

컴퓨터 통신—〔1〕

end user를 중심으로

金 在 均

韓國科學院 副教授 工博

最近 컴퓨터 통신에 대한 一般의 관심이 커짐에 따라서 本 講座를 신개되었다. 三회에 걸쳐서 여러 執筆자가 나누어 連載할 예정이며 그 內容은 다음과 같다. (1) end user를 中心으로, (2) network control를 中心으로, (3) carrier와 network를 中心으로—
編輯者

1. 序 論

컴퓨터 통신은 문자 그대로 컴퓨터와 電氣通信의 결합으로 이루어진 새로운 分野이다. 즉 데이터 통신을 이용하여 컴퓨터의 능력을 지리적 으로 기능적으로 연장확대한 것이다. 電氣通信의 발달은 有機的인 그리고 복잡한 社會가 요구하는 各種 通信過程 즉 情報流通의 문제를 거의 해결하고 있다. 그러나 이제는 社會 機能要素間의 거리를 단축하는 단순한 通信問題가 아니라, 受信된 通信內容 즉 수많은 情報內容을 어떻게 理解 整理하며 調整하여 有用하게 活用하느냐 하는 것이 큰 문제가 되고 있다. 이 점이 바로 오늘날 通信에서의 새로운 制限要素가 된다. 따라서 通信의 領域에 컴퓨터가 들어오고, 컴퓨터의 世界에 通信이 관련되어 소위 컴퓨터 通信이라는 새로운 複合體가 생기게 된 것이다.

오늘날 先進國에서는 通信網을 한개의 神經組織처럼 가지고있는 데이터처리시스템(DPS)이 日常生活의 일부로서 急速度로 그리고 多方面으로 성장발달하고 있다. 따라서 컴퓨터 통신을 위

한 새로운 컴퓨터 기술과 새로운 傳送기술과 새로운 規定이 나오고 있다. 實로 컴퓨터와 通信技術의 結合補完은 社會構造自體의 급격한 변화를 초래하고 있다.^{1,2)}

신속히 처리해야할 各種 情報量은 急增하고 있으며, 데이터 통신을 위한 새로운 通信施設, 技術業務가 크게 늘어가고 있다. 그 活用分野는 一般 行政管理, 商業의 活用을 비롯하여 科學技術의인 응용등 무수하게 늘어나고 있다. 대체로 데이터 通信量은 video service와 함께 그 증가율이 상당히 빠른것으로 분석예측되고 있다.³⁾

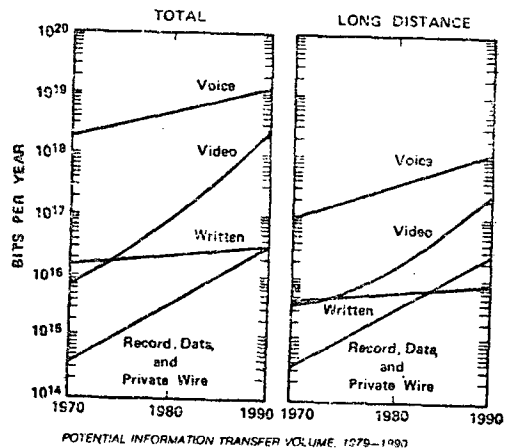


그림 1. 情報量의 增加趨勢

데이터 통신 施設의 主宗은 역시 막대한 시설을 가진 既存 電話通信網이며, 이를 통한 傳送速度는 계속 증가하고 있다. 그러나 데이터 통신만을 위한 새로운 傳送路와 이에 따른 소위 "specialized common carrier"가 계속 나타나고 있는 것이

또한 先進國에서의 추세이다. 電話線網을 활용하는 데는 專用線을 貸與하는 방식과 交換電話線網을 그대로 利用하는 방식이 있다. 특히 後者의 방식은 데이터通信 컴퓨터通信의 發展을 위한 획기적인 要素가 된다고 볼수있다. 현재 國內에는 좌석예약업무와 관련된 대한항공 네트워크, 은행업무를 위한 의환은행의 on-line네트워크, batch업무중심의 KIST네트워크등이 있으며, 앞으로 컴퓨터通信의 活用補給이 상당히 활발할 것으로 전망된다.

컴퓨터通信을 이해하기 위해서는 情報傳送에 직접 관련된 데이터通信의 原理는 물론이고, 通信網을 管理統制하여 컴퓨터의 데이터처리기능과 連結하기위한 line control, communication processor/software 등을 이해할 필요가 있다. 그러나 本論에서는 컴퓨터通信을 이용하는 end user를 중심으로 해서 컴퓨터通信에 관련된 法規問題와 터미날 및 modem 만을 고찰하기로 한다.

