

국내 데이터 통신회선의 특성 분석 (The Analysis of Local Data Communication Line Characteristics)

金 東 圭*

(Kim, Dong Kyoo)

要 約

1960년대 후반 이후 전세계적으로 정보 산업의 가장 중요하고 미개척된 분야의 하나로서 data 통신/컴퓨터 통신이 급격히 대두되어 그 영향력을 광범위하게 확산시키기 시작하였다.

이의 구현을 위하여서는 먼저 통신 채널의 여러 가지 고유한 특성이 구명되고 그 신뢰도가 확인되어야 하는 것이 선결 문제이다. 본 논문은 1973년도 이후부터 현재까지 이 분야에 축적된 데이터를 집대성하고 조직적으로 분석하여 몇가지 기본적인 근거를 제시하고 발전적 제안을 하였다.

전용선과 공중선, 통신 속도, 통신 형태, block의 크기, 측정 구간의 지역적 특성등에 따른 통신 채널의 최종적 외부 특성인 error rate, 주파수 특성, 직류 특성등을 분석하고 論하였으며 block의 크기가 performance에 미치는 영향을 해석하여 보았다. 또한 9600 BPS 급의 고속도 통신의 가능성을 검토하였다.

Abstract

Since the second half of 1960's one of the information industry's most vital, yet least-well-understood areas has evolved-Data communications/Computer communications.

To successfully realize this field we have to identify and reveal a variety of fundamental characteristics of communications channels and see their high reliability as prerequisites.

This paper has accumulated related data from 1973 on, systematically analyzed them and provided some basic back ground and suggestions.

Error rate which is the final and external characteristics of communication lines according to channel types, communication types and speed, block length and geographical difference between test points was extensively examined as well as their frequency response and d-c characteristics. The perspective of 9600 BPS high speed data communications was also discussed.

1. 서 론

Network를 통한 컴퓨터의 이용 추세가 보편화되고

* 亞洲工科大学 電子工學科 / 綜合연구소
(The Department of Electronics Engineering
Ajou Institute of Technology)
接受日字: 1979年6月27日

있다. 원거리에 떨어져 있는 computer site간에 resource와 데이터 그리고 처리 결과를 서로 共有할 수 있게 되는 것이다.

이것은 컴퓨터의 데이터 처리 능력과 digital 통신이 하나의 분야로 통합되는 data 통신/컴퓨터 통신/컴퓨터 network의 분야가 대두됨을 의미한다.

미국을 위시한 서구 제국에서는 안정된 컴퓨터 network가 이미 광범위하게 운용되고 있고 이에 관련되는 문제에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

세계적인 추세에 따라 이제는 한국도 이 분야에 대한 인식이 고조되어 정부기관 간의 행정 전산 network, 정보 유통 network, 산업체의 업무 전산화 network, 軍통신망 등에 대한 장기적 국가 차원의 대형 프로젝트가 추진될 수 있는 기획이 완료되었거나 진행 중이어서 본격적인 데이터 통신의 시대가 개막 전야에 다가 왔다고 생각된다.

그러나 이러한 과제들이 성공적으로 수행되기 위하여서는 먼저 데이터 통신 시스템의 설계나 Implementation 그리고 운영에 있어서 통신 선로의 특성에 대한 신뢰도가 확인되고 그 이용 효율을 높이기 위한 network 기법에 관한 연구가 이루어 져야 한다.

본 논문에서는 1973년 저자가 KIST의 전산 개발 센터 내에 Data communication group 을 창설한 때부터 1978년까지 축적된 데이터를 통합하여 체계적으로 분석하고 이 결과를 통하여 한국에 있어서의 데이터 통신/컴퓨터 통신의 발전에 관한 몇가지 제안을 하고자 한다. 본 논문은 데이터 통신 채널로 제공되는 국내의 장거리 및 단거리의 전용선과 공중선에 대하여 error rate를 중심으로 주파수에 따른 진폭 감쇄도, 직류 특성등에 관하여 분석하였다.

2. 시험 대상 회선

전용선 구간은

- KIST(홍능 소재)와 KIST 시내 분실(종로구 안국동 소재) 사이
 - KIST와 KIST 부산 분소(부산 중구 대교동) 사이
 - KIST와 웨어차일드사(영등포구 대방동) 사이
 - KIST와 광주 삼양타이어사(전남 송정읍) 사이
- 등인데 1975년도 데이터는 KIST와 광주 삼양 타이어사 사이의 구간에서 측정된 것이고 이 구간은 1978년도 데이터 획득시에도 다시 측정되었다.

공중선 구간은

- KIST와 KIST 시내 분실 사이
 - 부산대학교(부산시 동래구)와 KIST 부산 분소 사이
 - 영남대학교(경북 경산)와 경북대학교(대구 시내) 사이
 - 전남대학교(전남 광주)와 삼양타이어사 사이
- 등에서 측정이 행하여 졌다.

3. 시험 기기

1978년도 데이터는 다음과 같은 기기를 사용하여 측정되었다.

