

최근 일본 HDTV 방송시스템 (MUSE-E, Narrow-MUSE, MUSE-6, MUSE-9)

金鍾奎 · 崔祥奎
(금성사 중앙연구소 선임연구원, 가전연구소장)

■ 차 1. 서 론 2. MUSE 시스템	■ 려 ■ 3. 요약 및 결론
---------------------------------	---------------------

1 서 론

일본에 있어서 HDTV 관련 연구는 1964년 동경 올림픽 경기를 치르면서 칼라TV 중계 체계가 되어 NHK에서 주관하여 장기적으로 꾸준히 진행되어 왔다. 이로부터 20년이 지난 1985년 일본 EXPO에서 선을 보인 후 88년 서울 올림픽 중계를 광통신과 INTELSAT의 매체로 서울과 일본간에 실시하여 매우 알려지게 되었다.

그동안 NHK에서 개발된 HDTV 방송방식을 MUSE(Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding) 라고 하며, 이는 HDTV 신호 대역 압축 기법의 한 예로서 원래의 HDTV 신호대역폭 24.3 MHz를 8.1 MHz로 압축한 다음 FM 변조하여 DBS 1ch(24 MHz)로 전송하는 방송시스템이다. 현재 일본에서는 방송위성 BS-2에 의해서 1989년 6월부터 매일 한시간씩 시험방송을 하고 있다.

하지만 미국의 경우는 HDTV 방송을 ATV

(Advanced Television)이라고 부르며 지상방송을 전제로 한, 또 기존 NTSC에 할당된 6 MHz 채널 호환이 가능하고, 나아가서는 동시방송(Simulcast)이 가능한 시스템을 고수하고 있다. 그러므로 NHK에서는 미국 방송에 적합한 NTSC 호환 MUSE 방식을 ADTV(Advanced Television)이라고, 지상방송용으로 적합하며 1125/60 HDTV 스튜디오 규격을 그대로 사용할 수 있는 방식을 미국 FCC 산하 ATTC(Advanced Television Test Center)에 제안해 놓고 그 평가를 기다리고 있다. NTSC 호환 기종으로는 MUSE-6와 MUSE-9 두 가지가 있으며, 특히 Narrow-MUSE는 기존 NTSC와 동시방송이 가능하도록 개량하였다.

본 소고에서는 지금까지 NHK에서 제안한 모든 MUSE 전 방식에 대해서 정리하여 소개하고자 한다. 먼저 가장 근간이 되는 MUSE-E를 소개하고 이에 부수되는 Narrow-MUSE, MUSE-6, MUSE-9을 차례로 알아보기로 한다.

[2] MUSE 시스템

1) MUSE-E

1. 시스템 특징

MUSE-E가 전체 MUSE 시스템 중에서 가장 근간이 되며, 최고 수준의 MUSE 방식을 지칭한다. 원래 MUSE는 위성방송을 전제로 한 방식이며, 따라서 MUSE 대역폭은 단지 위성 트랜스폰터의 대역폭(24 MHz)에다 FM 변조 가능한지 여부에 의해서만 제한된다고 볼 수 있다. MUSE-E의 대역폭은 압축된 베이스밴드가 8.1 MHz이므로 지상방송용으로 할당된 6 MHz 대역폭을 능가하므로 도저히 지상방송으로는 전송될 수 없음을 시사한다.

그림 1에서 HDTV와 ADTV 시스템의 관계를 표시하였다.

1125/60/59.94 스튜디오 규격의 프로그램은 MUSE-E 뿐 아니라 ADTV시스템의 공통 신호 소오스로도 사용될 수 있음을 나타낸다. 이는

곧 스튜디오 프로그램을 서로 교환할 수 있으므로 매우 경제적이라 할 수 있다.

표 1은 전체 MUSE 시스템의 특징을 표시하였다.

다음에 MUSE 방식의 요소기술을 정리하면 아래와 같다.

- 멀티플 서브샘플링과 동화상 보상을 이용한 대역압축기술
- 아날로그 샘플치 전송기술 및 자동동화 기술
- 정극성 동기신호를 이용하여 3dB 동기 펄스 손실을 배제
- 비선형 앰퍼시스 방식
- 의사 정휘도 전송방식을 이용 색차신호로부터 휘도신호에의 크로스토크를 감쇄시키고, 고체도 화상의 S/N을 개선
- 베이스밴드 디지털 음성다중방식을 이용하여, 고품질 음성 및 기타 데이터를 영상신호와 함께 신호로 전송
- 시간압축 시분할 다중방식

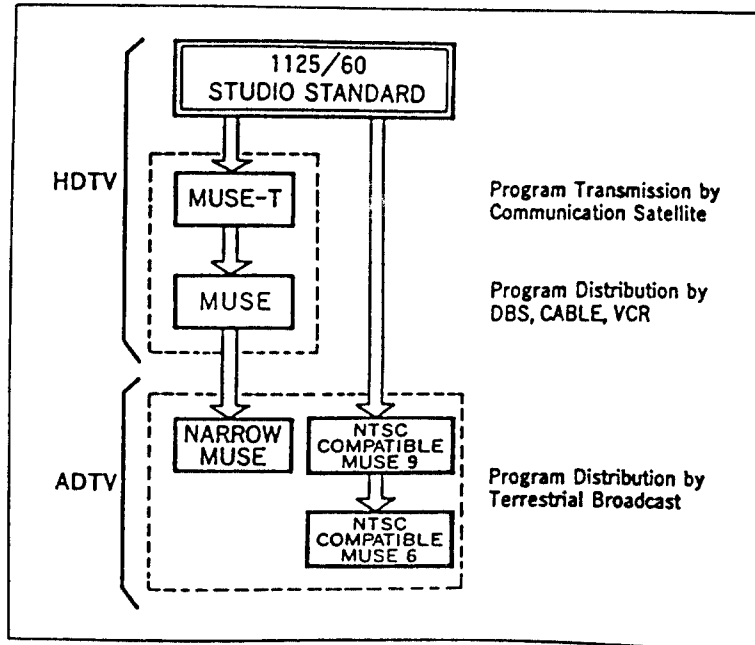


그림 1 MUSE 시스템 체계

표 1 MUSE 시스템 특징

	System	Bandwidth	NTSC compatibility	Aspect ratio expansion	*2 Resolution	Aspect ratio	Digital audio	Status
HDTV	MUSE	9 or 12MHz	*1 No	-	1020	16:9	4 ch	Hardware
ADTV	NTSC-MUSE-6	6MHz	Yes	top-bottom mask	750	16:9	2 ch	Computer simulation
	NTSC-MUSE-9	*3 9MHz	Yes	top-bottom mask	750	16:9	4 ch	Computer simulation
	NARROW-MUSE	6MHz	*1 No	-	1010	16:9	4 ch	Computer simulation

*1 An experimental low-cost down-converter has been developed.