2. 法規問題

最近 컴퓨터와 데이터通信에 관련된 많은 기술적 발전으로 인하여 컴퓨터통신을 위한 새로운 市場과 事業이 급속히 성장하게 되었다. 이에 따라서 既存 common carrier와 user, 機器供給者 새로운 特殊 carrier間的 마찰 對立은 필연적인 과정이라 할 수 있겠다. 이는 컴퓨터통신 시스템이 데이터 傳送路로서 common carrier가 제공하는 通信回線을 가입자 機器에 연결할때 생기는 기술적인 문제와 이 새로운 분야의 事業이 가지는 방대한 경제적 利權 때문이라 볼수 있다. 따라서 이와 관련된 法規를 調整하는 것은 새로운 컴퓨터통신의 발전을 左右하는 매우 重大한 問題가 아닐 수 없다.

(1) 國 外

美國의 경우에는 FCC(Federal Communications Commission)가 오랫동안 이런 문제를 조정하고 있으며 1960년 後半부터 매우 중요한 결정을 내리고 있다. FCC의 規制內容은 크게 다음 네가지로 나누어 생각할 수 있다.⁴⁾

(가) 商業컴퓨터통신의 事業 內容

컴퓨터通信 業界는 처음 商業的인 time-sharing으로 부터 시작했으나 점차 업무량이 확대되면서 일반가입자를 위한 message switching 事業까지 생각하게 되었다. 反面에 既存 common carrier는 컴퓨터서비스를 제공할 계획을 세웠다. 이에 FCC는 5년여간의 연구검토 끝에 1971년 다음과 같은 결정을 내렸다. 즉 common carrier의 data processing service提供을 금지하며 computer-based message switching service는 common carrier 이용을 規制한다는 것이다.

(나) 컴퓨터通信 加入者 機器와 電話線과의 連結問題

既存 common carrier는 加入者의 機器를 電話線網에 연결하는 것을 계속 拒否하여 왔으나 1968년 부터 carrier가 공급하는 DAA(data access arrangement)를 利用해야 한다는 조건으로 연결하게 되었다. 그러나 機器供給者는 이 DAA 조건을 완화시키도록 계속 노력하고 있다.

(다) 特殊通信 carrier의 認可問題

1969년 MCI (Microwave Communication, Inc.)의 設立 認可 以後, 1971년에는 資格을 구비한 모든 specialized communication carrier 事業申請을 許可하는 결정을 내렸다.

(라) 料金策定問題

音聲 通信 보다 비싼 데이터 通信 料金策定努

力은 失敗하였다. 보다 짧은 時間單位(6秒, 1分 등)를 이용한 度數制로의 추세를 보이고 있다

以上에서 볼수 있는바와 같이 경쟁적인 通信事業運營을 통하여 보다 좋은 그리고 多樣화된 서비스를 일반 이용자들에게 제공하려는 것이 미국 FCC의 입장임을 알 수 있다.

(2) 國 內

國內에서는 通信事業의 規制와 運營을 모두 체신부가 관장하고 있으나 데이터通信 컴퓨터通信에 관한 方針과 法規가 아직 確立되지 않고 있다 이는 이제껏 그 必要性을 切感하지 못한 이유도 있겠으나 앞으로 그 需要와 相關문제가 急増할 것이므로 早速히 그 對策이 서야 할 일이다. 더우기 先進國과는 달리 새로운 技術과 產業을 誘導해야할 政府의 立場이므로 當局의 積極의 態勢가 더욱 要望된다고 하겠다.

現在로서는 데이터通信에 관한 規定이 없어 專用 電話回線에 관한 電氣通信法과 電信電話規定을 援용할 수 밖에 없다. 그러나 여기에서도 “데이터通信” 이라는 通信方式項目이 없으므로 專用目的을 電話로, 使用料도 電話料金 準則을 따를 수 밖에 없다.⁵⁾

이제 國內에서는 데이터通信 컴퓨터通信의 必要性和 普及이 크게 일어나고 있으며 정부각처에서도 行政管理를 위한 컴퓨터通信망을 構想하고 있으므로 데이터 通信의 制度化가 時急하게 되었다. 여기에는 데이터 通信을 위한 一般 公衆回線(dial-up line)의 開放이나 新設問題와 데이터通信法規制度의 큰 두가지 問題가 있다. 이들은 간단히 해결될 문제는 아니지만 先進國의 경우와 같이 이를 위한 專擔機構 構成, 公聽會 개최, 規制方向 設定, 線路特性조사, 등을 통하여 곧 解決될 수 있으며 解決되어야 할 當面課題

이다.

