

전자교환기 및 통신망 기술현황

柳 完 英

韓國電氣通信研究所 交換研究部長(工博)

I. 序 論

반도체와 컴퓨터의 경이적인 발달은 전통적으로 아나로그 방식이던 공중 통신망을 급속히 디지털 방식으로 하고 있다. 아나로그 음성신호를 PCM(pulse code modulation)화한 디지털 통신방식은 전송분야에서 먼저 실용화되기 시작했다. 1962년 미국 ATT사 통신망에 설치된 T-carrier 시스템을 효시로 중단거리 국간 중계에 응용되기 시작한 디지털 반송 기술이 이제는 장거리 전송로 및 가입자 전송로에 확대되어, 공중 통신망의 모든 영역에 파급되고 있다. 디지털 통신방식은 아나로그 방식에 비해 매우 우수한 대잡음특성, 융통성 등 장점이 있으며 그 기술 특성이 반도체 집적회로(IC) 기술에 매우 적합하므로 기기의 소형화, 저전력화, 고품질화 등 날로 더 경제성이 높아지고 있다.

전송로의 디지털화는 교환기 통화로의 디지털화를 자연스럽게 촉진하는 상승작용을 하며, 이에 역시 논리회로, 기억소자 등 반도체 IC 기술 발달이 교환기 가격, 성능, 기능의 융통성을 크게 진작시키게 되었다. 한편, 교환기 제어에 컴퓨터가 응용된 전자식 교환방식이 등장하게 되었다. 특히, 통화로 방식이 디지털화된 전자식 교환기인 전전자식 교환기(digital switching system)는 그 기술 특성이 재래의 기계식 교환기와 현격한 차이가 있게 되었다. 전전자식 교환기는 일종의 특수 컴퓨터 시스템이라 볼 수 있으며, 특히 부품의 50% 이상이 반도체 부품이다.

이와 같이 기술적, 경제적 장점 때문에 아나로그 음성전화만을 위해서라도 공중 통신망은 전송, 교환 분야의 구분없이 전체가 디지털화된 IDN(integrated digital network)화되는 추세이다. 한편, 음성이외의 문서, 화상, 데이터 등 각종 신규 통신 서비스는 본래 그 신호형태가 디지털이므로 IDN에 통합되는 것이 자연스럽게 될 것이다.

즉, 장차 정보화 사회의 공중 통신망 가입자는 음성 및 각종 비음성통신 서비스를 동일 가입회선을 통해 제공받는 종합 정보 통신망(ISDN: integrated service digital network) 체제가 될 것이다. 현재 ISDN의 개념 및 그 추진방법은 나라마다 차이가 있으며 그 구성과 기능에 관해서 국제 표준화 과정이 있다.

우리나라도 2,000년대의 정보화 사회를 겨냥한 통신망 기술자립을 달성키 위하여 한국전기통신연구소(KE TRI)를 중심으로 전전자식 교환기를 비롯하여 광섬유 디지털 전송기술 등 관련 기술 개발을 적극 추진하고 있다. 본고에서는 II장에 ISDN을 구성하는 기본 요소인 전전자식 교환기, 그리고 III장에서 미래의 통신망 ISDN에 대해 개요를 기술하기로 한다.

II. 전전자식 교환기 기술개요

최초의 자동교환방식으로 1900년대 초에 실용화된 strowger 교환기는 가입자 전화기가 송출하는 다이얼 펄스에 의해 전화번호 각 계제에 상응하는 상하 좌우 회전식 스위치군이 단계적으로 작동하여 교환 접속이 이루어진다. 이러한 교환기를 직접제어(direct control) 방식의 단단식(step by step) 교환방식이라 하며 우리나라 기존의 "스트로저"와 "이엠디" 교환기가 이 부류에 속한다. 이러한 기계식 교환기는 동작부분이 많고 작동 간격이 커서 스위치 점접마모로 인한 유지 보수 부담이 크며 기구 부피가 크고 스위치망 구성이 복잡하여 대용량 교환기로서 부적합하다. 기계식 교환방식 중 진보된 것이 크로스 바아(cross bar) 교환기로서, 직교좌표 형태의 크로스 바아 스위치 구성으로써 회전식 기계접점의 결점을 탈피하였으며, 교환 접속 제어 회로부가 분리된 공통제어(common control) 방식으로써 직접 제어방식보다 더 효율적인 스위치망 구성이 가능해졌다. 컴퓨터 기술의 발달에 따라 교환기 제어에 wired logic 대신 특수 미니컴퓨터에 의한 축적 프로

그램제어(SPC :stored program control) 방식의 반 전자식 교환기가 1960년대 ATT사의 No. 1 ESS를 시초로 등장하게 되었다. 반전자식 교환기는 크로스 바아 교환기처럼 공동제어 방식에 속하며 그 스위치망 구성은 미니 크로스 바아 스위치를 사용하는 경우도 있으나 reed 접점 소자들로 구성된 스위치망을 사용하는 것이 보편적이다.

