

# DVR 모니터의 동특성 향상을 위한 구조 개선에 관한 연구 Design Alteration of a Security DVR Monitor Structure for the Improved Dynamic Stability

김건형<sup>1</sup>, 이원규<sup>1</sup>, 이태훈<sup>1</sup>, 노승훈<sup>2\*</sup>, 정평수<sup>3</sup>  
Geon-Hyeong Kim<sup>1</sup>, Won-Koo Lee<sup>1</sup>, Tae-Hoon Lee<sup>1</sup>,  
Seung-Hoon Ro<sup>2\*</sup>, Pyeong-Soo Jeong<sup>3</sup>

## <Abstract>

Structural vibrations are among the biggest concerns in developing high resolution DVR(Digital Video Recorder) monitors. The vibrations in DVR monitors are mostly originated from the excitation sources such as the HDD and the cooling fan. In this study, the vibrations generated from the excitation sources were investigated in order to analyze the individual effect on the structural vibrations of the monitors and further to establish the design alteration to suppress the vibrations for the stability of the structure and for the better quality of the screen. The result shows that relatively simple design alterations can improve the stability of the structure substantially.

**Keywords** : DVR monitor, Dynamic properties, Design alteration, Stability improvement

## 1. 서론

최근 많이 사용되고 있는 DVR(Digital Video Recorder)은 감시용 카메라에서 입력된 영상 데이터를 아날로그에서 디지털 신호로 전환하여 장시간 녹화 및 재생하여 볼 수 있는 녹화 시스템 방식이다.

또한 기술 발전으로 인해 얼굴인식을 하여 실시간 영상과 특정 인물의 얼굴을 데이터로 비교할 수 있어 공항, 경찰서, 은행, 아파트 등 설치하지 않은 곳이 없을 정도로 점점 수요가 폭발적으로 늘어나고 있는 추세이다.

일반적인 DVR은 화면 모니터가 분리 되어

있어 사용하는 공간을 많이 차지할 뿐만 아니라 이동이나 케이블 정리 과정에서 문제가 되고 있다.

이번 논문의 연구대상인 DVR 모니터는 저장하는 하드디스크(HDD)가 모니터 내부에 장착되는 제품으로 케이블 처리는 물론 제품의 이동과 기타 문제 등을 동시에 해결 할 수 있는 제품이다. 하지만 내부에 장착된 저장용 하드디스크와 내부 방열용 냉각 팬이 구조물에 진동을 일으킴으로써 화면이 흔들리거나 순간적으로 인식이 안 될 수 있어 제품의 가치에 큰 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 경험에 의존하여 진행하여 왔던 DVR 모니터 설계를 실제로 제품의 진동에

<sup>1</sup>정회원, 금오공과대학교 대학원

<sup>2</sup>교신저자, 정회원, 금오공과대학교 기계공학부, 교수, 工博,  
E-mail: shro@kumoh.ac.kr

<sup>3</sup>레이젠(주)

<sup>1</sup>Graduate School of Kumoh Institute of Technology

<sup>2</sup>Corresponding Author, Prof., School of Mechanical Engineering, Kumoh Institute of Technology, Ph. D.

<sup>3</sup>Raygen Co., Ltd.

의한 분석을 거쳐 안정성 향상을 위한 설계를 진행함으로써 진동의 크기를 대폭 감소시켜 화질의 개선과 안정성을 추구할 수 있는 방법을 찾고자 한다.

## 2. 구조물의 동특성 분석

주파수 분석 실험 및 시뮬레이션을 통하여 구조물의 동특성을 분석하여 큰 진동의 원인이 되는 고유진동수와 진동형에 대하여 정확히 조사함으로써 구조물의 안정화를 위한 설계 변경안을 도출한다.<sup>1~4)</sup>

### 2.1 실험장치 및 setup

실험에 사용된 장비 및 준비 상태는 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

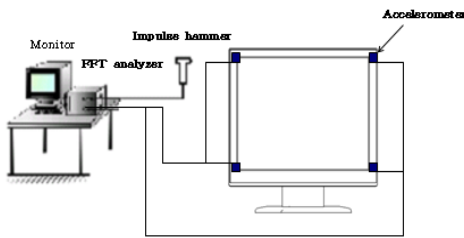


Fig. 1. The setup for the frequency response test.