3. 터미널

컴퓨터 周邊裝置(peripheral)와 터미널의 차이는 주로 傳送線의 길이로 구별된다⁶⁾. 즉 먼 거리에 설치되는 터미널은 serial 전송을 택하며 컴퓨터에 가까운 곳에 설치되는 주변장치는 parallel 전송을 하게 된다.

터미널들이 먼 거리에 설치됨으로서 대형 컴퓨터와 大容量의 기억장치, data base 등이 여러 사용자들에게 time-sharing 방식으로 효율적으로 이용되는 시스템이 생겨날 수 있다. 이 방식의 利點은 소규모의 工場事務室 등에서 터미널만 설치하면 대형 컴퓨터를 直接 利用할 수 있고 入出力이 사용자의 위치에서 직접 가능하며, 많은 사람이 같은 data base, 같은 프로그램을 共有할 수 있는 것 등이다.^{7,8)}

따라서 터미널은 컴퓨터와 컴퓨터간의 통신보다 사용자와 컴퓨터 사이에서 사용되며 사람이 많이 개입하는 특징이 있다.

컴퓨터 산업은 소형 컴퓨터가 시스템 素子로 쓰이기 시작하고, on-line 방식이 보급되고, hardware의 값이 급속히 감소하는 반면 software의 값은 계속 증가하는 추세에 있다.

지금까지는 키보드/프린터방식의 batch프로세싱이 주류를 이루었으나 하드웨어에서 modem, multiplexer 등의 개발, 짠 값의 미니/마이크로 컴퓨터, 기억소자 등과, 소프트웨어에서 multi-programming의 개발로 점차로 on-line, real-time, 그리고 interactive 터미널이 계속 증가 추세에 있다.^{6,9,10)}

특히 LSI등의 반도체 기술의 급격한 발달로 microprocessor 등이 개발되었고, communica-

tion cost가 터미날의 하드웨어 값보다 비싼 이유등으로, intelligence가 큰 터미날이 증가 추세에 있다. 터미날의 속도, 신뢰성이 사용자의 입장에서 볼 때 전체시스템의 thruput을 지배하는 큰 요인이 되므로, 터미날은 컴퓨터 통신에서 극히 중요한 부분이다.

같다.⁶⁾

- 1) keyboard / printer terminals
- 2) CRT (cathode-ray tube) terminals
- 3) remote-batch terminals
- 4) data-acquisition and control terminals
- 5) transaction and point-of-sale terminal
- 6) intelligent terminals
- 7) 기타

터미날을 그 기능별로 분류하면 대략 다음과 같이 나눌 수 있으며⁷⁾, 그 入出力方法은 表1과

표 1. 터미날의 入出力方法

Terminal 종류	入 力 方 法								出 力 方 法											
	Keyboard	Punched Cards	Paper Tape	Magnetic Tape	Disk	Drum	Optical Mark 類	Direct from Computer cursor類	Serial Printer	Line Printer	Paper Tape	Punched Cards	Magnetic Tape	CRT Display	Alphanumeric Display	Direct to Computer	Disk	Drum	Panel Lights	Alarms
Teleprinter	√	√	√					√	√	√					√					
CRT	√			√				√	√				√	√		√				√
Remote Batch	√	√	√	√	√	√		√		√	√	√	√	√		√	√	√		
Data Acquisition	√	√					√	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Point-of-Sale	√						√		√				√	√	√	√	√	√	√	√

(1) Keyboard / Printer terminals

유선·무선으로 메시지를 보내기 위하여 본래 개발된 이 터미날은 타자기와 같은 키보드와 serial 프린터로 되어있다. 수신 전용, 송신전용 송수신, 자동송수신등의 모델이 있다. 인쇄된 入出力을 얻을 수 있는 장점이 있으나, 속도가 느리고, 매개 시끄러우며, 고장이 잘 나는 단점이 있다. 가장 널리 보급된 터미날 방식이며 그 중에서도 Model 33 Teletype가 가장 많이 보급되었다.⁷⁾

전송 속도는 초당 10~60자이며 ASCII 혹은

BCD code를 사용한다. 인쇄방식은 impact thermal, ink spray 등이 있고 가격은 700~6000불이다.

hard copy가 있으며 엽가인 장점때문에 interactive 인 경우에 많이 사용되며, 속도가 문제가 되면 CRT를 부수적으로 사용하면 된다.