*2 Horizontal resolution for still portion of picture (lines / picture width).

*3 9 MHz single channel or 6+3 MHz dual channel system are possible.

2. 시스템의 구성

그림 2는 전체 MUSE 인코더와 디코더에 대한 블록도이다. 신호입력으로 RGB HDTV 카메라 출력이 인가되고, 카메라 감마를 보상해 준다. 매트릭스(MTX)에서 휘도신호 및 두개의 색차신호로 바뀌고, 이 신호들은 다시 TCI(Time Compressed Integration) 형태로 시간다중 처리된다. 이 TCI 출력신호는 두 가지로 나뉘어 처리된다.

첫째로, 동화상인 경우에는 전치필터를 사용하여 라인오프셋 서브 샘플링(line offset subsampling)을 한다. 이 경우 샘플링 주파수 변환을 거치게 된다(48.6→32.4→16.2 MHz).

둘째로 정지화상인 경우, 필드오프셋 서브 샘플링(field offset subsampling)을 거치게 된다. 즉 24.3 MHz 필드 오프셋 샘플링 후에 고주파부분은 12 MHz 저역 여파기로 제거시키고 다시 32.4 MHz로 샘플링 주파수 변환을 한다. 샘플링 단계를 그림 3에 나타내었다.

위에서와 같이 정지화상 및 동화상처리가 된 후에는 움직임 정도에 따라서 각 화소 단위로

조합되며, 이 조합된 신호는 다시 MUSE의 기본 샘플링주파수 16.2 MHz로 서브샘플링된다. 지금까지 경로를 거치면서, MUSE 신호는 선형성을 유지한다. 그러나 이 신호에서 어두운 부분에서 잡음을 줄이기 위해서 전중감마라고 불리는 비선형 신호처리 단계를 거치며, 다시 앰퍼시스(emphasis) 된 후에, 제어신호, 동기신호, 디지털 음성신호와 다중된다. 이 전체 신호가 아날로그 신호로 바뀌고 나서 13 MHz의 저역 여파기를 통과시킨 후 최종 RF 변조된다.

디코더에서는 이 모든 과정의 역과정을 거치게 된다. FM 복조를 통과하고 A/D 변환 뒤에는 다시 디지털 신호로 바뀌며 오디오, 동기신호 및 제어신호를 분리한 다음 영상신호는 정지화와 동화상으로 나뉘져 각각 처리된다. 동화상의 경우, 필드내 내삽이 이뤄지며, 정지화상 경우에는 먼저 프레임 내삽에 의해서 내삽되고, 이때 샘플링 주파수는 32.4 MHz로 된다. 12 MHz의 저역여파기를 통과 후 샘플링 주파수는 24.3 MHz로 변환되어 필드간 내삽을 수행한다.