- ICC modem 300
300 BPS까지의 asynchronous (serial binary) data 송수신이 가능하며 FSK 변조 방식이고 auto-answer option이 있다. Equalizer는 없다.
- ICC modem 2200
1200 BPS 혹은 2400 BPS synchronous 이고 4 Phase 혹은 2 phase DPSK 변조 방식이며 fixed equalizer 가 있다.
- ICC modem 4600/48
4800 BPS synchronous이며 equalizer가 있다. Dual amplitude와 4 Phase 변조 방식이다.
- ICC modem 96 multi-mode
4 선식이며 9600 BPS, 7200 BPS, 4800 BPS 를 선택할 수 있는데 각각 8 phase 와 2 amplitude 변조, 8 phase 변조, 4 phase 변조를 한다. Statistical automatic equalizer 가 있다.
- ICC model 220 transmission test set

Modem의 performance를 제어하거나 노선에서의 error rate를 측정하며 binary 신호를 생성하여 modem과 선로를 통한 후 되돌려 받아 check할 수 있다. Asynchronous 75~2400 BPS까지 측정 가능하고 asynchronous 0~330K BPS(WECO series 3000 current interface) 혹은 0~20K BPS(EIA RS232)까지 측정 가능하다. Test length를 10^2 , 10^3 , 10^6 개로 선택 가능하고(개수는 bit 혹은 block의 수를 말함) block의 유형은 WECO(63 bits), CCITT(511 bits), ICC(2047 bits)를 선택할 수 있으며 random bit data를 mark, space 혹은 혼합하여 생성할 수 있다. 최대의 sensitivity는 -45 dbm이다.

1975년도 측정에는 다음 기기를 사용하였다.

- ICC modem 4600/48
- ICC model 220 transmission test set
- Level meter
- Auto signal generator
- Tektronics oscilloscope
- Multi meter와 megohm meter

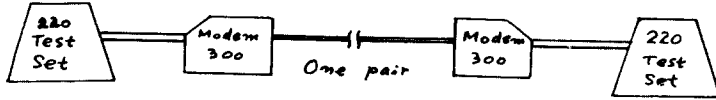
4. 전 용 선

4-1. 측정방법

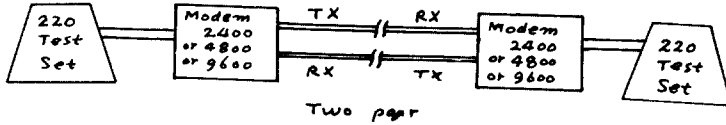
그림 1에 전용선에 대한 4가지 시험회로 구성 방법을 도시하였다. 전용선에 대한 측정된 실험 데이터가 표 1, 표 2, 표 3에 표시되어 있다.

주파수 특성 측정에서는 audio 범위 내에서 osci-

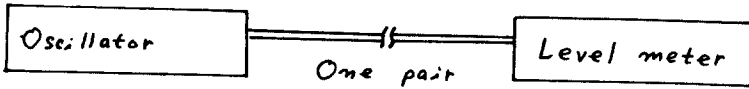
1. 300BPS 에 대한 측정



2. 2400 BPS, 4800 BPS, 9600 BPS 에 대한 측정



3. 주파수 특성 측정



4. Loop test

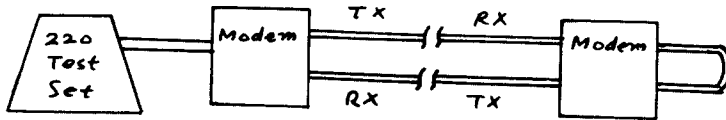


그림 1. 전용선에 대한 시험 회로 구성
Fig. 1. Test circuits for leased lines.

illator의 출력은 항상 0 ± 0.05 dbm으로 고정시켰다.

전용선과 공중선을 막론하고 Bit error rate 측정은 모든 속도에 대하여 1회에 10^6 개의 bit를 송신하여 몇개의 bit error가 발생하였는가를 count하였다. 구간별로 이러한 시험을 150회에서 528회까지 시행하였다. 9600 BPS는 78회 밖에 시행하지 못하였다. 2400 BPS modem을 사용하는 경우 1회에 10^6 개의 bit를 송신하는데에 약 7분이 소요되므로 전체적으로 오랜 test 시간이 필요하였다. 매회 시험에서 발생하는 error bit의 빈도수(개수를 의미함) 별로 회수를 계산하여 전체 시행 회수를 100%로 하는 누적 회수의 백분율을 구하였다. 예를 들면 표1 빈도수 3~4 열의 4800BPS 행을 보면 누적 회수의 백분율이 91.3%인데 이것은 매회 시행에서 error bit이 4개 이하가 발생한 회수의 누계가 전체 회수(150회)의 91.3%(즉 137회)임을 의미한다.

Block error rate 측정은 각 block의 유형별로 모든 속도에 대하여 1회 시험에 10^3 개의 block을 전송하여 몇개의 block의 error가 발생하였는가를 count하였다. 10^3 개의 block을 통과시키는데 WECO 유형은 30초, CCITT 유형은 3분 30초, ICC 유형은 14분 정도가 소요된다. Block의 유형, 구간,

속도 별로 이러한 시험을 150회 정도씩 시행하였다. Block error rate의 경우도 역시 block error 빈도수 별로 누적 회수의 백분율을 구하였다. 누적회수 백분율을 그래프로 도시한 것이 그림 2와 그림 3이다. 표 3은 표1, 표2, 표6, 표7의 모든 경우를 평균하여 집약시킨 것이다.

