도식화한 것이다.

그림 2-1에서 보는 바와 같이 MS-MSC-MAF 관계가 정립되고 MSC 또는 MAF의 관리기능영역별, 관리계층 분류와 관리기능영역별간의 정보흐름이 조사되면 기능구조와 정보구조 설계가 가능하며 이를 바탕으로 물리구조를 설계할 수 있다.

그러나 Top-Down 방법을 적용하여 설계한 통신망 관리구조는 관리대상으로 하고자 하는 통신망의 운용환경, 즉, 운용중인 운용스탑(OS) 현황 및 기능과 통신망 관리체제 등의 반영이 상대적으로 미비하므로 이들을 조사 분석하여 반영되어야만 통신망 관리구조의 실제적인 각 구조설계가 마무리될 것이다.

한편, TMN MAF와 OSI/SMF는 표준화된 권고 사항과 시스템 구현이라는 측면에서 매우 밀접한 관련이 있으므로 이에 대해서는 3장에서 MS-MSC-MAF 관계에 대한 고찰 후 살펴보기로 한다.

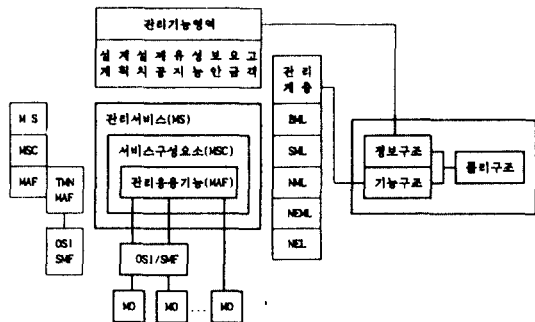


그림 2-1. TMN 개념과 관련 용어들간의 관계  
Fig 2-1. Relationship between TMN Concept and Related Terms

### III. TMN 관리서비스(MS : Management Service)

통신망의 효율적 관리를 위해서는 총체적이고 일원화된 통신망 관리구조에 입각한 모든 관리행위가 이루어져야 하며 이를 위해서는 국제표준으로 권고되는 TMN 개념을 도입하는 것이 필수적이라 여겨진다.

따라서 앞에서 TMN 개념과 이에 관련된 정의들을 살펴봐왔으므로 본장에서는 관리대상이 되는 여러 통신망중 현재의 정보통신망의 대부분을 차지하는 PSTN을 중심으로 하여 관리서비스(MS)에 대한 정의와 이들을 구성하는 서비스구성요소(MSC), 관리용용기능(MAF)들과의 관계를 정립한다.

이것은 TMN 사용자가 인지한 통신망의 운용, 관리, 유지보수 요구사항들의 관리활동영역에서 부터 통신망에 취해질 관리행위에 이르는 제반 사항을 계층적으로 세분화하여 정의한 것으로 관리서비스의 구성요소들과 기능들을 일목요연하게 파악할 수 있으며 통신망 운용환경의 변화에 따라 새로이 정의하고자 하는 신규 관리서비스 생성의 용이성과 함께 재사용성(reusability)을 제고시킬 수 있다.

PSTN 측면에서 정의한 관리서비스는 다음과 같이 11가지로 구성된다.

- (1) 통신망계획(Network Planning)  
: 통신망계획에 관련된 관리행위
- (2) 서비스계획(Service Planning)  
: 새로운 서비스도입 및 기존 서비스의 확장을 위한 관리행위
- (3) 망서비스제공(Network Service Provisioning)  
: 고객 개개인보다는 고객집단에 대한 서비스제공에 관련된 관리행위
- (4) 고객서비스제공(Customer Service Provisioning)  
: 개개인의 고객에 대한 서비스제공에 관련된 관리행위
- (5) 경보처리(Alarm Handling)  
: 경보처리중에 정보인식에 관련된 관리행위
- (6) 유지보수(Corrective Maintenance)  
: 장애교정 및 유지보수에 관련된 기능 및 절차
- (7) 서비스복구(Service Restoration)  
: 서비스복구 및 통신망 데이터베이스 갱신에 관련된 관리행위
- (8) 성능정보처리(Performance Information Handling)  
: 통신망의 성능정보를 처리에 관련된 기능
- (9) 요금 및 과금관리(Tariff & Charging Administration)

:요율, 과금 및 청구서 발송 등과 같은 재정측면의 관리행위

(10) 보안과정 관리(Management of Security Procedures)

: 보안관리에 필요한 관리행위

(11) 불만처리(Complaint Handling)

: 불만을 처리 및 관리하기 위해 필요한 관리행위

PSTN에서 정의된 대부분의 관리서비스 ((1) (5), (7), (9)-(11))는 MAN(Metropolitan Area Network)이나 SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 등 통신망의 종류에 관계없이 적용가능한 공통적인 관리서비스이며, 관리대상 통신망(PSPDN, IN, ATM/BISDN, PCN 등)의 관리특성에 따라 위에서 나열한 공통 관리서비스 이외에 다른 관리서비스도 추가적으로 정의할 수 있다.

PSTN을 관리하는 통신망 관리구조를 설계하기 위해 실제 관리대상이 되는 통신망에 취해진 관리행위에 대한 요구사항들로 기술되는 서비스구성요소(MSC)들을 각 관리서비스별로 기술한 후 이들 서비스구성요소들을 지원하는 관리응용기능(MAF)들이 속하는 (세부)관리기능영역(FA)들을 계층적 관계로 표현, 관리서비스(MS), 서비스구성요소(MSC), 관리응용기능(MAF)의 관계를 파악한다.