Table 1. Spec. of the test equipments

Equipments	Spec.	Model	Company
FFT analyzer		DSA 212	Difa Measuring System
Accelerometer		8634b5	Kistler
Impact hammer		DYTR PULSE	Dytran
DVR monitor		S-19	Samjeon Corp.

### 2.2 실험방법 및 결과

본 연구의 DVR모니터는 내부에 하드디스크와 냉각팬이 장착되어 있고 일반적인 모니터에 비해 전체의 무게와 내부의 전기장치가 복잡하게 되어 있어 진동에 민감한 제품이다. 진동에 의한 모니터부분의 화면에 영향이 미치므로 실제 구조물의 각 부분에 대해 주파수 분석 실험을 통하여 진동의 크기, 전달 경로, 고유진동수 및 진동 형태 등의 구조 동특성을 파악한다. 진동을 측정하기 위한 센서 부착 위치는 Fig. 2에 도시하였다.

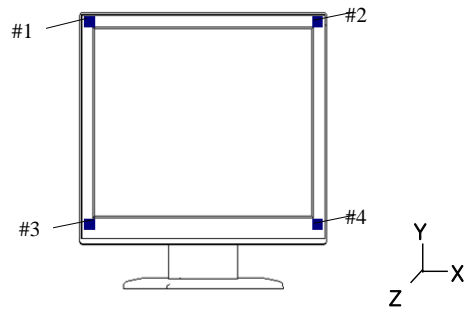


Fig. 2. The locations of the sensors.

진동을 분석하기 위하여 Fig. 2와 같은 위치에서 4개의 가속도 센서를 설치하고 임펄스 해머로 가진하여 주파수 분석기(FFT)를 통하여 전달함수를 얻는다.

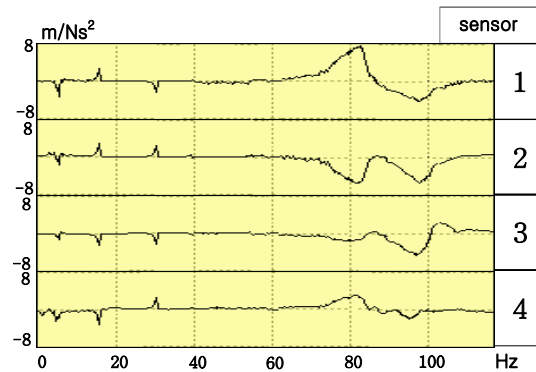


Fig. 3. Transfer functions measured from the DVR.

Fig. 3은 실험으로부터 얻어진 전달함수이다. 구조물의 큰 진동은 5.5Hz, 14.8Hz, 31, 80.6Hz, 95Hz의 영역대가 검출 되었으며 이 데이터를 바탕으로 Fig. 4와 같이 1차에서 5차까지 진동형을 그려보면 Fig. 4와 같다.

실험을 통하여 분석된 고유진동수 및 진동형을 요약하면 Table 2와 같다.

### 2.3 이론적 진동 해석

주파수 분석 실험을 통하여 가장 큰 진동은 구조물의 스탠드중심으로 앞·뒤 및 좌·우 방향으로 움직이는 외팔보의 1차 진동형에 해당되는 진동임을 확인하였다. 이 진동을 억제하기 위하여 스탠드 하부의 강성을 강화하고 상부의 질량을 줄여주는 설계 변경이 바람직하다.<sup>5,6)</sup>

