

# 새도우 마스크 진동에 의한 TV 마이크로포닉 현상 시뮬레이션

임진수,\* 이수훈,\* 이재응\*\*

## A Simulation of TV microphonic phenomenon due to Shadow mask Vibration

Jin-Soo Lim,\* Soo-Hun Lee,\* Jae-Eung Lee\*\*

### ABSTRACT

TV microphonic phenomenon (black patterns overlapped on the image when TV sound is set too high) was studied experimentally. It was found that this phenomenon was due to the vibration generated at speakers, and transmitted to the CRT through the TV cabinet structure. Based on this fact, a simulative study was carried out on the assumption that the vibratory motion of the shadow mask located in the CRT could cause the landing error of electronic beam. The result of the simulation corresponded qualitatively with experimentally observed facts.

**Key Words** : TV microphonic phenomenon, Shadow mask, CRT

### 1. 서론

마이크로포닉(microphonic)이란 TV의 음향을 크게 하였을 때에 화면에 검은 얼룩무늬가 발생하는 현상을 말한다. TV 업계의 엔지니어들은 오래 전부터 이 현상을 관측하여 왔다. 그러나 이는 TV의 음향을 크게 하였을 때에 발생된다는 점 외에는 그 상세 원인이나 발생 과정에 대해서는 별다르게 알려진 바가 없으며, 관련 학술 논문이나 기술 기사도 발견되지 않고 있다. TV의 고급화에 따라 화면이 대형화 되고 영상의 선명도와 음향부의 용량도 커지는 추세에 있다. 이러한 상황에서에서는 마이크로포닉 현상은 더욱 문제가 된다. 이

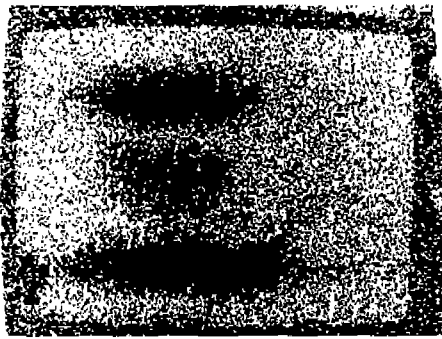
에 본 연구에서는 마이크로포닉 현상의 발생 메커니즘을 규명 함으로서 이를 공학적으로 해결할 수 있는 배경을 형성하고자 한다.

### 2. 발생 과정 규명

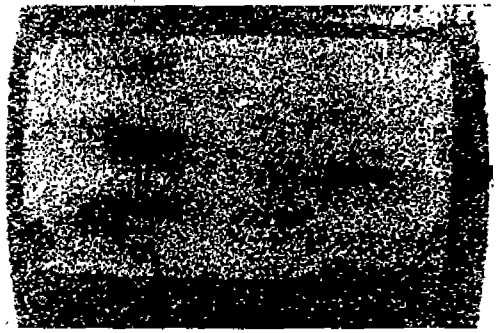
먼저 TV 스피커에 순수 싸인파를 공급하여 음향을 발생시키면서 마이크로포닉 현상이 발생하도록 하였다. 이때 이 장치에서 발생된 마이크로포닉 현상을 육안으로는 관측할 수 있었으나 통상적인 사진 촬영 방법으로는 촬영되지 않았다. 본 실험에서는 마이크로포닉이 발생된 TV 화면과 정상적인 화면을 CCD 카메라로 디지털

\* 아주대학교 기계공학과

\*\* 중앙대학교 기계공학과



(a)



(b)

Fig. 1 Photographs of the microphonic phenomenon

틸 촬영을 하여 두 신호의 차이를 다시 영상으로 표시한 것이며, 그 결과가 Fig. 1에 표시되어 있다. 화면의 중간에 나타난 검은 무늬들이 마이크로포닉 현상이다. 또 이 무늬는 어느 특정한 음향 주파수에서는 대체적으로 화면상에 고정되어 있으나 주파수가 조금 변함에 따라 상하로 이동하였다. 실험 중 마이크로포닉 현상이 발생하고 있는가 여부를 판정하기 애매한 경우가 많았으나, 마이크로포닉 정도를 정량적으로 표현할 방안이 없었으므로 실험자의 주관적인 판단에 의거하여 발생 유무를 판정할 수 밖에 없었다. 동일한 장치를 사용하고 싸인파형의 주파수만을 변화시키면서 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수를 검출하였으며, 그 결과가 Fig. 2의 speaker excited-set A, set B, set C로 표시되어 있다. 이 실험에 사용된 장치는 이재용의 연구<sup>(6)</sup>에서 나타난 것과 동일하다. 일단 마이크로포닉 현상이 발생된 것을 확인한 이후 아래와 같이 일부 조건들을 변화시키고, 나머지는 동일한 상황을 유지하도록 하면서 시험을 다시 수행하였다.