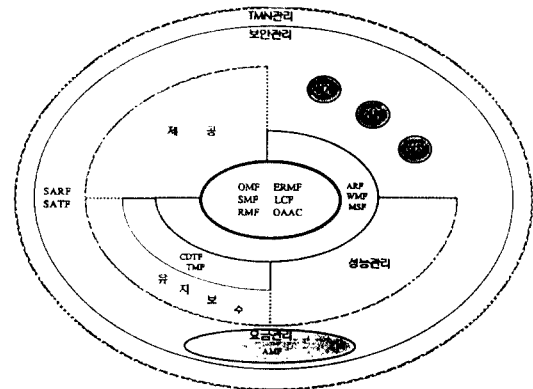
관리서비스의 최소 단위인 관리응용기능은 표준 권고안에서 제시된 개념적인 의미이며 실제 관리기능 구현시에는 주로 OSI에서 정의한 요약기능(MSF), 과부하감시기능(WMF), 사건보고기능(ERMF), 장애보고기능(ARF), 로그제어기능(LCF), 신뢰성 및 진단사형기능(CDTF), 시험관리기능(TMF), 객체관리기능(OMF), 상태관리기능(SMF), 관계관리기능(RMF), 요금계측기능(AMF), 보안정보기능(SARF), 보안감리추적기능(SATF), 접근제어를 위한 객체 및 속성(OAAC) 등 14개의 시스템관리기능(SMF: System Management Function)들과 밀접한 관련이 있으므로 설계하고자 하는 통신망 관리구조의 실현이라는 관점에서 관리응용기능(MAF)과 OSI/SMF와의 관계를 살펴 보았다.

관리응용기능은 관리서비스의 최소 단위로 보다 세분화되어 있으므로 세부적인 기술이 결코 용이하지 않아 관리응용기능들을 기능영역별로 구분한 TMN 관리기능영역과 OSI/SMF와의 관계를 고려하는 것이 비교적 무난한 것으로 판단되었으며, 이들 관계가 명확히 구분되어 정립된다면 관리기능영역에 속한 관리응용기능들과의 관계도 자동적으로 정립되므로 이와 같

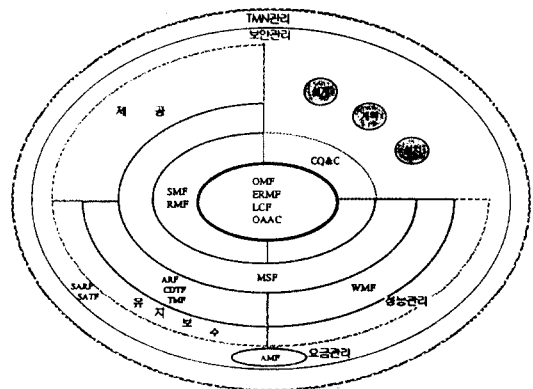
은 방법으로 관계정립을 시도하였다.

그 결과 절대적인 관계정립이 되지않아 그림 3-1과 같이 기능특성적인 측면 및 기능구현적인 측면으로 구분하여 TMN 관리응용기능영역(TMN-FA)과 OSI 시스템관리기능(OSI/SMF)과의 관계를 나타내었다.

그림 3-1에서 보는 바와 같이 OSI 시스템관리기능(SMF)중 상태관리기능, 관계관리기능, 과부하감시기능, 신뢰성 및 진단 검사기능, 측정요약기능 들은 기능특성특면에서 볼 때를 각기 다른 관리기능영역에 속하는 특성을 가지나 기능구현측면에서 조명해 보면 관리응용 기능의 제 기능 수행을 위해서는 공통관리기능영역으로 분류되는 것으로 판단된다.



(a) 기능특성측면  
(a) Functional Characteristics Aspect



(b) 기능구현측면  
(b) Functional Implementation Aspect

그림 3-1. TMN 관리기능영역과 OSI 시스템 관리기능영역과의 관계

Fig 3-1. Relationship between TMN FA and OSI/SMF

Top-Down 접근방법에 따라 기술한 PSTN 관리서비스(MS)와 이들을 구성하는 서비스구성요소(MSC), 관리응용영역(FA), 세부관리기능영역(SFA), OSI 시스템관리기능(OSI/SMF)의 계층적 관계를 살펴보면 그림 3-2와 같다.

예를 들어 불만처리 관리서비스의 경우를 살펴보

면 4개의 서비스구성요소를 갖으며, 고객 질의 및 제어 관리기능영역에 속하는 것으로 연구되었으며 이 관리서비스를 제공하기 위해서는 객체관리, 사건보고, 로그제어, 접근제어기능들이 지원되어야 하는 것으로 나타났다. 기타 나머지 PSTN 10개 관리서비스에 대한 계층적 관계는 표 3-1과 같다.

