

# ISDN 스위치에서의 D 채널 액세스 프로토콜 구현에 관한 연구

○김명서, 정희창,\*김영길, 임주환  
한국 전자 통신 연구소, \* 아주 대학교

## A Study on the Implementation of D-Channel Protocol in ISDN Switch

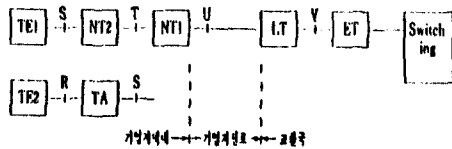
Myeong Seok Kim, Hee Chang Chung,\*Young Kil Kim, Chu Hwan Yim  
Electrics and Telecommunication Research Institute \*Aju University

### ABSTRACT

This paper describes the schematic feature of ISDN switch for basic access and evaluates D channel access protocol with CSMA/CD scheme in ET side. In order to implement basic access in ISDN switch, the functions of each module are defined and the delay vs. throughput characteristics for the our dealing CSMA/CD channel is derived using the embedded Markov chain and used to demonstrate the performance achievable with system parameters, which are, ITS, CD and ST time and packet size.

### 1. 서 론

종합 정보 통신망 (ISDN) 에서 음성 및 비음성 서비스를 제공하는 디지털 통신 기술과 CCITT를 중심으로 한 표준화 노력이 가속되고 있다. ISDN의 구축은 가입자가 요구하는 서비스를 효율있게 제공하기 위해 ISDN 가입자 및간 인터페이스를 지미스에 따라 각각의 액세스 포인트 (reference access point) 에 대한 기능을 정의함으로써 기존의 전화망 단말은 물론 새로운 ISDN 단말을 액세스할 수 있다. ISDN 망-가입자 접속 시스템의 구성도를 그림1에서 나타내었다.



+ : Reference Point TA: Terminal Adaptor  
□ : Functional Grouping LT: Line Termination  
NT: Network Termination ET: Exchange Termination  
TE: Terminal Equipment

그림1 ISDN 망-가입자 접속시스템의 구성도

그림1에서 나타낸 기본 액세스 구조는 2개의 Glinkes B 채널과 16Kbps D 채널로 구성되는 데, B 채널은 음성 및 모뎀의 데이터를 전송하며 D 채널은 신호 정보와 각종의 데이터를 전송한다. 전송선로 (2인리메이스) 통하여 전송종단장치 (Line Termination) 에 연결된 이들 매체에는 IOM 인리메이스 (ISDN Oriented Module interface) 라는 bit serial 동기식 인리메이스를 통하여 데이터와 타이밍 신호를 교환

한다. ET 에서는 B 채널 정보와 D 채널 정보를 분리하여 D 채널 정보는 고속의 공통채널인 CSMA/CD 채널을 통하여 B 채널의 스위칭을 위한 신호정보와 메팅정보를 송수신한다. 본문의 목적은 디지털 스위칭 시스템 (이후 ISDN 스위치) 의 구조적인 기능을 설명하며 ISDN 망-가입자 접속 시스템의 구성부 중 ET 에서의 스위칭을 위한 정보 전송 수신하기 위하여 인리메이스 통신 방식의 일종인 CSMA/CD 통신 프로토콜 이용한 시스템 설계를 분석한다.

### 2. 시스템 구성

그림1에서 나타낸 각장치들은 기본기능 단위로 분리하여 나타낸 것으로, 실제로 기본기능 단위 몇개가 하나의 장치로 구현될 수 있다. 그림2는 "2B+D" 임대의 서비스를 위해 NT1과 NT2의 기능을 NTE 라는 장치에 한 치전 것을 볼 수 있다. 그림2에서 구성되는 장치는 기존 단말 장치를 접속하는 TA 와 "2B+D" 의 디지털 정보를 전송하는 가입자 접속 장치 및 2선 가입자 선을 통해 가입자와 교환기관에 "2B+D" 정보를 송수신하고 D 채널 메팅 신호 정보를 이용하여 회선 교환기능을 처리하는 ISDN 스위치로 구성된다.

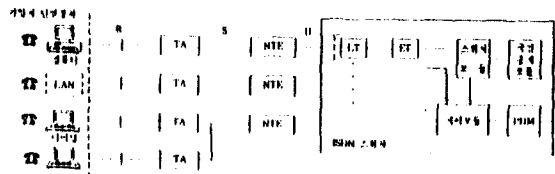


그림2 ISDN 망-가입자 시스템의 기본 구성도

ISDN 스위치는 가입자 접속 시스템을 인입하기 위하여 가입자 모듈, 제어모듈 및 메팅엔딩 모듈로 구성되며 주요 기능은 다음과 같다.