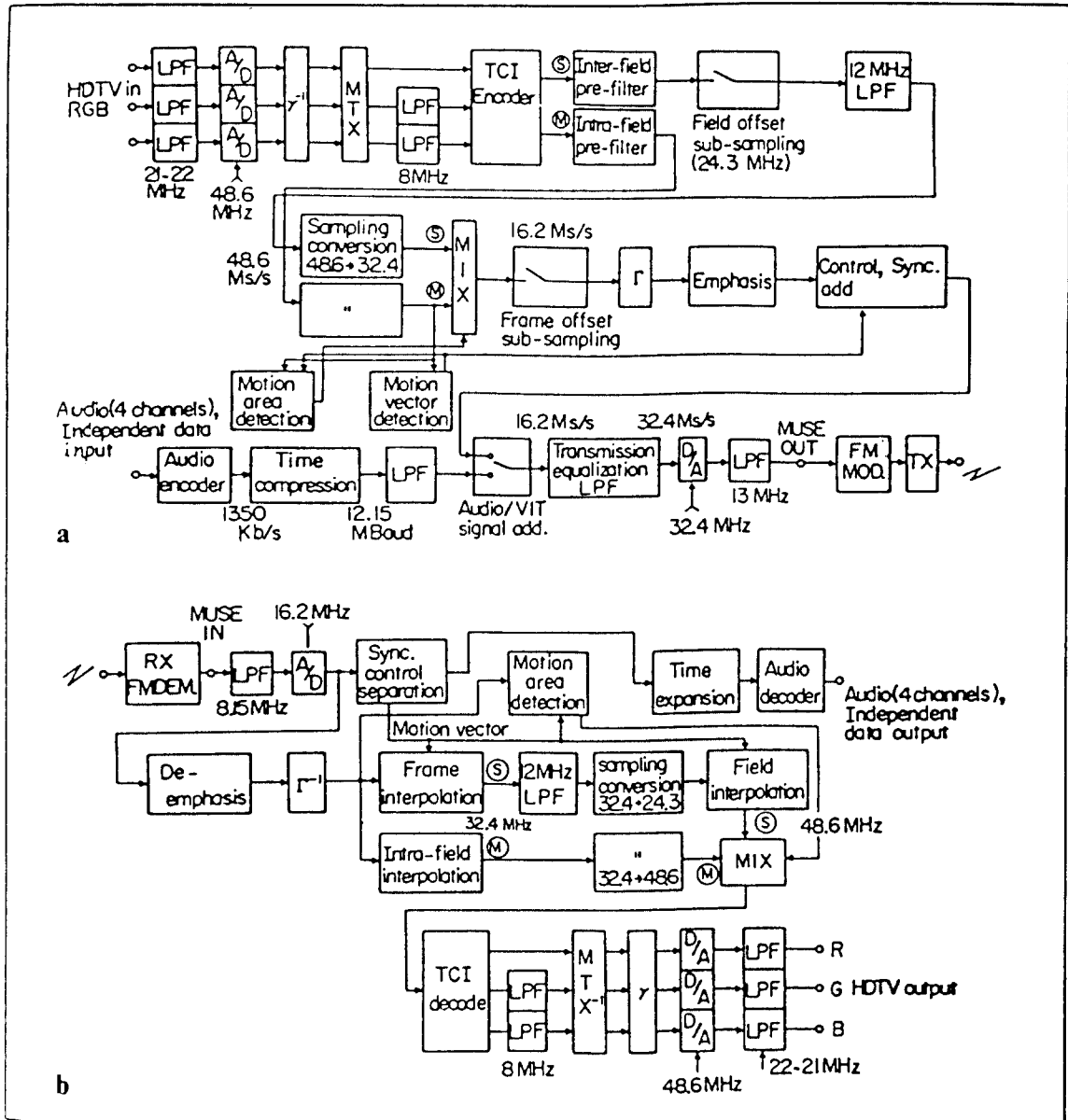


그림 2 MUSE a) 인코더 b) 디코더

움직임 보정은 프레임 내삽단계에서 이뤄지며, 움직임 벡터는 인코더에서 검출되어 제어 신호 일부로서 전송된다.

이렇게 두 계통으로 처리된 정지화/동화는 화소단위로 합성이 되며, 이 합성된 신호는 TCI 디코더에 인가되어 원래 HDTV 신호로 재생되어 휘도신호와 색차신호로 분리된다. 역 매트릭스를 거쳐서 RGB 신호로 바뀐다. 마지막 단계에서 디스플레이 감마값을 보상하여 HDTV 디스플레이로 공급된다.

2) Narrow-MUSE 방식

1. 시스템 특징

- a. 6 MHz RF 채널 호환
- b. MUSE-E를 제외한 다른 MUSE 계보 중에서 최고의 화질 제공
- c. 4 채널 디지털 오디오

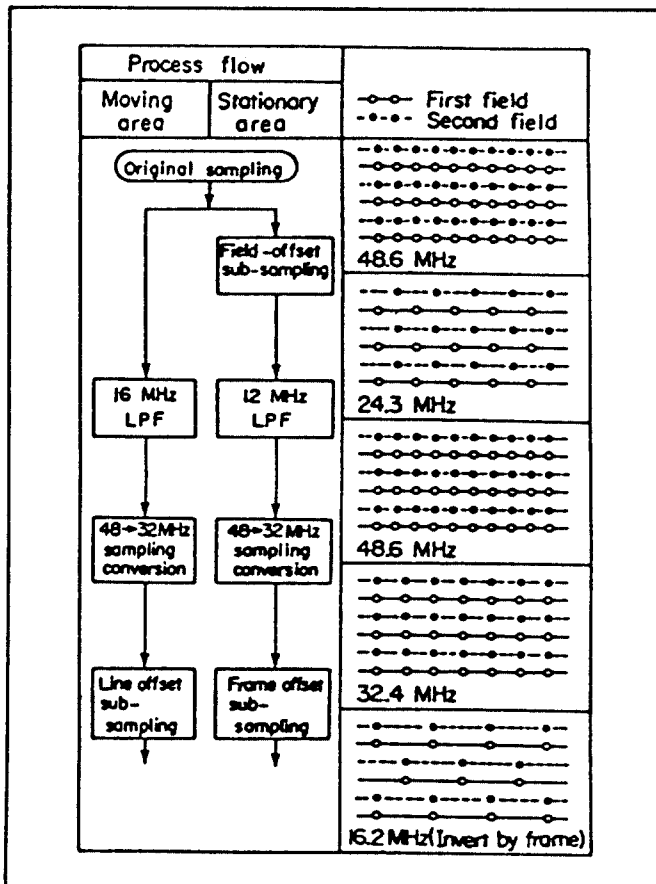


그림 3 휘도신호의 서브샘플링 구조

표 2 Narrow-MUSE 규격

Video	
Scanning rate	Source 1125/60/2:1 Transmission 750/60/2:1 Display 1125/60/2:1
Aspect ratio	16:9
RF bandwidth	6 MHz
Baseband width	4.86 MHz (-6dB)
NTSC compatibility	No (compatible with 6-MHz simulcast)
Colorimetry	Based on SMPTE 240M Quasi-constant luminance principle is used in the system
Temporal effects	The spatial resolution of moving portions becomes one-half that of still pictures. It is acceptable because visual resolution characteristics also decline against moving portions of pictures
Audio	
Number of channels	A Mode, 4 channels B Mode, 2 channels
Signal bandwidth	A Mode, 15 kHz B Mode, 20 kHz
Dynamic range	A Mode, 90 dB or over B Mode, 96 dB or over
Coding scheme	DPCM, near instantaneous companding with 8 ranges for A Mode, 6 ranges for B Mode.
Modulation scheme	Encoded signals are multiplexed in the vertical blanking interval of the video signal

2. 시스템 구성

Narrow MUSE의 기본개념은 MUSE 신호가 베이스밴드 대역폭이 8.1 MHz이므로 지상방송에 사용할 수 없으므로, 이를 극복하기 위해서 약간의 화질 열화를 감수하면서 현재 NTSC와 동시 방송을 겨냥하여 수정한 시스템이라 볼 수 있다. 따라서 Narrow MUSE는 대역폭을 줄이기 위해서 스캔라인 숫자를 1125에서 750으로 감소하였으며, 따라서 수직 고주파 성분을 없앤 결과를 초래하지만 750 라인은 1125 주사선 방식에 Kell 지수가 0.65와 비슷한 시스템으로 비교할 수 있다. 그러나 디코더에서 전송된 이 신호를 다시 1125 라인으로 변환시켜 디스플레이에 공급한다.

MUSE-E에서와 마찬가지로 신호대역폭을

줄이기 위해서, 멀티 서브 샘플링(Multi-sub-sampling)을 거치게 된다. 정지화의 경우에는 필드 오프셋 및 프레임 오프셋 샘플링을 모두 거치게 되며, 동화상인 경우 라인 오프셋 샘플링만 적용한다. 디코더에서는 정지화를 복원시키기 위해서 필드간 및 프레임간 내삽을 하여 원래 신호를 재생시키게 된다. 하지만 동화에서는 사람 시각특성을 고려하여, 동화상의 열화는 감지능력이 저조하므로 내삽을 하지 않아도 크게 문제되지 않는다.

음성에 있어서는 A 모드와 B 모드가 있는데 A 모드는 4개 채널을 전송하며 B 모드에서는 2개 채널이지만 최상급의 음질을 제공하도록 한다. 코딩기법으로는 DANCE(DPCM Audio Near instantaneous Compressing and Expan-

ding) 을 사용한다.