MS	통신망계획 (Network Planning)	서비스계획 (Service Planning)	망서비스제공 (Network Service Provisioning)	고객서비스제공 (Customer Service Provisioning)	경보처리 (Alarm Handling)	유지보수 (Corrective Maintenance)	서비스복구 (Service Restoration)	성능정보처리 (Performance Information Handling(PIH))	요금 및 과금관리 (Tariff & Charging Administration)	보안과금관리 (Management of Security Procedures(MSP))	불만처리 (Complaint Handling)		
MSC	Install-Switch	Alarm-Handling-Digital Switch			Collection of Accounting Data			Planning for Routing					
	Test-Switch	Alarm-Handling-Digital Remote Subscriber Unit			Setting of Tariff Parameters			Planning for Signalling					
	Configure-Switch				Production of Billing Invoice			Handling of Customer Requests for Service					
	Install-Transmission	Alarm-Handling-Transmission System			Production of Accounting Invoice								
	Test-Transmission	Alarm-Handling-Coinbox			Charging for Pay-Phone System			Implementation of Customer Access					
	Configure-Transmission	Alarm-Handling-Subscriber Line			MSP-Customer			Setting up Customer Access					
	Update Network Record				MSP-Operator			Corrective Maintenance-Switch					
	Complaint-Handling-Domestic Subscriber	PIH-Digital Switch			Planning-New Service			Corrective Maintenance-Network Level					
	Complaint-Handling-Other Operators	PIH-Analog Switch			Planning-Exiting Service			Corrective Maintenance-Service Level					
	Complaint-Handling-Business Subscriber	PIH-Plesiochronous Transaision			Forecasting for Service Demand			Corrective Maintenance-Trunks					
Complaint-Handling-Internal	PIH-End-to-end			Planning for Switching			Corrective Maintenance-Customer Access						
Alarm-Handling-Analog Switch	Collection of Billing Data			Planning for Numbering									
FA	Pre-Service				In-Service					Future-Service			
	TMN 설계	계획	설치	제공	유지보수	성능관리	요금관리	보안관리	고객질의 및 제어	TMN 관리			
Sub FA	TMN서비스설계	서비스 예측	설치계획	서비스 준비	보전관리	성능감시	요금산출 및 청구	인증					
	TMN I/F 설계	통신망 예측	설치기술	고객요구	예방보전	서비스성능관리	요금 정책	위임					
	TMN 요소 설계	통신망 최적화	현장 적용	자원할당	일정계획	통신망성능관리		암호화지침					
		기술지원	구성	서비스 가일	이상상황 감지	NE 성능관리		보안감사					
	모의실험	검수	서비스 개시	이상상황 통지			보안상태						
	I/F 및 프로토콜		서비스 중지	이상상황 확인			보안복구						
			도움정보제공	이상상황 조치			보안특성관리						
				시험									
				서비스복구									
OSI SMF	객체관리 기능	상태관리 기능	관계관리 기능	경보보고 기능	사건보고 기능	로그제어 기능	보안경보 보고기능	보안감리 추적기능	요금계수 기능	과부하 감시 기능	신뢰성 및 진단검사 기능	속성요약 기능	시험관리 기능

그림 3-2. PSTN 고객불만처리서비스의 계층적 관계

Fig 3-2. Hierarchical Relationship of Customer Complaint Handling MS

표 3-1. PSNT 관리서비스의 계층적 관계

Table 3-1. Hierarchy Relationship of PSTN Management Service

관리서비스(MS)	서비스구성요소(MSC)	관리기능영역(FA)	OSI/SMF
통신망계획 (Network Planning) Handling)	Planning for Switching Planning for Numbering Planning for Routing Planning for Signalling	계 획 (통신망예측, 통신망최적화, 기술지원, 모의실험, I/F 및 프로토콜)	
서비스계획 (Service Planning) Handling)	Planning-New Service Planning-Exiting Serv. Forecasting for Service Demand	계 획 (서비스예측, 기술지원, 모의실험)	
망서비스제공 (Network Service Provisioning)	Install-Switch Test-Switch Configure-Switch	설 치 (설치계획, 설치기술)	객체관리기능 상태관리기능 관계관리기능

Install-Transmission Test-Transmission Configure-Transmission Update Network Record	현장 적용, 구성, 검수) 계 공 (서비스준비, 고객요구, 자원할당)	사건보고기능 로그제어기능 접근제어기능 시험관리기능
고객서비스제공 (Customer Service Provisioning)	Handling of Customer Request for Service Implementation of Customer Access Setting up Customer Account	계 공 (서비스가일, 서비스중지, 도움정보제공)
경보처리 (AH : Alarm Handling)	AH-Analog Switch AH-Digital Switch AH-Digital RSU AH-Transmission System AH-Coinbox AH-Subscriber Line	유지보수 (이상상황감지, 이상상황통지, 이상상황확인)
		객체관리기능 상태관리기능 관계관리기능 경보보고기능 사건보고기능 로그제어기능

관리서비스(MS)	서비스구성요소(MSC)	관리기능영역(FA)	OSI/SMF
유지보수 (OM : Corrective Maintenance)	OM-Switch OM-Network Level OM-Service Level OM-Trunks OM-Customer Access	유지보수 (보편관리, 예방보전, 일일점검, 이상상황확인, 이상상황조치, 시험)	객체관리기능 상태관리기능 관계관리기능 사건보고기능 로그제어기능 접근제어기능 신뢰성및진단검사 측정요약기능 시험관리기능
서비스복구 (Service Restoration)	Return to Service Update Network Record	유지보수 (시험, 서비스복구)	객체관리기능 상태관리기능 관계관리기능 사건보고기능 로그제어기능 접근제어기능
성능정보처리 (PIH : Performance Information Handling)	PIH-Digital Switch PIH-Analog Switch PIH-Plesiochronous Tran PIH-End-to-end	성능관리 (성능감시, 서비스성능관리, 통신망성능관리, NE 성능관리)	객체관리기능 사건보고기능 로그제어기능 접근제어기능 과부하감시기능 측정요약기능
요금 및 과금관리 (Tariff & Charging Admin.)	Col. of Billing Data Col. of Accounting Data Setting of Tariff Para. Pro. of Billing Invoice Pro. of Account. Invoi. Charging for Pay- phone	요금관리 (요금산출및청구, 요금정책)	요금계수기능
보안과정관리 (Management of Security Procedures(MSP))	MSP-Customer MSP-Operator	보안관리 (인증, 위임, 암호화처리, 보안감사, 보안상태, 보안복구, 보안특정관리)	객체관리기능 경보보고기능 사건보고기능 로그제어기능 보안감리추적기능 접근제어기능 측정요약기능
불만처리 (CH : Complaint Handling)	CH-Domestic Subscriber CH-Other Operators CH-Business Subscriber CH-Internal	고객질의 및 제어	객체관리기능 사건보고기능 로그제어기능 접근제어기능