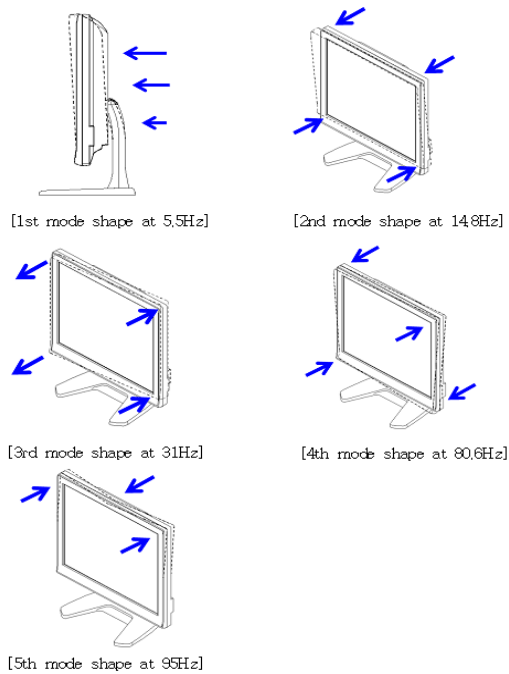


Fig. 4. Mode shapes of the monitor (1st~5th).

Table 2. Natural frequencies and mode shapes of the original structure from experiment

	Nat. freq. (Hz)	Mode descriptions
1st	5.5	Bending mode of Stand along x direction
2nd	14.8	Twisting mode of Stand
3rd	31	Twisting mode of Stand
4th	80.6	Twisting mode of Stand
5th	96	Twisting mode of Stand

이러한 설계 변경안을 적용하고 그 효과를 확인하기 위하여 구조물 전체 및 각 부위 요소들의 진동 상태를 유한요소해석을 통하여 규명한다. 즉, 시뮬레이션 모델을 구현하고 해석을 통하여 얻어진 시뮬레이션 결과가 실험 결과와 일치하는지 확인함으로써 시뮬레이션 모델의 타당성을 검증하며 실험이 어렵거나 진행되지 않은 부분(센서 부착이 어려운 부분, 다양한 조립 조건 및 지면 고정 조건 작동조건) 혹은 상황에 대해서도 구조물 전체와 내부 요소들의 진동 상황을 분석한 후 그 결과를 바탕으로 개선안을 시뮬레이션 모델에 적용하고 결과를 확인하는 과정을 반복하여 제작이 용이하고 효과가 큰 최적 설계 개선안을 완성할 수 있다.

제품의 진동에 대한 공진범위 등을 알기 위해서 컴퓨터의 힘을 통하여 시뮬레이션 진행하

면 복잡한 형상등도 쉽게 진행할 수 있다.

DVR 모니터의 시뮬레이션 모델을 Fig. 5와 같이 설정하였으며 하드디스크(HDD)와 냉각팬이 가진 조건은 실제 작동 상황을 반영하였다. 하드디스크의 경우 질량(40g), 편심(0.001mm), 회전 속도(565.5rad/sec, 5400rpm)를 고려하여  $0.1N[0.04 \cdot 0.001 \times 10^{-3} \cdot 565.5^2]$ 의 크기와 90Hz의 주파수를 갖는 가진력을 적용하였고 냉각팬의 경우도 HDD와 마찬가지로 방법으로  $0.05N[0.03 \cdot 0.007 \times 10^{-3} \cdot 496^2]$ 의 크기와 79Hz[4700rpm]의 주파수를 갖는 가진력을 적용하였다.

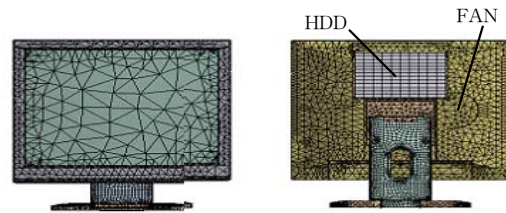


Fig. 5. A simulation model for the analysis of the original machine structure.

Computer simulation을 통하여 얻어진 고유진동수 및 진동형은 Fig. 6과 같다.