(2) CRT terminals

기능면에서 (1)과 비슷하며 키보드入力과 CRT出力으로 되어있다. alphanumeric과 graphic 의 두 종류의 CRT로 구별된다.

(1) 보다 속도가 빠르고 신뢰성이 높으며, 고

장이 적고 조용한 반면에 값이 비싸고 hard copy 를 얻을 수 없는 단점이 있다.

브롬 화면에 나타나는 정보를 기억하고 초당 30~60 번씩 refresh하기 위한 buffer memory 가 붙어 있다. editing, checking 등을 쉽게 할 수 있고, keyboard 이외의 入力수단(light-pen 등)도 개발되고 있다.

화면의 크기는 대개 256~5184字를 나타낼 수 있으며 가격은 alphanumeric의 경우 1,500~15,000 불, graphic의 경우 6,000~150,000 불 정도이다.

(3) remote-batch terminals

중앙의 대형컴퓨터에서 멀리 떨어진 곳에 card reader, line-printer, magnetic tape unit 등을 구비하여, data processing과 主 storage 는 中央의 컴퓨터를 이용하고, 入出力 및 간단한 제어는 remote terminal이 담당하는 방식이다. 즉 먼 거리에 또 하나의 컴퓨터를 설치하는 것을 절약하는 의미이다.

hard-wired control과 I/O 장비를 가진 간단한 방식과, 미니·컴퓨터를 사용하여 preprocessing 및 control을 I/O 및 peripheral에 해주는 복잡한 방식, 두가지로 대별된다. 入力방식은 키보드, card reader, magnetic tape, 出力 방식은 serial printer, line printer, card punch, magnetic tape, CRT 등이 있고 전송속도는 초당 300~4,800 bit 이다. 가격은 7,000~200,000 불의 것이 있다.

(4) data-acquisition and control terminals

remote instrument나 control system을 먼 거리의 central computer에 연결하여 data를 入出力 하는 장치를 말한다. Test, data-acquisition, instrumentation, process-control 등에 이용되며, 여기에는 real-time과 source data

collection terminal로 구별된다.

즉 card, tape, disk 등에 operator가 source data를 keyboard로 入力시키는 방식과, sensor, instrument, control device로 직접 data를 入出力시키는 방식이 있다.

1965년에 Mohawk Data Sciences가 Key to magnetic tape 방식을 개발한 이래 key to cassette, cartridge, disk 등의 방식이 계속 개발되었다.

특히 real-time terminal 은 최근에 발달된 것으로, 열가의 하드웨어와 time-sharing 방식의 개발로 증가 추세에 있다.

(5) transaction and point-of-sale terminals

주로 판매망에 이용되는 이 종류의 terminal 은 판매가 이루어진 그 장소에서 keypunch나 그와 유사한 과정을 통하지 않고 직접 data를 入力시키는 것을 말한다. 入力방법은 keyboard, badge reader, credit card, encoded merchandise tag등이 있다.

내부에 memory와 processor가 있어서 check, 세금계산, 간단한 계산등을 하는 모델도 개발되어 있다. data는 중앙의 컴퓨터에 직접 연결될 수도 있고, 중간 기억장치에 모아진 다음 보내질 수도 있다.

이 종류의 Terminal 은 앞으로 계속 용도에 따라 다양한 모델이 생산될 것으로 예측된다.

(6) intelligent terminals

이 종류는 interactive terminal 중에서 data-processing의 일부가 terminal 내부의 작은 processor에서 이루어지는 것을 구별한 것이다.

smart terminal 이라고도 불리우며 자체의 storage, 사용자와의 interaction, stored program, 중앙의 컴퓨터와의 온 라인 통신, 사람에게 알맞은 入出力, preprocessing 등으로 특징

지을 수 있다.

반도체 공업의 급격한 발달로 하드웨어 가격이 떨어지고, communication cost가 상대적으로 비싸므로 이 종류의 terminal 이 증가할 전망이다.

전형적인 graphic 용도의 intelligent terminal은 數 kiloword의 storage, CRT display, keyboard, graphic input device, printer, communication modem등으로 구성되며 mass storage가 첨부되기도 한다.