• ( ) : TMN 세부관리기능영역

#### IV. 통신망 관리구조(NMA : Network Management Architecture)

통신망 관리구조(개층적 기능, 정보 및 물리구조)를 설계하기 위하여, 우선 TMN 기능구조의 주 구성요소로 간주되는 OSF로 분류될 수 있는 서비스구성요소(MSC)를 중심으로 하여 이들을 TMN의 5개 논리식 관리계층에 따라 계층화시킴으로써 기능구조를 설계하고, 서비스구성요소를 기능특성에 따라 그룹화할 수 있는 관리기능영역들의 정보 및 데이터 흐름을 조사분석하여 계층적 정보구조를 설계한다. 물리구조는 통신망 운용환경적인 요인들에 의해 다양하게 설계될 수 있으므로 설계시 고려되는 속성들을 살펴보고, 통신망 운용관리환경에 적합한 여러가지 물리구조를 제시하고자 한다.

##### 1. 기능구조

기능구조란 TMN내의 직방한 기능적 분산을 기술한 것이며, 그림 3-2에서 보는 바와 같이 서비스구성요소와 관리기능영역, 세부관리기능영역간의 관계가 규명되어 있으므로 비록 관리응용기능(MAF)들간의 관계가 명확히 표현되지 않아도 이들 그룹인 서비스구성요소에 대한 계층화와 관계가 성립되면 추론이 가능해진다.

표 4-1. 관리서비스별 배치

Table 4-1. Allocation of MSC by Management Service

TMN 관리계층	TMN Management Service										
	통신망계획	서비스계획	망서비스제공	고객서비스제공	정보처리	유지보수	서비스복구	성능정보처리	요금 및 과금관리	보안과정관리	불만처리
사업 관리계층		⑥Forecasting for Service Demand							①Setting of Tariff Parameters		
서비스 관리계층		⑤Planning New Service ⑦Planning Existing Service		③Handling of Customer Requests for Service		③OM-Service Level			③Production of Billing Invoice ④Production of Accounting Invoice ⑤Charging for Pay- phone System		①CH-Domestic Subscriber ②CH-Business Subscriber
네트워크 관리계층	②Planning for Switching ③Planning for Numbering ④Planning for Routing ⑤Planning for Signalling		②Update Network Record	④Implementation of Customer Access ⑥Setting up Customer Account		④OM-Customer Access ④OM-Network Level	⑥Return to Service ⑥Update Network Record	⑥PIH-End-to-end		⑥Management of Security Procedures(MSP)-Customer ⑥MSP-Operator	③CH-Other Operators
요소 관리계층		①Test-Switch ①Configure-Switch ①Test-Transmission ①Configure				①Alarm Handling(AH)-Analog Switch ①AH-Digital Switch ①AH-Digital Remote Subscriber Unit ①AH-Transmission System		①Performance Information Handling(PIH)-Digital Switch ①PIH-Analog	①Collection of Billing Data ②Collection of Accounting Data		①Complaint Handling(CH)-Internal

			Transmission	①AH-Subscriber Line ①AH-Coinbox	③Corrective Maintenance(OH)-Switch ③OH-Trunks	Switch ⑥PIH-Plesiochronous Transmission			
통신망 요소계층			①Install-Switch ①Install-Transmission						

표 4-2. 관리기능영역별 배치

Table 4-2. Allocation of MSC by Functional Area

TMN	TMN Functional Area								
	TMN 설계	계 획	설 치	계 공	유지보수	성능관리	요금관리	보안관리	고객질의 및 제어
사업 관리계층		⑥Forecasting for Service Demand					●Setting of Tariff Parameters		
서비스 관리계층		⑥Planning-New Service ⑦Planning-Existing Service		③Handling of Customer Requests for Service	③OH-Service Level		③Production of Billing Invoice ④Production of Accounting Invoice ⑤Charging for Pay-phone System		①CH-Domestic Subscriber ②CH-Business Subscriber
네트워크 관리계층		④Planning for Switch Numbering ④Planning for Routing ④Planning for Signalling		④Update Network Record ④Implementation of Customer Access ④Setting up Customer Account	④Update Network Record ④Complaint Handling(OH)-Other Operators ④Return to Service ④OH-Customer Access ④OH-Network Level	④OH-Other Operators ④PIH-End-to-end	④OH-Other Operators	④OH-Other Operators ④Management of Security Procedures(MSP)-Customer ④MSP-Operator	④Implementation of Customer Access
요소 관리계층				④Test-Switch ④Configure-Switch ④Test-Transmission ④Configure-Transmission	④CH-Internal ④Alarm Handling (AH)-Analog Switch ④AH-Digital Switch ④AH-Digital Remote Subscriber Unit ④AH-Transmission System ④AH-Coinbox ④AH-Subscriber Line ④Corrective Maintenance(OH)-Switch ④OH-Trunks	④OH-Internal Information Handling(PIH)-Digital Switch ④PIH-Analog Switch ④PIH-Plesiochronous Transmission	④Collection of Billing Data ④Collection of Accounting Data		
통신망 요소계층			①Install-Switch ①Install-Transmission						

따라서 표 4-1과 표 4-2와 같이 서비스구성요소(MSC)를 관리서비스(MS) 및 관리기능 영역(FA) 별로 TMN 관리계층에 따라 배치시켜 놓으면 관리용용기능들을 적당하게 분산시켜 놓은 형태가 되므로 통신망관리의 계층적 기능구조가 된다.