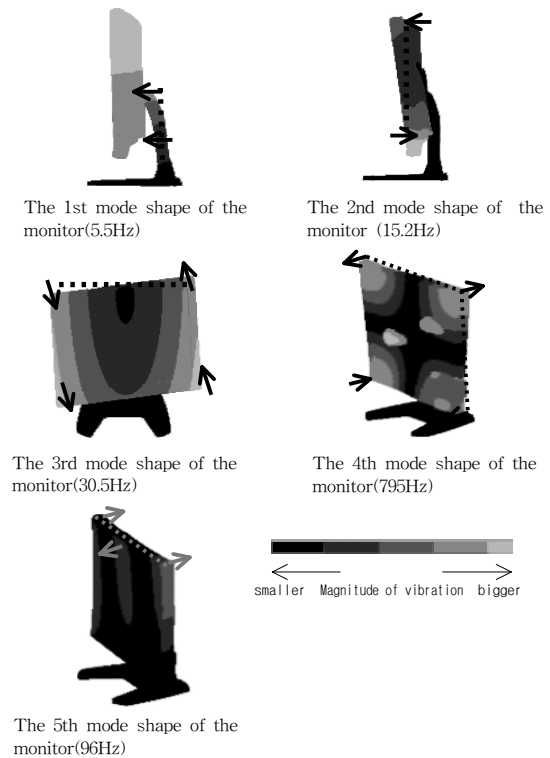


Fig. 6. Natural frequencies and vibration modes of the simulation model.

Fig. 6을 간략하게 설명하면 1차(5.5Hz)에서는 바디 전체의 전후 흔들림으로 스탠드부터 시작된다는 것을 확인되며, 2차(14.8Hz)에서는 스탠드 힌지부분 기준으로 바디의 상,하부 전,후 형태로 진동형이 나타나며, 3차(31Hz)는 바디의 중간 기준으로서 전후로 진동이며, 4차(80.6Hz)는 제품의 좌우상하의 비틀림으로 진행되고, 5차(95Hz)는 바디의 상부만 비틀림형으로 진행되는 것을 확인 할 수 있다.

Table 3. The result from the experiment and the computer simulation

		Experiment (FRT)	Computer simulation
Natural frequencies (Hz)	1st	5.5	5.5
	2nd	14.8	15.2
	3rd	31	30.5
	4th	80.6	79
	5th	95	96

Table 3은 실제 구조물에서 측정된 고유진동수와 시뮬레이션 결과를 비교한 것이다

두 경우의 상대적 오차는 5% 이하로 실험에 의한 결과와 시뮬레이션에 의한 분석 결과가 잘 일치하고 있다.

따라서 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 모델은 잘 구현되었다 할 수 있다. 이 모델의 해석을 통하여 얻어진 진동 특성을 분석하여 설계 개선안을 도출하고 개선안을 모델에 적용하여 개선 효과를 확인하는 과정을 거쳐 안정된 구조 개선안을 찾는다.

### 3. 설계 개선안의 도출

분석결과 큰 진동은 구조물의 고유진동수(80.6, 95Hz)와 하드디스크 및 냉각팬의 작동속도(79, 90Hz)사이의 공진이 가장 큰 원인으로 분석된다. 따라서 구조물의 강성을 높이는 동시에 고유진동수 상승을 통해 공진을 억제시켜 진동을 최소화하는 것을 설계 개선의 목표로 설정하였다. 개선 방향은 재료의 두께 변화, 제품의 폭 증가, 형상 변화를 변화시켜 그 결과를 분석하고 이를 바탕으로 최적 설계안을 결정하도록 하였다.

### 3.1 설계 변경 #1

80.6Hz, 95Hz에서 구조물의 진동을 줄이기 위하여 Fig. 7과 같이 스탠드의 조건을 변경하여 강성 강화 및 구조물 전체가 안정되도록 설계 개선하였다. 현재 보안용 모니터의 제품이 두께를 2.0mm에서 강성 강화를 목적으로 2.5mm 제품의 두께 변경 적용하였고 해석한 결과는 Table 4와 같다.