- (1) TV의 음향 조절 단추를 조절하여 음향을 낮춘다.
- (2) TV 스피커의 기계적인 취부는 원 상태로 두되

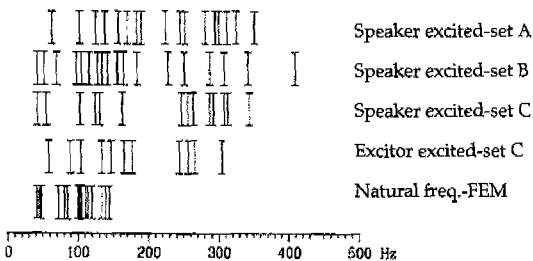


Fig. 2 Microphonic frequencies

이에 연결된 전선을 분리하여 스피커 대신 등가 저항을 연결 함으로서, TV 음향부의 부하는 변하지 않으면서도 음향이 발생되지 않도록 한다.

(3) TV 캐비네트 후단부를 제거하고 스피커를 분리하여 원래에 가까운 곳에 두되 구조적으로는 TV 캐비네트 전단부와 완전히 분리되도록 한다.

위 어느 경우에도 마이크로포닉 현상은 관측되지 않았으며, 마이크로포닉 현상은 TV 스피커에서 발생된 음향에 의한 진동이 TV 몸체에 전달됨으로써 발생된다는 사실을 확인하였다. 스피커에서 음향이 발생될 때에 스피커의 기계적인 진동이 TV 구조물을 매체로 하여 전달될 뿐 아니라 TV 내부 공간의 음향학적인 공진에 의하여 진동이 전달될 가능성도 있다. 이 음장에 의한 진동 전달 유무를 확인하기 위하여, 소음계를 사용하여 TV 전방 1.5m 지점의 음향을 측정하였다. 이 경우 TV는 비교적 개방된 장소에 설치하였으며 그 결과가

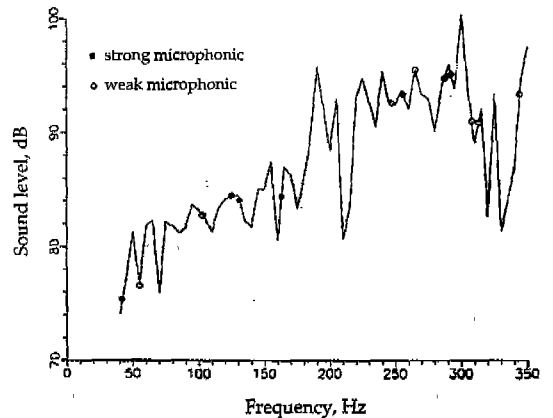


Fig. 3 Sound level in front of the TV

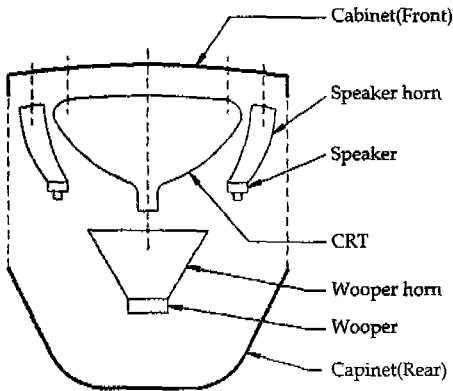


Fig. 4 Schematic diagram of TV structure

Fig. 3에 표시되어 있다. 이에 의하면 주파수가 변함에 따라 음향 레벨은 20 dB까지 변하고 있으나 마이크로포닉 현상은 음압이 낮은 주파수 및 높은 주파수 대에서 발생된다. 따라서 마이크로포닉 현상과 TV 캐비넷 내부의 음향학적인 공진과의 관련성은 크지 않은 것으로 판단된다. 즉 Fig. 4와 같은 TV 구조에서 우퍼를 포함한 스피커에서 발생된 진동은 각 호른-캐비넷 전단부를 경유하여 CRT로 전달됨에 따라 마이크로포닉 현상이 발생되는 것으로 추정된다. CRT로 전달된 진동이 마이크로포닉을 발생시킨다는 사실을 직접적으로 확인하기 위하여 Fig. 5와 같이 CRT만을 분리하여 가진기로 이를 직접 진동시켰더니 예상대로 마이크로포닉 현상이 관측되었다. 이와 같이 하여 마이크로포닉 현상이 관측된 진동 주파수들이 Fig. 2의 excitor excited-set C로 표시되어 있다. 동일한 TV(set C)에서도 스피커와 가진기 가진시 마이크로포닉 현상이

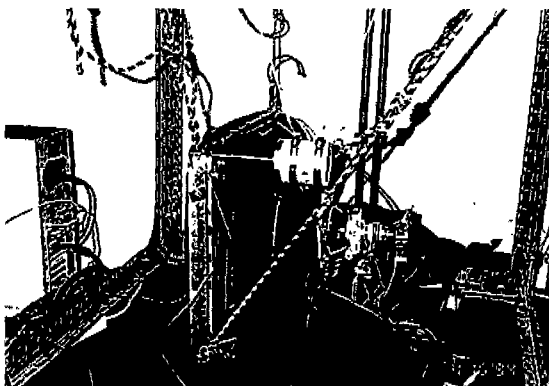


Fig. 5 Photograph of CRT excited by excitor

발생되는 주파수가 일치하지 않는 것은 방법에 따라 진동 전달 효율 및 가진 모우드의 차이에 기인하는 것으로 추정된다. 또 위에서 언급된 바와 같이 실험자의 주관적 판단에 의거하여 마이크로포닉 현상 발생 유무를 판정할 수 밖에 없는 불확실성도 이러한 차이를 야기하였으리라 짐작된다. 위 모든 실험의 결과를 종합하면 스피커에서 발생된 진동이 TV 캐비넷 구조를 경유하여 CRT에 전달 됨으로서 마이크로포닉 현상이 발생된다는 결론을 내릴 수 있다.

