

NOVA 4/X Minicomputer를 利用한 音聲信號의 Digital貯藏

金洛賢 · 李宜宅 / 音響研究室

〈要 約〉

애널로그 신호인 音聲信號를 디지털값으로 변환하여 컴퓨터의 mass storage device에 저장하거나 또는 저장된 디지털 음성 데이터를 애널로그 신호로 재생하는 기술은 디지털 音聲信號處理의 가장 중요한 토대를 마련해 준다. 本稿에서는 音聲郵便시스템과 같은 貯藏形 通信시스템의 구현에 있어서 반드시 구비되어야 할 기술인 音聲信號의 實時間 디스크 貯藏문제를 NOVA 4/X 미니컴퓨터에서 해결한 것을 간단히 기술하였다.

I. 序 論

애널로그신호를 디지털값으로 변환하여 컴퓨터의 주기억장치 또는 자기 테이프나 디스크와 같은 mass storage device에 저장하는 문제와 그의 逆, 즉 저장된 디지털값에 의해 애널로그 신호를 재생하는 문제는 그것이 바로 디지털 신호 처리의 토대를 마련해 준다는 이유에서 컴퓨터 인터페이스 技法의 중요한 일부를 이루어왔다. 이 A/D, D/A 變換 인터페이스는 그

방법에서 궁극적으로 같은 원리를 따른다고 볼 수 있으나 기술의 難易도는 컴퓨터의 크기(8-bit machine, 16-bit 이상의 machine, 혹은 마이크로컴퓨터, 미니 컴퓨터 이상과 같은 구별)나 變換周波數, 그리고 貯藏裝置의 종류에 따라 상당한 偏差를 보인다. 컴퓨터의 크기가 증가하면 보통 인터페이스 하드웨어가 복잡해진다. 變換周波數는 주로 A/D 變換器 素子자체의 遲延時間에 의해 그 한계가 결정되지만, 변환주기가 CPU의 壽命사이클에 접근하거나 그보다 작아지게 되면 DMA(Direct Memory Access)방식을 사용해야 하기 때문에 역시 인터페이스 하드웨어가 복잡하게 된다.

A/D變換 인터페이스에서의 또 하나의 관심 거리는 M/T(Magnetic tape)나 하드 디스크와 같은 mass storage device에의 實時間 入力문제이다. 애널로그 입력을 주기억 장치에 저장해 두었다가 입력이 종료된 후에 mass storage device에 옮기는 것이 아니라 入力과 貯藏을 동시에 수행하는 것이 기술적으로 A/D變換 인터페이스의 가장 어려운 부분에 속한다. 이 기술의 필요성은 다음과 같이 열거할 수 있다.

- 1) 入出力에 소요되는 시간이 매우 줄어든다.
- 2) 저장할 信號의 길이는 主記憶裝置의 크기

에 制限받지 않는다.

3) 여러 채널을 동시에 서어비스할 수 있다.

본 연구실에서는 音声郵便 시스템의 실험 모델을 개발중인 바, 주로 위의 2), 3)의 필요에 따라 과제수행 과정에서 音声信號의 하드 디스크에의 實時間 入力問題를 NOVA 4/X 미니컴퓨터 시스템에서 해결하였다. 나중에 설명하겠지만 이 기술이 NOVA 컴퓨터 시스템에만 한정적으로 적용된다고 생각하지 않으며 이 小論에서는 實時間 貯藏問題를 보다 일반적인 見地에서 설명하기로 한다.