4-2. Bit error rate

CCITT Regulation V. 53에 규정된 error rate의 한계치는 1200 Bauds의 전송 속도인 경우에 전용선에서는 평균 max. bit error rate가 5×10^{-5} 이다.(표4. 참조)

표 3에 집약된 실험 데이터를 검토하면 모든 bit rate와 구간에서 전용선은 CCITT 한계치를 상회하는 5×10^{-6} 정도의 값을 지니고 있어 이 정도의 수준이면 한국의 전용 선로의 특성은 data 통신에 충분한 조건을 지닌 것으로 판정된다.

표 2를 보면 error 발생 빈도수가 5×10^{-5} 의 한계치를 넘는 경우는 4800 BPS에서 2%이고, 300 BPS 이하에서는 해당이 없다. 또 실험 데이터는 표 1, 표 2, 표 3을 관찰하여 보면 지역적으로도 비교적 좋은 상태를 나타내고 있고 표 5와 비교하여 보면 error 발생의 主區間은 반송 구간이 아니고 실선 구

표 1. 전용선의 bit error data(누적%)(KIST 전산부 데이터 의거)
 Table 1. Bit error data of leased lines.(accumulated percentage)

Bit rate	구 간	횟수	Test 중 발생 error bit 빈도수									
			0	1	2	3-4	5-10	11-20	21-50	51-100	101-200	201-
4800	KIST 서울분실	150	90.0	90.0	90.0	91.3	92.7	94.7	98.0	98.7	99.3	100
2400	KIST 서울분실	150	81.3	82.7	86.7	90.0	91.3	98.0	98.7	100		
2400	KIST 부산분실	528	79.7	79.9	83.5	85.2	90.7	93.6	95.5	98.1	99.1	100
300	KIST 서울분실	150	91.3	91.3	93.3	95.3	97.3	99.3	100			
150	"	150	94.0	96.0	98.0	99.3	99.3	99.3	100			
110	"	150	96.7	96.7	98.0	99.3	100					

표 2. 전용선의 Block error data(누적%)(KIST 전산부 데이터 의거)
 Table 2. Block error data of leased lines.(accumulated percentage)

Bit rate	구 간	Block length	횟수	Block error 빈도수							
				0	1	2	3-4	5-6	7-10	11-	
4800	KIST 서울분실	WECO 63	150	93.3	97.3	98.7	100				
		CCITT 511	"	85.3	92.0	95.3	96.7	97.3	98.0	100	
		iCC 2047	"	67.3	82.0	88.0	94.0	96.7	96.7	100	
2400	"	WECO	"	99.3	100						
		CCITT	"	85.3	92.0	95.3	97.3	99.3	99.3	100	
		iCC	"	80.6	85.3	88.0	92.0	94.7	97.3	100	
2400	KIST 부산분실	WECO	146	98.6	99.0	100					
		CCITT	"	91.8	95.9	96.6	97.9	98.6	100		
		iCC	"	81.5	89.7	93.2	96.6	97.3	99.3	100	

간임을 암시한다.

4-3. Block error rate

실제의 데이터 통신은 asynchronous 는 bit 단위로, synchronous 는 block 단위로 이루어 지므로 2400 BPS 이상의 경우에는 block error rate가 되나 현재 CCITT 는 여기에 관한 권고 규정이 없다. 실험이 이루어진 block size 는 WECO가 63 bit, CCITT가 511 bit, ICC가 2047 bit이다. 이 결과는 표2 표3 그림2 그림3에 나타나 있다. 실험치를 관찰해 보면 서울 시내 구간의 bit error rate가 2.24×10^{-6} , 시외 구간이 9.67×10^{-6} 으로 시외 구간이 높으나 block error rate 는 CCITT

와 ICC 모두 시내 구간에서 더 높은 것으로 나타난다.

이것은 error가 시내 구간은 산발적이고 시외 구간은 집중적으로 발생함을 의미한다. 따라서 같은 bit error rate 일 때 error가 집중적인 편이, 그리고 error가 집중적인 곳에서는 Block length가 길수록 data 통신의 효율이 높게 된다고 말할 수 있다.

4-4. Block length에 대한 고찰

Block length에 대하여 test 할 경우에는 block 단위로 계속적인 송신이 이루어졌으나 실제로는 protocol의 과정을 밟아 computer communication이 이루어지고 있다. 일반적으로

표 3. Error rate 종합표(KIST 전산부 데이터 의거)
Table 3. Summarized error data.

Type	BPS	구간 Line	KIST 서울분실		서울-부산	대구시내	광주시내	부산시내	KIST-Fair
			전 용	공 중	전 용	공 중	공 중	공 중	전 용
bit $\times 10^{-6}$	9600								8.15
	4800		5.83						
	2400		2.24	12.26	9.67	4.64	23.03	13.08	
	300		8.13	59.41		21.36	12.03	70.07	
	150		6.82	97.78					
	110		3.24	78.57		8.70	12.51	254.90	
ICC block $\times 10^{-3}$	2400		1.09	3.48	0.58				
	4800		1.69						
	9600								5.05
CCITT block $\times 10^{-3}$	2400		0.41	1.63	0.27	1.21	4.30	1.78	
	4800		0.49						
	9600								1.41
WECO block $\times 10^{-3}$	2400		0.01	0.41	0.02				
	4800		0.11						

