

論文 90-27-7-1

## 특수용도용 교환기의 용량평가에 관한 연구

(A Study on the Capacity Evaluation for  
Special Purpose ESS)

金 東 逸,\* 李 在 昊\*

(Dong Il Kim and Jae Ho Lee)

## 要 約

본 논문에서는 TDX-ACD와 같이 특수한 목적으로 이용되는 전자교환기의 용량 및 호처리 능력을 분석하므로써 일반 교환기와의 호처리 루틴이 상이함을 제시하였다. 이에 따른 특정 프로세서의 과부하를 분담하는 방법을 제시하고 실측치와 비교 분석하였다.

## Abstract

In this paper, the difference between call processing routine of general purpose ESS and that of special purpose ESS, such as TDX-ACD, was specified by analyzing the call processing capacity of special purpose ESS. Then the load sharing method was proposed in order to reduce the overload condition in specific processors. Finally, measurement value was illustrated and compared with simulation value.

## I. 서 론

현재 널리 사용되고 있는 전자교환기는 SPC 방식으로 컴퓨터와 유사한 기능을 수행하고 있다. 이러한 교환기의 성능 지표로서 주어진 시스템의 가용도와 통화처리 용량 및 특정사용 조건하에서 가입자 관련 서비스 조건을 만족시키면서 요구 통화량을 처리할 수 있는 능력으로 정의된다. 교환기의 최대용량은 가입자 관련 서비스조건 및 신뢰도를 만족하면서 교환기가 단위시간당 처리 가능한 호의수(BHCA) 및 스위치 네트워크계의 최대통화 용량(Erlang)등으로 정의된다.

TDX-ACD(자동호 분배장치)는 TDX-1A전자교환

기를 응용 개발한 시스템으로 입중계 기능만을 갖고 시스템 내부에서 다양하게 호처리를 수행하는 특수한 용도의 교환기능을 갖고 있다.

이러한 특수 목적형 교환기의 최대용량 및 호처리 능력을 분석함에 있어서 해석적인 방법의 큐잉 네트워크 이론과 실측에 의한 프로세서의 처리능력을 비교하였고 이들 결과에 따른 특정 프로세서의 부하를 분담하는 방법을 제시하므로써 특수목적형 교환기와 일반기능을 갖는 교환기의 호처리 루틴이 상이함을 유도하고자 한다.

## II. TDX-ACD의 구조

시분할 전자 교환기 TDX-1A 응용분야로 개발된 TDX-ACD시스템은 다음과 같은 그림 1의 시스템 구조를 갖는다. 그림 1에 표시된 프로세서의 기능과 종류는 다음과 같다.

\*正會員, 光云大學校 電子通信工學科  
(Dept. of Telecom. Eng., Kwangwoon Univ.)  
接受日字: 1990年 5月 8日

TLP(Trunk Line Processor) : 애널로그 중계선을 담당하는 프로세서로서 인입된 문의호에 대한 정보 및 호분배요구를 수행하며 착신 불능시 대기방송의 연결 및 SLP 요구에 의하여 보류방송을 연결한다.

CDP(Call Distribution Processor) : SLP에서 통보된 안내대의 상태를 기준으로 착신 요구된 호의 분배를 SLP에 통보한다.

SLP(Subscriber Line Processor) : 안내대의 상태를 파악하고 CDP에 의하여 착신된 호의 스위치 연결요구를 SWP에 하며 안내대의 요구에 따라 TLP로 보류방송 연결을 요구한다.

SWP(Switching Processor) : 문의호와 안내대호의 스위치 연결과 대기방송(1차, 2차) 및 보류방송에 대한 호 경로를 제공하여 준다.

그밖에 PCP, SCP, SAP, SMP 등의 TP(Top Processor)들이 존재하나 호처리능력과 직접적인 관계가 없어 언급을 피하고자 한다. 위 프로세서들의 기능과 관련 TDX-ACD 시스템은 기존 시분할 전자교환기의 호 종류중 입중계호와 내부호만이 가능하며 이중 입중계호가 시스템 용량을 결정한다.

### Ⅲ. 시스템 용량분석 방법

#### 1. 스위치 장치에 의한 평가방법

ACD 시스템이 갖는 스위치 구조는 타임 스위치,

스페이스 스위치의 조합으로 구성되는 T-S-T 스위치 네트워크로 이와같은 스위치 구조는 한 타임 스위치에서 n개의 타임슬롯이 입력될때 m개의 타임슬롯이 출력되어야 한다.