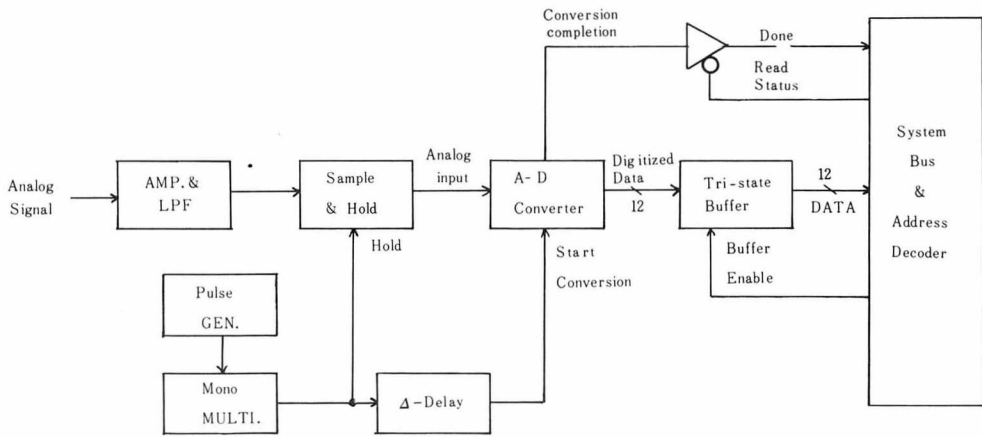
그리고 이 小論에서는 논의를 A/D變換 인터페이스에 한정하기로 한다. D/A變換에서의 문제는 A/D의 경우와 거의 같거나 더 수월하기

때문이다. 또한 애널로그신호를 音声信號에 한정한다. 영상신호를 제외한 대부분의 애널로그신호는 그 주파수가 音声信號에 비해 낮으므로 변환시의 타이밍 문제가 音声信號의 경우보다 덜 critical하며, 또 실제로 관심을 가진 것이 音声信號이기 때문이다.

II. 問題의 概要

音声信號를 programmed I/O 모우드에 의해 컴퓨터의 主記憶裝置에 입력시키는 경우의 인터페이스는 컴퓨터의 크기에 관계없이 원리적으로 아래의 모델을 따른다.

이 그림을 개략적으로 설명하기로 한다. 音声



〈그림1〉 A-D 컨버터와 그 인터페이스

信號를 ADC의 입력 범위에 알맞도록 증폭하고 周波數 重複防止 필터 (Anti-aliasing filter) 를 거친 다음 變換周波數 (보통 8~10kHz)에 맞추어 샘플링하고 호울드된 애널로그 신호를 ADC에 입력시킨다. ADC는 起動 變換펄스에 의해 변환을 시작하고 변환이 끝나면 變換終了 (Conversion Completion: CC) 비트를 세트한다. 이때 CPU는 CC비트를 체크 (Read status) 하고 그것이 high가 되면 그때 데이터 버스에 연결된 tristate버퍼를 enable (버퍼의 어드레스를 지정) 하여 그 값을 어큐뮬레이터에 받아들였다가 메모리에 저장하게 된다. 또는 CC를 interrupt request로 사용하여 입력 루우틴을 인터럽트 서어비스 루우틴에 의해 처리할 수도 있다.

이 programmed I/O 인터페이스는 하드웨어

나 프로그래밍이 비교적 단순하지만 I章에서 열거한 바 있는 實時間 貯藏의 필요성의 反對項들을 그 단점으로 갖는다.

그러면 위 입력 모우드의 단점을 해결할 수 있는 mass storage device의 사용시 技術的인 어려움을 살펴보기로 한다. 그 어려움은 한 마디로 요약해서 處理 時間에 있다. 앞서 설명한 입력 루우틴과 記憶裝置의 액세스를 동시에 수행하는 것은 거의 모든 컴퓨터 시스템에서는 불가능하기 때문이다. 따라서 實時間 貯藏을 수행하기 위해서는 〈그림 1〉의 구조와는 달리 디지털화된 데이터의 入力를 DMA방식에 의해 처리함으로써 CPU의 부담을 줄이도록 하여야 한다. DMA 방식을 사용하면 저장할 데이터의 갯수와 처음 데이터를 저장할 메모리 어드레스를

세팅함으로써 원하는 양만큼 데이터를 CPU 의 간섭없이 직접 메모리에 입력시킬 수 있다. 따라서 CPU는 입력 루우틴을 수행하지 않아도 되며, 간간히 DMA 컨트롤러의 어드레스 카운터와 데이터 카운터를 re-initialize 하는 과정만 수행하면 된다. 결과적으로 CPU는 mass storage device의 액세스에만 전념할 수 있게 된다.