작동 중인 CRT 내부는 밀폐되어 진공을 유지해야 하므로, CRT로 전달된 진동이 CRT 내부에서 어떠한 과정을 거쳐 마이크로포닉 현상을 일으키는가를 실험적인 방법으로 규명한다는 것은 불가능하다. 한편 CRT 내부는 Fig. 6과 같이 되어 있으며, 이러한 구조에서 진동에 취약한 부분은 CRT 후단의 네크(neck)부위와 화면 바로 안쪽에 위치한 새도우 마스크(shadow mask) 부위이다. 네크 부위는 비교적 집중 질량계가 가까우니 그 고유진동수는 몇개로 국한되겠지만 새도우 마스크는 연속계에 가까워서 그 고유진동수의 갯수가 많고 넓은 주파수 대역에 걸쳐 분포할 것이다. 앞의 실험 결과 마이크로포닉 현상 역시 넓은 주파수 대에서 발생되니 이는 새도우 마스크의 진동 때문일 가능성이 높다. 더우기 새도우 마스크는 그 두께가 0.1mm 인 얇은 순철 판이며 전체 표면의 약 25%에 이르는 부분이 미세한 구멍으로 되어 있어 진동에 아주 취약하다. 이에 본 연구에서는 이 새도우 마스크의 진동에 의하여 마이크로포닉 현상이 발생된다고 가정하고 이를 간접적으로 검증하고자 한다.

CRT에 가해진 진동을 새도우 마스크까지 전달하는 CRT 유리 벌브(bulb)의 특성을 파악하기 위하여 Fig.

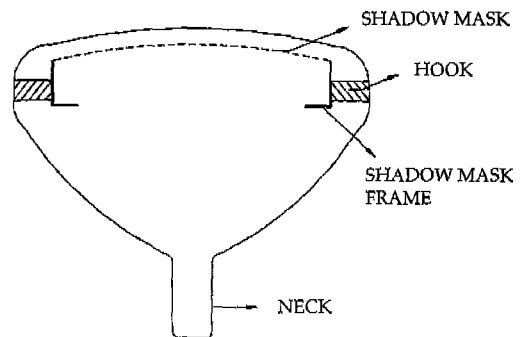


Fig. 6 Schematic diagram of CRT

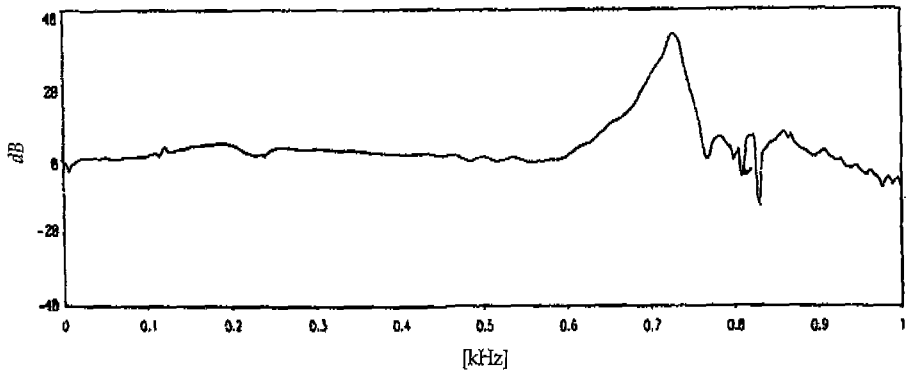


Fig. 7 Transfer function of CRT bulb

5의 장치에서 가진기를 제거한 후 CRT 취부점을 충격 망치(impact hammer)로 타격하여 측정된 CRT 취부점-화면 중앙부 사이의 전달함수가 Fig. 7에 표시되어 있다. 이에 의하면 마이크로포닉이 발생하는 50-400 Hz의 주파수 영역에서는 CRT는 단순한 강체처럼 거동하여 진동을 전달하지만 할 뿐 진동을 증폭 또는 감소시키지는 않는다. 따라서 마이크로포닉 현상은 주로 새도우 마스크의 진동에 기인하는 것으로 추정된다. 또 새도우 마스크는 그 크기에 비하여 질량과 탄성이 아주 작기 때문에 진동 에너지는 여타 부위의 에너지에 비하여 아주 작다. 따라서 제작상의 조그마한 차이에 의하여서도 그 진동 진폭이 많이 달라질 수 있다. 같은 이유에서 미세한 실험 환경 변화에 따라 이의 진동이 달라질 것이다. Fig. 2에서 TV 세트 또는 실험 조건이 달라짐에 따라 마이크로포닉 현상이 발생하는 주파수가 달라지는 이유의 일부도 이러한 사실에 의거할 것이다.