이때 일반적인 blocking probability는 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>4)</sup>

$$B = \frac{[(n-1)!]^2}{m!(2n-2-m)!} \times a^m(2-a)^{2n-2-m} \quad (1)$$

(단 a : 타임슬롯 점유율,  $n-2 < m < 2n-1$ )

식(1)은 출력 타임슬롯 모두를 탐색할 때 적용될 수 있다.

ACD 시스템에서는 1024 타임슬롯 모두를 탐색하는 것은 실시간 서비스시 거의 불가능하며, 그 이유는 특정호에 대해서 모든 경로를 탐색하는 경우 평균 실행시간은 16.78ms로 전체 시스템의 BHCA가 상당히 떨어지기 때문이다. 따라서 현 시스템에서는 특정 호에 대해서 128채널까지 탐색하도록 하였으며 이때 평균 실행시간은 5.49ms이다. (그림 2 참조)

한편 타임스위치가 모두 정상인 경우 스위치 네트워크에서 호경로가 구성되기 위해서는 입출력 타임스위치의 같은 타임슬롯이 동시에 idle이어야 한다.

즉 입력 타임스위치의 k번째 타임슬롯은 4개의 출력 타임스위치의 어느 한 타임스위치의 k번째 타

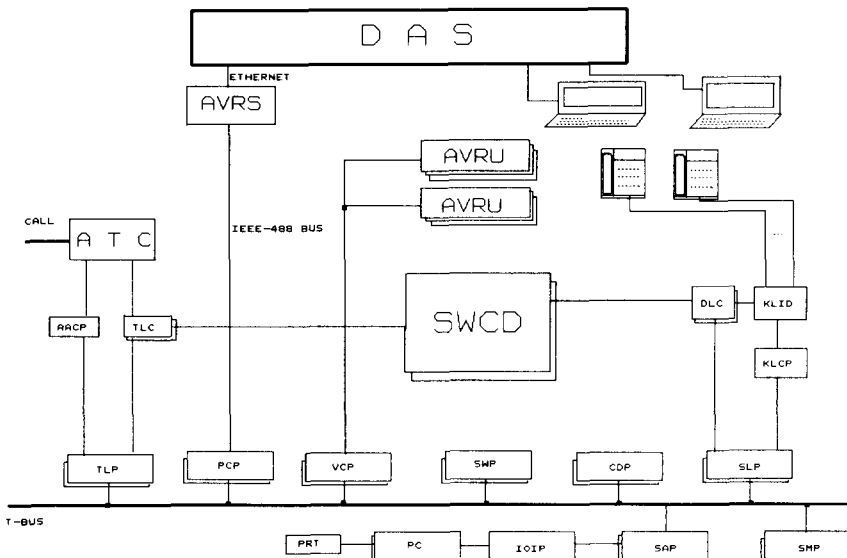


그림 1. TDX-ACD 구조  
Fig. 1. TDX-ACD architecture.

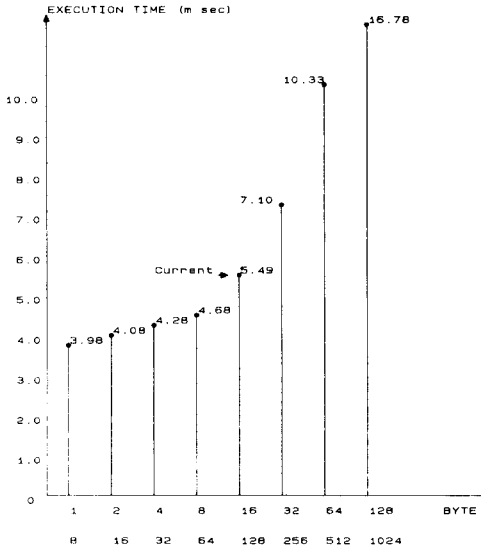


그림 2. 채널 탐색에 따른 실행시간  
Fig. 2. Execution time for respective channel search.