이제 記憶装置로 M/T를 사용하는 경우와 하드디스크(floppy diskette은 액세스 시간의 한계 때문에 이 경우에는 거의 사용할 수 없다. 따라서 앞으로 디스크라 할 때는 하드 디스크를 의미하는 것이다.)를 사용하는 경우를 고려해보기로 한다. M/T는 액세스 시간이 일반적으로 디스크보다 느리지만 實時間 貯藏에 사용할 수 있으며 그 경우에 취급이 디스크보다 容易하다. 그러나 M/T는 装置의 性能상 順次 액세스만 가능하기 때문에 多重 채널 서비스는 힘들다. 따라서 I 章에서 열거한 1), 2), 3)의 필요성을 동시에 만족시키려면 mass storage device로 디스크를 사용해야 하는 데, 그 경우에는 좀 더 고려해야 할 사항이 있다. 디스크에는 보통 오퍼레이팅 시스템과 유틸리티 프로그램 및 사용자 프로그램이 저장되어 있으므로 이들 프로그램이 입력 데이터에 의해 손상되어서는 안된다.

또한 입력 데이터를 일정한 단위로 묶어 파일화하여 처리하는 것이 필요하다. 따라서 디스크 액세스는 오퍼레이팅 시스템에서 제공하는 파일 管理 서어비스를 사용하여 수행하는 것이 바람직하다.

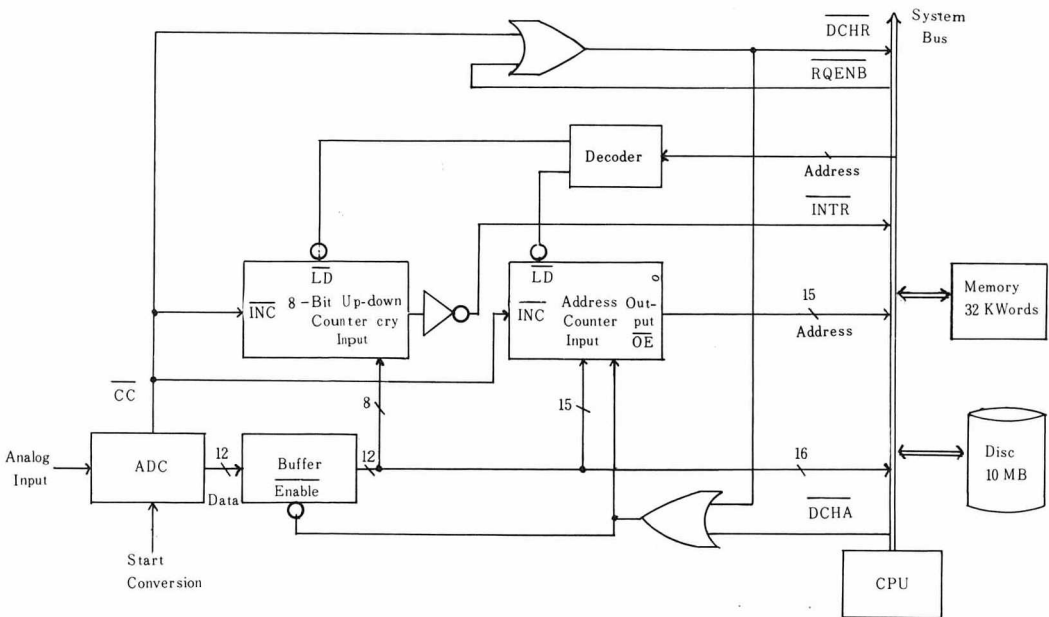
이상을 고려하여 이제 實時間 貯藏의 하드웨어 인터페이스와 프로그래밍을 다음 章에서 살펴보기로 한다.

III. Real-time 音声貯藏 装置의 構成

이 章에서는 NOVA 4/X 컴퓨터 시스템을 사용한 저장 시스템을 살펴보기로 한다. <그림 2>는 하드웨어적인 구성을 보인 것이다.

