

화상처리기법을 이용한 비디오 헤드의 형상 검사

유 영 기[†] · 노 병 옥^{††} · 오 춘 석^{†††}

요 약

현재 시판중인 비디오는 두개 또는 그 이상의 헤드가 회전하는 드럼에 장착되어 비디오 신호를 기록 또는 재생하고 있다. 대량 생산시 비디오의 일정한 품질관리를 얻기위해서는 드럼에 장착된 헤드의 기하학적 그리고 전기적 특성이 같은 것이어야 한다. 본 연구에서는 헤드의 기하학적 형상을 대별하는 네가지 검사항목 H0, H1, Tw, CW을 자동으로 측정하는 화상기법을 이용한 영상처리알고리즘에 관하여 기술하였다. 1000개의 헤드에 대하여 실험한 결과 현장에 적용할 수 있는 성능을 보였다

VTR Head Inspection by using Image Processing Technique

Young-Ki Yoo[†] · Byeong-Ok No^{††} · Chun-Suk Oh^{†††}

ABSTRACT

In one VTR(Video Tape Recorder), two or more heads are used to record or reproduce video signals. To obtain a uniform quality of a VTR, video heads should have similar characteristics such as geometrical shapes and electro-magnetic performances. This research is aimed to develop a visual inspection system measuring four geometrical parameters: H0,H1,Tw and CW. To obtain a high reliable results, image processing algorithms were developed. A series of experiments was performed for one thousands of video heads. From observation of the experimental results, the system is found to show excellent performance for inspection of video heads.

1. 서 론

방대한 영상신호 데이터의 저장 및 재생에 자기기록 재생기술이 이용되고 있으며, 이중에서도 VTR(Video Tape Recorder)[1]의 출현은 아직까지도 대용량의 정보를 전달 및 저장하는데 큰 역할을 하고있다. VTR의 품질은 영상신호의 저장과 재생된 영상의 화질에 의하여 평가되기 때문에 자기테이프에 기록-재생하는 헤드(Head)의 품질은 VTR의 품질을 좌우하는 중요한 요소부품이다. 그림 1은 비디오 드럼(Video Drum)에

장착된 헤드를 보이고 있으며, 그림 2는 일정속도로 회전하는 드럼에 VTR 테잎이 정속 주행시 헤드에 의하여 자기기록 테잎에 기록되는 자기기록 형태를 보였다. 정속의 드럼 회전과 자기테잎의 정속 주행시 일정한 기록간격을 구현하기 위해서는 드럼에 장착된 헤드의 높이가 일정하여야 한다. 이러한 이유에서 VTR 헤드의 형상측정은 자기기록형태에 큰 영향을 미치며, 대단위 VTR 헤드 생산 시 측정의 일관성유지를 위하여 측정 자동화시스템이 요구되어진다.

VTR 헤드는 황동의 베이스(Base)에 반도체 칩(Chip)이 접착되며, 이 반도체 칩은 그림 3과 같이 두 쪽의 Ferrite와 Glass로 이루어져 있다. 그리고 자기테잎에 실질적으로 화상신호로 기록하는 두 Ferrite가 접하는 경계선을 Gap line이라 하며, 드럼에 고정된 헤드상호간의 Gap line위치에 의해 자기기록간격이 좌

※ 본 논문은 1996년 선문대학교 교내학술연구비를 지원 받아 수행 되었음.

† 정 회 원 : 선문대학교 공과대학 전자정보통신공학부

†† 정 회 원 : 선문대학교 공과대학 산업공학과

††† 총신회원 : 선문대학교 공과대학 전자정보통신공학부

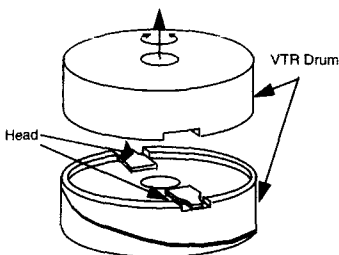
논문접수 : 1997년 11월 17일, 심사완료 : 1998년 1월 31일

우된다.

방대한 영상신호 데이터의 저장 및 재생에 자기기록 재생기술이 이용되고 있으며, 이중에서도 VTR(Video Tape Recorder)(1)의 출현은 아직까지도 대용량의 정보를 전달 및 저장하는데 큰 역할을 하고있다. VTR의 품질은 영상신호의 저장과 재생된 영상의 화질에 의하여 평가되기 때문에 자기테이프에 기록-재생하는 헤드(Head)의 품질은 VTR의 품질을 좌우하는 중요한 요소부품이다. 그림 1은 비디오 드럼(Video Drum)에 장착된 헤드를 보이고 있으며, 그림 2는 일정속도로 회전하는 드럼에 VTR 테잎이 정속 주행시 헤드에 의하여 자기기록 테잎에 기록되는 자기기록 형태를 보였다. 정속의 드럼 회전과 자기테잎의 정속 주행시 일정한 기록간격을 구현하기 위해서는 드럼에 장착된 헤드의 높이가 일정하여야 한다. 이러한 이유에서 VTR 헤드의 영상측정은 자기기록형태에 큰 영향을 미치며, 대단위 VTR 헤드 생산 시 측정의 일관성유지를 위하여 측정 자동화시스템이 요구되어진다.