임슬롯으로만 연결이 가능하다. 위와같은 스위치 구조에서는 스위치 연결요구를 하는 입력 타임스위치의 임의의 K번째 타임슬롯이 idle일 사건과 출력 타임스위치의 임의의 K번째 타임슬롯이 idle일 사건을 갖고, 이 두사건이 동시에 일어날 확률은  $P(A \cap B) = P(A)P(B|A)$ 로 표현되며 한 타임스위치의 점유율은  $a_0$ 라하면  $P(A) = P(B) = 1 - a_0$ 인데 사건 A와 B는 종속적인 사건이므로  $P(B|A) \neq P(B)$ 이다. 타임슬롯이 idle인 상태를 i, busy인 상태를 b 라 하면

나머지 타임스위치의 k번째 타임슬롯의 사건의 집합은

$$\begin{aligned}
 C &= \{iii, iib, ibb, bbb\} \text{로 표시한다.} \\
 P(B|A) &= \sum P(B|A, C) P(C) \\
 &= P(B|i, iii) P(iii) + P(B|i, iib) P(iib) \\
 &+ P(B|i, ibb) P(ibb) + P(B|i, bbb) P(bbb) \\
 &= (1 - a_0)^3 + \frac{3}{4} \binom{3}{2} (1 - a_0)^2 a_0 + \frac{1}{2} \binom{3}{1} (1 - a_0) a_0^2 + \frac{1}{4} a_0^3 \\
 &= 1 - \frac{3}{4} a_0
 \end{aligned}$$

임의의 타임슬롯이 연결될 확률은

$$S_0 = P(A \cap B) = (1 - a_0) (1 - 3a_0/4) \quad (2)$$

모두 연결되어야 하므로 임의의 한호에 대한 blocking probability  $B_0$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$B_0 = (1 - S_0)^{128} = \{1 - (1 - a_0) (1 - 3a_0/4)\}^{128} \quad (3)$$

이는 단방향이므로 양방향 통화로 구성이 이루어질 확률은  $S_{ob}$ 는

$$S_{ob} = (1 - B_0)^2 = [1 - \{(a_0/4) (7 - 3a_0)\}^{128}]^2$$

따라서 양방향 blocking probability는

$$B_{ob} = 1 - [1 - \{(a_0/4) (7 - 3a_0)\}^{128}]^2 \quad (4)$$

한편 CCITT에서 권고하는 스위치 네트워크의 blocking probability는  $10^{-3}$  이하이며  $B_{ob} = 10^{-3}$ 을 만족하는  $a_0$ 는 0.843이므로 최대 호처리용량은  $0.843 \times 4,096 = 3,452.9$  Erlang이다.

이때 발·착 통화량을 같다고 보면 TDX-ACD 시스템의 최대 통화량은 약 1,727 Erlang이 된다. (그림 3 참조)

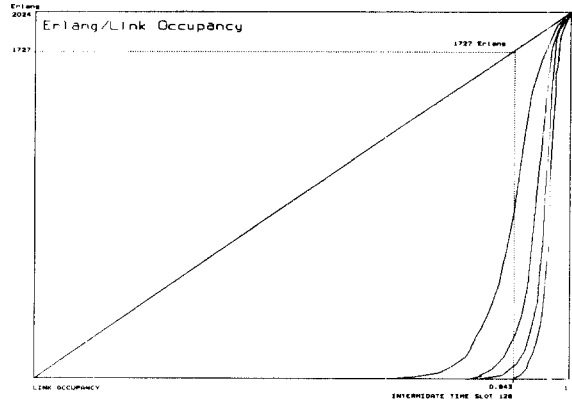


그림 3. Blocking probability 및 Erlang 곡선  
Fig. 3. Blocking probability versus Erlang curves in ACD system.

### 2. T-Bus 큐잉 모델에 의한 호처리 능력

ACD 시스템의 프로세서수는 최대 25개로 각 프로세서는 T-Bus를 통해 한번 통신을 하고나면 25번째 되어야 다음 통신을 수행하기 때문에 여기서는 T-Bus의 호처리 능력을 기준으로 호처리 능력을 산출해 보고자 한다. T-Bus의 서비스 방식은 25개의 프로세서가 각각의 큐를 형성하고 T-Bus가 서버로서 사용자간의 메시지를 전달해 해주는 one-server multiqueue system으로 채용된 service discipline로 exhaustive cyclic with overhead 방식에 속한다. cyclic

service queue C는 다음과 같이 표현할 수 있다.<sup>16)</sup>

$$C = C_0 + \sum_{j=1}^N (X_j \times C) h_j$$

C : 평균 cycle time

C<sub>0</sub> : job이 전혀 없을때 한 cycle time(overhead)