우리 나라에 1979년 및 1981년부터 사용되기 시작한 M10CN ESS(ITT사 개발) 및 No. 1 A ESS(ATT 사 개발) 전자교환기들은 반전자식 교환기로서 분류할 수 있다. 반전자식 교환기에서 교환 접속이 물리적 공간에서 기계적 접점에 의한 회선 접속에 의해 음성 원래의 아나로그 신호가 전송되므로 재래의 기계식 교환기들과 함께 아나로그형 교환기 또는 공간분할(space division)형 교환기라 호칭되기도 한다.

반도체 집적회로 소자기술의 계속적인 발전으로 1970년대에 들어서 PCM에 의한 디지털 통신방식으로써 교환기의 스위치망 기능을 실현하는 것이 경제적으로 타당하게 되어 ATT사의 No. 4 ESS, 불란스의 E 10 등을 위시하여 전전자식 교환기들이 실용화되게 되었다. 전전자식 교환기의 스위치망인 T-스위치(time switch)의 원리를 간단히 설명한다면-교환 접속되어야 할 모든 음성 채널(channel)의 신호가 125 μ sec 주기(1초에 8000번)로 각 채널당 8비트로 된 PCM 워드로 부호화되어 스위치망에 일렬로 입력된다. 즉, T-스witch는 주기마다 각 채널의 PCM 워드를 순차로 취하게 되는데(memory write), 그 순차에 따라 채널의 타임 슬롯이 정해진다. A 채널로부터 B 채널의 교환접속은 메모리 리드 순서 변경에 의해 A 채널의 PCM 워드를 B 채널에 해당하는 타임 슬롯으로 이동 출력시켜 줌으로써 실현된다. 이러한 이유에서 T-스위치를 타임 슬롯 인터체인지라고도 한다. 이와 같

이 한 개의 통화로 경로를 시간 영역에서 분할 사용하여 다중 교환 접속이 성립하므로, 전전자식 교환기를 시분할(time division)형 교환기라고 부르기도 한다. 또, 교환기 내부에서 디지털 신호를 취급한다는 뜻에서 디지털형 교환기라고 부른다.

전전자식 교환기는 그림 1 과 같이 3 개의 기능 블록으로 대별할 수 있다. 주변정합회로는 교환기가 가입자선, 중계선, 서비스회로 등과의 정합을 위한 부분이며 아나로그 신호를 디지털 신호로 변환하고 필요에 따라 가입자선의 트래픽(traffic)을 접속하는 역할을 한다. 스위치망은 PCM 반송화된 채널을 시분할 방식에 의해 교환을 행하는 부분이다. 교환기의 시그널링(signalling)과 제어명령도 디지털 신호화되어 이 스위치망을 경유하는 경우도 있다. 제어계의 역할은 SPC 기능을 담당하는 부분이다. 반전자식 교환기에서 스위치망이 가격이나 성능면에서 비중이 제일 큰데 비하여 전전자식 교환기는 재료비의 70~80% 정도를 주변정합회로가 차지하기 때문에 이 부분을 경제성 있고 신뢰성 있게 설계하는 것이 중요한 과제이다

1. 주변 정합회로

이 부분은 복잡한 외부 세계의 영향을 차단해야 하므로 설계시 주의를 요한다. 가입자선을 정합하는 가입자회로는 기본적으로 BORSCHT로 약속되는 다음 기능을 수행한다.