표 4. CCITT recommendation(Bit error rate)
Table 4. CCITT recommendation(Bit error rate)
(특성시간 15분)

Bauds	구 분	Max. bit error rate
1200	공 중	10^{-3}
1200	전 용	5×10^{-5}
600	공 중	10^{-3}
600	전 용	5×10^{-5}
200	공 중	10^{-4}
200	전 용	5×10^{-5}

- ① CPU측 (terminal 측)에서 terminal측(CPU측)으로 한 block을 송신한다.
- ② Terminal (CPU측)측에서 수신된 data에 대한 logical check를 하여 error 유무를 판단한다.
- ③ Error가 있으면 NAK signal을, 정상이면ACK signal을 (PU측 (terminal측)으로 송신한다.
- ④ NAK signal을 수신하는 측은 해당 block을 재 송신하고 정상인 경우에는 다음 block을 송신한다.
Test 시에는 재송신이 이루어 지지 않으므로 실제로

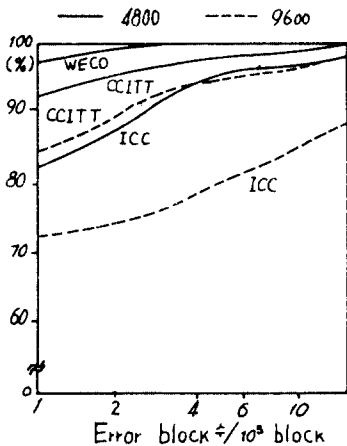


그림 2. Block length별 block error rate (서울시내 전용선)
Fig. 2. Block error rate according to block length.

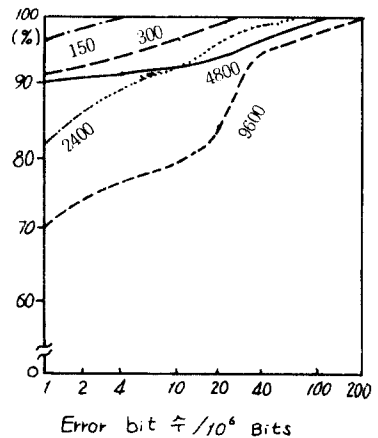


그림 3. BPS별 bit error rate (서울시내 전용선)
Fig. 3. Bit error rate according to BPS.

교신이 일어날 때에 Error 발생과 관련하여 block length가 performance에 미치는 영향은 실험적인 해석이 필요하다.

일반적으로 block의 길이가 커지면 block error rate는 증가한다. Block의 길이가 무한대가 되면 아무것도 전송할 수 없게 되겠지만 어떤 한계 이내에서는 block의 길이가 길어진다고 하여 반드시 performance가 떨어진다고 볼 수는 없다. 이론적인 block length의 한계는 거의 구명되어 있는 것으로 이해하고 있지만 너무 많은 가정에 바탕을 두고 있기 때문에 실제의 경우에 적용할 때는 block error rate와 관련되는 분석이 뒤따라야 할 것으로 생각된다. 이를 위하여 이미 알려져 있는 modem의 total turnaround delay (TTD)를 이용하여 하나의 해석 모형을 설정하여 보고자 한다.

4-5. Block length의 performance 해석

먼저 한 Block의 데이터를 전송하는데 필요한 protocol handshaking procedure의 overhead TTD(sec)는

$$TTD = 2(D_{cts} + D_p + D_m) + D_r + T_{ack} + D_t \quad (식 1)$$

(참고문헌 1 참조)

여기서 각 변수들은 다음과 같다.

D_{cts} : Terminal의 RTS(request-to-send) signal에 대하여 modem에서 CTS(clear-to-send)로 응답하는데 걸리는 소요 시간

D_p : 한쪽 방향으로 signal이 전송되는데 걸리는 걸리 시간

D_m : Modem의 transmitter와 receiver 회로를 통과하는데 걸리는 한쪽 방향의 시간

D_r : Data를 수신한 후 logical check를 거쳐 RTS를 내보내는데까지 걸리는 수신측의 응답 시간

T_{ack} : Modem bit rate에 따른 ACK signal을 응답하는데 걸리는 시간

D_t : D_r 과 같은 식의 송신측 응답시간

이들 중에서 D_{cts} 가 가장 큰 overhead 요소가 되며 변수들은 시스템의 통신 software의 효율에 따라 달라 지고 중요한 것은 block data 자체의 전송 시간은 TTD의 결정 요소가 아니란 점이다.

다음에 관련되는 다른 변수들을 정의하도록 하자

L_{blc} : Block length로서 한 block을 구성하는 bit의 수

N_{blc} : 전송할 block의 개수

S_{bps} : 전송 속도

E_{blc} : Block error rate로서 한 block을 전송한 경우에 발생하는 error block의 수인데 소수 수치가

가 된다.

그러면 N개의 block을 전송하는데 소요되는 시간 T_n 은

$$T_n = L_{blc} \times N_{blc} / S_{bps} + N_{blc} \times TTD \quad (식 2)$$

즉 T_n 은 N개의 block data를 전송하는데 실제로 소요되는 시간과 총 overhead time의 합이 된다.

최종적인 유효 bit rate $Sebps$ (BPS)는

$$Sebps = L_{blc} \times (N_{blc} - N_{blc} \times E_{blc}) / T_n$$

$$= L_{blc} \times N_{blc} (1 - E_{blc}) / T_n \quad (식 3)$$

결국 block length가 performance에 미치는 영향은 식 3으로 산출되는 $Sebps$ 로 평가할 수 있게 된다.