그림 4는 MUSE와 Narrow-MUSE 전송 신호 구성도를 보여준다. 그림 5에서는 전송 신호의 스펙트럼을 나타내며, 그림에서 (a, b, c)가 (a', b', c')로 접혀 서로 중첩되게 되는데 이는 원래 MUSE 스펙트럼의 약 5/8를 사용하여 대역폭이 4.86 MHz밖에 되지 않는다.

Narrow-MUSE 시스템의 인코더와 디코더를 그림 6에 보였다. 여기에서 알 수 있듯이, 주사선 수 변환부와 두 개의 인터페이스부만 제외시키면 종래 MUSE 인코더와 동일하다. 이 인코더에서는 샘플링 주파수가 휘도신호에 대해서는 40.095 MHz이며 두 개의 색차신호는 13.365 MHz로 샘플링된다. 라인 변환부에서는 정지신호의 경우에는 두 개의 인접 필드를 보간하여 750

라인으로 만들고 동화상의 경우는 가장 최근의 필드에서 750 라인을 만든다. 라인변화부의 출력단에는 수직 고주파 성분은 필터로 제거시킨다.

디코더쪽에서는 750에서 1125 라인 변환부를 거쳐서 최종적으로 1125/60 형태의 영상신호를 디스플레이로 보낸다. 디지털 오디오는 원래 MUSE 방식과 같으며 A-모드에는 15 KHz의 대역폭을 갖는 4개 채널을 제공하며, B모드는 20 KHz의 대역폭을 갖는 최고급 오디오 신호를 2개 채널 제공한다. A 모드에서는 32 KHz의 샘플링 주파수를 사용하며, 15bit의 데이터를 만들고, B모드에서는 48 KHz 샘플링을 사용하여 16 bit 데이터를 얻게 된다.

Table 2와 그림 7에서 각각 Narrow-MUSE 규격과 공간주파수 해상도를 나타내었다.