- B(battery feed) : 가입자선 통화전류 및 신호를 위한 급전
- O(over voltage protection) : 외부 과전압으로부터의 내부회로 보호
- R(ringing) : 가입자 호출 신호의 송출
- S(supervision) : 가입자선의 상태(포착, 복구, 다이얼 펄스, 응답신호)를 검출
- C(coding & decoding) : 아나로그 음성신호와 PCM 신호 상호변환
- H(hybrid) : 아나로그 2선 전송과 PCM 신호 4선 전송간의 상호변환
- T(Testing) : 가입자선로 및 내부회로 시험장치연결을 위한 회로 개폐기능

아나로그 중계선과의 정합은 가입자 회로와 그 기능은 비슷하다. 디지털 중계선과의 정합은 PCM 신호의 프레임 동기화(synchronization), 시그널링 신호의 삽입/추출, bipolar/unipolar code 변환 등을 행한다. 서어비스회로는 tone generator, DTMFR(dual tone multi-frequency receiver), R2 sender/receiver 등

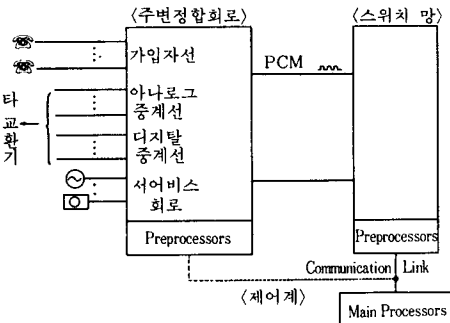


그림 1. 전전자식 교환기 일반구조

호접속에 필요한 시그널링 정보를 취급하는 공통회로 및 3차 동시 통화를 위한 conference mixer, 비정상호 및 특수호 안내를 위한 어나운스먼트 머신등을 통칭한다.

2. 스위치망

전전자식 교환기의 통화로 스위치망을 구성하는 방법은 여러 가지가 있으나 소용량 교환기에서는 앞서 언급한 T-스위치만을 사용할 수도 있다. (KETRI에서 1982년에 개발한 3차 시험기가 이에 해당). T-스위치만을 사용하는 경우에 논 블럭킹의 스위치망 실현이 가능하지만, 메모리 IC의 동작 속도의 제한으로 대용량 구성이 어렵다. 현재의 기술로는 스위치당 512 내지 1024 time slot를 처리할 수 있다. 대용량의 교환기를 구성하기 위해선 이러한 T-스위치와 S-스위치(space switch)를 적절히 조합하여 스위치망을 구성하여야 한다.

S-스위치는 공간분할식 회선교환과 그 개념이 비슷하지만 차이점은-아날로그 신호를 위한 공간분할 교환은 통화완료시까지 그 회선의 연결상태를 유지하고 있는 반면 시분할 교환의 S-스위치는 고속 게이트 IC 나 선택 IC를 사용하여 매 타임 슬롯마다 필요한 회선 접속을 수행한다. 이러한 의미에서 T-스위치를 타임 멀티플렉스드 스위치라 부르기도 한다.

T-스위치와 S-스위치 조합은 원하는 스위치망의 용량에 따라 여러 가지 방식이 가능하나, T-S-T 구조가 가장 보편적으로 쓰이고 있다. 이는 T-스위치의 핵심이 되는 메모리 IC 가격은 계속 하락하는데 비해 그 기능은 더욱 향상되는 추세이며, 교환 접속 알고리즘이 비교적 간단한 때문이다. KETRI에서 개발중인 전전자식 교환기 TDX-1의 경우도 T-S-T구조이며 각각 1024 타임 슬롯를 갖는 T-스위치 8개(송수신 각 4개)가 4×4 매트릭스 형태의 S-스위치 1개와 조합 구성되어 있다.

전전자식 교환기의 스위치망이 전체 재료비에서 차지하는 비중은 5~10%정도이지만 그 신뢰도가 전체 시스템에 미치는 영향이 지대하므로 2중화 구성에 의해 병렬로 운용하는 것이 보편적이다.

3. 제어계

초기의 전전자식 교환기 제어는 반전자식 교환기처럼 한조의 미니컴퓨터에 의한 공통제어 방식이었으나, 최근에는 다수의 마이크로프로세서를 사용한 분산제어(distributed control) 방식이 채택되고 있다. 즉 각종 주변 정합회로의 상태변화탐지, 신호처리, 호처리 요