새도우 마스크의 진동이 문제가 된다면 이의 감쇠는 극히 미약하기 때문에 그 고유진동이 주로 문제가 될 것이다. 이에 새도우 마스크 및 새도우 마스크 프레임을 유한요소 해석하였다. CRT 내부에서 새도우 마스크 프레임의 네 꼭지점이 탄성 후크와 고무 클립에 의하여 CRT 벌브에 고정되어 있으나 유한요소 모델에서는 이들 부위가 고정된 것으로 취급하였다. 또 새도우 마스크 면의 구멍들을 무시하고 개구를 만큼 새도우 마스크의 두께를 감소시킨 구멍이 없는 판 요소들을 사용하였다. 계산된 고유진동수가 Fig. 2에 Natural Freq.-FEM 으로 표시되어 있다. 유한요소모델의 부정확성에도 불구하고 계산된 고유진동수들은 마이크로포닉 현상이 관측된 주파수 대와 대체적으로 일치한다. 이는 마

이크로포닉 현상이 새도우 마스크의 진동에 기인한다는 가설을 뒷받침한다.

### 3. 마이크로포닉 현상 시뮬레이션

본 장에서는 새도우 마스크의 진동에 의하여 마이크로포닉 현상이 발생하는 메커니즘을 확인하기 위하여 이론해석 모델을 개발하고, 이에 의거 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 10에 컬러 TV의 작동 원리가 나타나 있다. 전자총 출구 A에서 출발한 전자 빔(beam)은 새도우 마스크의 작은 구멍 B점을 통과하여 CRT 화면 안쪽에 도포된 발광체(phosphor dot) C점 위에 투사됨으로서 영상이 나타나게 된다. 이하 시뮬레이션에서는 새도우 마스크의 변위에 의하여 빔의 중심선이 예정된 발광점 위에 정확되게 투사되지 못함으로 인하여 발광점 일부만이 밝게 되고, 이에 따라서 그 부위의 밝기가 저하됨으로 인하여 마이크로포닉 현상이 발생된다는 가정하에서 출발하였다. 또 새도우 마스크 및 화면의 형상은 복잡하지만 구면의 일부라 가정하고 Fig. 9에 표시된 직각좌표계 (X, Y, Z)와 구좌표계 (R,  $\theta$ ,  $\phi$ )를 사용한다. 단 이 좌표계의 원점은 새도우 마스크 및 CRT 화면의 곡률 중심과 일치하도록 취한다. 먼저 Fig. 8의 A, B, C점들을 직각 좌표로 표시하면 A(0, 0, d), B(X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>, Z<sub>1</sub>), C(X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>, Z<sub>2</sub>)이고, 이들 3점은 일직선 상에 있으므로

$$\begin{aligned} X_2 - 0 &= a(X_1 - 0) \\ Y_2 - 0 &= a(Y_1 - 0) \\ Z_2 - 0 &= a(Z_1 - d) \end{aligned} \tag{1}$$

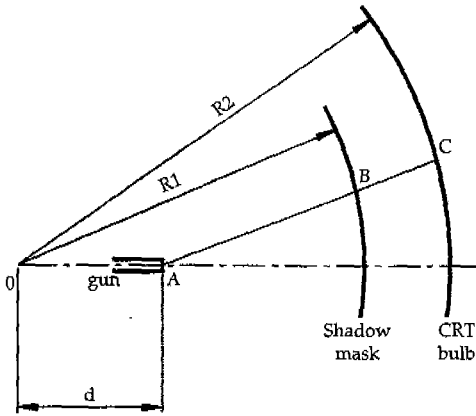


Fig. 8 Electric beam shadow mask

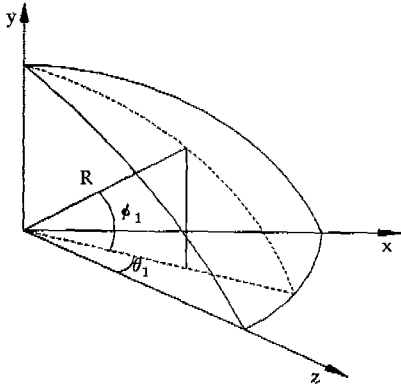


Fig. 9 Coordinates

한편 Fig. 8에 표시된 B점의 좌표표를  $B(R_1, \theta_1, \phi_1)$ 라 하면

$$\begin{aligned} X_1 &= R_1 \cos \Phi_1 \sin \Theta_1 \\ Y_1 &= R_1 \sin \Phi_1 \\ Z_1 &= R_1 \cos \Phi_1 \cos \Theta_1 \end{aligned} \quad (2)$$