### 1) 가입자 모듈 (Digital Subscriber Module)

가입자모듈은 회선 종단장치(LT)와 교환 종단장치(ET)로 구성된다. 회선 종단 장치는 2선 가입자 선로를 통하여 "2B+D" 정보 전송을 하도록 하는 장치이며 교환 종단 장치는 회선 종단 장치에서 송수신한 "2B+D" 정보를 다중화 및 인리메이스 교환기능의 스위치 모듈과 D 채널 제어 모듈에 인리메이스 되도록한다.

2) 스위치 모듈(Switch Module)

스위치모듈은 TDS T 모듈을 가지고 serial 2 04B PROM을 다중화하여 교환기 용량에 따라 Kbit rate를 결정하여(예: Kbit rate : 60Mbps) 100Mbps 스위치 모듈을 만든다. 교환기 제어 모듈은 스위치 모듈을 스위치 모듈에서 일러되는 R 채널정보나 교환 신호정보(회선이나 패킷정보), 교환 전송모에 인터페이스 되도록하는 PROM 전송장치(예: 23BID, 306ID)로 구성된다.

3) 제어 모듈(Control Module)

제어모듈은 가입자 모듈에서 송수신 되는 D 채널(신호망 패킷) 정보, 교환기에서 송수신 되는 신호정보(공통선 신호망) 및 유선 모뎀기능을 처리하며 또한 전송정보에 따른 스위치 모듈을 제어한다. 제어모듈은 분할제어 방식으로 구성하였다.

4) 패킷 핸들링 모듈(Packet Handling Module)

패킷 핸들링 모듈은 R 채널이나 D 채널의 패킷정보를 처리한다. 이 모듈은 패킷 형태의 정보를 store and forward 스위칭 방식으로 정보를 교환하며, 회선 스위칭을 통해 요구되는 가입자 정보를 전달한다.

3. D 채널 액세스 프로토콜

ISDN에서 회선 교환이 이루어지기 위하여는 D 채널 정보까지 ISDN 스위치의 스위치 모듈에서 처리되어 가입자 단말 정보까지 처리하여 사용되지 않는 회선에 연결되어야 한다. 또한 패킷 교환기능을 부여하기 위하여는 패킷 핸들링 모듈에서 처리하며, ISDN의 회선 교환기와 외부의 패킷 교환기와의 링크를 혹은 전용 링크를 통하여 연결되어 패킷 교환기능의 외부의 패킷모뎀 교환기에 의하여 이루어진다. 이 경우에는 기본 액세스 정보 즉, 회선 교환을 위한 신호 정보와 패킷 교환을 위한 패킷정보를 처리하기 위한 TC 채널에서의 CSMA/CD 채널을 이용한 D 채널 액세스 프로토콜을 설명한다.

1) CSMA/CD 전송 프로토콜

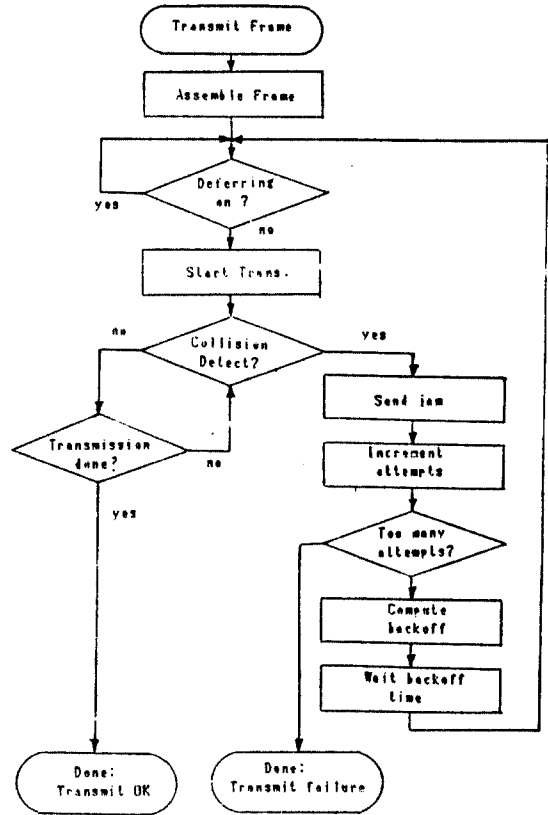
CSMA/CD 전송 프로토콜은 대기 터미널(전송할 패킷을 가진 터미널)은 전송 채널의 상태를 감지하여 채널이 idle 하면 전송하기 전에 일정한 시간동안 전송을 지연한 후 전송하는 데 이를 연속적으로 패킷을 수신할 때 요하는 최소 프로세스 시간으로 이를 interframe space (IFS)라 한다. 랜덤 액세스 방식의 일종인 CSMA/CD 방식은 전송 충돌이 발생될 가능성이 있으며, 충돌이 발생하면 모든 터미널에 jamming 신호를 송출하며 재전송 시점을 결정하는 재전송 프로토콜에 의하여 결정을 해결한다. 여기에서는 다음과 같은 3가지 절차에 의하여 재전송을 결정하게 된다.