<그림 2>에서는 ADC 주변의 약간의 애널로그 인터페이스를 생략했다 (생략된 부분은 <그림 1> 参照). NOVA 시스템은 32K 워드(1 워드는 16비트)의 주기억을 가지고 있고 총 10M 바이트의 용량을 가진 디스크가 부착되어 있다. CPU는 비트 슬라이스에 의해 설계되었는데, 16비트의 워드 길이를 가지며 데이터 채널 모우드라는 DMA facility를 제공하고 있다.

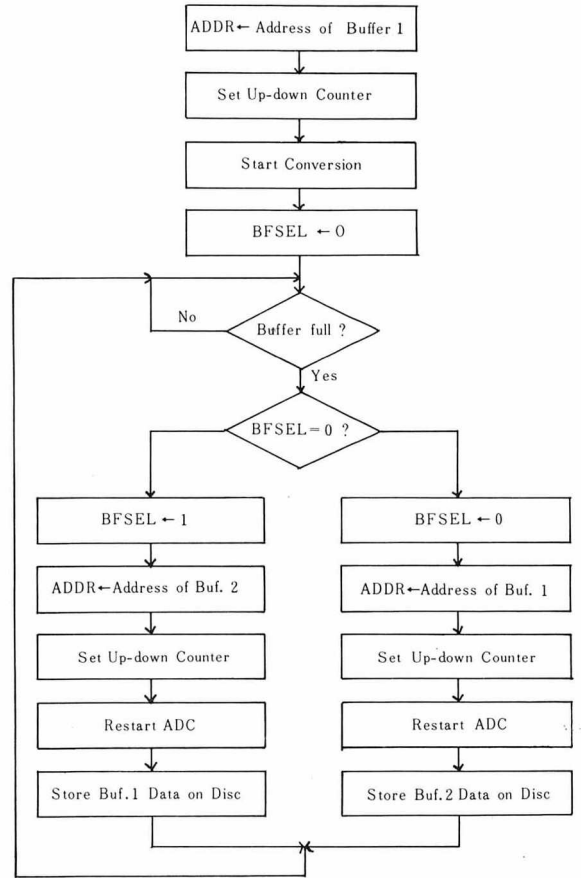
<그림 2>의 다이어그램을 살핀다. 變換을 시작하기 전에 어드레스 카운터(15비트; NOVA 4



<그림 2> 貯藏시스템의 인터페이스 하드웨어

/X CPU의 어드레스 버스는 15비트이다)에 최초 번지를 로우드함으로써 제일 처음 변환된 데이터가 메모리의 몇 번지에 저장될 것인지를 지정하여야 한다. 다음 8비트 업 다운 카운터에 일정한 값을 로우드함으로써 데이터 채널 모우드로 받아들일 데이터의 갯수를 얼마로 할 것인지 정해주어야 한다. 이제 A/D變換이 시작된다고 하면 변환이 끝날 때마다 ADC의 變換終了(CC) 비트는 data channel request (DCHR : DMA request에 해당)를 動作 狀態로 만들게 된다. CPU는 DCHR이 들어오면 data channel acknowledgement(DCHA)를 보내는 동시에 CPU 어드레스 버스는 高 임피던스 狀態에 도달하고 CPU자신은 中止狀態가 된다. 이때 DMA에 의하여 데이터가 메모리에 들어가게 된다. CC비트는 동시에 어드레스 카운터와 8비트 업 다운 카운터를 加算하게 되는데, 업 다운 카운터의 상태가 0이 되면, 즉 캐리 비트가 세트되면 interrupt request를 하게 된다. 따라서 인터럽트 서어비스 루우틴에는 어드레스 카운터와 8비트 업 다운 카운터를 다시 세트하고 ADC를 再起動하는 루우틴을 프로그래밍하면 되는데, 데이터의 연속성을 위하여 이서어비스는 한 변환주기(8kHz 변환주파수의 경우 125μs)내에 이루어져야 한다.