VTR 헤드는 황동의 베이스(Base)에 반도체 칩(Chip)이 접착되며, 이 반도체 칩은 그림 3과 같이 두 쪽의 Ferrite와 Glass로 이루어져 있다. 그리고 자기테잎에 실질적으로 화상신호를 기록하는 두 Ferrite가 접하는 경계선을 Gap line이라 하며, 드럼에 고정된 헤드상호간의 Gap line위치에 의해 자기기록간격이 좌우된다.

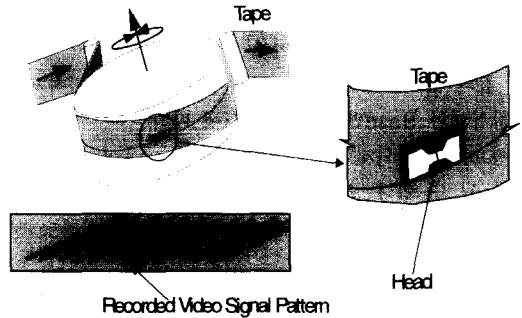
헤드의 가공은 기계적가공 즉 절삭 및 연마 작업등으로 인하여 헤드의 중간 제품에는 크랙과 깨짐 그리고 가공 중에 발생하는 공기 중 이물질 접촉으로 인하여 불규칙적인 잡음 화상이 발생한다. 이러한 악조건에서도 효과적으로 Gap line을 구하기 위해서는 헤드의 기하학적 형상과 헤드의 구성 재질인 Ferrite와 Glass



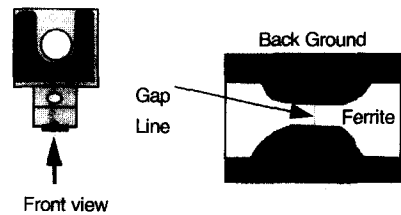
(그림 1) 비디오 헤드의 조립위치
(Fig. 1) Assembly position of VTR heads

그리고 Ferrite가 접착된 경계선인 Gap line 및 배경의 반사강도를 고려한 고속 화상처리 알고리즘의 개발이 요구된다.

본 연구에서는 이물질이 존재하는 VTR 헤드의 Gap line을 자동으로 구하고, 기하학적 형상을 대별하는 네 가지 측정항목을 자동으로 측정할 수 있는 화상처리 시스템과 화상처리알고리즘에 관하여 기술하고자 한다.



(그림 2) 자기기록 형태
(Fig. 2) Signal pattern recorded on a video tape

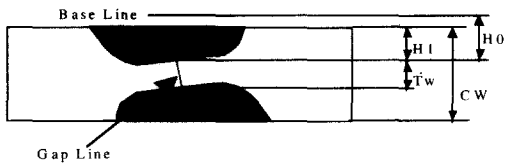


(그림 3) 헤드의 칩 형태
(Fig. 3) Front view of a video head

2. VTR 헤드의 측정

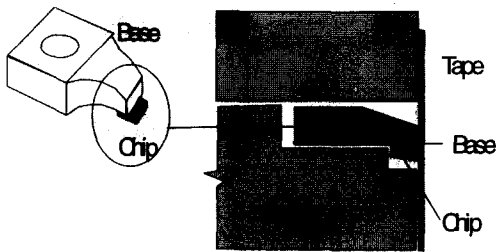
2.1 영상측정 항목

등속으로 회전하는 비디오 드럼에 대하여 정속주행하는 자기 테이프에 일정 간격으로 기록을 하기 위하여 VTR 헤드는 그림 4와 같이 4가지의 항목이 현장에서 측정되어 관리되고 있다. 첫째는 칩의 두께를 나타내는 CW(Chip Width), 두번째 항목은 칩의 상단 경계면에서 Gap Line까지의 거리 H1, 세번째로 Gap Line의 수직방향 두께 Tw, 그리고 네번째로 측정전 미리보정용 시편으로부터 결정된 가상의 기준선(Base Line)으로부터 Gap Line까지의 거리 H0값이다.