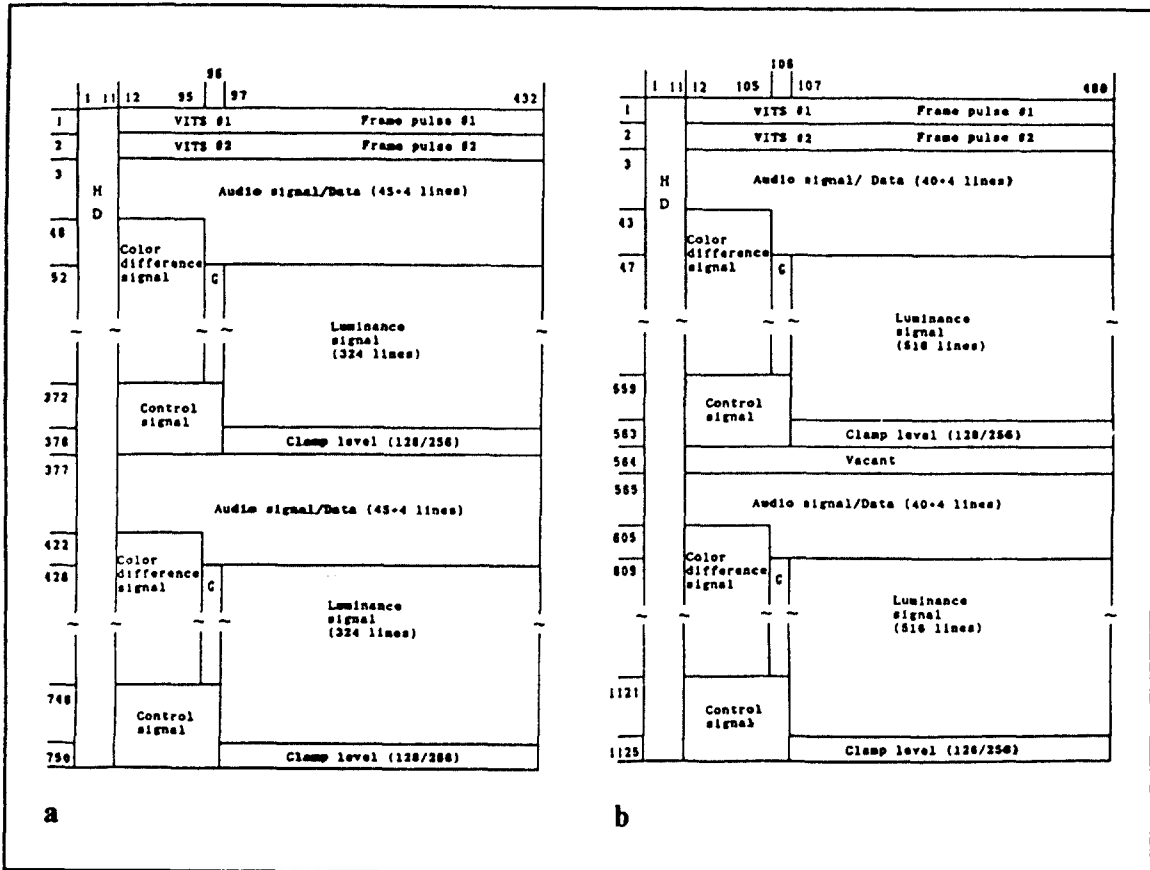


그림 4 MUSE 신호 구성도
a) Narrow-MUSE
b) MUSE-E

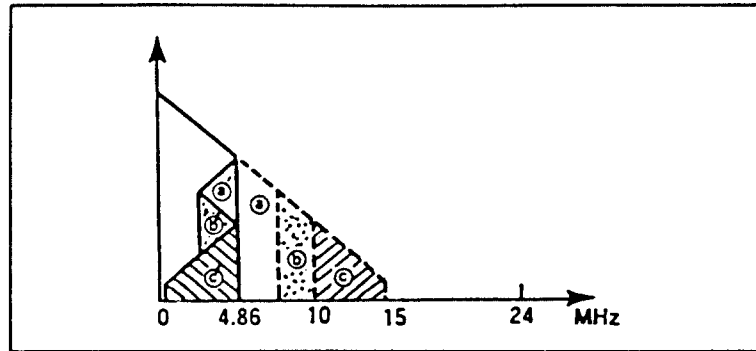


그림 5 Narrow-MUSE 전송신호 스펙트럼

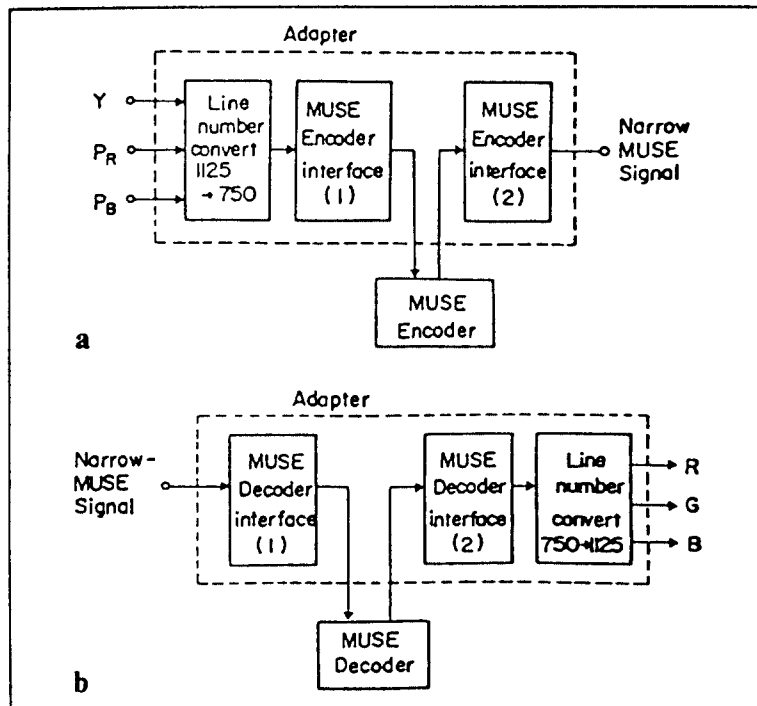


그림 6 Narrow-MUSE 시스템
a) 인코더, b) 디코더

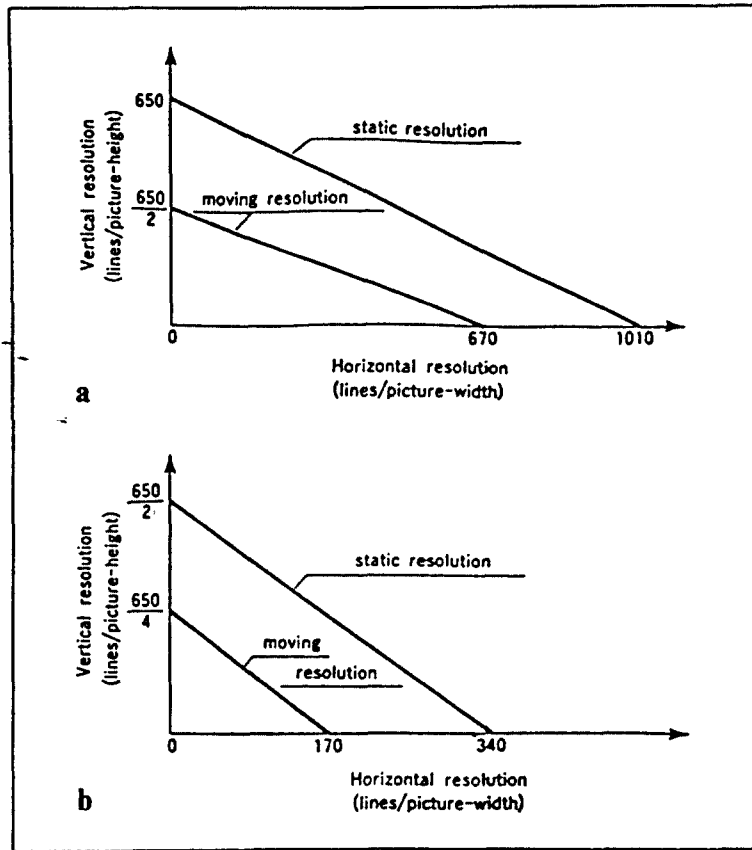


그림 7 Narrow-MUSE 공간주파수 해상도
a) 회도신호 b) 색도신호

3) NTSC 호환 MUSE-6 시스템

1. 시스템 특징

- a. NTSC와 호환적이며, 6 MHz 대역폭도 호환
- b. 현행 NTSC의 정지화상의 해상력보다 약 2배 개선
- c. 2개 디지털 오디오 채널 제공
- d. NTSC의 종횡비 호환을 위해서 레터박스 기법을 채용

2. 시스템 구성

그림 8이 MUSE-6의 인코더와 디코더 전체 블록도를 표시하고 있다. 1125/60 HDTV 신호는 프리프로세서와 동검부를 거쳐서 레터박스

처리단으로 보내진다. 동검 신호는 잡음제거와 주파수변환부와 고주파 성분의 다중방식에도 사용된다. 주사선수 변환부에서 1125라인이 750으로 줄여지며, 초당 필드수도 60에서 59.94로 변환된다. 이렇게 변환된 신호는 레터박스 처리부로 보내져서 수직 주파수 부분이 2개로 나뉘어져서 저주파 성분은 345 주사선에 해당되며 이는 525 주사선 중에서 중심부에 해당된다. 고주파성분은 수평주파수 쪽으로 대역제한되고 시간축상으로 대역압축되어서 화면의 상층부와 하층부위대에서 다중된다. 이렇게 처리된 신호 (Y, I, Q)는 NISC 및 고주파 성분을 처리하는 인코더 블록으로 보내지며, 여기에서 회도신호 (Y)의 고주파 성분은 주파수다중이 되며 색차신

호의 고주파성분은 주파수축으로 천이되어 화면의 상층부와 하층부위를 순차적으로 다중되어진다. 전송되기 전에 고스트제거 기준신호(GCR : Ghost cancelling reference)와 파형동화도 함께 보내지는데 디코더에서 이의 역작용을 행하게 된다.

여기에서 오디오 신호는 2개의 디지털 오디오 채널과 기존 FM 오디오 신호도 함께 전송되는데, 14bit의 32 KHz 샘플링된 오디오 신호는 8bit로 압축되어 앞 절에서 언급된 DANCE 기법으로 인코딩된 다음 수평 귀선시간에 영상신호와 다중되게 된다.