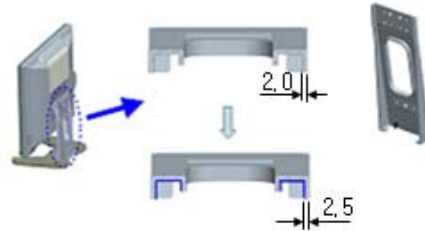


Fig. 7. Design alteration #1.

Table 4. The comparison between the original model and the alteration #1

		Original structure	Alteration #1	Comparison	
Nat. freq. (Hz)	3차	30.5	38	24% ↑	
	4차	79	89	11% ↑	
	5차	96	107	11% ↑	
Magnitudes of vibrations ( $10^{-9}m$ )	panel	X	27	23	15% ↓
		Y	15	12	20% ↓
		Z	31	17	45% ↓
				Average magnitude : 29% ↓	

설계 변경 #1을 적용한 결과 스탠드의 강성이 강화되어 구조물 전체가 안정화되고 구조물의 4, 5차 고유진동수(79, 96Hz)가 89, 107Hz로 증가하여 작동속도와의 공진 영역에서 멀어짐으로써 Table 4와 같이 감소되었다.

### 3.2 설계 변경 #2

설계 변경 #2는 정적 안정성의 향상 및 강성 강화 위하여 Fig. 8과 같이 스탠드 프레임의 폭을 10mm로 증가시킨 것으로 그 결과는 Table 5와 같다

스탠드 프레임의 강성이 강화됨과 동시에 구조물4, 5차 고유진동수(79, 96Hz)가 83.7Hz, 101Hz로 증가하여 공진 영역에서 떨어진 결과 진동량이 Table 5와 같이 감소되었다.

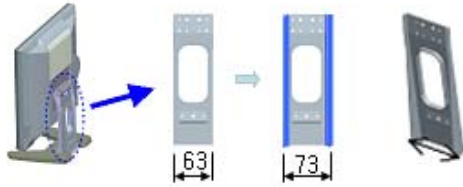


Fig. 8. Design alteration #2.

Table 5. The comparison between the original model and the alteration #2

		Original structure	Alteration #1	Comparison	
Nat. freq. (Hz)	3차	30.5	34	6 ↑	
	4차	79	83.7	6 ↑	
	5차	96	101	5 ↑	
Magnitudes of vibrations ( $10^{-9}$ m)	panel	X	27	25	7% ↓
		Y	15	12	20% ↓
		Z	31	28	10% ↓
	Average magnitude : 11% ↓				

### 3.3 설계 변경 #3

설계 변경 #3은 #2의 해석 결과를 바탕으로 안정성을 향상시키고 동시에 진동을 더욱 줄이기 위하여 Fig. 9와 같이 스탠드 프레임의 하단 만부를 10mm 증가시켜 사다리꼴 형상으로 변경 변경한 것으로 해석한 결과는 Table 6과 같다.

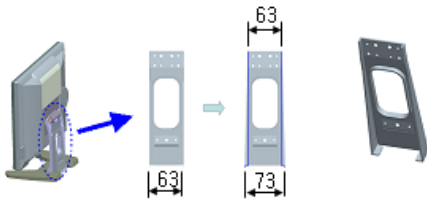


Fig. 9. Design alteration #3.

Table 6. The comparison between the original model and the alteration #3

		Original structure	Alteration #1	Comparison	
Nat. freq. (Hz)	3차	30.5	36	38% ↑	
	4차	79	86	9% ↑	
	5차	96	101	5% ↑	
Magnitudes of vibrations ( $10^{-9}$ m)	panel	X	27	22	18.5% ↓
		Y	15	12	20% ↓
		Z	31	25	19% ↓
	Average magnitude : 19% ↓				

스탠드 프레임의 강성이 강화됨과 동시에 구조물 4, 5차 고유진동수(79,96Hz)가 86Hz, 101Hz로 증가하여 공진 영역에서 멀어진 결과 진동량이 Table 6과 같이 감소되었다.