X<sub>j</sub> : j번째 queue에서의 job 평균도착율

h<sub>j</sub> : j번째 queue에서의 평균 서비스 시간

$$C_0 = \sum_{j=1}^N \mu_j$$

N : 프로세서 수

μ<sub>j</sub> : T-Bus에서 한 프로세서에서

다른 프로세서로 넘어가는데 걸리는 overhead time(여기서는 일정하다고 가정함)

$$C = \frac{C_0}{1 - \sum_{j=1}^N (X_j \times h_j)}$$

여기서 평균 메시지 크기와 메시지 전송에 필요한 평균 점유시간의 곱은 평균 서비스시간이므로 T-Bus의 평균부하 γ은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\gamma = \lambda \times \text{평균 서비스시간}$$

단, λ는 가입자로 부터의 호 발생율

T-Bus의 호처리 능력을 계산하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

- (a) Overhead time의 크기는 0.587ms
- (b) 메시지의 평균길이는 16Bytes(128bits)
- (c) 호당 발생되는 메시지수는 16개
- (d) T-Bus 전송율은 256Kbps
- (e) 메시지의 전송에는 평균 0.434ms의 시간이 추가로 소요된다.

위 가정으로 부터 message의 한개를 전송하는데 필요한 시간은 128bit/256kbps + 0.434ms = 0.934 ms 이고

overhead cycle time은

$$C_0 = 25 \times 0.587ms = 14.675ms$$

이 되므로 평균부하는

$$\gamma = \lambda \times 16 \times 0.934ms = \lambda \times 14.944ms$$

$$C = \frac{14.675}{1 - \lambda \times 14.944}$$

여기서 γ=1인 경우는 λ=0.0669 call/ms이므로 0.0669×3,600×10<sup>3</sup>=240,840 BHCA

그러나 turn-around time C가 무한대가 되기 때문에 시스템 설계를 서버의 부하를 0.4, 0.5이하로 하므로 그림 4에 나타난 바와 같이 9,600(C=24ms)

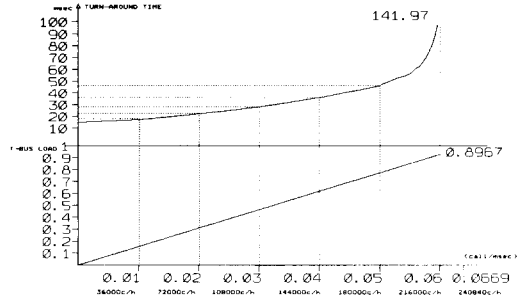


그림 4. 효율증가에 따른 평균 turn-around time과 T-Bus의 부하관계

Fig. 4. The relationship between average turn-around time, and T- Bus load.

BHCA를 처리할 수 있다고 판단된다.

#### 4. 실측에 의한 프로세서의 처리능력

시스템의 용량을 측정하는 방법의 하나로서 실제 기본호를 발생시켜 호의 양에 따라서 CPU의 idle time이 감소하는 비를 평가하여 시스템의 호처리 용량을 파악할 수 있다.

프로세서의 처리능력(call/hour) = (CFTMA-20) × 호수/CPU 휴지시간 감소치

단, CFTMA : 유지 보수를 위한 CPU 휴지시간  
ACD 시스템의 호처리 능력을 판단하는 기준으로는 여러가지 시스템에 추가되는 변수를 가정하여야 한다. 따라서 본질의 실측치에서는 다음과 같은 사항을 가정하였다.

- 호 종류는 입증계호만이 존재하며 각 호의 통화 시간은 26초이고 1 회씩 보류방송을 듣는(작업시간) 과정을 수행한다.
- CDP는 호분배외에도 시간당 평균 60회의 log-in /log-out을 수행하며 감독대 및 상황판의 동작은 고려치 않는다.
- 자동음성응답기능은 고려치 않는다.

이러한 가정하에 일반 전전자교환기의 형태로 서비스를 수행할 경우(이하 ACD-1으로 표시) 호흐름을 그림 5에 표시하였다.

이때 측정된 결과를 표 1 및 그림 6에 표시하였다.