4-6. 해석 모형에 대한 실험치 적용

2400 BPS modem의 실제 수치를 넣어서 TTD를 계산하여 보면 대략

$$TTD = 2(150 + 10 + 5) + 5 + 10 + 2 = 347 \text{ ms}$$

이다. 서울 시내 전용선의 CCITT block error rate는 0.41×10^{-3} , ICC는 1.09×10^{-3} 이다.

이들을 식 2와 식 3에 대입하면,

CCITT는

$$T_n = 511 \times 10^5 / 2400 + 10^5 \times 0.347 = 55900 \text{ (sec)}$$

$$Sebps = 511 \times 10^5 (1 - 0.42 \times 10^{-3}) / 55900$$

$$= 912 \text{ (BPS)}$$

ICC는

$$T_n = 2047 \times 10^5 / 2400 + 10^5 \times 0.347 = 119992 \text{ (sec)}$$

$$Sebps = 2047 \times 10^5 (1 - 1.09 \times 10^{-3}) / 119992$$

$$= 1704 \text{ (BPS)}$$

측정된 block error rate를 사용하여 CCITT 유형과 ICC 유형의 2가지 block length에 대하여 식 3으로 주어지는 모형을 설정하여 block length의 performance는 해석하여 보았다. 이 결과는 block length가 큰 ICC 유형이 거의 2배에 가까운 performance를 보여 주고 있다.

앞으로 전국적인 규모의 반복적인 측정을 통하여 최소한 본 논문의 데이터가 제시하는 수준 정도의 데이터 통신 회선의 품질이 확인된다면 앞으로 국내용 통신 규범을 설계할 필요가 있을 때 이것은 좋은 참고 사항이 될 것으로 생각된다.

4-7. 주파수 특성과 직류 특성

각 선로의 직류 시험과 주파수 특성 시험에 의한 데이터가 집약되었는데 직류 시험은 실선 구간에서 이루어 졌고 loop 저항, 각 선의 저항, 그리고 선간 절연과 각 선과 ground간 저항이 측정되었다. 또한 각 선로의 noise를 측정하였고 주파수 특성을 300 HZ에서 3400 HZ까지 audio signal generator

국내 데이터 통신 회선의 특성 분석

0 ddbm을 발생시켜 상대방에게 측정 한 결과가 그림 5의 실험치에서 절연은 거의 문제가 없었고 가장 4의 반대수 눈금에 plot되었다. 큰 장애 요인은 주파수 별 level 감소의 차이로 특성

표 5. 서울-광주간 路線특성(1975)(참고문헌 2 의거)
Table 5. Line characteristic between Seoul and Kyangju(1975).

구 간	선로저항 (Ω)		선로절연 (Ω)		Noise dbm	주 파 수 특 성 HZ																						
	L oop	L1-G	L2-G	L1-L2		L1-G	L2-G	3000	2800	2600	2400	2200	2000	1800	1600	1500	1400	1200	1000	900	800	700	600	500	450	400	300	
								-11.4	-10.8	-10.2	-9.7	-9.2	-8.5	-8.0	-7.4	-7.0	-6.7	-6.0	-5.5	-5.2	-5.0	-4.6	-4.5	-4.5	-4.4	-4.3	-4.2	-4.1
KIST 서울통제	송	780	390	∞	∞	∞	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56
	수	780	390	∞	∞	∞	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56	-60	-56
서울통제 광주통제	송						42	+5.0	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9	+4.9
	수						-42	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5	+5.5
광주통제	송	1335	668	667	∞	∞	-49	-6.5	-6.6	-6.7	-6.8	-6.9	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0	-7.0
	수	1300	690	700	∞	∞	-41	-10.3	-10.2	-10.3	-10.2	-10.2	-10.3	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4	-10.4
비 고	송수신은 모든 서울측에 본 것임 * Microwave 반송 구간에서 증폭되었음																											

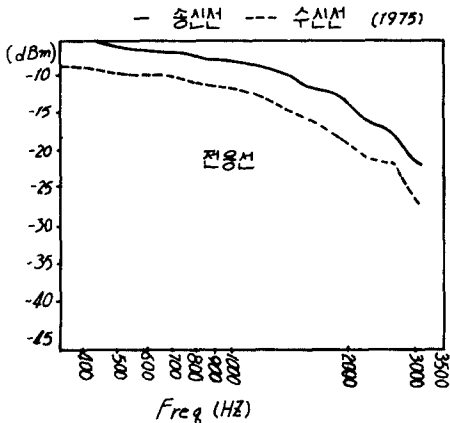


그림 4. Frequency response (서울-광주 시의 구간)
Fig. 4. Frequency response. (Between Seoul and Kyangju)

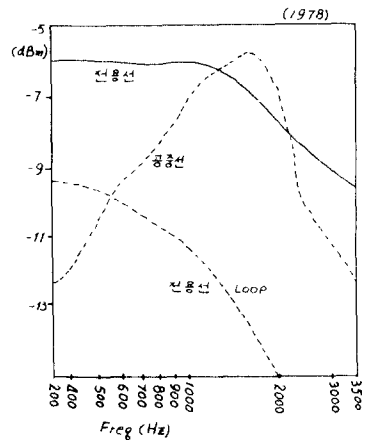


그림 5. Frequency response (서울시내구간)
Fig. 5. Frequency response, (Seoul)