표 4-3은 TMN 관리계층에 분산시켜 놓은 서비스구성요소(MSC)에 대한 관리서비스와 관리기능영역 간의 관계를 표현한 것으로 통신망관리를 위한 물리구조 설계시 지표가 되는 내용이 된다.

정보구조를 설계하기 위해서는 계층적 기능구조에서 관리용용기능들 사이에 어떤 정보 및 데이터들이 상호 교환되어야 할 것인지 조사분석되어야만 하며 나아가서 물리구조 설계도 용이해진다. 따라서 관리

용용기능들을 RACE의 3가지 서비스 진행관점(서비스이전, 인-서비스, 서비스이후)에서 분류하여 그룹화한 관리기능영역들간의 정보흐름을 조사분석한 결과가 표 4-4와 같이 나타났다.

그림 4-1은 표 4-4에서 성능관리기능영역을 중심으로 한 정보흐름을 도식화한 것으로 성능관리기능영역에 속한 관리용용기능들의 기능수행을 위해서는 설계관리기능영역으로부터는 통신망에 대한 구성정보가, 계획관리기능영역으로 부터는 성능임계치 정보가, 설치관리기능영역으로 부터는 신규 설치완료 정보가, 제공관리기능영역으로 부터는 고객 불만사항에 대한 정보가, 유지보수관리기능영역으로 부터는 장애정보가, 요금관리기능영역으로 부터는 과금



정도가, 보안관리기능영역으로 부터는 성능과 보안 상호간의 영향에 대한 정보가 각각 전달되어야만 하는 것으로 조사분석되었다. 반대로 성능관리기능영역으로 부터 도출 또는 추출가능한 정보인 고객의 만족도, 통신망 성능 및 서비스품질(QoS) 지수, 성능 통계 및 분석정보, 성능 서비스 제공에 대한 정보, 성능과 보안 상호간의 영향에 대한 정보 등이 여러 관리기능영역으로 제공되어야 하는 것으로 조사분석되었다.

그림 4-2는 세부관리기능영역이 가장 많은 유지보수관리기능영역내의 정보흐름을 도식화한 것으로 성능관리기능영역으로 부터 이상상황이 감지되거나 제공관리기능영역으로 부터 고객 불만사항 정보가 제공되면 이상상황 통지, 확인, 조치, 시험, 보안관리, 예방보전, 일전계획 등의 세부관리기능영역들을 거쳐 이상상황이 해소된다.

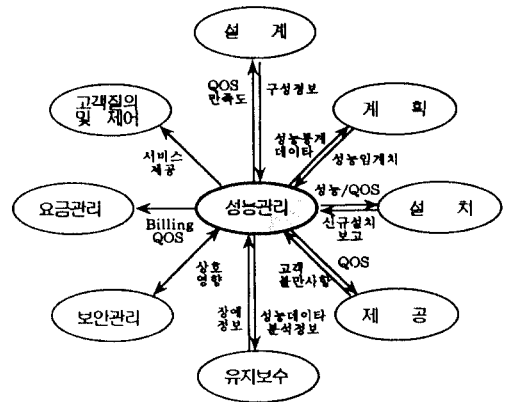


그림 4-1. 성능관리기능영역 중심의 정보흐름  
Fig 4-1. Information Flow around Performance Management FA

표 4-3. 관리서비스와 관리기능영역과의 관계

Table 4-3. Relationship between Management Service and Functional Area

TN/F A	TN Management Service			
	망서비스제공	불만처리	정보처리	서비스 복구
TN 설계				
계 획				
설 치	①Install-Switch ②Install-Transmission			
제 공	③Test-Switch ④Configure Switch ⑤Test-Transmission ⑥Configure-Transmission ⑦Update Network Record			⑧Update Network Record
유지보수		⑨Complaint Handling(OH)-Other Operators ⑩OH-Internal	⑪Dlars Handling (M)-Analog Switch ⑫M-Digital Switch ⑬M-Digital Remote Subscriber Unit ⑭M-Transmission System ⑮M-Coinbox ⑯M-Subscriber Line	⑰Update Network Record ⑱Performance Information Handling(PIH)-Digital Switch ⑲PIH-Analog Switch ⑳PIH-Plaslochronous Transmission ㉑PIH-End-to-end
성능관리		㉒OH-Other Operators ㉓OH-Internal		
요금관리		㉔OH-Other Operators		
보안관리		㉕OH-Other Operators		
고객질의 및 제어		㉖OH-Domestic Subscriber ㉗OH-Business Subscriber		

TN/F A	TN Management Service					
	요금 및 과금관리	보안과정 관리	서비스계획	망계획	고객서비스 제공	장애통제 및 유지보수
TN 설계						
계 획			①Planning New Service ②Planning Existing Service ③Forecasting for Service Demand	④Planning for Switch ⑤Planning for Numbering ⑥Planning for Routing ⑦Planning for Signalling		
설 치						
제 공					⑧Handling of Customer Requests for Service ⑨Implementation of Customer Access ⑩Setting up Customer Account	
유지보수						⑪Connective Maintenance(OH)-Switch ⑫OH-Network Level ⑬OH-Service Level ⑭OH-Trunks ⑮OH-Customer Access
성능관리						
요금관리	⑯Collection of Billing Data ⑰Collection of Accounting Data ⑱Setting of Tariff Parameters ㉑Production of Billing Invoice ㉒Production of Accounting Invoice ㉓Charging for Pay-phone System					
보안관리		⑲Management of Security Procedures(MSP)-Customer ㉔MSP Operator				
고객질의 및 제어						㉕Implementation of Customer Access