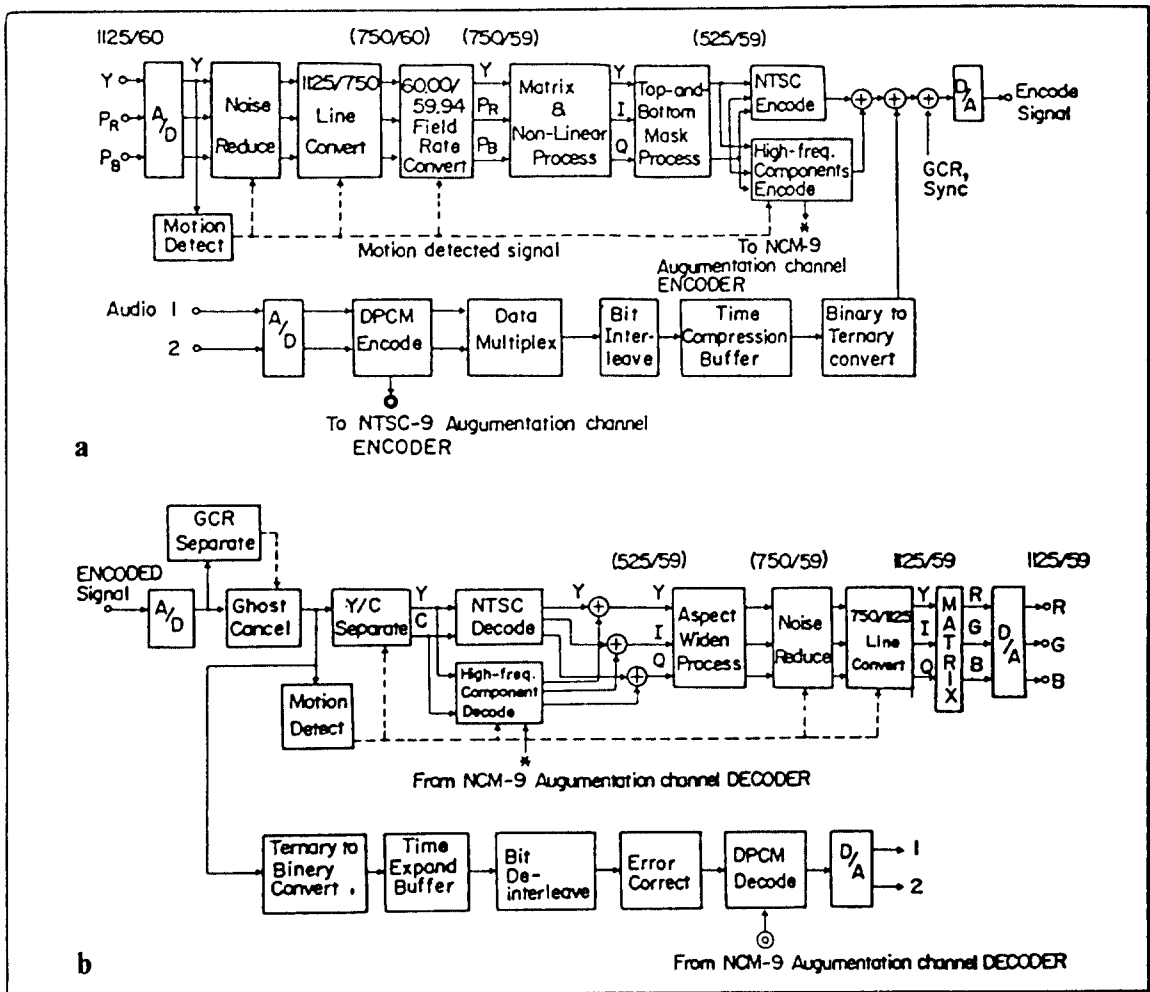


그림 8 MUSE-6 시스템
a) 인코더 b) 디코더

그림 9에서 보인 바와 같이 750 주사선이 수직의 저주파와 고주파로 나뉘어져서 보내진다. 이때 저주파쪽은 345개 라인에 해당되며 525 전체 라인 중에서 중앙 부위에 해당된다. 고주파 신호는 수평주파수 쪽으로 대역 제한이 되고 난 뒤

에, 시간압축되어 최종 161개의 라인으로 된다. 이 신호는 화면의 상층부와 하층부위로 다중된다.

표 3에서 MUSE-6의 특성을 나타내었다.

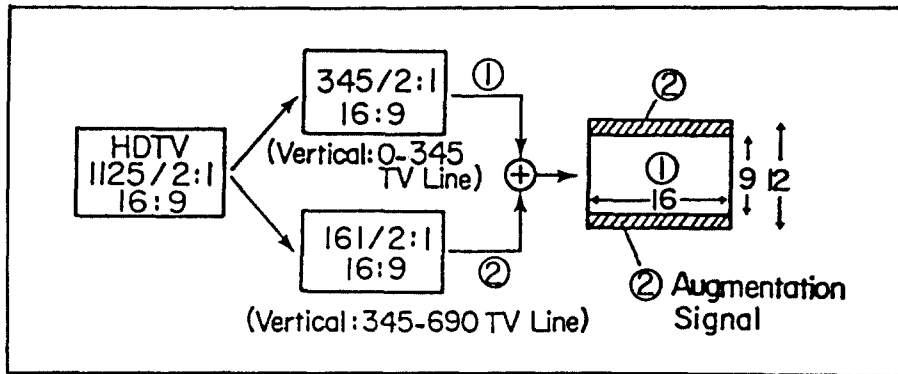


그림 9 레터박스 프로세서

4) NTSC 호환 MUSE-9 시스템

1. 시스템 특징

- a. NTSC와 호환적이며, MUSE-6와도 호환
- b. 3 MHz의 추가 채널 대역폭 사용
- c. NTSC의 정지화상의 해상력보다 약 2배 개선
- d. 4개 디지털 오디오 채널 · 제공

2. 시스템 구성

그림 10에서 보인 바와 같이 주요 블록은 MUSE-6와 동일하다. 고주파부분을 따로 독립시켜서 처리하는 것이 MUSE-6와는 다르다. 즉 2.1MHz의 베이스밴드 추가 신호가 발생하는데 이는 MUSE-6의 동화상의 열화를 극복하기 위해서 사용된다. MUSE-6에서는 동화상의 해상

력이 정지화상의 1/2인데 비해서 MUSE-9의 경우에는 약 3/4으로 개선된다. 그림 11에서 빗금부위가 휘도에 있어서 개선된 것을 도식적으로 보여 준다. 색차신호의 경우는 MUSE-6의 해상도와 동일하다. 또한 MUSE-6 보다 2개의 디지털 오디오 채널이 추가되었다. 따라서 음성의 베이스밴드 대역이 20 KHz이며 샘플링 주파수도 48 KHz이며 16bit의 데이터가 가능하다. 표 4에 MUSE-9의 규격을 표시하였다. 그림 12에서 3 MHz의 추가대역에 보내지는 신호구성을 표시하였다. 그림 13은 전송시스템의 2가지 경우를 나타내고 있다. MUSE-9 스펙트럼 주요 부분은 기존 NTSC의 그것과 동일하며, 추가 채널의 RF 스펙트럼을 그림 14에 표시하였듯이 정확히 2.81 MHz가 더 필요함을 알 수 있다.