이 코르지 못한 점이다. 그림 5의 경우를 관찰하면 전용선은 modem이 일반적으로 요구하는 bandwidth 900~2500 HZ에 대해 알맞는 특성을 가지고 있고 (Carrier frequency에서 ± 1.5 dbm) 공중선의 경우는 (+0.5 dbm) ~ (-4 dbm)의 범위로서 크게 떨어지지는 않으나 전체적 모양은 큰 차이를 보인다. 그래서 high BPS로 올라감에 따라 voice band의 거의 전영역을 요구할 때는 문제점이 따른다.

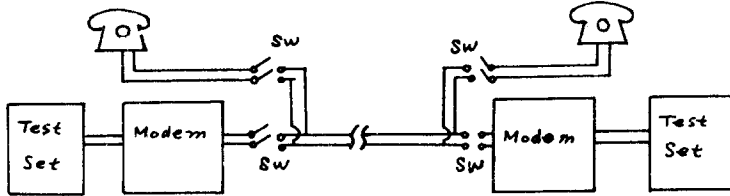
4-8. 결과 고찰

실험치들의 분석에 있어 중요한 고려 사항은 송신 level이다. Test 중 사용한 것이나, 실제 운용중인 level은 0 dbm이다. 외국의 경우는 보통 -13 dbm을 송신 level로 잡고 있으며 error rate를 level의 함수로 볼 때 실제 결과가 훨씬 나빠질 것으로 예상해야 한다. Level은 선로간 누화등을 고려하여 조정할 필요가 있을 것이다.

5. 공 중 선

5-1. 측정 방법

1. 300 BPS, 2400 BPS에 대한 측정



3. 수파수 특성 측정

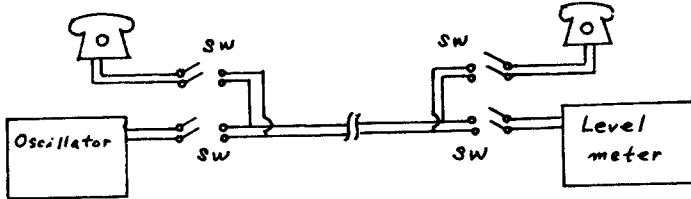


그림 6. 공중선에 대한 시험회로 구성
Fig. 6. Test circuits for switched lines.

그림 6에 공중선에 대한 시험 회로 구성 방법을 도시하였다.

데이터의 측정을 위하여 switch box를 고안하여 시험 도중 선로가 복구되어 시험이 중단되지 않도록 하였다. 그러나 앞으로 공중 회선이 개방되어 이를 통한 실제 데이터 통신을 수행할 때에는 acoustical coupler를 사용하는 것이 바람직할 것이다.

5-2. Dial-up system

공중선을 통한 데이터 통신은 dial-up system의 형태로 이루어진다. 그림 5에 보는 바와 같이 local modem에는 auto-answer circuit가 부착된다. 쌍방 호출을 가능케 하기 위하여는 remote 측에도 이것이 필요하다.

5-3. Bit error rate

공중선의 경우 bit error rate는 CCITT 규정이 최고 10^{-3} 으로 전용선보다는 훨씬 높게 잡혀 있다. 측정치는 모든 bit rate와 모든 구간에서 이를 상회하는 좋은 상태를 보여 준다. 전용선과 공중선은 2400 BPS에서 별 차이가 없으나 300 BPS 이하에서는 공중선이 나쁜 것으로 나타나 있다. 표 3에서

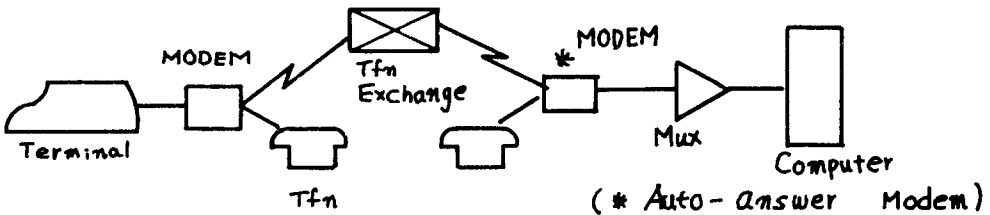


그림 7. Dial-up system
Fig. 7. Dial-up system.

표 6. Bit error data(누적%) 공중선(KIST 전산부 메이타 의거)
Table 6. Switched line bit error data(accumulated percentage).