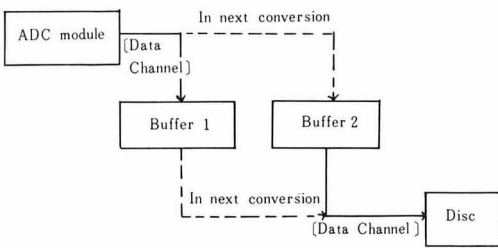
이제 實時間 貯藏을 위한 프로그래밍을 고려해 보기로 하자.



〈그림 4〉實時間 디스크 記憶의 主루우틴

를 再起動시킨 다음 입력 데이터가 버퍼2에 차는 동안 버퍼 1의 데이터를 디스크에 저장한다. 이때 버퍼 2가 다 차기 전에 버퍼 1의 저장을 끝내는 것이 중요한데, NOVA 시스템에서는 OS에서 block transfer disc I/O utility를 제공하고 있기 때문에 이것은 system call level에서 해결이 되었다. 버퍼 2가 다 차게 되면 다시 버퍼 1에 데이터를 입력시키면서 버퍼 2의 데이터를 디스크에 저장한다. 이 과정을 원하는 양의 데이터가 모두 입력될 때까지 반복한다. 이 과정을 흐름도로 나타낸 것이 〈그림 4〉이다.

〈그림 2〉와 〈그림 4〉를 보면 알 수 있듯이 이 實時間 貯藏機能을 NOVA 시스템이 아닌 다른 컴퓨터 시스템에서도 수행시킬 수 있을 것이다. 즉 ADC에 DMA컨트롤러를 덧붙이고 二重 블럭 버퍼, 혹은 이보다 일반적으로 사이클릭 버



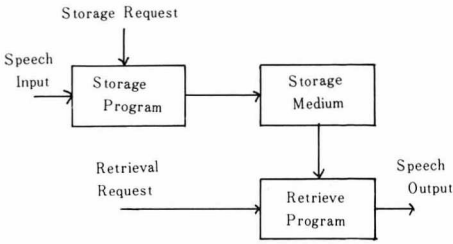
〈그림 3〉實時間 貯藏을 위한 二重블럭 버퍼 構造

〈그림 3〉을 참고하면서 프로그래밍을 생각해 보자. 우선 〈그림 2〉의 ADDR(Address counter)에 버퍼 1의 처음 번지를 로우드하고 변환을 시작한 다음 음성 데이터가 버퍼 1을 모두 채울 때까지 기다린다. 버퍼 1이 모두 찬 다음 ADDR에 버퍼 2의 a 번지를 로우드하고 ADC

퍼구조를 사용한다면 다른 시스템에서도 이의 수행이 가능할 것이다.

IV. 音声郵便 시스템에의 応用

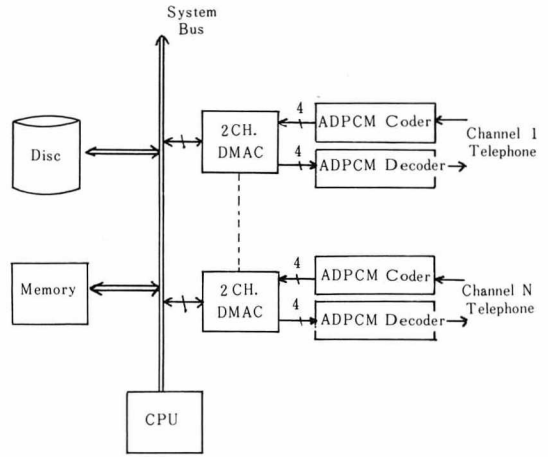
音声郵便 (Voice Mail) 시스템은 앞서 밝힌바와 같이 본 연구실에서 수행중인 과제인데, 이 중 중요한 서어비스의 하나인 메시지 貯藏 및 再生 분야에 實時間 貯藏機能을 적용할 수 있다. 이 서어비스의 한 채널에 대한 블럭 다이어그램은 <그림 5>와 같이 나타낼 수 있다.