의 관계가 성립된다. C점의 좌표표  $C(R_2, \theta_2, \phi_2)$ 도 같은 식으로 표시하고 이들을 (1)에 대입하여 정리하면

$$\begin{aligned} \cos \Phi_2 \sin \Theta_1 &= \Lambda \cos \Phi_1 \sin \Theta_1 \\ \sin \Phi_2 &= \Lambda \sin \Phi_1 \\ \cos \Phi_2 \cos \Theta_2 - \frac{d}{R_2} &= \Lambda (\cos \Phi_2 \sin \Theta_1 - \frac{d}{R_1}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Lambda = a \frac{R_1}{R_2}$$

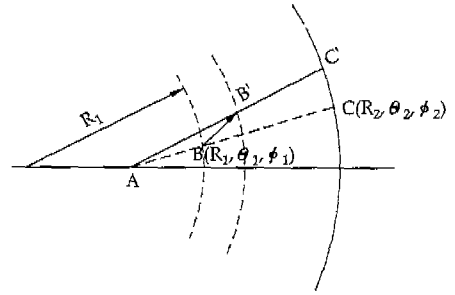


Fig. 10 Landing error due to shadow mask displacement

이 된다. 다음으로 Fig. 10에 표시된 바와 같이 새도우 마스크의 진동에 의해서 B점은 B'점으로 이동하고, 이에 따라 화면상의 대응점 C도 C'치로 이동하게 된다. 이동된 점들의 좌표표를  $B'(R_1 + \rho R_1, \theta_1 + \theta_1, \phi_1 + \phi_1)$ ,  $C'(R_2, \theta_2 + \theta_2, \phi_2 + \phi_2)$ 라 하면 A, B', C'점 역시 일직선 상에 있다. (3) 식과 비슷한 과정에 의하여 이들 사이에는

$$\begin{aligned} \cos(\Phi_2 + \phi_2) \sin(\Theta_2 + \theta_2) &= (\Lambda + \lambda) \cos(\Phi_1 + \phi_1) \sin(\Theta_1 + \theta_1) \\ \sin(\Phi_2 + \phi_2) &= (\Lambda + \lambda) \sin(\Phi_1 + \phi_1) \\ \cos(\Phi_2 + \phi_2) \cos(\Theta_2 + \theta_2) - \frac{d}{R_2} &= (\Lambda + \lambda) \cos(\Phi_1 + \phi_1) \sin(\Theta_1 + \theta_1) - \frac{d}{R_1(1 + \rho)} \end{aligned} \quad (4)$$

이 식에서  $\theta_1, \theta_2, \phi_1, \phi_2, \rho, \lambda$ 는 미소 크기로 간주할 수 있으니 이들의 2차항을 무시하면 뒷식은 아래와 같은 선형 대수방정식으로 표시된다.

$$\begin{aligned} &\begin{bmatrix} \cos \Phi_2 \cos \Theta_2 & -\sin \Phi_2 \sin \Theta_2 & -\cos \Phi_1 \sin \Theta_1 \\ 0 & \cos \Phi_2 & -\sin \Phi_1 \\ -\cos \Phi_2 \sin \Theta_2 & -\sin \Phi_2 \cos \Theta_2 & -\cos \Phi_1 \cos \Theta_1 + \frac{d}{R_1} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \theta_2 \\ \phi_2 \\ \lambda \end{pmatrix} \\ &= \Lambda \begin{bmatrix} -\cos \Phi_1 \cos \Theta_1 & -\sin \Phi_1 \sin \Theta_1 \\ 0 & \cos \Phi_1 \\ -\cos \Phi_1 \sin \Theta_1 & -\sin \Phi_1 \cos \Theta_1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \phi_1 \end{pmatrix} + \Lambda \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{\rho d}{R_1} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (5)$$

(3)과 (5)식을 사용하면 새도우 마스크 상의 한점  $B(R_1, \theta_1, \phi_1)$ 의 변위  $(\rho R_1, \theta_1, \phi_1)$ 에서 화면상 대응점의 변위  $(0, \theta_2, \phi_2)$ 를 계산할 수 있다.

전술한 바와 같이 새도우 마스크를 통과한 전자 빔의 중심선이 화면의 발광점에 어긋나게 투사되면 화면 이

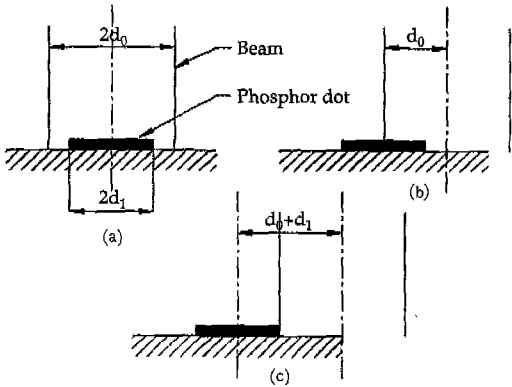


Fig. 11 Beam landing error on phosphor dot

부위의 밝기는 저하된다. 즉 Fig. 11(a)처럼 전자 빔의 중심선이 발광점의 중심에 투사되면 그 밝기는 최대이나 Fig. 11(b)와 같이 수평 편차가  $d_0/2$ 이면 밝기는 최대치의 1/2, Fig. 11(c)처럼 되면 이의 밝기는 영이다. 최대 밝기를 1이라 두고 수평 편차  $d$ 의 함수로 밝기의 변화  $I_d(d)$ 를 표시하면 Fig. 12와 같이된다. 빔의 수직 편차  $h$ 에 대한 밝기의 변화  $I_h(h)$ 도 비슷한 관계로 표시된다. 최종적인 밝기  $I(d,h)$ 는