Bit rate	구 간	횟수	Error bit 빈도수									
			0	1	2	3-4	5-10	11-20	21-50	51-100	101-200	201-
2400	KIST-서울분실	150	59.3	61.3	66.0	76.0	78.0	88.0	92.0	96.0	99.3	100
	경북대-영남대	96	63.5	63.5	71.8	75.0	79.2	85.4	95.8	95.8	95.8	100
	전남대-삼 양	120	40.8	41.7	43.3	46.6	51.6	59.1	89.3	96.7	99.2	100
	부산대-부산분실	117	66.7	67.5	71.7	76.1	82.1	88.0	94.9	97.4	98.3	100
300	2400과 동일	150	77.3	78.7	79.3	80.7	83.3	90.0	98.0	100		
	"	90	86.6	81.1	94.4	96.7	96.7	98.9	100			
	"	120	65.0	70.0	84.2	95.0	99.2	100				
	"	124	55.6	60.5	64.5	69.3	79.0	90.2	99.1	100		
150	KIST-서울분실	150	76.0	79.3	82.0	85.3	89.3	92.7	96.7	100		
110	2400과 동일	150	78.7	82.0	85.3	87.3	94.0	97.3	99.3	100		
	"	87	89.7	96.6	98.8	98.8	98.0	100				
	"	120	76.7	94.2	97.5	98.3	99.2	100				
	"	129	53.5	58.1	62.8	68.2	77.5	91.5	96.6	97.7	100	

표 7. Block error data(누적%) 공중선(KIST 전산부 메이타 의거)
Table 7. Switched line block error data(accumulated percentage).

Bit rate	구 간	Block length	횟수	Block error 빈도수							
				0	1	2	3-4	5-6	7-10	11-	
2400	KIST 서울분실	WECO	150	95.3	98.0	98.7	98.7	98.7	98.7	100	
		CCITT	"	68.7	76.7	82.7	90.7	94.0	96.7	"	
		I C C	"	52.0	62.0	74.0	80.0	89.3	93.3	"	
2400	경북대-영남대	CCITT	102	85.3	92.2	95.1	96.1	96.1	97.1	"	
		전남대-삼 양	"	120	41.7	52.5	66.7	78.3	83.3	90.8	"
		부산대-부산분실	"	108	70.4	77.8	85.2	91.7	91.7	95.4	"

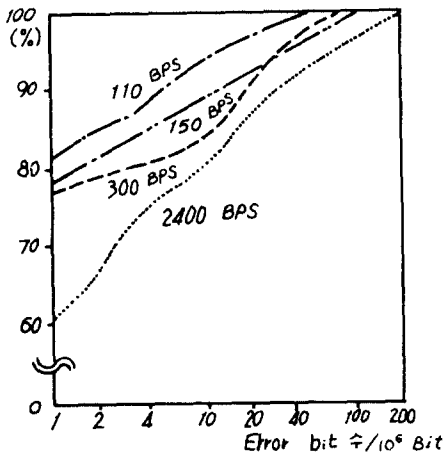


그림 8. Bit error rate BPS별(서울시내 공중선)
Fig. 8. Bit error rate according to BPS.
(Seoul switched lines)

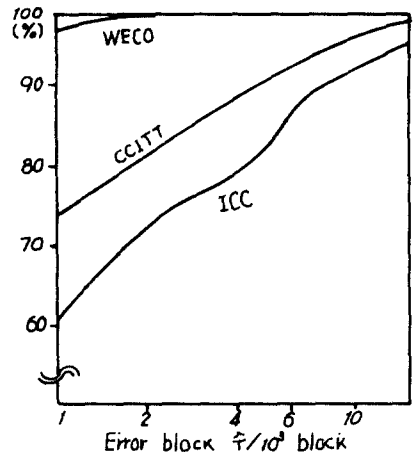


그림 9. Block length 별 2400 BPS (서울시내 공중선)
Fig. 9. Block error rate according to block length.
(Seoul switched lines 2400 BPS)

KIST와 안국동에 위치한 서울 분실 간의 측정 데이터를 보면 2400 BPS의 경우에 전용선의 bit error rate가 2.24×10^{-6} 이고 공중선은 12.26×10^{-6} 으로 나타나 이 경우에는 공중선은 전용선에 비하여 불매 상대적으로 상당히 좋은 조건을 지니고 있다고 볼 수 있고, 여기서 공중선을 low speed로 사용하기 보다는 high speed 데이터 통신의 dial-up backup 으로 사용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

5-4. Block error rate

2400과 4800 BPS에서 block error rate가 큰 차이가 없는 것으로 나타나 high speed에 대해 낙관적이라고 볼 수 있고 지역별로는 bit error rate와 발생 빈도의 양상이 비슷하다. Block length가 길어짐에 따라 error 발생 빈도가 비례하여 높아지고 있음을 표시한다.

6. 9600 BPS 통신의 가능성

6-1. Bit error rate

KIST와 영등포의 Fairchild 구간의 전용선에서 측정된 9600 BPS의 bit error rate는 8.154×10^{-6} 인데 이는 CCITT 1200 Baud의 5×10^{-5} 범위에 들어 가므로 양호한 상태이고 bit error rate의 기준만으로는 conditioning 없이도 사용가능한 것으로 예상되나 주파수 특성도 고려해서 판정해야 할 것이다.

6-2. Block error rate

CCITT는 1.4×10^{-3} , ICC는 5×10^{-3} 으로 측정치가 얻어졌는데 4800 BPS 이하에 비하여 Bit error

보다는 block error가 상대적으로 높지만 절대치로는 별 문제가 없는 것으로 평가할 수 있겠다.