### 3.4 설계 변경 #4(최종 개선안)

설계 변경 #4의 내용은 Fig. 10과 같이 앞에서 분석된 결과를 종합하여 최종 개선안을 적용(제품의 두께와 폭 변경)한 것으로 해석 결과는 Table 7과 같다.

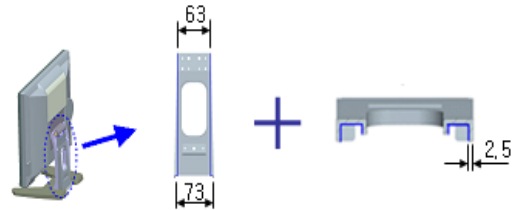


Fig. 10. Design alteration #4.

Table 7. The comparison between the original model and the alteration #4

		Original structure	Alteration #1	Comparison	
Nat. freq. (Hz)	3차	30.5	42	38% ↑	
	4차	79	104	32% ↑	
	5차	96	116	21% ↑	
Magnitudes of vibrations ( $10^{-9}$ m)	panel	X	27	13	52% ↓
		Y	15	6	60% ↓
		Z	31	10	68% ↓
	Average magnitude : 60% ↓				

Fig. 11은 기존의 구조물과 최종 설계 변경안의 진동 크기를 비교한 그림이다. 기존의 구조물에 비하여 진동이 60% 정도 소멸되었음을 확인할 수 있다.

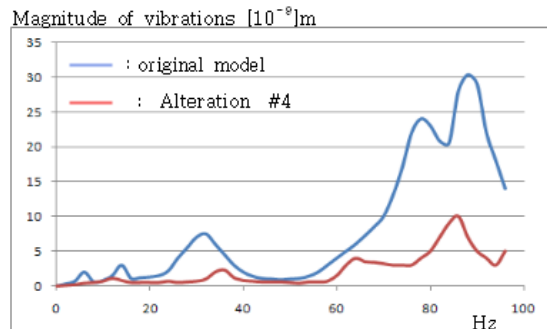


Fig. 11. Comparison of the vibration magnitudes.

## 4. 결론 및 검토

설계변경을 통하여 DVR의 안정성을 높이고 진동을 억제하기 위한 진행된 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- i) 본 연구의 대상인 DVD monitor의 경우 하드디스크의 회전속도가 90Hz이고 구조물의 고유진동수는 80Hz, 95Hz에 해당하므로 고유진동수가 커져 공진 영역에서 멀어지므로 진동을 효과적으로 억제 할 수 있다.
- ii) 구조물의 강성 보강을 통하여 고유진동수를 변화시켜 공진을 억제하게 되며 정적안정성 향상과 함께 진동이 억제되어 화질의 안정성도 가능함을 확인하였다.[Table 7, Fig. 11]
- iii) 스탠드 프레임 설계 개선을 통하여 3.1~2, 3, 4에서 제시된 바와 같이 진동을 60% 정도 감소효과를 확인하였다.
- iv) 본 논문의 결과는 현재 연구의 대상인 DVR 모니터의 안정화 설계에 초석이 됨은 물론 유사한 전자제품의 안정화 설계방안으로 다양하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술 연구비 지원에 의하여 연구된 논문으로 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 1) McConnell, K. G., "Vibration Testing," John Wiley & sons, Inc., New York, (1995)
- 2) Rao, S. S., "Mechanical Vibrations," 2nd ed., pp. 503~511, (1994)
- 3) Dimarogons, A. D., Haddad, S., "Vibration for Engineers, 2nd ed., Prentice-Hall, New Jersey, pp. 16~47, (1996)
- 4) Fertis, D. G., "Mechanical and Structural Vibrations," John Wiley & sons, Inc., New York, pp. 197~241, (1995)
- 5) S. H. Ro, H. J. Cho, and E. H. Choi, *Transactions of the KSME, A*, **24**, **8**, 1978, (2000)
- 6) H. J. Cho, and S. H. Ro, *Transactions of the KSME, A*, **23**, **4**, 697, (1999)

---

(접수:2009.12.04, 수정:2010.03.19, 게재 확정:2010.05.20)