표 3 MUSE-6의 규격

Video	
Scanning rate	Source 1125/60/2:1 Transmission 525/60:2:1 Display 1125/60/2:1
Aspect ratio	16:9
RF Bandwidth	6 MHz
RF Spectrum	Same as NTSC
Baseband width	4.2 MHz
NTSC Compatibility	Yes
Colorimetry	Same as NTSC
Temporal effects	The spatial resolution of moving portions becomes one-half that of still pictures. It is acceptable because visual resolution characteristics also decline against moving portions of picture.
Digital Audio	
Number of channels	2 channels
Signal bandwidth	15 kHz
Dynamic range	90 dB or over
Coding scheme	DPCM, near instantaneous companding with 8 ranges
Modulation scheme	Encoded signals are multiplexed in the horizontal blanking interval of the video signal

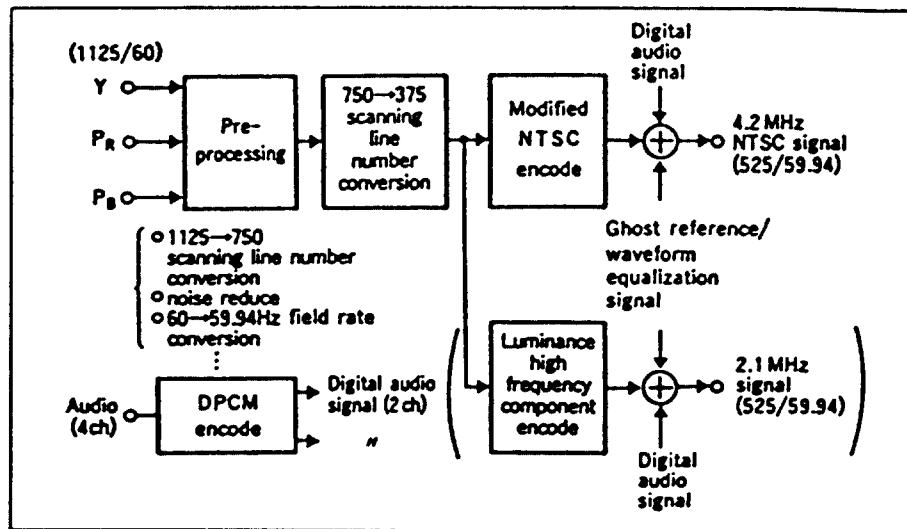


그림 10 MUSE-9 인코딩 방법

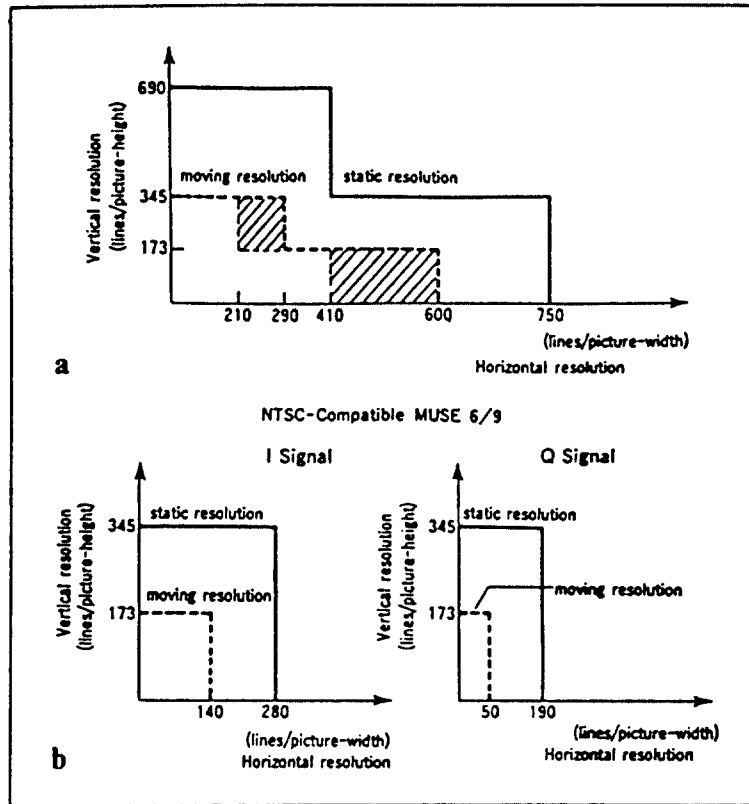


그림 11 MUSE-9의 해상도
a) 휘도신호 b) 색도신호

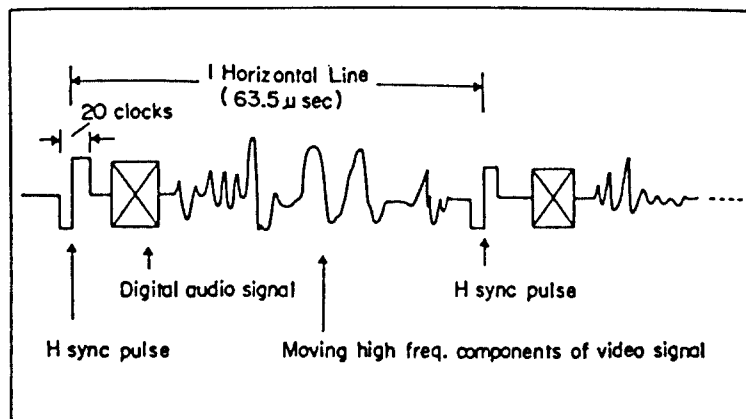


그림 12 3 MHz 추가 채널에 신호 구성도

표 4 MUSE-9의 규격

Video	
Scanning rate	Source 1125/60/2:1
	Transmission 525/60/2:1
	Display 1125/60/2:1
Aspect ratio	16:9
RF Bandwidth	6 MHz for main channel 3 MHz for augmentation channel
Baseband width	4.2 MHz for main channel
	2.1 MHz for augmentation channel
NTSC Compatibility	Yes
Colorimetry	Same as that for NTSC
Temporal effects	The spatial resolution of moving portions becomes three-fourths that of still pictures. It is acceptable because visual resolution characteristics also decline against moving portions of pictures.
Audio	
Number of channels	A Mode, 4 channels
	B Mode, 2 channels
Signal bandwidth	A Mode, 15 kHz
	B Mode, 20 kHz
Dynamic range	A Mode, 90 dB or over
	B Mode, 96 dB or over