$$I(d,h) = I_d(d)I_h(h) \quad (6)$$

가 되며, 함수  $I(d,h)$ 는 Fig. 13에 표시된 4각 원뿔의 윗 부분을 잘라 낸 형태가 된다. TV 작동 중 전자 빔은 새도우 마스크 위를 스캐닝하고, 이러한 스캐닝에 의해서 빔이 새도우 마스크의 구멍 위에 투사되는 순간의 변위가 화면의 밝기를 결정한다. 먼저 스캐닝의 horizontal time을  $T_h$ , horizontal blank time을  $T_{hb}$ , vertical time을  $T_v$ , vertical blank time을  $T_{vb}$ 라고 하자. 또 각 주사선의 기울기를 무시하고 수평 선으로 간주하여, Fig. 13과 같이 각 주사선에 0, 1,

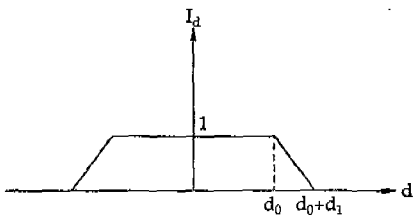


Fig. 12 Relationship between horizontal landing error and brightness

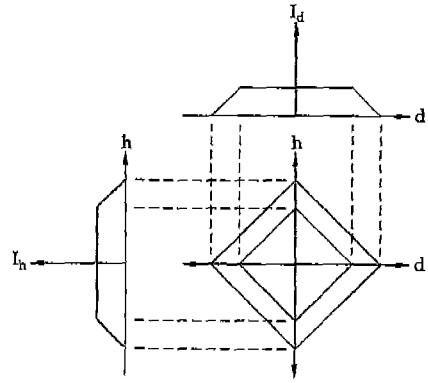


Fig. 13 Relationship between horizontal and vertical landing error and brightness

2,...의 번호를 부여한다. 이때 짝수 번호는 첫번째 필드(field)의 주사선이며 홀수 번호는 두번째 필드의 주사선이다. 빔이 각 주사선의 시작부(왼쪽끝)을 주사하는 시간을  $T_{io}$ 라고 하면

$$T_{io} = \begin{cases} 2nT_v + \frac{i}{2} & i : \text{odd} \\ (2n+1)T_v + \frac{i+1}{2}T_h & i : \text{even} \end{cases} \quad (7)$$

이다. 이때  $n$ 은 임의의 정수이다. 또 Fig. 14에 표시된  $i$  번째 주사선 중 수평 위치가  $j$ 인 점에 빔이 도착하는 시간  $T_{ij}$ 는 다음과 같다.

$$T_{ij} = T_{io} + \frac{i}{j}(T_h - T_{hb}) \quad (8)$$

최종적으로 새도우 마스크의 변위와 스캐닝의 복합 효과에 의한 화면의 밝기 관계를 계산하는 과정은 아래와 같다. 스캐닝하고 있는 빔을 따라가면서 식 (8)에 표시된 매순간 빔이 투사되는 새도우 마스크 상의 점  $(\theta_1, \phi_1)$ 의 변위  $(\rho R_1, \theta_1, \phi_1)$ 이 주어지면, 식 (4)에 의하여 이에 대응하는 화면상의 점  $(\theta_2, \phi_2)$ 의 변위  $(0, \theta_2, \phi_2)$ 가 계산된다. 이를 직각 좌표로 변환하면 작지점의 수평 및 수직편차  $d$ 와  $h$ 가 되며, 이를 밝기 관계식 (8)에 대입하면 이 점의 밝기가 계산된다. 시물레이션시 새도우 마스크의 변위는 네 모서리에서 영이고 나머지 부분에서는 짜인 파형이 된다고 가정하고

$$\theta_1 = A_{mn} \left( \frac{\sin}{\cos} \right) \frac{m\pi\Theta_1}{\Theta_T} \times \left( \frac{\sin}{\cos} \right) \frac{m\pi\Phi_1}{\Phi_T} \sin \omega_{mn}(t - \Delta t)$$