(그림 4) 형상 검사 측정 항목
(Fig. 4) Inspection list for a video head

이 네가지 항목 중에서도 H0는 가장 중요한 측정항목이다. 그림 5에서와 같이 VTR 헤드는 황동의 Base와 칩의 접촉으로 고정이 된다. 이 공정에서 접촉상태와 Base면의 가공 정도에 따라 칩은 기준선과 수평으로 접촉되지 않고 그림과 같이 기울어진 상태로 접촉 될 수 있다. 드럼에 이러한 헤드들이 다수 조립된다면, 각 헤드에 의한 자기기록 간격은 불규칙하고 영상신호 재생시 양질의 화질을 얻을 수 없을 것이다. 이와 같이 어떤 가상의 절대 기준위치에 대한 Gap Line의 위치를 측정한 값이 H0이다. 실제로 드럼에 헤드를 조립시 같은 H0군으로 분류하여, 같은 군의 헤드들을 조립한다. 이렇게 함으로써 같은 높이의 헤드를 조립하게 되고, 등 간격의 자기기록을 얻을 수 있다

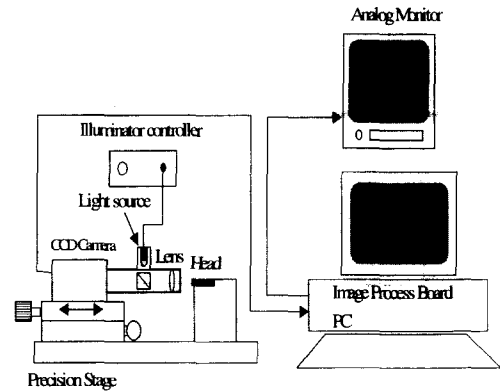


(그림 5) 비디오 헤드의 칩 조립오차
(Fig. 5) Assembly error of a video head

2.2 측정장치 구성

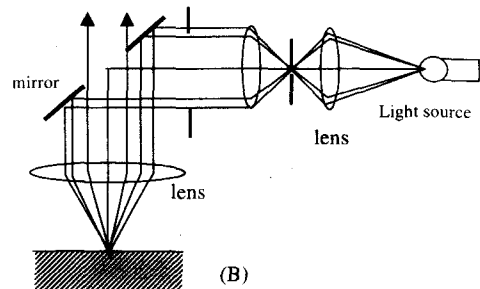
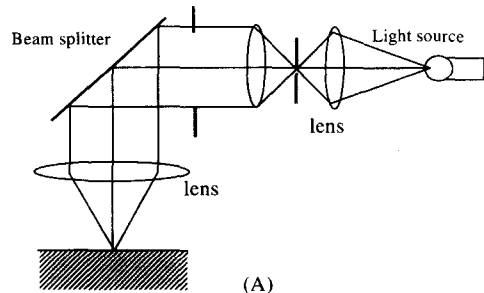
위에서 언급한 네 가지 측정 항목을 구하기 위하여 그림 6과 같은 시스템을 구성하였다. VTR 헤드를 일정한 위치에서 측정하기 위한 헤드 고정 지그와 지그에 대하여 20mm떨어진 곳에서 FOV (Field of view) 170×200μm의 흑백 카메라(SONY-XC-73)가 장착된 교배율 렌즈(φ 한라 옵티칼 엔지니어링)로 구성된 광학계를 구성하였다. 고속화상처리를 위하여 DSP칩이 장착된 화상처리보드(MVB02, SAMSUNG)를 PC에 장착하였다. 측정결과를 작업자가 쉽게 볼 수 있도록

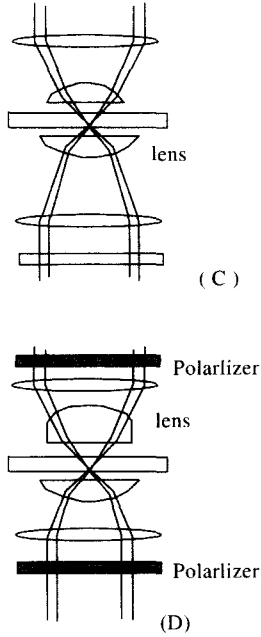
화상처리보드의 출력을 아날로그 모니터(Analog Monitor)에 연결하였다.



(그림 6) VTR 헤드 형상검사장치 구성도
(Fig. 6) Configuration of a VTR head inspection system

위의 그림에서와 같이 헤드의 영상을 획득하기 위하여 외부조명을 공급하였다. 외부조명을 공급해주는 방식으로는 반사식과 투과식으로 크게 나눌 수 있으며, 조명각도와 조명 자체의 밝기로 영상의 밝기를 조절할 수 있다. 그림 7은 대표적인 몇 가지 조명방식을 나타내고 있다.