- <절차1> 전송이 성공한 후 각 대기 터미널은 IFS 후 확률 1/2로 채널에 액세스한다.
- <절차2> 충돌이 감지되면 각 터미널은 충돌확률  $k$ 의 확률에 (0.5)의 확률로 슬롯 시간에 액세스한다.
- <절차3> 각 터미널은 충돌확률  $k$ 보다 크거나 같은  $n$  패킷은 더 이상 채널에 액세스하지 않고 버린다.

위의 CSMA/CD 분할방식의 흐름도표 4-1에서 나타내었다.

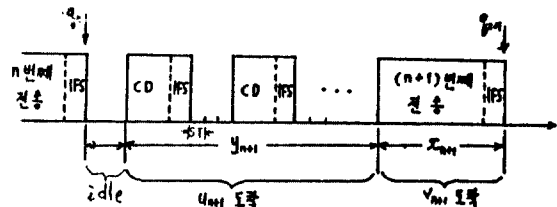
2) CSMA/CD 프로토콜의 흐름도식

이 절차식은 그림 4-3에서 기술된 CSMA/CD 전송 프로토콜을 설명이론을 토대로 시간적인 특성을 해석한다. 이를 위하여 이원 슬롯에서 전송할 패킷을 가진 터미널이 전송에 성공할



(표 1) CSMA/CD 전송 프로토콜의 흐름도

이론은 시스템내의 전송 대기터미널의 수와 무관하게 일정한 전송속도는 지정한 전송 압력만큼 가진다. 이러한 가정은 분할적인 해석 방법이나 재전송 확률함수를 시스템내의 대기 터미널 수에 지정한 재전송 프로토콜을 사용하는 시스템에서 타당함을 여러 시뮬레이션의 결과에서 보여주고 있다.(3,4) 또한, 여기서는 랜덤 접근에 기인하는 충돌에 충돌이 기인한 예외에 의하여 무시될 수 있으며, 무한한 터미널이 공통 채널을 공유할 경우 트래픽 소스의 도착률은 초당  $\lambda$ 의 패킷을 발생시키는 독립 포아송 프로세스라 가정한다. 각 터미널은 패킷을 저장하는 버퍼가 있고, 한편에 하나만의 패킷을 전송할 수 있으며 각 패킷의 전송시간은 확률 분포  $\nu(x)$ 와 평균길이  $\nu_1$ 와 그리고 2차 모멘트가  $\nu_2$ 인 독립 랜덤 변수라 한다. 대기 터미널은 공통 채널을 통하여 도착률은  $\lambda$ 이고, 각 터미널은 분할된 규격 형성한다고 생각할 수 있다. 여기서는 분할된 규격의 평형 상태 모멘트 발생함수(equilibrium moment generating function)를 이용하여 시스템의 규격해석한다. 시간축 상에서 CSMA/CD 채널에서 나타내면 그림3과 같다.



[그림3] 시간축에서의 CSMA/CD 채널

유한 해석을 위한 랜덤 변수를 아래에 같이 정의한다.

- $\eta_n$  : n 번째 전송이 성공한 후 대기 터미널의 수
- $\gamma_{n+1}$  : n 번째 전송 후 다음 전송이 성공할 때까지의 시간
- $u_{n+1}$  :  $\gamma_{n+1}$  동안의 새로운 도착 수
- $v_{n+1}$  : n 번째 전송을 위한 시간
- $x_{n+1}$  :  $\gamma_{n+1}$ ,  $T_{IFS}$  동안 도착한 새로운 도착 수

$V(x)$ 를  $x_{n+1}$ ,  $T_{IFS}$ 의 PDF라 할 때, 이의 라플라스 변환은

$$V(s) = X(s)e^{-sT_{IFS}}$$

이며, 랜덤 변수  $y$  는 2가지 랜덤 시간 구간의 합으로 표현된다.

$$y_{n+1} = (T_{n+1} + u_{n+1})$$

이기에  $y$  는 한 승포의 지수분포를 나타낸다.