<그림 5> 메시지 貯藏과 再生시스템 (1채널)

<그림 5>를 살펴보자. Storage request 가 있으면 프로그램에 의해 音声入力を 貯藏媒体에 저장한다. 나중에 다시 다른 사람이 이 메시지의 내용을 알고 싶으면 retrieval request를 하게 되는데, 이때는 再生 프로그램에 의해 音声出力을 내게 된다. 이 시스템에서 중요한 것은 記憶의 양을 가능한 한 줄이는 것과 處理 遲延時間이 서어비스를 받는 사람이 느끼지 못할 정도로 적어야 한다는 것이다. 본 연구실에서는 音声의 비트율을 낮추기 위해 32kbps ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) 코우딩 방식을 사용할 예정이다. ADPCM 코우딩 방식에 기초한 多重 채널 서어비스 시스템의 블럭 다이어그램을 나타낸 것이 <그림 6>이다.

<그림 6>에서는 N개의 전화기가 ADPCM 符号器와 復号器, 그리고 2 채널 DMA 컨트롤러에 의해 시스템 버스에 연결되어 있는데, 符号器와 復号器는 4 비트 ADPCM 데이터를 패킹하여 1 워드르 만드는 것과 그 반대로 언패킹 (unpacking) 하는 기능을 포함하게 된다. 즉



<그림 6> N-channel 貯藏시스템과 再生시스템

시스템의 데이터 버스가 16비트의 길이를 갖는다고 하면 4개의 샘플을 1 워드르 패킹하여 저장하게 된다. 따라서 標準化 周波数가 8 kHz라고 한다면 DMAC의 서어비스 주파수는 2 kHz가 된다. 이와 같은 시스템에서 전체 채널 갯수의 한계를 결정짓는 요인들은 CPU 壽命時間, 디스크 액세스 시간, 主記憶의 크기 등인데, NOVA 4/X 시스템의 경우 10 채널의 동시 서어비스가 가능할 것으로 예측된다.

多重채널의 경우 디스크 액세스의 횟수가 상당히 많아지므로 이때의 프로그래밍은 multi-tasking의 구조를 사용해야 할 것으로 보이는데, 디스크 액세스와 데이터 입력, 그리고 storage request 간에는 정교한 태스크 同期가 이루어져야 할 것으로 예측된다.

한가지 덧붙이고 싶은 말은 <그림 6>의 多重채널 시스템은 아직 실험이 끝나지 않은 상태이므로 완성된 형태가 아니라는 것이다.

V. 結論 및 展望

이 小論에서 NOVA 4/X 미니컴퓨터 시스템에 바탕을 둔 單一채널 實時間 音声貯藏 시스템에 대해 살펴보았다. 그리고 이 방식을 多重채널 메시지 貯藏 및 再生 시스템에 적용하는 문제를 예측해 보았다.

본문에서 언급한 바와 같이 多重채널 시스템의 경우는 單一 채널 시스템에서의 원리를 준

용하되 보다 복잡하고 정교한 하드웨어 장치와 프로그래밍이 요구된다. 본 연구실에서는 현재 주시스템으로 VME 10 마이크로 컴퓨터(CPU는 MC68010)를 사용한 多重채널 시스템의 실험을 진행하고 있는 바, 실험이 종료된 후에 보다 완벽한 시스템을 발표할 수 있을 것으로 기대한다.

参 考 文 献

1. Rabiner, L. R. and R. W. Schafer, "Digital Techniques for Computer Voice Response : Implementations and Applications," Proc. IEEE, vol. 64, pp. 416-433, Apr. 1976
2. Mermelstein, P., "Voice Response Systems," IEEE Comm. Vol. 21, pp. 8-10, Dec. 1983
3. How to Use the NOVA Computers, Data General Corp., Feb. 1974
4. Macro Assembler User's Manual, Data General Corp., Aug. 1978
5. Realtime Disk Operating System, Reference Manual, Data General Corp., Jan. 1975
6. DGDAC 4300 Subsystem Programmer's Reference Manual, Data General Corp.
7. DGDAC 4300 Subsystem Hardware Schematic Manual, Data General Corp.