(그림 7) 일반적인 조명법 예
(Fig. 7) Illumination methods

위의 그림에서 (A)는 수직조명법으로서 낙사 조명법의 기본이며, 일반적인 금속 현미경에서는 수직조명장치로서 채용되고있다. 반사율이 좋은 경면의 금속 표본과 플라스틱 표본등에 사용된다. (B)는 낙사 암시야 조명법으로서 화상이 어둡지만 해상력이 좋다. 극소수 표본의 오목과 볼록의 차와 미세한 홈 등의 검출이 가능하며, 종이 나무 식탄 등과 같은 난반사성분이 우세한 표본에 적합하다. (C)는 위상차 조명법으로서 생체 표본의 굴절율의 차를 간섭도의 차로 변화시켜 관찰하는 조명법으로 특히 생체조직의 촬영에 적합하며 반사 조명에도 적합하다. (D)는 편광조명법으로서 광물표본과 같은 복굴절성을 갖는 표본에 적합하다. 일반적으로 2개의 편광 판으로 구성된다. 본 연구에서는 헤드의 가공 시 얼마 공정으로 인하여 표면 조도가 높고, Ferrite와 Glass성분이 경면의 성분이 우세한 반사 특성을 갖으므로 수직조명법을 그림 6과 같이 구성하였다.

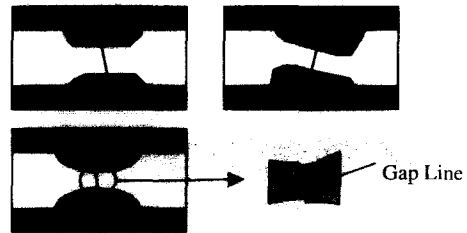
조명장치의 광원으로는 적색의 LED광원을 사용하였다. 사용된 카메라가 흑백 카메라이고 렌즈의 색수차 영향을 고려하여 단색광의 적색 LED를 사용하였으며, 측정 시편이 경면 반사성분이 우세한 물체이므로 고출

력의 조명이 필요치 않다.

3. 형상측정을 위한 화상처리 알고리즘

3.1 VTR 헤드의 형상 특징

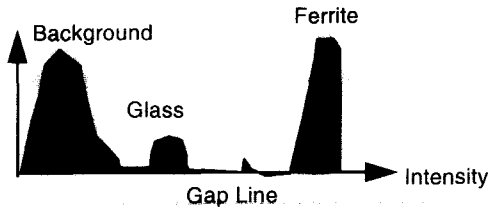
헤드의 형상은 사용 대상 기기와 기록방식 그리고 일체의 제조공정 방법에 따라 여러가지 형상을 갖는다. 그러나 헤드 중심부의 수직방향에 가까운 Gap Line은 Ferrite가 접하는 좁은면적을 갖는 공통적인 특징을 갖는다. 그리고, Gap Line은 두 Ferrite가 접하는 경계선을 의미하며, 가공공정의 정도에 따라 두 Ferrite가 접하는 경계선은 완전히 일치할 수도, 혹은 어긋나게 접촉될 수 있다. 이 경우 무조건 불량으로 취급되지는 않으며, 앞에서 간단히 언급한 네 가지 측정항목에 의하여 양 불량이 결정된다. 그림 8에 헤드의 대표적인 형상예를 보였다.



(그림 8) VTR 헤드의 여러형상 예
(Fig. 8) Various types of VTR heads

그림 9는 실제 광학계를 통하여 획득한 헤드의 화상을 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 VTR 헤드는 크게 4가지의 반사강도를 갖는 영역으로 구분할 수 있는데, 바탕(Background), Glass, Gap Line, 그리고 Ferrite 순이었으며, Gap Line의 두께는 3~7pixel의 두께 분포를 나타내었다. 본 연구에서는 이러한 광학적, 기하학적 특성을 이용하여 Gap Line을 찾을 수 있도록 화상처리알고리즘을 구현하였다.

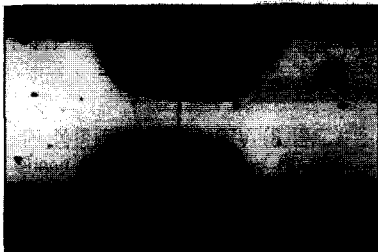




(그림 9) 비디오 헤드의 히스토그램
(Fig. 9) Histogram of a video head image

3.2 측정 알고리즘

VTR 헤드의 형상측정에서, 헤드면에는 주위에 떠도는 먼지 및 가공 중에 발생한 여러 이 물질로 인하여 그림 10과 같이 항상 깨끗한 형상의 헤드가 측정대상이 되지 않는 것이다. 이러한 잡음 상태에서도 강인한 측정을 수행하기 위해서는 잡음에 둔감하고 고속으로 측정이 가능한 화상처리 알고리즘이 요구된다. 본 연구에서는 Gap Line을 추출하기위해서 다음과 같이 다섯 단계의 화상처리 알고리즘을 구축하였다.