가격은 5,000~200,000 불이며 초당 300~9,000 bit 의 통신속도이고, 내부의 processor는 가격에 따라 현저한 차이가 있다. 또한 독립적으로 사용할 수 있는 terminal도 제작되고 있다

(7) 기타 터미널

이외에도 音聲으로 入出力할 수 있는 terminal; optical character recognition (OCR),

magnetic ink character recognition (MICR), 그리고 기타 special-purpose terminal들이 있다

4. Modem

데이터 통신의 가장 값싸고 편리한 방법의 하나는 既存 電話 施設을 이용하는 것이다. 그러나 電話線은 본래 音聲信號의 傳送을 위한 것이어서 帶域幅이 300Hz에서 3,300Hz에 걸친 3K Hz 밖에 되지 않는다. 따라서 컴퓨터나 다른 디지털 장비에서 나오는, 상당한 高周波 성분을 가진 펄스는 그대로 전화선에 실기에 적합하지 않다. 전화선에 적합한 좁은 帶域幅의 애널로그信號로 바꿀 필요가 있으며, 이 과정에서 일어나는 變調(MODulation), 後調(DEModulation)의 機能을 遂行하는 것이 바로 modem이다. modem이라고 하면 使用 線路의 等級에 따라

표 2. 傳送速度別 modem 特性¹⁵⁾

Data Rate (bps)	Primary Modulation Technique	Typical Application	Price Range		Equivalent Data Set
			Stand-Alone	PC Cards Only	Provided By Bell System
Up to 300	Freq. shift	Low speed terminals	\$ 150— 400	\$ 100— 275	WE 103
300—1200	Freq. shift	Medium speed terminals	\$ 300— 500	\$ 200— 350	WE 202
1400—1800	Freq. shift	Remote CRT terminals. etc.	\$ 400— 600	\$ 250— 450	WE 202
2000—2400	Four Phase, Vestigial AM Duobinary FM	Same as above	\$ 800— 2,500	\$ 675— 1,500	WE 201
3600	Four Phase+AM	Same as above	\$ 3,000—5,000	\$ 2,000— 3,000	WE 203
4800	Four Phase+AM, Vestigial sideband AM	Remote Batch stations, etc. point-to-point and high speed polling	\$ 3,000—8,000	\$ 2,500— 6,000	WE 203
7200	Multi-Level, Three-Level AM	Point-to-Point Multiplexers, etc.	\$ 6,000—9,000	\$ 6,500— 8,000	WE 203
9600	Phase and AM combined	Point-to-Point computers and High Speed Terminals	\$ 8,000—12,000	\$ 8,000—10,000	WE 203

TELEX modem과 같은 600bps(bits per second)이하의 sub-voice band modem에서부터, 廣帶域 線路를 사용한 19,200bps에서 1,000,000bps에 이르는 高速 broad-band modem까지를 통털어 일컫는다. 그러나, 여기에서는 일반인들에게 通常的으로 알려진 300bps, 또는 그 이하에서 부터 9,600bps에 이르는, 通話用 電話線을 이용한 voice-band modem에 대해 설명하고자 한다.

(1) 變調 方式의 比較

디지털 變調 方式¹¹⁻¹⁴⁾의 原理는 잘 알려져 있으므로 여기서는 그에 대한 具體的인 說明을 되풀이하지 않고, 다만 각각의 長短點을 검토하며 相互 比較하려고 한다.

서로 다른 變調 方式을 利用하는 modem의 性能을 比較하는 데는 두 가지 尺度가 있다. 하나는 一定한 error rate 以下를 維持하기 위한 Nyquist 帶域內의 平均 SNR(信號 對 雜音 比)이며, 다른 하나는 이 帶域內의 사이클 當 傳送 速度(bits per second per Hertz)이다.¹¹⁾ 그림 2는 平均 信號電力이 制限되어 있는 경우에 각 變調 方式으로 얻을 수 있는 最大 傳送 速度를 나타낸 그림이다. 水平軸은 error rate 10^{-4} 을 위한 SNR이고, 垂直軸은 帶域內의 사이클 當 傳送 速度이다. 線上的 숫자는 每 signaling interval 마다 가능한 信號의 種類 즉 level 數를 表示한 것이다. level 數를 올릴수록 傳送 速度를 높일 수 있는 반면, 같은 error rate를 유지하기 위해 더 큰 SNR이 要求된다는 지극히 당연한 傾向을 알 수 있다. VSB(vestigial side band, suppressed carrier)와 QAM(quadrature amplitude modulation, suppressed carrier)이 가장 效率的인 方法이며, 특히 高速度에서 다른