구의 스캐닝 등, 실시간이 많이 소요되지만 단순한 작업은 분산 배치된 마이크로프로세서가 프리프로세싱 하도록 하고, 전반적인 호처리 제어기능, 시스템보전 기능, 시스템 관리에 관련한 데이터 베이스 처리 기능 등 중앙집중 성격의 작업은 마이크로 또는 미니급의 단수 또는 복수의 메인 프로세서가 담당토록 한다. 이러한 분산제어 구성은 소프트웨어 개발을 용이케하며 시스템 신뢰도를 향상시키는 이점이 있다. 프리프로세서의 분산 구성방식은 기능 또는 부하분담 개념에 의한 각종 방식이 가능하나, 메모리 IC, 마이크로프로세서의 계속적인 가격 하락 및 기능향상 경향에 비추어 부하분담 개념이 신뢰도 측면뿐 아니라 경제적 측면에서도 비교적 더 유리해지는 경향이다. KETRI의 TDX-1의 제어제도 부하분담 개념에 의한 분산제어 구조이며, 약 100가입자선 또는 50중 계선당 1개 프리프로세서 비율로서 8비트 마이크로프로세서가 사용된다.

메인 프로세서들은 신뢰도를 위해 반드시 이중화 구성을 하여야 하는데 초기의 전자교환기에서 유행했던 synchronous parallel processor 개념에서 탈피하여 active/stand-by processor 개념으로 가는 경향이다. 이는 하드웨어에 비해 소프트웨어의 비중이 점차 증대해지는 추세를 반영한 것이라 볼 수 있다. 프로세서간의 통신은 샤드 메모리, 메세지 버퍼, 메세지 커뮤니케이션 방식 등으로 대별할 수 있다. 그중 커뮤니케이션 링크를 통해 메세지를 정해진 프로토콜에 의해 수수하는 메세지 커뮤니케이션 방식은 프로세서간에 분명히 정의된 인터페이스가 가능하므로, 거리상 분산 격리가 불가피한 프리프로세서들과 메인 프로세서간, 또는 메인 프로세서 상호간 통신에 적합한 방식으로서 TDX-1에서도 채택하고 있다. 샤드 메모리 또는 메세지 버퍼 방식은 거리 간격이 크지 않은 이중화된 프로세서 페어간의 통신에 적합하다.

모든 시스템이 그러하듯이 소자기술이 교환기 방식 변천에 결정적인 역할을 해왔다. 반전자식까지의 과정을 볼때 핵심 기술은 스위치망의 점접분야이었으며 이는 교환기에 특유한 기술 성격이라 할 수 있었다. 그러나 전전자식 교환기시대가 되면서부터는 그 기술 성격은 교환기 특유의 영역을 벗어나 일반 컴퓨터 및 반도체 기술에 거의 전적으로 합류되었다는 점이 특기할만하다. 즉 향후 전전자식 교환기기술의 발전은 컴퓨터 및 반도체 기술 발전과 상호 직결되어 있다 할 수 있다.

III. 미래의 공중 통신망 : ISDN

음성전화 서어비스를 제공하는 공중 통신망은 전송, 교환방식이 모두 디지털화 되어감에 따라 IDN을 형성해 가고 있다. 한편 기업이나 공공기관의 컴퓨터와 터미날간의 데이터 통신 서어비스를 위한 전용회선망과 회선교환(circuit switching) 또는 패킷교환(packet switching) 방식의 공중 데이터 통신망이 별도로 생겨나기 시작했다. 컴퓨터 데이터 통신이외에도 각종 신규 통신 서어비스가 도입되면 그 편리성에 따라 점차 비음성 통신 서어비스 사용자의 범위가 일반 가입자로 널리 확대되어 갈 것이다. 이와 같이 가입자의 범위가 확대될 때 신규 서어비스를 제공받기 위해 별도의 통신망에 각각 가입자가 수용될 필요없이 음성전화용 IDN을 발전시켜 해결토록 하는 것이 미래의 공중 통신망 ISDN의 개념이다(그림 2).

전화에 비해 작은 비중이며 정보 저장 송출에 의한 트래픽의 시간적 배분이 가능하므로 IDN을 특별히 확장하지 않고도 신규 서어비스의 통합처리가 가능하다는 점이 바로 ISDN 개념의 경제적인 장점이다. 이에 못지않게 중요한 장점은 일반 음성전화 가입자는 누구나 쉽게 ISDN 가입자가 될 수 있게 하여, 즉 최다수의 사용자들이 상호 연결 가능토록하여 신규 서어비스 효율성을 증대하고 사회 전반적인 사용 확산을 도모하여 주는 데 있다.