(그림 10) 헤드에 발생한 잡음 예
(Fig. 10) Noise of aVTR head image

1단계 : Gap Line 위치 추정

크랙(Crack)과 같이 Gap Line과 유사한 형태의 불량과 먼지등이 임의의 위치에 존재하는 헤드의 전 영역을 살펴며 Gap Line을 찾기는 실제로 힘들고, 시간을 요하며, 측정오류가 발생할 가능성이 높다. 따라서 측정의 첫 번째 단계로 Gap Line이 있을것으로 예상되는 위치를 추정한 후, 좀 더 복잡한 화상처리 알고리즘을 이용하여 Gap Line을 찾는 것이 측정 성공율과 화상처리 속도를 높일 수 있을 것이다. Gap Line은 Ferrite의 오목히 패인 위치에 존재하는 것이 헤드의 일반적인 형상이고, 잡음에 둔감하게 위치를 찾을 수

있도록 X, Y축의 강도 Profile을 이용하였다. 화상 좌측상단을 원점으로 한 경우, x축으로 i번째위치, y축으로 j번째 위치의 픽셀 강도를 P(i,j)라면, X축에서의 i번째 위치에서의 Profile Px(i)는 다음과 같이 정의 된다.

$$P_x(i) = \sum_{j=0}^N P(i,j)$$

여기서 N은 j축의 픽셀수

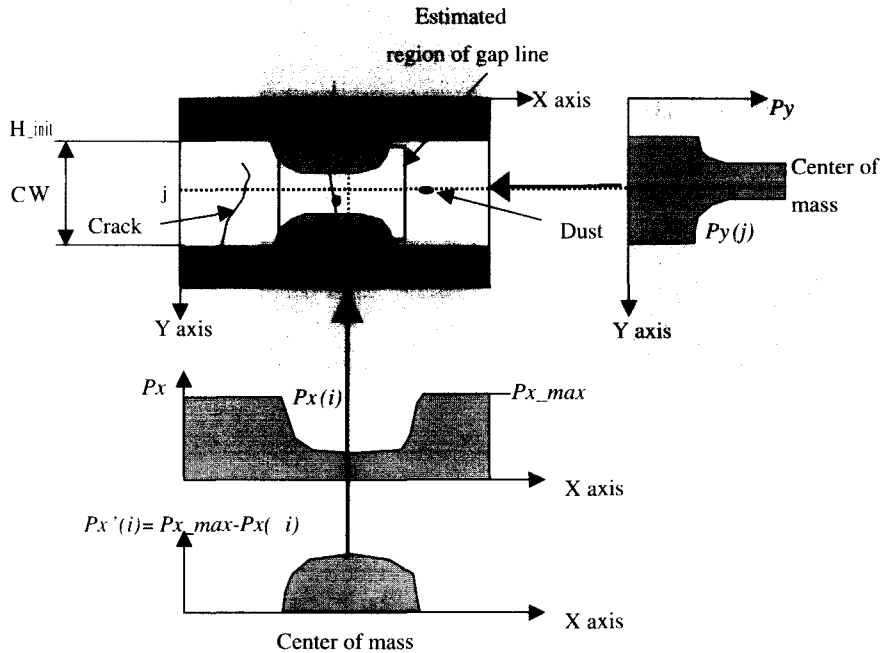
Y축상의 Gap Line 추정위치는 Y Profile의 무게 중심으로 하고, X축상의 Gap Line추정 위치는 X축 Profile의 최대값 Px_max값에 각 Profile값을 뺀 후 그 분포의 무게 중심으로 정하였다. 이렇게 X, Y축의 Profile을 이용하면 잡음에 둔감하게 Gap Line의 위치를 추정할 수 있다. Gap Line 위치 추정 후 Gap Line의 위치를 좀 더 자세히 구하기 위하여 추정영역을 그림과 같이 Gap Line의 영역 안에 들어오도록 정하였다. 본 연구에서는 측정대상 헤드의 Tw자료로부터 최대 Tw의 3배 크기로 선정하였다. 1단계에서 Y축 Profile의 Profile분포로부터 CW와 헤드의 상단 시작 위치(H-init)도 구할 수 있다.

2단계 : Gap Line의 윤곽선 구하기

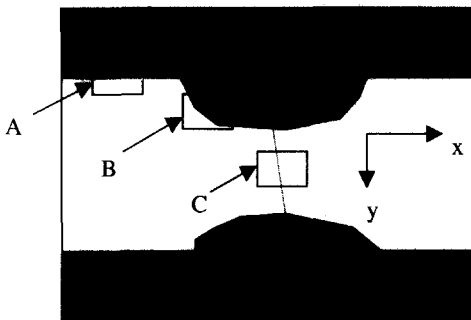
추정 영역에서 Gap Line의 위치를 구하기 위하여 윤곽추출 연산자를 사용하였다. 그림 12는 헤드의 일반적인 영상에서 윤곽의 특징을 표현하고 있다.