그림 6에서 보듯이 이상태에서는 실제 일반 전전자 교환기의 정상호 처리능력에 비하여 SWP가 상당한 병목현상의 원인이 되므로, SWP의 처리능력을 향상시키기 위하여 보류방송을 TLP에서 구현하였다. (ACD-2로 표시) 그림 7은 ACD-2의 호흐름을 보이고 있다. 이때의 측정결과는 표 1 및 그림 8과

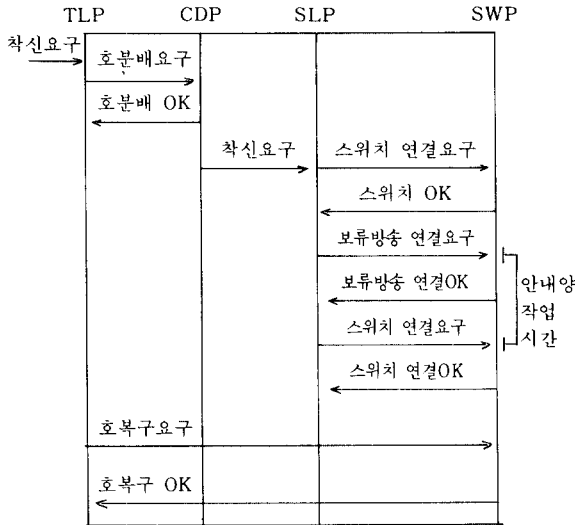


그림 5. ACD-1의 호 흐름도  
Fig. 5. Call flow diagram in ACD-1.

표 1. CPU idle time이 20%인 경우의 call/hour  
Table 1. Call per hour in case of CPU idle time (20%).

프로세서	ACD-1		ACD-2	
	CPU idle time	BHC	CPU idle time	BHC
TLP	69.94%	82,394.99 call/hour	69.94%	62,990.61 call/hour
SWP	68.60%	73,594.02 call/hour	68.60%	153,732.7 call/hour
SLP	70.74%	80,665.86 call/hour	70.74%	85,981.94 call/hour
CDP	71.76%	256,545.1 call/hour	71.76%	256,545.1 call/hour

같으며 SWP의 처리능력이 향상됨을 볼 수 있다. 표 2에서도 기본호 발생시 idle time을 비교하고 있다.

또한 측정결과를 표 2 및 그림 8에 표시하였다. 여기서 안내양의 1호당 서비스시간 26초를 소요 할때 TLP 및 SLP에서 최대 처리되는 호의 수를 고려하여 보고 그에 따른 SWP의 처리능력을 계산하여 보았다.

$$\text{TLP 당 } 256(\text{line}) \times \frac{3600}{26} = 35,446 \text{ call/hour}$$

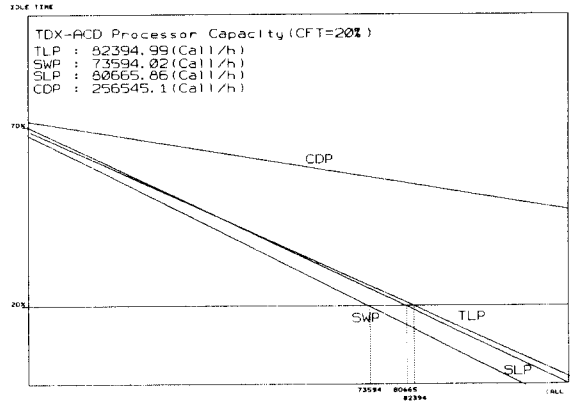


그림 6. ACD-1의 프로세서별 처리능력  
Fig. 6. Processor capacities in ACD-1.

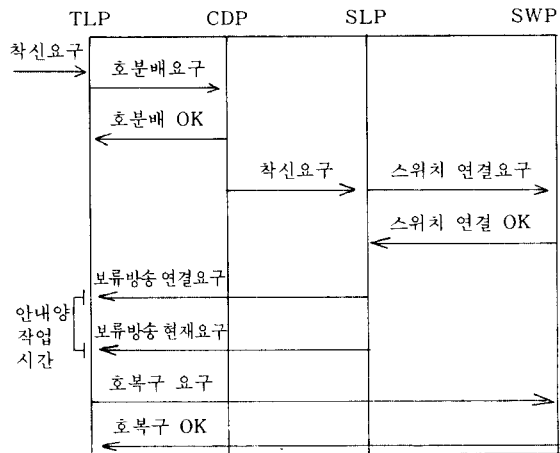


그림 7. ACD-2의 흐름도  
Fig. 7. Call flow diagram in ACD-2.

표 2. 기본호 발생시 idle time 측정치  
Table 2. Idle time measurement value for a normal call.