ISDN 개발상의 과제는 각종 통신 서어비스 제공에 요구되는 통신망의 성능품질(bit rate, call set-up time, error rate, transfer delay 등)을 얼마만큼 경제적으로 달성시키느냐에 있다. 음성통신만을 위한 수준보다는 고급이 되어야 하겠으나 비음성 통신 서어비스들때문에 음성통신 제공 비용이 지나치게 증가하여서는 안 될 것이다. 따라서 고품질의 전용 데이터 통신망의 수준에 맞출 수는 없을 것이며, ISDN이외 고품질의 성능을 요구하는 특수 사용자들을 위해서 사용료가 비싼 별도의 통신망이 존재할 것이다. 물론 ISDN과 모든 특수 통신망이 연결되고 모든 가입자가 자기가 지불하는 사용료 수준에 합당한 통신 서어비스를 제공받을 수 있어야 할 것이다.

ISDN의 성능품질, 구성 방법등에 관한 각종 규격이 CCITT(International Telegraph and Telephone Consultative Committee) 등 국제 기구에서 표준화 작업과정에 있지만, 오랜 세월이 소요될 전망이며, 음성 통신의 IDN에서 ISDN화하는 과정은 선진국에서 10~20년이 소요될 것으로 전망되고 있다. ISDN이 완전히 개발되었을 때 모든 가입자는 한 개의 디지털 가입자 선로를 통해 디지털형 교환기에 연결되며, 가입자들의 각종 서어비스 터미날들은 한 가지 프로토콜에 의해 모든 서어비스를 제공받을 수 있을 것이다. ISDN화 이행 과정에서 통신망 구성형태는 다음과 같은 중간 단계를 거칠 것으로 보인다. 단국(가입자가 수용되는 통신망 최하위 교환국) 및 시외국(장거리 통신망 교환국)은 64 K bit/sec 디지털 채널을 회선 교환해주어 가입자간의 음성전화 및 회선 교환 데이터 통신 서어비스를 제공할 것이며, 그외의 통신 서어비스를 위해선, 단국/시외국들을 거쳐 별도의 시설(예로서 비데오텍스 데이터 뱅크) 또는 통신망(예로써 패킷 교환 데이터 통신망) 등에 연결되게 될 것이다.

ISDN의 요구조건으로서 한 통화중에 가입자가 특정 서어비스에 대한 고정 접속뿐 아니라, 2가지 이상의 서어비스를 번갈아 접속할 수 있어야 하며, 동시에 여

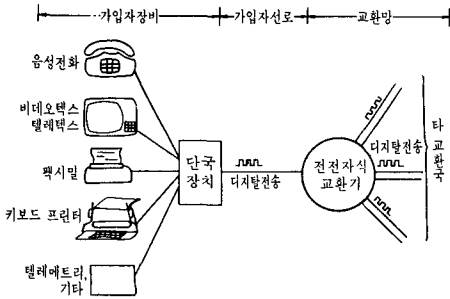


그림 2. ISDN 개념

현재 선진국의 경우 비음성 서어비스 가입자의 수는 일반 음성전화 가입자수의 약 1%정도에 불과하며 그 대부분이 항공예약, 온라인송금, 데이터 뱅크이용 등 원격지의 EDPS 컴퓨터와 전송 연결되는 CRT 키보드 터미날들이다. 그외 많은 신규 서어비스가 현재 개발도중이거나 실용화 과정에 있는데 그중 대규모 확산 가능성 있는 것들로서 팩시밀, 텔레텍스, 비데오텍스 등이 있다. 컴퓨터 대 컴퓨터간 고속 데이터 통신이나 TV 전화/회의와 같이 수-수십 mega bit/sec 단위의 광대역(broad band)이 필요한 것을 제외하면 현재 거론되고 있는 각종 신규 서어비스의 대부분은 IDN의 근간이 되어 있는 64 Kbit/sec(음성 한 채널을 1초에 8,000번×8비트 PCM 코드화한 비트율) 대역폭으로써 처리 가능하다. 따라서 일반 ISDN과 광섬유 가입자 전송에 의한 광대역 통신망이 별도로 발전될 가능성이 있다.

일반적인 신규 서어비스가 발생시킬 트래픽은 음성

러 개의 서어비스에 접속할 수도 있어야 한다. 따라서 한 개의 가입자 선로에 음성, 데이터, 시그널링, 동기화 등을 위한 채널들이 마련되어야 한다. 가입자선-교환기간의 디지털 채널은 현재 3가지가 규격화 과정에서 검토되고 있다.