표 4-4. 관리기능영역들간의 정보흐름  
Table 4-4. Information Flow between Functional Areas

To From	TMN 설계	계 획	설 치	제 공	유지보수	성능관리	요금관리	고객질의 및 제어	보안관리
TMN 설계		*통합서비스를 준비하는 사용자, 서비스공급자 요구 사항	×	*관리서비스, 관리서비스구성요소	*유지보수를 위한 측정과 정보	*통신망구성요소 측정결과, *표준화관리 구성변수들	*과급을 위한 1/F 및 과급의 의미와 형태 규정 설계	×	*보안서비스 제공
계 획	*통합서비스를 준비하는 사용자, 서비스공급자 요구 사항		*교육훈련계획 *기술목표의 가격	*자원의 가용도	*유지보수절도/가용도 *장비손상정보	*성능탑계치	*요금예측 및 가격	*고객서비스 접근계획	*보안에 관련된 사용자 요구사항
설 치	*설치정보	*인규설치		*설치정보	×	*인규설치보고	*인규설치통지	×	×
제 공	*이데서비스	*사용승인 계획의 통제데이터 *최소보호 정도	×		*자원할당 *서비스연성 *고객불만	*고객불만사항	*과급불만사항	*보안과과	*고객불만
유 지 보 수	*유지보수 기간중에 발생한 문제	*유지보수절도/가용도 *통계치(평균고장시간 수리시간)	*교육훈련 *손상자원	*수리정보(자원상태)		*망이보고	*노동시간, 인원, 고정시간 데이터	*유지보수 제어 및 정보유출	×
신 호 의 영 역	*QOS에 대한 만족도	*통신망 성능변수의 통제데이터	*성능과 QOS	*QOS보고	*성능데이터 분석		*Billing 서비스의 QOS	*성능서비스 제공	*성능과 보안의 상호영향
요 근 리 의 영 역	*과급을 위한 1/F 및 과급의 의미와 형태 규정 설계	*경제데이터의 통제 정보	*과급계획	*과급불만사항	×	×		*과급정보	*과급정보
고 객 질 의 및 제 어	*통합서비스 사용자의 요구사항	*고객요구사항	×	×	*유지보수 제어 및 정보유출	×	×		*보안관리기능
보 안 관 리 의 영 역	*보안서비스 제공	×	*보안관리	*보안정보제공	*유지보수 요구사항 (보안관리기능)	*성능과 보안의 상호영향	*과급정보	*보안관리기능	

주) × : 교환정보 없음.

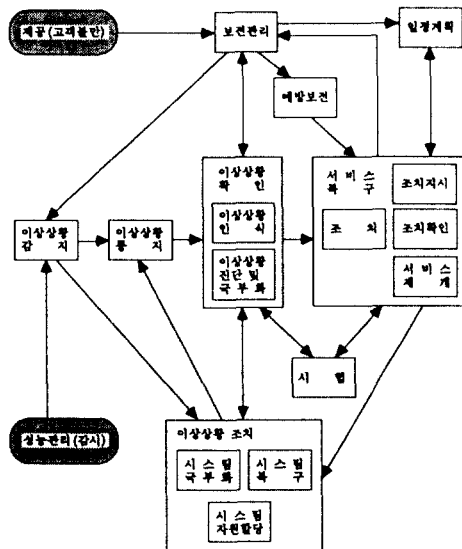


그림 4-2. 유지보수기능영역내의 정보흐름[5]  
Fig 4-2. Information Flow in Maintenance FA

2. 정보구조

TMN 정보구조란 객체지향(Object-Oriented) 기술을 기반으로 하며 복잡한 관리대상시스템들을 조

식화하고 이들간의 상호 협력체제를 구축하기 위해 TMN 관리영역에 관리자/관리대행사(Manager/Agent) 개념을 도입한 구조로, 이들 사이에 교환될 정보는 동일 관리계층내의 정보 교환을 우선적으로 고려하고, 인접한 계층간의 정보 교환은 한 단계 상위 또는 하위 관리계층까지만 직접 상호 교환이 가능한 것으로 가정한다. 즉, 동일한 관리계층내에서 관리자/관리대행사 관계를 구성하여 정보 교환이 가능하면 우선적으로 적용하고 그렇지 않는 경우에는 한 단계 상위 또는 하위 관리계층과의 관리자/관리대행사 관계를 구성하여 정보 교환을 한다. 그외의 경우에는 관리자/관리대행사-관리자/관리대행사 관계를 연속적으로 구성하여 정보 교환을 하며 이것이 TMN내의 정보 교환의 기본 원칙이기도 하다.

정보구조 설계를 위하여 관리기능영역들간의 정보 및 데이터 흐름을 조사분석하여 표 4-4와 같이 나타냈으며, 이를 기능적 계층관계와 함께 도식화한 것이 그림 4-3의 PSTN 통신망관리를 위한 계층적 기능 및 정보구조이다.