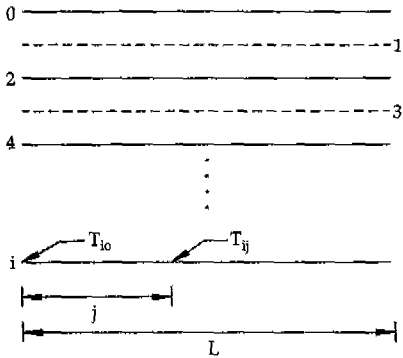


Fig. 14 Scanning on the shadow mask

$$\begin{aligned} \phi_1 &= B_{mn} \left( \frac{\sin}{\cos} \right) \frac{m\pi\Theta_1}{\Theta_T} \times \left( \frac{\sin}{\cos} \right) \frac{m\pi\Phi_1}{\Phi_T} \sin \omega_{mn}(t - \Delta t) \\ \rho &= \rho_{mn} \left( \frac{\sin}{\cos} \right) \frac{m\pi\Theta_1}{\Theta_T} \times \left( \frac{\sin}{\cos} \right) \frac{m\pi\Phi_1}{\Phi_T} \sin \omega_{mn}(t - \Delta t) \end{aligned} \quad (9)$$

이라 두었다. 이때  $m\pi\theta_1$  또는  $n\pi\phi_1$ 의  $m$ 이나  $n$ 이 홀수이면 직전 괄호 내는  $\cos$  함수이고, 짝수이면  $\sin$  함수가 된다. 실제 시뮬레이션시 식 (9)에 사용된  $\omega_{mn}$ 은 실험시 마이크로포닉이 발생된 주파수를 취하였다. 이외의 파라미터들은 유한요소해석 결과의 유사한 고유진동수에 대응하는 고유진동형으로 부터  $m$ ,  $n$ ,  $A_{mn}$ ,  $B_{mn}$ ,  $\rho_{mn}$ 을 추정하였다. 예로서 고유진동수 101.8 Hz에 대응하는 고유진동형은 Fig. 15의 중앙부에 표시된 바와 같다. 이 진동형을 근사화 하여 새도우 마스크 수평 및 수직선의 변위를 그림의 외곽에 표시된  $\sin$  함수

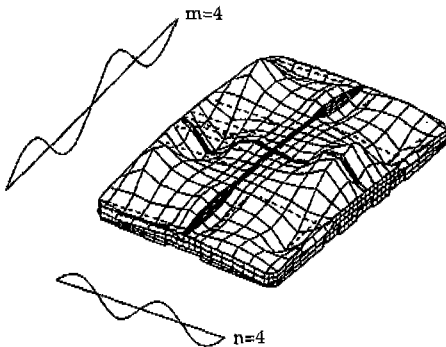


Fig. 15 Assumed mode shape

와 같다고 생각하고, 식 (9)의 세번째의  $m$ ,  $n$ 을 각각 4로 취하였다. 새도우 마스크 평면 내에서의 변위  $\theta_1$ 과  $\phi_1$ 도 이와 유사한 방법으로 가정하였다. 위 과정에 의해 반경방향 변위  $\rho_1$ 에만 발생하였을 때의 시뮬레이션에 의한 결과 영상이 Fig. 16부터 Fig. 18까지 표시되어 있다. 이들 외에도 여러 가지 경우에 대해서 시뮬레이션 한 결과를 다음과 같이 요약하였다.

(1) 새도우 마스크의 반경방향 변위 ( $\rho R_1$ )이  $10^{-4}R_1$  ( $R_1$ 은 새도우 마스크의 곡률반경)이면 마이크로포닉 현상이 어느 정도 발생되며,  $10^{-5}R_1$  이하이면 마이크로포닉 현상은 발생되지 않는다.

(2) 새도우 마스크의 평면 내의 변위 ( $R_1\theta_1$  또는  $R_1\phi_1$ )의 진폭이  $10^{-6}R_1$ 이하이면 마이크로포닉 현상은 발생되지 않는다. 또 이들 변위에 의한 마이크로포닉 현상은 같은 크기의 반경방향 변위에 의한 것보다도 그 정도가 심하다. 그러나 실제로는 평면 내 변위의 크기는 반경방향에 비해 상대적으로 작을 것으로 추정되니, 이들 평면 내 변위에 의한 마이크로포닉의 정도는 크지 않을 것이다.

(3) Fig. 16에서 Fig. 18 까지에서 표시된 영상은 어느 한 프레임이며, 실제로는 초당 30 프레임이 발생된다. 이 때 새도우 마스크 진동 주파수가 30 Hz의 정수 배이면 스캐닝과 진동이 동기화 이루어져서 모든 프레임은 동일하여 정지된 상이 나타나게 된다. 이 경우 실험자에게는 마이크로포닉 현상이 뚜렷하게 관측될 것이다. 실제로 Fig. 2에 표시된 exciter excited-set C의 마이크로포닉 주파수 중에는 60, 90, 149, 177,