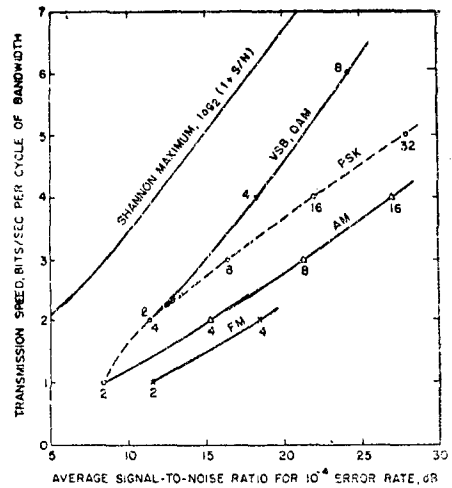


그림 2. 變調方式別 特性

방법보다 월등히 우수하여, Shannon의 限界 曲線과 같은 기울기를 갖는다. 이렇게 주어진 帶域幅을 가장 效率的으로 使用할 수 있다는 것이 線型變調(linear modulation)의 長點이지만, 이 長點을 最大로 살리기 위해선 VSB, QAM에서와 같이 同期復調 方法을 써야하는 어려움이 있다. 같은 線型變調方式이지만 AMSC(amplitude modulation, suppressed carrier) 또는 Full carrier AM은 帶域幅 사용의 效率性에서 크게 떨어지는 것에 주의할 필요가 있다.

FM은 디지털 데이터 통신에서 광범위하게 응용되고 있다. 그 이유로는 非同期 復調가 가능하다는 점과 變調 과정이 비교적 간단하다는 점을 들 수 있다. 그러나 FM은 대역폭 사용면에서 보면 매우 비효율적이어서 고속 데이터 통신에는 쓰이지 않는다. 대역폭이 크게 문제만 되지 않는다면, 지극히 간단한 장비로서 매우 우수한 성능을 얻을 수 있고, 더구나 주파수 移動이나 非線型歪曲등의 채널 문제에도 영향을 받지 않기 때문에 이 方法이 有利하다.

PM은 multi-level 線型 復調 보다 더 적은 power로 가능하며, FM보다 대역을 덜 차지한

다는 장점이 있다. PM의 파형은 AM과 類似하고, 復調 過程은 FM과 비슷하다. 따라서 PM은 medium-speed modem에서 많이 쓰이며, 특히 DPSK 방법은 여러가지 應用에 成功的으로 사용되고 있다. 그림 2를 보면 낮은 속도에서 PSK는 VSB나 QAM과 같은 特性을 가지나, level 數를 늘릴수록 차이가 현저한 것이 눈에 띈다. 2-level VSB, 2-level QAM, 4-phase PSK가 같은 점에 모여 있는 것은 유의할 만하다.

(2) 變調方式의 選擇

2,400 bps까지는 과거의 경험에 의해 명백하다.¹³⁾ 300bps이하의 협대역 주파수 분할 시스템(sub-voice grade line)에서나 1,200~1,800bps에 이르는 full voice band 시스템에서는 FSK가 좋은 방법이고, 2,400bps에서는 4-phase DPSK가 가장 普便的인 방법이다. 4,800~9,600 bps에 대해서는 사용목적에 따라 여러가지 선택이 가능한데, 이것은 通話路의 특성이 경우마다 크게 다를 수 있고, 그에 알맞는 변조방식이 다

르기 때문이다. 최대 signaling rate는 可用 대역폭에 제한을 받고, 일정선 이하의 error rate를 유지할 수 있는 한도내의 최대 symbol state의 수는 非線型 찌그러짐과 位相 흔들림(jitter) 등에 의해 제한된다.

表 3은 1,600Hz 내지 2,400Hz의 Nyquist 대역폭을 이용해 고속 modem을 실현할 수 있는 변조 방식들을 열거한 것이다.¹³⁾ 보통의 통화선은 400~3,000Hz 밖의 대역을 데이터 전송의 목적으로 사용하기에 不適合하며, 따라서 2,400 Hz의 대역폭이 필요한 경우 8% roll-off (그림 (4-2)참조)의 여유밖에 없다. 작은 roll-off에서도 만족스럽게 동작하는 고성능의 modem를 설계하기 전에는, 가용 대역의 어느 이상은 사용하지 않는 것이 좋다. 대체적으로 2,000Hz 이하의 대역폭을 사용하여 25%의 roll-off 여유를 두는 것이 관례이다. 그러나 한편, 대역을 넓히는 편이 대신 symbol state 를 늘이는 것보다 잡음을 여러 가지 요인에 대한 마아진의 손실이 적으므로, 되도록 넓은 대역을 사용하려는 경향이 있다.