프로세서	idle time	ACD-1 5call/sec 발생시 의 idle time	ACD-2 5call/sec 발생시 의 idle time
TLP	69.94	59.26	55.97
SWP	68.60	57.09	63.09
SLP	70.74	59.98	60.27
CDP	71.76	68.16	68.15

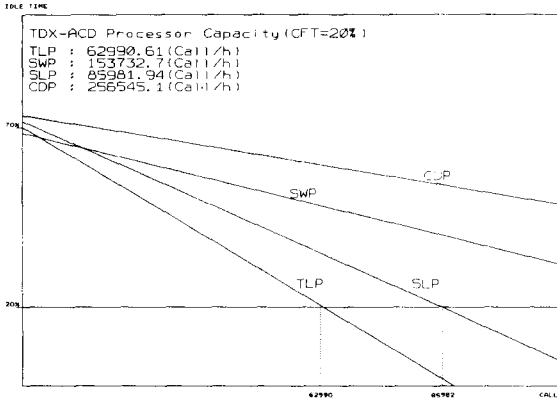


그림 8. ACD-2의 프로세서별 처리능력  
Fig. 8. Processor capacities in ACD-2.

$$\text{SLP당} : 240(\text{line}) \times \frac{3600}{26} = 33,230\text{call/hour}$$

$$\text{SWP} : 33,230 \times 4(\text{SLP}) = 132,920\text{call/hour}$$

(TLP의 나머지 호는 대기 방송으로 가정)

따라서 TLP와 SLP의 부하는 호처리방식에 큰문제가 없으나 SWP의 경우는 ACD-1의 경우 과부하가 발생 가능하며 이에대한 해결은 ACD-2의 형태가 가능하다.

### V. 결 론

본 논문에서는 국설용 시분할 전전자 교환기를 이용하여 응용개발한 TDX-ACD의 호처리 능력을 여러가지 방법에 의하여 분석하여 보았다. 또한 일반 전전자교환기의 호흐름을 기준으로 구성시 시스템 용량이 일반 교환기에 비하여 발생호수는 작으나 SWP에 과부하를 발생할 수 있는 이유를 증명하고 이외 해결방법으로 SWP의 부하를 분할하는 방법을 제시

하고 그에 따른 실측치를 비교하였다. 따라서 특수 목적용 교환기를 호처리 루틴이 일반형의 호흐름과 다르게 되며 본 연구에서는 그 사항에 중점을 두었다.

### 參 考 文 獻

- [1] E. Brand, J.C. Warner, "Processor Call Carrying Capacity Estimation for Stored Program Control Switching System," *IEEE Proceedings*, vol. 65, no. 9, 1977.
- [2] Richard E. Barlow, "Mathematical Theory of Reliability: A Historical Perspective," *IEEE Transaction on Reliability* vol. R-23, no. 1, April 1984.
- [3] Charles Clos, "A Study of Non-Blocking Switching Networks," *The Bell System Technical Journal*, March, 1989.
- [4] John, C. McDonald, *Fundamental of Digital Switching*, Continental Tele-Com, Inc, Plenum Press, New York, 1983.
- [5] N. Farber, "A Model for Estimation the Real-time Capacity of Certain Classes of Central Processors," *ITC-6*, 1970.
- [6] 임주환, "TDX-1 시스템 용량해석 방법," ETRI TM, 1984. 12.
- [7] B.E. Brillley, W.N. Toy, "Telecommunication Processors," *IEEE Proceedings*, vol. 65, no. 9, September 1977.
- [8] Anderberg, G. Wikell, "Call Generation, Holding Times and Traffic Load for Individual Telex and Telephone Lines," *Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress*, Malbourne, 1976.
- [9] R. Addie, G. Cods, P. Gerrand, M. Rubinstein, "A General Exchange Simulator for Capacity Studies of Telecommunication Systems," *Australian Telecommunication Research*, vol. 14, no. 1, 1980.

### 著 者 紹 介



**金 東 逸 (正會員)**  
1958年 2月 1日生. 1981年 2月 광운대학교 전자통신공학과 졸업. 1983년 2월 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사) 1990년 2월 광운대학교 대학원 전자통신공학과 박사과정 수료.

1983년 3월~현재 금성정보통신(주) 연구소 TDX 개발단 교환회로 실장. 주 관심분야는 디지털 통신, 교환기 성능 및 용량분석.

**李 在 昊 (正會員)**  
1934年 5月 26日生. 1968年 2月 광운대학 통신공학과 졸업. 1978年 2月 단국대학교 전자공학과 공학석사. 1988年 8월 경희대학교 전자공학과 공학박사. 1988年 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수. 1989年 3월 광운대학교 부설 통신과학연구소장. 주 관심분야는 전자교환기 및 데이터통신 등임.