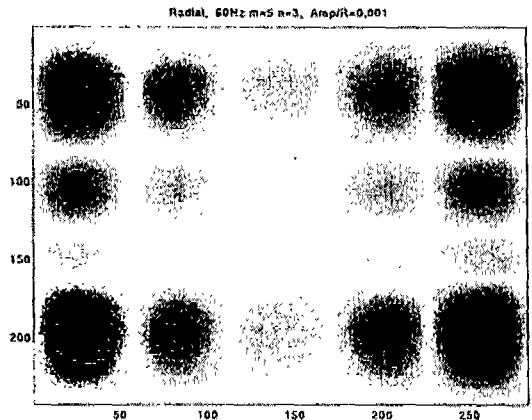


Fig. 16 Simulated microphonic phenomenon at 60 Hz

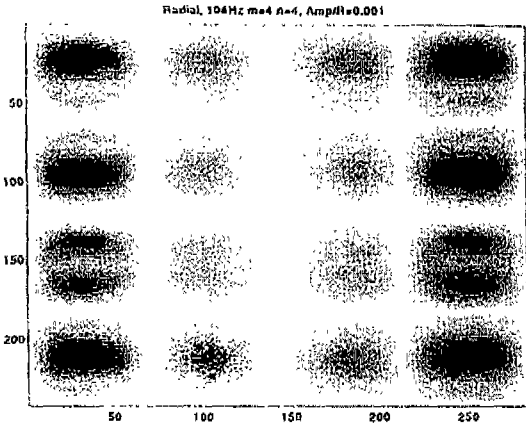


Fig. 17 Simulated microphonic phenomenon at 104 Hz

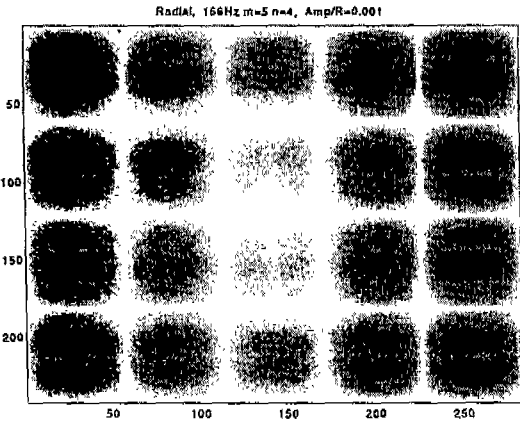


Fig. 18 Simulated microphonic phenomenon at 106 Hz

241, 268, 306 Hz 등이 포함되어 있다.

(4) 새도우 마스크의 진동 주파수가 30 Hz의 배수가 아니면, 매 프레임당 새도우 마스크 진동의 위상이 달라지므로 마이크로포닉에 의한 얼룩무늬는 상하로 이동을 하게 된다. 이는 실험시 얼룩무늬가 정지하여 있다가도 주파수가 조금 변함에 따라 상하로 이동하는 현상이 관측되는 사실과도 일치한다.

#### 4. 결 론

실험 및 시뮬레이션을 통하여 TV의 마이크로포닉 현상 발생 과정을 규명하였으며, 아래와 같은 결론을 얻

었다.

(1) 스피커에서 발생된 진동이 TV 캐비넷 구조를 경유하여 CRT에 전달됨으로 마이크로포닉 현상이 발생됨을 확인하였다. 따라서 마이크로포닉 현상을 억제하려면 새도우 마스크로 전달되는 진동을 차단하거나, 문체 주파수 영역에서 새도우 마스크의 응답이 개선되도록 그 구조를 변경하는 방안들을 강구하여야 한다.

(2) CRT로 진동이 전달될 때 따라 내부의 새도우 마스크가 진동하고, 이 진동 변위에 의한 빔의 착지 오차에 의해 마이크로포닉 현상이 발생된다는 사실을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

(3) 시뮬레이션 결과로 나타나는 마이크로포닉 현상은 실제와 대체적으로 잘 일치하고 있어 이의 타당성이 입증되었다.

(4) 새도우 마스크의 반경방향 변위와 평면 내 변위 모두 마이크로포닉 현상을 일으킨다. 또한 진폭의 크기가 같을 때에는 반경방향 변위에 의한 마이크로포닉 현상은 평면 내 변위에 의한 것에 비하여 그 강도가 조금 낮으나, 실제 진동은 반경방향이 크게 나타나므로 결과적으로 주로 반경방향 변위에 의하여 마이크로포닉 현상이 발생한다.

(5) 새도우 마스크의 공진 외에도 이의 진동 주파수가 30 Hz의 정수 배이면 마이크로포닉 현상의 결과는 정지된 상으로 나타나게 되므로 이는 쉽게 관측된다.

#### 후 기

본 연구는 대우전자(주)의 연구비 지원으로 수행되었음

#### 참고문헌

1. Bernard Grob, "Basic Television and Video System", McGRAW-HILL, New-York, 1984
2. 정우진, "TV 마이크로포닉 현상 규명에 관한 연구", 아주대학교 석사학위 논문, 1994년 2월
3. 임진수, 이재웅, 이수훈, "TV 마이크로포닉 현상 규명 및 그 개선방안에 관한 연구", 대우전자 프로젝트 최종보고서, 1993년 10월
4. 이재웅, 임진수, 이수훈, 윤경렬, 성길주, "TV 마이크로포닉 현상에 관한 연구", 한국소음진동공학회 논문집 제5권 제1호, 1995년 3월 (게재 예정)



5. 김현규, 천현태, 신동기, 임세영, “새도우마스크의 열변형해석”, 대한기계학회 논문집 제7권 제10호, pp.2574-2581, 1993
6. “I-DEAS System Dynamics User’s Guide”, SDRC Co., 1990