6-3. 고찰

4800 BPS와 9600 BPS는 사용 선로의 조건에 큰 차이가 있다. (표 8, 표 9 참조)

표 8, 표 9에서 보는 바와 같이 9600 BPS 통신은 S/N비 주파수 특성에 있어 4800 경우보다 3~5 db정도 더 높은 비가 요구되고 frequency response에 있어서도 훨씬 flat한 특성을 만족시켜야 하며 delay time도 더 짧아져야 한다. 현재 국내 선로는 데이터 통신용으로 세분화되어 있지 않는데 그림 4를 관찰하면 서울-광주 구간은 C2의 요구에 미달됨을 알 수 있는데 현상태는 주파수 특성으로는 9600 BPS 통신이 어려울 것 같다. 그러나 각 통제국에서 양질의 선로를 선택한다면 6-1, 6-2의 bit error rate와 block error rate를 감안하여 불매 9600 BPS도 가능할 것으로 판단된다.

즉 0.4, 0.5, 0.65 mm대선에 0.9 mm 선로를 사용하면 안전할 것이다. 9600 BPS급의 데이터 통신은 높은 bit rate뿐만 아니라 multi-point 기능을 이용하는 장거리 회선 비용 절감에 더 착안하여야 될 것으로 생각 된다.

7. 결론 및 제언

대부분의 경우에 Bit 혹은 block error rate는 data 통신에 관한 CCITT 권고안을 상회하고 있어 체신부가 관할하는 국내 통신 회선은 최소한의 준비

표 8. 4800 BPS과 9600 BPS modem의 차이
Table 8. Differences between 4800 BPS and 9600 BPS modem.

Rate	사용 선로	Equalization	Bandwidth	허용최대S/N비	변조 방식	비 고
4800 BPS	Unconditioned	Manual	900~2600 HZ	17 - 22	4 Phase + AM	Dual 2400가능
9600 BPS	C 2	Automatic	500~2900 HZ	22 - 25	Two level Two phase	Dual 4800가능

표 9. C-type conditioning (전용선) FCC Tariff No. 260의거
Table 9. C-type conditioning of leased line according to FCC Tariff No. 260.

Type	주 파 수 특 성	Delay 특 성
Unconditioned	300~3000 - 3 + 12 dbm 500~2500 - 2 + 8 dbm	Less than 1750 μ s Over band from 800 to 2600 HZ
C 1	300~2700 - 2 to + 6 1000~2400 - 1 to + 3 2700~3000 - 3 to + 12	Less than 1000 μ s Over band from 1000 to 2400 HZ Less than 1750 μ s 800 to 2600 HZ

만으로 데이터 통신에 적용될 수 있다고 판단된다. 측정된 block error rate를 사용하여 해석 모형을 설정하고 분석한 결과는 2047개의 bit로 구성된 block이 511개의 bit로 구성된 block보다 performance가 2배 정도 높은 것으로 나타났다. 이 점은 앞으로 국내용의 통신 규범을 만들 때 참고가 되겠다.

몇가지 보안 조치를 취한다면(예를 들면 실선 구간 의 선로 직경등) 국내 전용 선로로써 9600BPS급 데이터 통신이 가능할 것으로 본다.

현 단계에서 공중선은 2400BPS까지의 통신은 안정될 것으로 판정되고 4800BPS는 측정 데이터가 마비되어 구체적인 언급을 할 수가 없다. 공중선을 사용할 경우 일반 통화에 미칠 누화나 공명등의 영향을 고려하여 송신 출력은 적절한 기준을 정하여 규제할 필요가 있을 것이다.

아울러 제안으로서 error rate와 직류 특성, 진폭 감쇄와 함께 다른 고유 특성(지연 특성, phase jitter, phase hit, impulsive noise, 주파수 변이등)에 관하여 보다 광범위한 지역과 장기간에 걸친 반복 측정을 통하여 데이터의 통계 신뢰도를 높여야 하겠다.

Digital 전송에 관한 본격적인 연구도 요망된다.

무선 channel을 사용하는 packet data communication의 개발과 응용을 조속히 시도할 필요성이 있다.

참 언

본 연구를 위한 데이터 수집에 많은 도움을 주고 분석 작업을 수행하는 과정에서 조언을 아끼지 않은 KIST 전산개발센터의 성기수 박사, 정진욱씨, 김중권씨에게 깊은 감사를 드립니다.

参 考 文 献

1. 金東圭, "國內 데이터 通信運營의 實際 - KIST Terminal Network의 諸問題를 中心으로" 행정과 EDP, Vol. 3, No. 1. 2., 1975. 3.
2. 이용태, 金東圭, 정진욱, "한일은행 Teleprinter 교환 시스템 개선을 위한 연구, "KIST Report BS I 425-743-7, 1976. 2.
3. Bass, C. Carrol, "The Aloha System Tech. Report B72-4", Univ. of Hawaii, Hawaii U.S.A., Sep. 1972.
4. "Study of the general switched telephone network with a view to its suitability for data transmission", COM Sp. A-No 101-E, Federal Republic of Germany, Nov. 1972.
5. Doll, D.R., "Data Communications-Facilities, Networks, and Systems Design", John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1978.
6. Frank, H., Frisch, I. T., "Communication, Transmission, and Transportation Networks", Addison Wesley Publishing Company, Inc., U.S.A. 1971.
7. Davernport, William P., "Modern Data Communication", Hayden, U.S.A., 1977.
8. "CCITT Green Book Vol. VIII", CCITT, 1978.
9. Green, Paul E. Jr, Lucky, Robert W., "Computer Communication", IEEE Press 1974.