$T_{k+1}$  은 n 번째 전송이 끝난 후에 채널이 idle 인 상태의 승포의 수를 나타내며,  $u_{n+1}$  은 다음 전송이 성공할 때까지 경합 기간의 승포 수를 나타낸다. 위의 식(3)으로부터

$$\eta_{n+1} = \eta_n + u_{n+1} - v_{n+1} \quad (1)$$

의 중요한 관계식을 얻을 수 있다.  $Q_k(z)$ 를 확률 밀도 함수  $q_n$ 에 대한 z 변환이라 하면

$$Q_k(z) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k (q_n + k) z^k \quad (2)$$

이며, 채널이 안정한 상태에서  $Q(z) = \lim_{n \rightarrow \infty} Q(z)$  값이 존재하며, 평형 상태에서의 큐의 평균 수를 구하기 위하여 식(1)의 양변에 평균을 취하면

$$\begin{aligned} E\{z^{u_{n+1}}\} &= E\{z^{u_n + u_{n+1} + v_{n+1} - 1}\} \\ &= E\{z^{u_n + u_{n+1}}\} \frac{V(z)}{z} \end{aligned} \quad (3)$$

이제 식  $E\{z^{u_n}\}$ 의 기대값을 나타내며  $v_{n+1}$  은  $q_n$ 과  $u_{n+1}$ 의 독립인 분포를 나타내며  $v_{n+1}$  은 n 개 독립인 승포 밀도 함수이므로  $E\{z^{u_{n+1} + v_{n+1}}\} = V_{n+1}(z) = V(z)$ 로 표현된다. 전송이 끝난 후 idle한 기간은

$$\text{Prob}\{T_{n+1} = k | \eta_n = 0\} = (1-p)^{k-1}, \quad k = 1, 2, \dots$$

이며, 평균의 정의로부터

$$E\{z^{T_{n+1} + u_{n+1}}\} = p(\eta_n = k) E\{z^{u_{n+1}} | \eta_n = k\} \quad (4)$$

로 표현되며  $n \geq 2$  인 경우 양의 가정으로부터

$$E\{z^{u_{n+1}} | \eta_n = k\} = U(z) \quad (5)$$

라 정의하면 각각 방정식 (4) 은

$$\begin{aligned} E\{z^{T_{n+1} + u_{n+1}}\} &= p(q_n = 0) E\{z^{u_{n+1}} | \eta_n = 0\} \\ &+ p(q_n = 1) E\{z^{u_{n+1}} | \eta_n = 1\} \\ &+ \left\{ \sum_{k=2}^{\infty} p(\eta_n = k) z^k \right\} U(z) \end{aligned} \quad (6)$$

이며 각각

$$Q(z) = \left\{ Q_0 U(z) + \gamma Q_1 U(z) + \left\{ \sum_{k=2}^{\infty} Q_k z^k \right\} U(z) \right\} \frac{V(z)}{z} \quad (7)$$

가 된다. 여기서

$$Q_k = \lim_{n \rightarrow \infty} p(\eta_n = k), \quad k > 0$$

$$U_0(z) = \lim_{n \rightarrow \infty} E\{z^{u_{n+1}} | \eta_n = 0\}$$

$$U_1(z) = \lim_{n \rightarrow \infty} E\{z^{u_{n+1}} | \eta_n = 1\}$$

이다. 식(7)을 다시 쓰면

$$U(z) = \frac{\left\{ Q_0 U_0(z) + \gamma Q_1 U_1(z) + \left\{ \sum_{k=2}^{\infty} Q_k z^k \right\} U(z) \right\} V(z)}{z - V(z)U(z)} \quad (8)$$

로 표현된다. 이제  $Q(z)$ 을 구하기 위하여 필요한 값들은  $Q_0$ ,  $U_0(z)$ ,  $U_1(z)$ ,  $U(z)$  그리고  $U(z)$ 이다. 여기서  $U(z)$ ,  $U_0(z)$  그리고  $U_1(z)$ 를  $q_n$ 의 상태에 따라 해석할 수 있다.