표 3. Types of Modulation and Bandwidth Requirements for 4,800, 7,200, and 9,600 bits/s

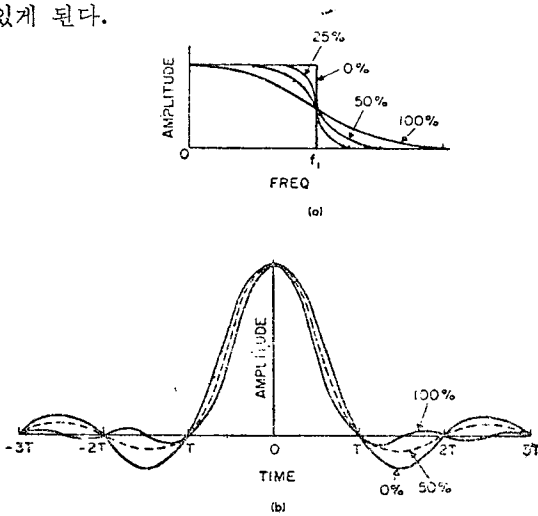
Type of Modulation	Bits/ Cycle	Basic Nyquist Band Required for		
		4,800bits / s	7,200bits / s	9,600bits / s
2-level VSB or QAM	2	2,400		
4 ϕ PSK	2	2,400		
3-level VSB or QAM	3	1,600	2,400	
4 ϕ +2AM levels	3	1,600	2,400	
8 ϕ PSK	3	1,600	2,400	
4-level VSB or QAM	4		1,800	2,400
8 ϕ +2 AM levels	4		1,800	2,400
6-level VSB or QAM	5			1,920
8-level VSB or QAM	6			1,600

(3) 設計上的 留意事項

(가) 波形 調節

所要 주파수대역을 줄이고 雜音의 영향을 최소화 하는 한편, 간섭(Intersymbol Interference)을 조절하기 위해서는 信號波形을 조절할 필요가 있다.¹²⁾ 傳送率이 $f_r (=1/T)$ 일 때, Nyquist에 의한 이론 적인 최소 대역폭은 $f_r/2$ 이지만 심벌간 간섭을 줄이기 위해서 일부러 대역폭을 일정하게 늘이는 게 보통이다. 즉 그림 3에서와 같이 주파수특성을 소위 raised-cosine 特性으로 해서 f_r (100% 곡선)까지 늘일수 있으며, 대역폭을 늘일수록 간섭의 영향을 줄일 수가 있다.

또한 이런 주파수 특성을 送信器側의 여파기와 受信器側의 여파기에서 반씩 나누어 실현하면 잡음의 영향을 최소화 하여 SNR을 높일 수 있게 된다.



(a) Modified baseband spectra.
(b) Corresponding time responses.

그림 3. 理想的인 信號波形

$$(f_1 = \frac{f_r}{2} = \frac{1}{2T})$$

(나) 同期 時刻

受信된 심벌의 상태(state)를 결정하기 위해서는 심벌의 중앙에서 信號를 sample해야 할 필요가 있다. 이를 위한 정확한 時間 情報를 얻어 내는 것이 symbol timing 회로이다. 대체로 symbol timing만 정확히 알아 내면 bit timing을 얻는 것은 쉬운 일이다. AM이나 PSK의 경우에는 symbol rate에 해당하는 AM 성분이 상당히 있으므로 이것을 이용해서 높은 주파수로 發振하는 크리스탈 발진기를 위상 동기시키기도 한다.

(다) Coherent Carrier

높은 bit rate의 modem은 모두 同期 後調(coherent demodulation) 방법을 사용한다. 이 경우에 coherent carrier가 필요한데, QAM을 쓸 때는 변조하기 전에 데이터를 scrambling하여 변조 후의 직류부근 성분을 최소화, 곧 변조된 신호의 주파수 대역 중앙 부분에는 신호 성분이 거의 없도록 하고, 이 자리에 carrier를 약하게 보낸다. VSB의 경우에는 신호에 사용된 carrier와 quadrature 위상 관계(90° 위상차)에 있는 carrier를 삽입하여 신호에 영향을 주지 않는 방법과 quantized feedback 방법이 있다. 이 외에도 squaring, fullwave reatifying 등이 非線形 特性을 이용한 PSK, QAM 동기 방법, 두 pilot carrier를 사용하는 VSB 동기 방법 등이 있다.¹²⁾

(라) Equalization

전화선은 보통 심한 진폭과 위상 찌그러짐(envelope, delay distortion)을 수반하는데, 이것은 잡음과는 전혀 별개의 문제로서, 따로

해결을 해야 한다.