그림 4-3에서 보는 바와 같이 관리응용기능들의 집합인 서비스구성요소가 TMN 관리계층에 분산되어 있으며 관리계층별로 다시 관리기능영역에 따라 구분 분류되어 표현되고 관리기능영역들간의 정보 상

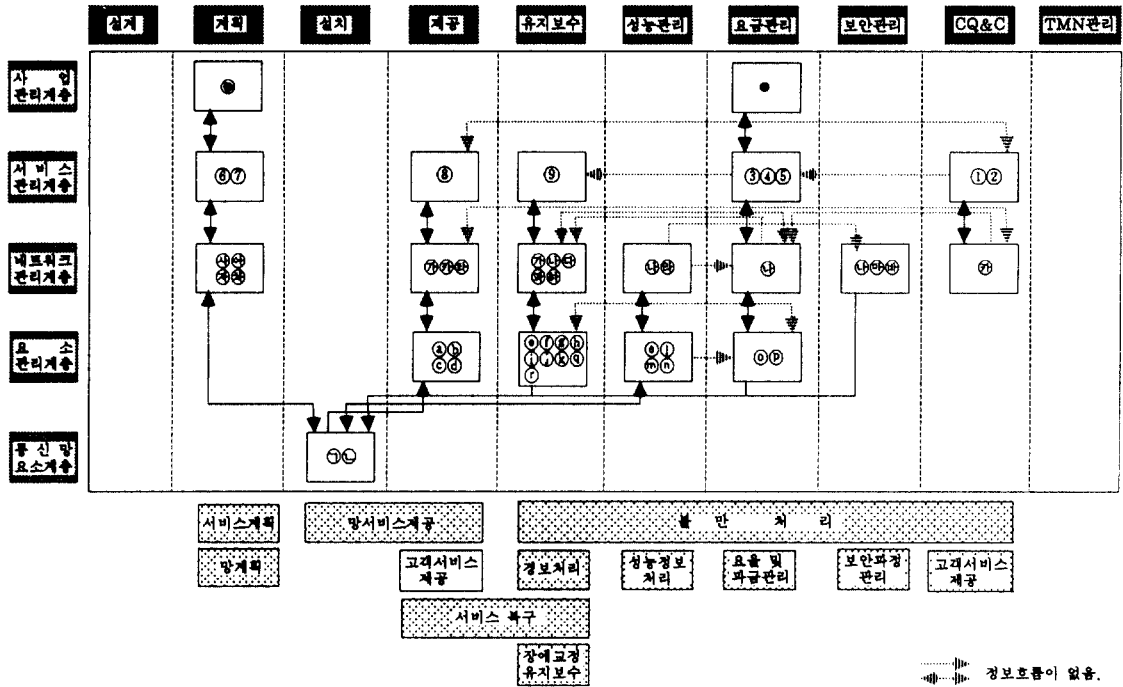


그림 4-3. PSTN 통신망관리의 개층적 기능 및 정보구조

Fig 4-3. Functional and Informational Architecture for PSTN Network Management

호교환은 앞에서 조사분석된 정보흐름과 동일하게 관리자/관리대항자 관계를 구성하여 정보를 주고 받는 구조형태이다.

또한, 이 구조모형을 통해 관리계층별, 관리기능영역별, 관리계층별 기능적 분산현황과 정보 전달체제를 정립할 수 있다.

### 3. 물리구조

물리구조란 TMN을 구성하는 기능블럭에 대한 물리적인 형상화를 기술한 것이며, 개층적 기능 및 정보구조를 토대로 구현관점의 여러 고려사항을 감안하여 다음과 같은 다양한 형태의 구조설계가 가능하다.

- 관리서비스 중심 구조
- 관리기능영역 중심 구조
- 관리계층 중심 구조
- TMN 사용자 중심 구조
- 단일 관리계층의 관리기능영역 중심 구조
- 복합(Hybrid)형 구조

즉, 통신망의 운용환경에 따라 물리적인 구현은 여

러 측면을 고려하여 다양한 형태로 구조설계가 가능하며, 따라서 어떤 형태의 물리구조를 설계할 것인가를 아래의 여러가지 속성들을 비교 검토한 후 결정되어야 할 것이다.

- 기능측면의 속성
  - 상호운용성(Interoperability)
  - 정보교환량(Information Volume)
  - 정보교환빈도(Frequency of Information Exchange)
  - 시스템용량(Capacity)
- 개발 및 구현측면의 속성
  - 확장성(Expandability)
  - 재사용성(Reusability)
  - 구현용이성(Complexity of Implementation)
- 운용 및 유지보수측면의 속성
  - 융통성(Flexibility)
  - 이식성(Portability)
  - 운용효율성(Operational Efficiency)
- 기타

- 운영관리조직(Operation & Maintenance Organization)

그림 4-4는 TMN 개념에 따른 전형적인 물리구조 형태의 예로써 복합형 구조로 물리적인 구현이 이루어진 경우이다. 복합형 구조내에서도 TMN 관리계층별로 구현이 되는 시스템은 계층에 따라 요소관리시스템(EMS: Element Management System), 네트워크관리시스템(NMS: Network Management System), 서비스관리시스템(Service Management System), 사업관리시스템(Business Management System)로 불리우고, 두개의 관리계층이 혼합되는 경우, 즉, 관리계층 특성이 명확하지 않는 경우에는 운용시스템(OS: Operation System)로 불리우는 시스템 구현이 각각 가능하다.