위의 그림에는 세가지 종류의 윤곽 형태를 보이고 있다. 영역 A,B 경우는 Ferrite와 바탕 혹은 Glass와의 경계를 나타내고 있다. 영역 C는 Gap Line을 중심으로 x축 방향으로 Ferrite가 존재하는 경계부로 Gap Line을 의미한다. 본 연구에서는 기존의 윤곽추출 [2][3] 알고리즘에 영역 C를 A,B와 구별되게 구하는 VTR 헤드 Gap Line 추출 연산자를 다음과 같이 제안하였다.

$$\begin{aligned} E(i,j) &= 3 \times (-P(i-1,j) + P(i+1,j)) - \\ & \quad |-P(i-10,j)| + P(i+10,j)| - \\ & \quad |-P(i,j-2) + P(i,j+2)| \\ &= 3 \times F_1 - F_2 - F_3 \end{aligned}$$



(그림 11) Gap Line의 위치 추정방법
(Fig. 11) Estimation of a gap line region



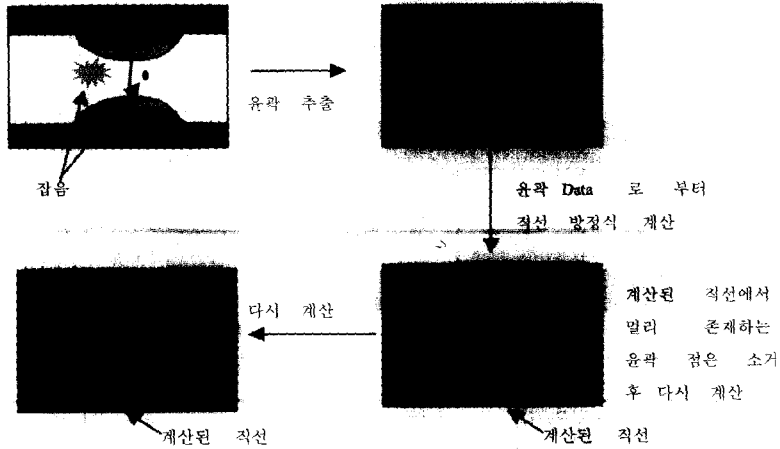
(그림 12) 일반적인 VTR 헤드의 윤곽 형태
(Fig. 12) Edge types of a VTR heads

위의 식에서 F_1 항목은 x방향의 윤곽추출 연산자로서 영역 B와 C에서 윤곽에 해당하는 값이 계산된다. 항목 F_2 는 픽셀 i, j에서 x축 방향으로 10픽셀 떨어진 위치의 농도차를 나타내는 것으로 영역 B의 경우는 값을 갖지만, Gap Line이 존재하는 영역 C에서는 같은 Ferrite영역이기 때문에 값이 무시 할 정도이다. 항목

F_3 는 y축 방향으로의 윤곽값으로 영역 A,B에서는 값을 갖지만 영역 C에서는 값을 갖지 않는다. 따라서 영역 A,B에 대해서는 위의 연산식 $E(i, j)$ 이 항목 F_2 , F_3 가 임의의 값을 갖기 때문에 작은 값을 갖고, 영역 C에서는 항목 F_2, F_3 가 작은 값을 갖기 때문에 큰값으로 구별되어 윤곽을 구할 수있다. 따라서 위에서 계산된 연산결과로 Gap Line에 대한 윤곽만(5)(6)을 구할 수 있다.

3단계 : Gap Line의 직선방정식 구하기

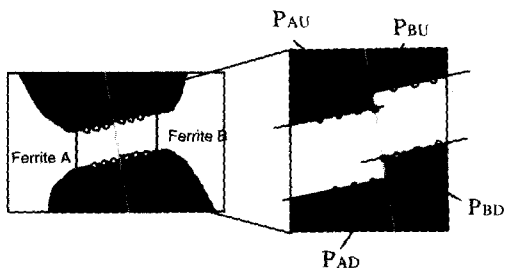
헤드면에 묻은 잡음으로 인하여 Gap line이외에 다른 여러 윤곽결과가 나타날 수있다. 이러한 잡음에 의한 영향을 줄이기 위하여 least square fit(4)방법을 이용한 Gap Line을 구하였다. 근사한 직선과 거리가 떨어진 윤곽 Data를 소거하면서 반복적으로 수행하여 근사 직선과 윤곽 Data사이 에 일정 허용오차에 도달하도록 반복적으로 수행하였다. Gap Line을 지나 는 근사직선 연산과정을 그림 13에 보였다



(그림 13) Gap Line을 지나는 직선 방정식 계산
 (Fig. 13) Calculation of a linear equation representing a gap line