(1)  $q_n = 0$ ,

$$u_{n+1} = \begin{cases} 1 & \text{경합 기간 동안 도착한 승포 수} \\ j & \text{경합 기간 동안 도착한 승포 수} \end{cases} \begin{cases} \frac{c_1}{1-c_0} \\ \frac{c_j}{1-c_0} \end{cases}$$

(2)  $q_n = 1$ ,

$$u_{n+1} = 0$$

(3)  $q_n \geq 2$ ,

$$u_{n+1} = \text{경합기간 동안 도착한 승포}$$

여기서  $c_j$  는  $T_{IFS}$  동안에 j 개의 새로운 도착이 있을 확률로서

$$c_j = \frac{(\lambda T_{IFS})^j e^{-\lambda T_{IFS}}}{j!}$$

로 표현된다. 승포가 발생한 경우, 경합 기간 동안 도착한 새로운 도착수는 z 변환  $U(\lambda - \lambda z)$ 를 갖는 독립 랜덤 변수이다. 위의 가정으로부터

$$\begin{aligned} \text{Prob}\{u_{n+1} = k | \text{승포 발생}\} &= S(S)^{k-1}, \\ k &= 1, 2, \dots \end{aligned}$$

이 되며, 앞의 해석 결과의 경합 기간 동안의 도착한 도착수에 대한 z 변환은

$$U(z) = \frac{S e^{-\lambda(1-\theta)T_{CD+IFS}}}{1 - (S)^e e^{-\lambda(1-\theta)T_{CD+IFS}}} \quad (9)$$

이므로, 또한  $U_1(z)$  은 0 이며

$$U_0(z) = \frac{\gamma z}{1-c_0} + \frac{1}{1-c_0} \left[ e^{-\lambda T_{IFS}} c_0 + c_2 \right] U(z) \quad (10)$$

으로 부터 구할 수 있다.  $Q_0$  와  $Q_1$  은 각각 다음의 식으로 부터 유도할 수 있다.

$$Q(1) = 1 \quad (11)$$

$$Q(z) = \frac{Q_0 + \gamma Q_1}{z - V(z)U(z)} \quad (12)$$

이제 식(8)에서 주어진  $Q(z)$ 은 완전히 갖지 못함으로 채널상태에서의 평균 패킷의 수는

$$\bar{q} = \frac{40(z)1}{z-1} \quad (13)$$

로부터 구할 수 있으며, 각각에의 연속적인 상태를 식(10)의 평균 큐 길이의 해석으로부터 Little's formula을 적용하여 얻을 수 있다.

$$\bar{q} = \lambda \bar{t} \quad (14)$$

이제  $n$ 번째 전송이 끝난 후 대기 시간이  $n$ 번째 전송이 끝난 후 평균 대기 시간은  $t_n$ 이라 하면

$$t_n = \lim_{m \rightarrow \infty} t_{n,m}$$

로 정의되며, 다음에 같이 구할 수 있다

$$\text{Prob}(d' = k | T_{Ser}) = \begin{cases} 0, & k = 0, 1, \dots, K-1 \\ \frac{1}{S} \left( \prod_{i=1}^k \alpha_i \right) \left( \sum_{i=1}^K S(i) S_i \right), & k = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (15)$$

여기서  $T_{Ser}$ 는 송신 중 재전송 시간의 최소치 구간을 나타낸다. 따라서 구하는 평균 채널 할당 시간  $t_n$ 은

$$t_n = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^K \alpha_i \left( \prod_{j=1}^i \alpha_j \right) T_{Ser}$$

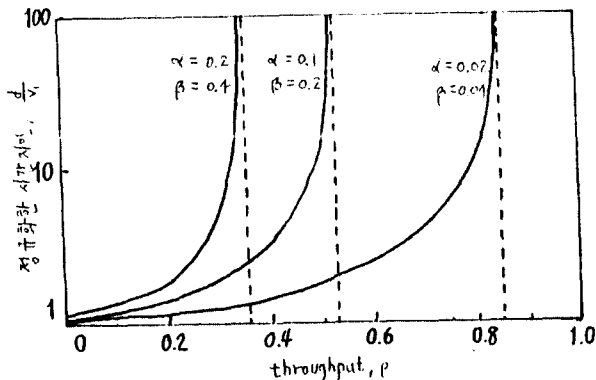
이 된다.