- 기본접속 : 64 K bit/sec 채널 (b) 과 16 K bit/sec 보조채널(Δ)을 공급
- 확대접속 : (nb+Δ) 채널을 공급(n≥2, 특히 n=2인 144 K bit/sec가 주로 검토되고 있음)

• 사설 전자교환기 접속

단기적으로 기본 접속 80Kbit/sec를 실현하며 장기적으로는 확대접속 144 K bit/sec를 국제 표준화한다는 것이다. b-채널은 음성 또는 고속 데이터 전송용이며, Δ 채널은 저속 데이터 전송 및 시그널링을 위한 것이다.

공중 통신망 시설 비용중 가입자 선로부분이 약 40%로서 막대한 비중을 차지한다. 장차 광섬유 케이블등 새로운 매체가 가입자 선로에 경제적으로 유리해질 때까지는 ISDN 가입자 선로로서 기존 가입자선 동선 케이블을 이용하는 수밖에 없다. 따라서 2선식 동선 케이블에 의해 64K bit/sec 이상의 PCM 전송(양방향)을 실현(선로중계기 없이)하여야 하는데 현재 타임 디비전 드플렉스, 프리퀀시 디비전 드플렉스, 에코 캔셀링 드플렉스 3가지 방식을 선진 각국에서 실험중에 있다.

음성 전화만을 위한 IDN에 여러 가지 다른 서어비스를 통합 취급하도록함에 따라 가입자-통신망-가

입자간 통신 - 시그널링 방식(transport 방식)이 무척 복잡해진다. 문제가 더욱 어려운 점을 새로운 장비들의 통신망 도입과정에서 기존 시스템과의 호환성을 유지하면서 ISDN화 발전해 가야한다는 점이다. 컴퓨터 통신 프로토콜인 ISO(international standardization organization) 표준 HDLC(high-level data link control)에 근거하여 패킷 교환 통신망용 CCITT X.25 표준과 교환국간 시그널링용 CCITT No.7 표준이 그간 이미 제정된 바 있다. 앞으로 ISDN에서 여러 가지 통신 서어비스 통합 취급을 위한 트랜스포트 방식으로 상위 표준들에 근거하여 발전시킨 프레임 포맷 형태로 표준화 될 전망이다.

선진각국은 기존 통신망의 여건때문에 ISDN 실현을 위한 접근 방법과 통신망 구성방안이 나라마다 차이가 있으며 특히 유럽 국가들과 미국의 차이가 심하다. 미국 공중 통신망의 대부분을 운영하는 ATT 사의 경우, 단국교환기로서 이미 대규모로 투입되어 있는 아나로그형 교환기 No. 1A ESS를 부분적으로 개조하고(한편 디지털형 교환기 No.5 ESS도 개발중) 시외국 교환기는 디지털형 교환기 No.4 ESS로서 구성된 ISDN을 우선 추진하고 있다. 사실 ISDN을 구성하는 교환이나 전송 시스템이 기존 통신망의 여건에 따라 경제성 측면에서 반드시 100% 디지털 방식이 되어야 한다는 것은 아니다. ISDN은 기본적으로 가입자들간에 디지털 채널 64 K bit/sec을 비트 시퀀스 인디펜던스와 비트 인테그리티를 유지하면서 전송 연결해 주는 블랙박스라고 말할 수 있다. ***

◆ 用語解説 ◆

A multiplexed filter is a restricted form of a switched filter; commonly a insgle discrete filter which by means of a switching action is made to perform the function of several discrete filters virtually simultaneously. The multiplexing is most commonly done in a time-division manner whereby the input to the discrete filter is sequentially switched from a number of input signals and the filter output sequentially switched in synchronism to a corresponding set of output signal lines. Thus a single filter may be made to do the work of many filters by this time division multiplexing.

A transversal filter is a filter (either continuous or discrete) in which the output signal is generated by summing a series of delayed versions of the input signal weighted by a set of weights termed the tap gains. If the signal delays are accomplished by a tapped delay line then the filter is termed a tapped delay line filter.

A comb filter is filter comprised of the sum or difference of input and output of a delay of M units and unit gain yielding a transfer characteristic $H(z) = 1 \pm z^{-M}$ (see Fig. 5); this filter has M zeros of transmission equally spaced on the unit circle in the z plane thus giving rise to a frequency characteristic having M equal peaks and M real frequency zeros.