4단계 : Gap Line 구하기

그림 14는 실제의 헤드에서의 두 Ferrite가 어긋나 접촉했을 경우의 Gap Line형상을 나타낸다. 이 경우의 Gap Line은 공통으로 Ferrite가 접합된 부분까지로 정의되며 이러한 경우에도 Gap Line을 구하기 위하여 Ferrite의 목부분에 윤곽 Data를 이용하였다. 좌측의 Ferrite를 A, 우측의 Ferrite를 B라 하면 Ferrite A의 상단윤곽과 Gap Line을 만나는 점을 P_{AU} , 하단 윤곽과 만나는 점을 P_{AD} , 마찬가지로 Ferrite B의 상단과 Gap Line이 만나는 점을 P_{BU} , 하단과 만나는 점을 P_{BD} 라 하면 이 경우 Gap Line은 점 P_{AU} 에서 P_{BD} 까지가 된다.



(그림 14) Ferrite 목부분에서의 Gap Line 구하기
 (Fig. 14) Estimates a Gap Line

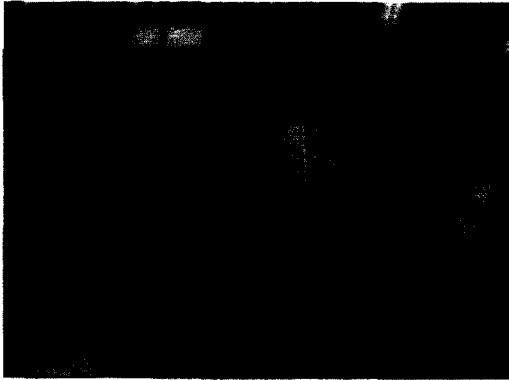
5단계 : 헤드 형상 측정 항목 계산

1단계에서 구한 CW와 H-init와 4단계에서 구한 Gap Line의 위치로부터 3가지 항목(HI, Tw, CW)의 값을 구할 수 있다. 그러나 가장 중요한 H0는 기준선의 위치를 알고 있어야 정할 수 있다. 기준선은 이미 정밀 측정된 기준시편헤드를 사용하여 Gap Line을 구하고, 측정된 H0값으로부터 기준선(Base Line) 위치를 정한다.

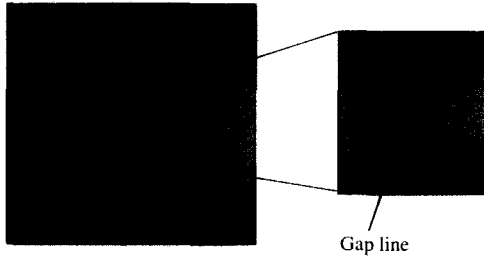
4. Head 형상 측정 실험

본 연구에서 제안한 형상 측정 알고리즘을 이용하여 VTR 헤드의 형상 측정 항목을 구하기 위하여 그림 15와 같이 측정 시스템을 구성하였다. 측정시편은 1000개의 (주) 태일정밀의 VTR 헤드 NTSC Single Chip을 사용하였으며, 기존의 수동으로 측정한 결과와 비교하여 측정의 신뢰성을 판정하였다. 측정결과 980개의 시편은 $\pm 2\mu\text{m}$ 이내의 높은 정밀도를 보였으며, 나머지 20개 중 10개는 $\pm 3\mu\text{m}$, 5개는 $\pm 4\mu\text{m}$, 3개는 $\pm 5\mu\text{m}$ 의 오차를 보였다. 나머지 2개는 측정실패를 보인다. 2개의 측정실패는 시편에 묻는 잡음이 헤드 Gap Line에 위치한 경우와 Ferrite에 Crack에 발생하여 생긴 오차이다. 위의 실험결과에서 알 수 있듯이 헤드의 형상에 큰 잡음이나 Crack과 같은 불량이 존재하지 않은 경우 $\pm 5\mu\text{m}$ 의 측정정밀도로 갖는 것을 알 수 있다. 본 연구에

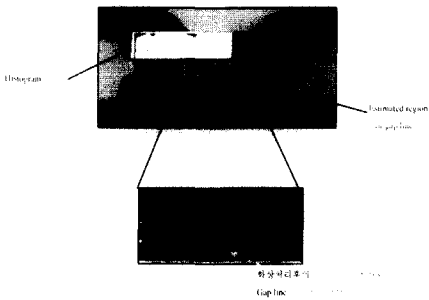
서 구성된 광학계를 사용하여 측정하는 화상처리 과정을 그림 16에 나타내었다. 그림 17은 잡음이 존재하는 여러 형태의 헤드에 대한 측정이 결과를 보이고 있으며, 이 결과에서 볼 수있듯이 미세한 Gap line이 성공적으로 측정됨을 알 수 있다.