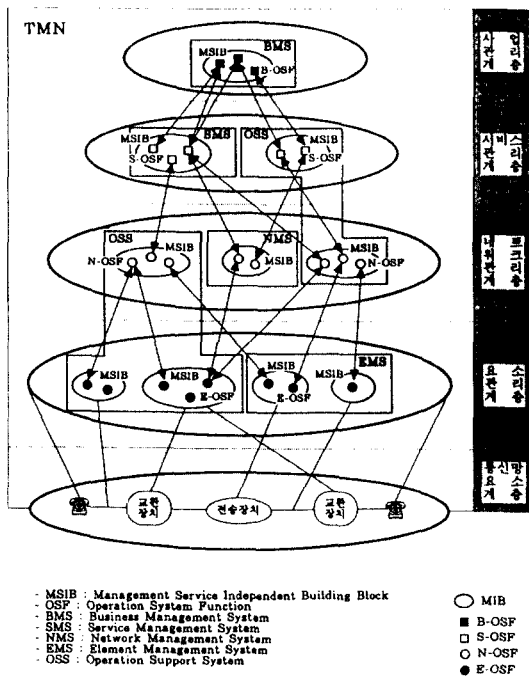


그림 4-4. TMN 물리구조형태(예)  
Fig 4-4. TMN Physical Architecture(example)

그러므로 관리대상이 되는 통신망 운용환경을 반영한 속성 비교분석을 통한 결정에 따라 물리적 구조 설계는 그림 4-4와 같은 형태로 설계되어 질 수 있다.

V. 결론 및 향후 계획

본 고에서는 Top-Down 방법으로 관리대상으로 지정한 PSTN의 11가지 관리서비스(MS)를 정의한 후 이들을 점차 세분화하여 서비스구성요소(MSC), 관리기능영역(FA), 세부관리기능영역(SFA) 및 OSI 시스템관리기능(OSI/SMF)까지 계층적 관계를 정립하였고, 정의된 서비스구성요소들을 TMN 관리계층에 따라 분산시킨 후 관리기능영역들간의 정보흐름을 조사분석하여 PSTN의 통신망관리를 위한 계층적 기능 및 정보구조를 설계 제시하였다.

물리구조는 통신망의 운용환경과 구현이라는 관점에서 다양한 형태로 설계가 가능하다는 점을 강조하였으며 가능한 구조형태와 고려하여야 할 여러 속성들을 열거하였다.

본문에서 제시한 Top-Down 방법으로 관리하고자 하는 통신망의 관리구조 설계를 시도한다면 계층적 기능 및 정보구조의 도출은 가능하리라 여겨지며, 관리대상이 되는 통신망의 운용환경, 즉, 운용시스템 현황과 운용관리조직 및 체제 등을 조사 분석하여 구조설계에 반영한다면 지향하고자 하는 물리구조 뿐만 아니라 기존의 물리구조에 대한 전환전략의 수립도 가능할 것이며 나아가서는 통신망 운용관리체제 변환도 피할 수 있을 것이라 여겨진다.

향후에도 본 고에서 설계한 계층적 기능 및 정보구조를 토대로 한국통신의 통신망 운용환경을 조사 분석한후 이를 구조설계에 반영하여 지향하고자 하는 물리구조를 설계 도출하고, 기존에 운용중이거나 개발중인 각종 운용시스템(OS)들에 대한 전환전략과 효율적인 통신망 운용관리체제 구축방안 수립에 대한 연구를 계속적으로 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 강민정, "RACE 관리기능영역," KTRC-S029-TM-93-012-1, 93.8
2. 류재경, "TMN 관리기능," KTRC-S029-TM-93-011-1, 93.8
3. 강민정, 류재경, 김영명, 김한호, "TMN 관리기능에 관한 고찰," 전기통신연구, 제7권 제4호, 1993.12
4. RACE, "RACE CFS-Network Management 1," Document 6, Dec. 1992
5. RACE, "RACE CFS-Network Management 2," Document 7, Dec. 1992

6. RACE, "RACE CFS-Network Management 3," Document 8, Dec. 1992
7. RACE, "RACE CFS-Evolution," Document 10, Dec. 1992
8. RACE-Guideline, "TMN Implementation Architecture," 03/DOW/SAR/DS/B/012/b3, March 1992
9. A. Walles, "The Development of a Maintenance Model for the IBCN TMN," Proc. of the 5th RACE TMN Conference, III.3/3/p1 p14, 1991
10. CCITT, "Draft Rec. M.3010 Principles of a TMN," Dec. 1991
11. CCITT, "Draft Rec. M.3200-TMN Management Services: Overview," Dec. 1991
12. CCITT, "Draft Rec. M.3400-TMN Management Functions," Dec. 1991

[ 약어표 ]

- MS : Management Service
- MSC : Management Service Component
- FA : Functional Area
- SMF : System Management Function
- MSF : Measurement Summarization Function
- WMF : Workload Monitoring Function
- ERMF : Event Reoprt Management Function
- ARF : Alarm Reporting Function
- LCF : Log Control Function
- CDTF : Confidence & Diagnostic Testing Function
- TMF : Test Management Function
- OMF : Object Management Function
- SMF : State Management Function
- RMF : Relationship Management Function
- AMF : Accounting Meter Function
- SARF : Security Alarm Reporting Function
- SATF : Security Audit Trail Function
- OAAC : Objects & Attributes for Access Control



金 榮 明 (Young Myoung Kim) 정회원  
 1961년 11월 13일생  
 1987년 2월 : 성균관대학교 산업공학과 졸업(공학사)  
 1989년 2월 : 한국과학기술원 산업공학과 졸업(공학석사)  
 1989년 3월 ~ 현재 : 한국통신 연구개발단 책임연구원

※주관심분야 : TMN, 정보통신망관리 등임



曹 永 鉉 (Young Hyun Cho) 정회원  
 1949년 3월 6일생  
 1973년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1984년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1982년 8월 ~ 현재 : 연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정

1979년 1월 ~ 1983년 12월 : 한국전자통신연구소 책임연구원  
 1984년 1월 ~ 현재 : 한국통신 연구개발단 책임연구원  
 ※주관심분야 : 망관리, 스위칭이론, 통신시스템 등임