#### 4. 결과 및 고찰

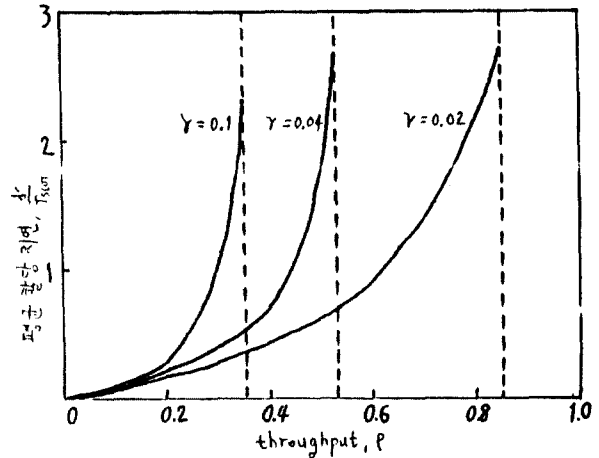
이 절에서는 앞 절에서 해석한 결과를 패킷의 평균 길이  $v$ 에 대한 시스템 파라미터 CD, FFS 및 ST의 비를 성능해석 파라미터로 각각  $\alpha$ 와  $\beta$  그리고  $\gamma$ 라 하면

$$\alpha = \frac{T_{CD}}{V_1}, \quad \beta = \frac{T_{FFS}}{V_1}, \quad \gamma = \frac{T_{ST}}{V_1}$$

로 정의 된다. 평형상태에서 CSMA/CD 채널의 throughput은  $\rho = \lambda v$ 로 표현된다. 해석을 간단히 하기 위하여 도각 프로세스를 포아송 분포를 따르며, 패킷의 전송 시간은 일정한 분포를 갖는다고 가정하였다. 그림1에서는 성능해석 파라미터 및  $\rho$ 를 변수로 하여 시간 지연 특성을 나타내었다. 이러한 수치해석의 결과에서 경험적로 도출한 전송 시작점에서 전송이 성공할 확률  $S$ 가 slotted Aloha 방식에서의 최대 throughput인  $1/2$ 에 비례하고 가정한다.



1. 그림1 평균 시간 지연 특성



1. 그림5 평균 채널 할당 지연 특성

1. 그림5에서는 성능해석 파라미터인  $\gamma$ 와  $\rho$ 의 함수로써 평균 채널 할당 지연 특성을 해석하였다. 그림에서 보듯이  $\rho$ 의 값이 트래픽이 낮은 경우 평균 채널 할당 시간은  $\rho$ 으로 감소함을 알 수 있는데, 이는 액세스 프로토콜의 (원래)에서 주어진 비와 같이 대기 시간이 전송1의 확률로서 채널에 액세스하기 때문이다. 결과에서의 해석은 3장에서 언급한 전송 프로토콜을 근사적으로 해석하였으나 정확한 해석의 경우, 결과를 닫힌형 (closed form)로 나타낼 수 없으며 이리 시뮬레이션의 결과에서 이러한 해석 방법이 타당함을 보이 주고 있다.

#### 5. 결론

본 고에서는 CCITT 국제 권고안에 따라 D채널 프로토콜 (Layer 2.3)구현시 CSMA/CD 프로세스 통신 방식을 이용하여 기존의 패킷 정보와 회선 교환 정보를 처리할 수 있는 ISDN 스위치의 기능을 구조적으로 설명하고 이를 이용하여 D채널 액세스 프로토콜에 대한 시간 지연 특성을 규명 해석하였다. 해석의 결과를 이용하여 구성한 시스템의 트래픽을 분석할 수 있으며 평균 이용 용량 시간을 만족하는 회선 교환을 위한 신호정보와 상대적으로 트래픽 양이 많은 저속의 패킷 정보를 처리하는 좋은 시간지연 특성을 갖는 시스템을 구현할 수 있다.

#### 1. 참고 문헌

1. CCITT 1-series Recommendation (SG XVIII 384)
2. CCITT Q.920, Q.921, Q.931 Recommendation (SGXI 1986, Geneva).
3. S. S. Lam, "A Carrier Sense Multiple Access Protocol for Local Networks", CN4, pp.21-pp.32, 1980
4. J.S. Meditch and E.A. Lee, "Stability and Optimization of the CSMA and CSMA/CD Channels"
5. 손동원, 김경택, 정희정, "ISDN 서비스용 위한 가입자 접속 시스템", 전자통신 pp.50- pp.57, 1988년 1월 호

본 연구는 한국전기통신공사 출연금에 의한 연구 결과임.