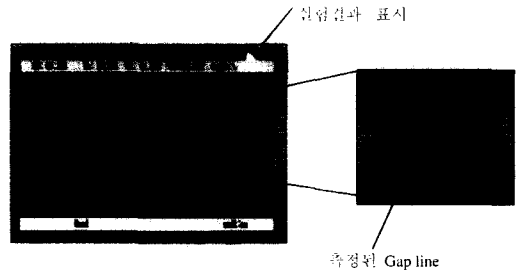
(그림 15) 현장에 적용된 측정 시스템
(Fig. 15) Photography of the inspection system



(a) VTR head의 형상이미지
(a) photography of a Vtr head

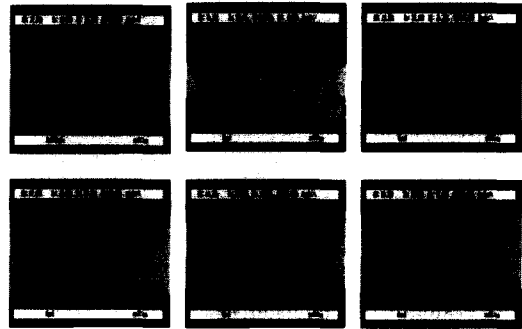


(b) gap line 위치추정과 선의 직선 방정식 구하기
(b) find a gap line region & extraction of a gap line



(c) 측정 결과
(c) Inspection results

(그림 16) 실험 결과
(Fig. 16) Inspection results of the VTR head inspection system



(그림 17) 잡음이 존재하는 헤드의 검사 결과 예
(Fig. 17) Inspection results for various shapes of VTR head

5. 결 론

VTR 헤드의 품질에 영향을 미치는 기하학적 측정 항목 네 가지를 측정하기 위하여 본 연구에서는 화상처리 기술을 이용한 VTR 헤드 측정 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템을 이용하여 측정한 결과 다음과 같은 결론을 유추할 수 있었다.

첫째, 수동으로 측정하던 기존의 VTR 헤드 기하학적 측정을 비접촉식으로 자동 측정할 수 있는 자동 측정 시스템을 개발하였다.

둘째, 화상처리를 이용하여 잡음이 존재하는 VTR 헤드의 형상측정 알고리즘을 제시하였다.

셋째, 제시한 알고리즘을 이용하여 1000개의 시편에 대하여 측정한 결과 $+5\mu\text{m}$ 이내의 신뢰성 높은 결과

를 얻을 수 있었다.

Crack과 같은 Gap line과 유사한 형상불량 헤드의 경우 본 연구의 검사 알고리즘으로는 측정할 수 없는 단점을 안고 있다. 이러한 단점을 개선하여 형상불량을 검출하는 형상인식 알고리즘을 지속적으로 연구할 계획이다

참 고 문 헌

[1] K.J.Lee, H.K.Lim, C.K.Hong, and W.S.Yang. A Vision System for Video Head Inspection, IECON91,vol. 2. pp. 986-991, 1991.

[2] K.Horn, *Robot Vision*, MIT Press, 1986.

[3] J.R.Parker, *Practical Computer Vision using C*, John Wiley & Sons Inc.,1994.

[4] William H. Press, Brian P. Flannery, Saul A. Teukolsky, and William T. Vetterling. *Numerical Recipes*, Cambridge University Press,1986.

[5] 유영기, 노병욱, 오춘석, 비데오 헤드 형상검사장치 개발,96 한국 자동 제어 학술대회, pp 8-11, 1996

[6] Henning Bassmann, Philipp W.Besslich, *Ad Oculos Digital Image Processing Professional Version 2.0*, Thomson,1995



유 영 기

1987년 한양대학교 기계공학과 졸업(학사)

1989년 한국과학기술원 생산공학과 졸업(석사)

1989년~1992년 삼성종합기술원 전자기기연구소 연구원

1996년 한국과학기술원 자동화설계공학과(박사)

1996년~현재 선문대학교 전자정보통신공학부 전임강사

관심분야: 화상처리, 광계측 센서, 정밀 측정 시스템

노 병 욱

1986년 한양대학교 기계학과(학사)

1988년 한양대학교 정밀기계공학과(석사)

1991년 한양대학교 정밀기계공학과(박사)

1991년~1995년 전자부품종합기술연구소 정밀기기팀 선임연구원

1995년~현재 선문대학교 산업공학과 조교수

관심분야: Robot Vision, 공장자동화, Machine Vision



오 춘 석

1980년 서강대학교 전자공학과 졸업(학사)

1986년 Marquette Univ. 컴퓨터공학과(석사)

1992년 Univ. of Arizona 컴퓨터공학과(박사)

1980년~1993년 전자통신연구소 선임연구원

1993년~현재 선문대학교 전자정보통신공학부 교수

관심분야: 화상처리, 자동검사, 광학시스템, 신호처리