Coding scheme	DPCM, Near instantaneous companding with 8 ranges for A Mode, 6 ranges for B Mode.
Modulation scheme	Encoded signals are multiplexed in the vertical blanking interval of the video signal

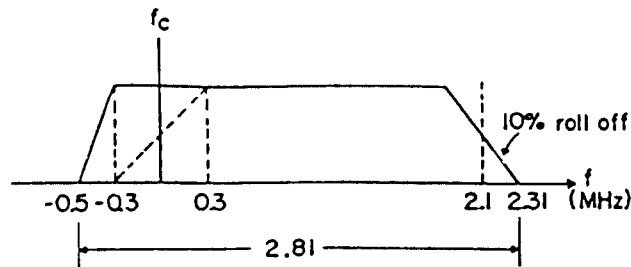


그림 14 MUSE-9의 추가 채널의 RF 스펙트럼

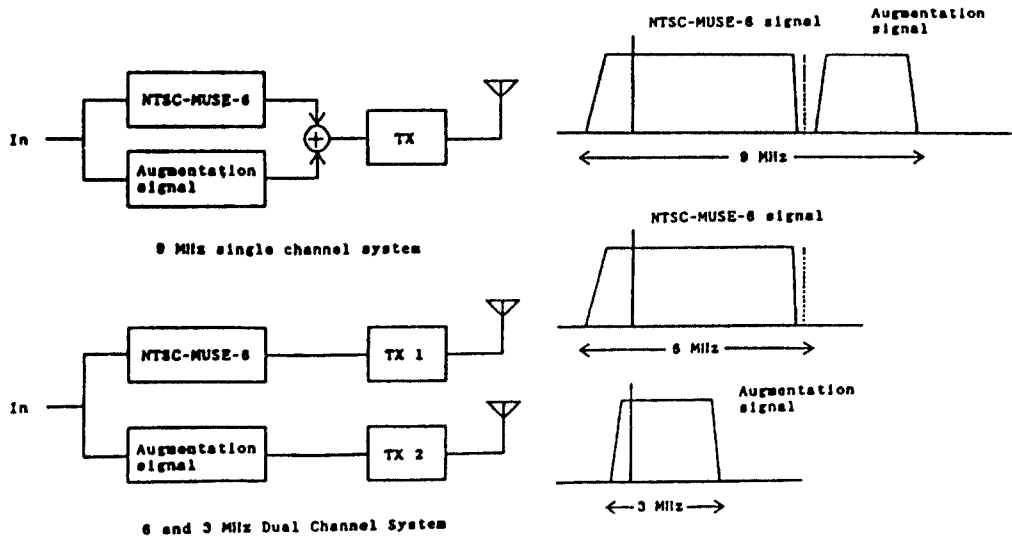


그림 13 MUSE-9의 전송 방법

[3] 요약 및 결론

지금까지 일본 NHK의 MUSE 시스템 전체에 대해서 살펴보았다. NHK에서 제안한 ADTV 시스템에는 3가지 전송방식이 있다: Narrow-MUSE, NTSC 호환 MUSE-6와 MUSE-9. 이 방식들이 모두 1125/60 HDTV 신호를 공통 소오스로 사용할 수 있다. Narrow-MUSE는 6MHz의 RF 채널로 전송 가능하며 기존 NTSC와 동시 방송이 가능하다. 이 세가지 ADTV 방식 중에서는 가장 앞선 방식이다. 또 현재 미국내 ATV 규격 테스트의 한 제안으로 제출해 놓고 있으며 91년에 FCC 산하 ATTC에서 심의할 예정이다. MUSE-6는 6 MHz RF 채널을 사용하며 기존 NTSC와 완전 호환성을 갖는다. 넓은 화면 중횡비를 만족시키기 위해서 레터박스 방식을 사용한다. 또 2개 채널의 디지털 오디오를 포함한다. MUSE-9는 MUSE-6에 인접 3 MHz의 추가대역을 사용한 것이 특징이다. 따라서 MUSE-6 보다도 동화상의 해상력이 훨씬 개선되었으며, 또 MUSE-E에서 같은 디지털

오디오 4개 채널 및 2개 채널의 고품질을 제공할 수 있는 점이 특징이다.

参 考 文 献

1. Yuichi Ninomiya, and et. al., "An HDTV broadcasting System Utilizing a Bandwidth Compression Technique-MUSE", IEEE Trans., vol BC-33, no.4, pp 130~160, Dec. 1987.
2. Yutaka Tanaka and Taiji Nishizawa, "Compatible MUSE Systems for Terrestrial Broadcasting of HDTV Signals",-ADTV (Advanced Definition TV) 90' NAB Technical Conference.
3. Yozo Ono, "HDTV and Today's Broadcasting World", SMPTE Journal, pp 4~15, Jan. 1990.



金 鍾 奎

-
- 1981년 : 서울대 공과대학 전자공학과 졸업
 - 1983년 : 서울대 공과대학 전자공학과 석사 졸업
 - 1983년 1월 1일 : (주)금성사 중앙연구소 근무,
~현재 선임연구원
 - 1989년 3월 : 미국 알라바마 주립대학 박사학위취득



崔 祥 奎

-
- 1968년 : 인하대학교 전자공학과 졸업
 - 1968년 : (주)금성사 입사
 - 1978년 : 음향 설계 실장
 - 1982년 : Video 공장장
 - 1986년 : Video연구소장
 - 1987년 ~ 현재 : 가전연구소장