보통 1,200 bps가 넘으면 equalizer가 필요하게 되며, 2,400bps 이하까지는 예상되는 평균 線路特性에 맞게 설계된 固定式 equalizer를 쓰는 것이 상례이다. 더 높은 속도, 특히 2-level 이상을 쓸 경우에는 사용시 마다의 특정한 채널에 맞도록 조정이 가능한 반고정식 equalizer가 필요하다. 한 가지 방법은 중심 주파수와 Q를 조절할 수 있는 가변 all-pass network을 쓰는 것이다. 면밀하게 고려된 예상되는 보상 특성을 여러가지 마련하고 multiposition switch를 선택할 수 있게 하면 조절 과정을 간단히 할 수 있다. 어떤 setting이 가장 좋은 가를 알 수 있도록 신호의 질을 나타내는 장치가 있어야 한다. 보통 간단한 미터기가 이런 목적으로 사용된다.

채널을 최대한 효과적으로 사용하려면 보다 더 정확한 보상장치가 필요하다. 최근의 고속 modem에서는 transversal filter를 사용한 automatic adaptive equalizer를 많이 쓰고 있다. 고속 modem일 수록 equalizer가 modem의 성능을 크게 좌우하며, 이 equalization 문제는 modem에 있어서 가장 중요한 문제 중의 하나라 할 수 있다.

(바) Error Control

Error detection, correction, 대한 이론이 많이 발전해 있음에도 불구하고 실제 modem에서 쓰는 방법은 아주 간단한 것에 불과하다. 곧 적당한 데이터 블록마다 몇개의 parity bit를 삽입한다. 수신측에서는 에러없이 받았으면 송신측에 "ACK" (Acknowledgement) 신호를 보내고, 에러가 있으면 "NACK" (No Acknowledgement)를 보내어 에러가 난 데이터 블록을

다시 보내게 한다. 이것은 양방향송수신이 가능한 Duplex mode에서 사용하는 방법이고, 한 방향으로의 전송만 가능한 경우, 곧 simplex 때는 error correction bit를 삽입하는 Forward Error Control 방법을 쓴다.

(4) modem의 趨勢

SSI, MSI등을 가능한 한 여러부분에 사용하려는 경향이 짙다. 디지털 회로를 많이 活用하고 있으며, 특히 파형 조정, automatic equalizer는 디지털 기법을 이용하는 것이 여러 면에서 유리하다. 그밖에 시스템 clock 크리스탈 발진기를 이용하며, active filtering 등 애널로그 회로의 각 부분에 op. amp가 많이 이고 있다.

앞으로는 MOS나 I²L을 이용한 one chip modem LSI가 출현할 것이 예상되며, microprocessor를 이용해 더욱 다양한 서비스 능력을 갖추게 될 것이 기대된다.

참고 문헌

1. R.M. Fano, "On the social role of computer communications," Proc. of IEEE, vol. 60, no. 11, pp. 1249-1253, Nov. 1972
2. P. E. Green, Jr. and R.W. Lucky, edit., Computer Communications, IEEE Press 1975
3. R.W. Hough, "Future data traffic volume," Computer, pp.6-12 Sept/Oct. 1970
4. S. L. Mathison and P.M. Walker, "Regulatory and Economic Issues in Computer Communications," Proc. of IEEE, vol. 60, no. 11, pp. 1254-1272, Nov. 1972
5. 데이터통신 / 컴퓨터통신 강의록, 한국 과학원, 1976년 7월
6. "Programable Terminals," Data Processing Magazine, pp.27-39. Feb. 1971
7. L.C. Hobbs, "Terminals," Proc. of IEEE, vol.

60. no. 11 pp.1273-1284, Nov. 1972
8. "Trends in Remote-Batch Terminals," Datamation, pp.20-26 Sep. 1971
9. "An Introduction to the Intelligent Terminal," Computer Decisions, pp.32-34, Jan. 1974
10. R.C. Stender, "The Future Role of Keyboards in Data Entry" Datamation, pp.60-72, June 1970
11. W.R. Bennett and J.R. Davey, Data Transmission, McGraw-Hill, 1965
12. R.W. Lucky, et al., Principles of Data Communication, McGraw-Hill, 1968
13. T. R. Davey, "Modems," proc. of IEEE, vol. 60, no. 4, pp.1284-1292, Nov. 1972
14. 김재균, "디지털 데이터의 신호 파형과 변조 방식," 대한 전자 공학회잡지, 제 2권 제 3호, pp. 5-9, 1975년 12월
15. V.V. Villips, Data Modem-Selection and Evaluation Guide, Artech House Inc., Mass., 1972