

A Magnetic Levitation System for Contactless Controlling Display Monitor Angles and Positions

Young Hoon Shin and Da Young Ju

Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University, Incheon, 406-840

ABSTRACT

Objective: We present our research on a system that controls position and orientation of display monitors using magnetic levitation. **Background:** Recently people spend longer and longer time than ever for watching various types of panel displays such as computer monitors, TVs and tablet pads. Watching a monitor in a fixed posture can cause physical problems in neck and back especially when viewing angle requires an uncomfortable posture. **Method:** In this paper, a magnetic levitation system is introduced that provides effortless noncontact control of monitor orientation and position/height for viewing comfort. It consists of: 1) multiple (two or more) permanent magnets that provide basic levitation, 2) multiple electromagnets that generate attractive and repulsive forces, and 3) a unit that controls the electromagnets for desired position and orientation. **Results:** Our system can accommodate most of the panel displays currently manufactured and may provide guidance for future their design. **Conclusion:** Good physical posture is important to the well-being of children, hospital patients, the old and the weak. **Application:** Our system can also be used to enhance the emotional and aesthetic satisfaction in viewing.

Keywords: Magnetic levitation system, display, contactless controlling, Ergonomics, Physical health

1. Introduction

최근 사람들은 컴퓨터, TV 등 다양한 디스플레이 장치를 이용하고 있으며, 디스플레이 장치를 응시하고 있는 시간이 하루 시간의 상당부분을 차지하고 있다. 이러한 디스플레이 장치를 고정된 상태로 장시간 응시하는 것은 목이나 허리 등에 문제를 유발할 수 있으며, 또한, 눈높이에 맞지 않는 디스플레이의 위치는 목이나 허리 등에 문제를 보다 쉽게 유발할 수 있다. 그러나, 이러한 디스플레이 장치의 위치를 이동 시키고, 높이를 조절하고, 좌우 기울기, 앞뒤 기울기를 조절하는 것은 다소 불편하고 사용자의 상태나 경우에 따라 힘이 들기도 한다. 따라서, 신체가 불편한 사람, 여자, 노약자, 어린이 등은 디스플레이 장치를 들거나, 이동시키는데 어려움을 겪는 경우가 많다.

본 연구에서는 디스플레이 장치의 위치, 기울기, 높이 등의 조절 시 디스플레이 장치의 접촉 없이 쉽고 용이하게 조절할 수 있는 디스플레이 장치 제어 시스템을 제공하고자 한다. 그리고 그 방법의 하나로 자기

부상 기술과 안면 인식 기술의 융합을 이용한 새로운 시스템을 제안한다. 자기부상 기술은 기존 산업에서 사용하는 예로는 자기부상 이동 수단 밖에 없었으며 그 외로는 자기부상원리를 이용하여 단순히 물체를 띄우는 것에 불과한 기술들이 많았다. 하지만 자기부상 기술을 안면 인식이라는 다른 기술과 융합하여 기존의 제품에서 해결하지 못하는 문제를 자기부상을 활용한 인체공학적인 기술로 해결했다는 점에서 본 연구는 의의가 있다고 할 수 있겠다.

2. Method

본 연구에서 제안하는 기술을 디스플레이에 구현하기 위해서는 다음과 같은 세부 기술들이 필요하다. 가장 중요한 기술로는 전자석을 이용하여 발생시키는 자기부상 기술과 카메라를 활용하여 영상처리를 통해 얼굴을 인식하는 안면 인식 기술, 그 외에 디스플레이를 구동시키는데 활용되는

무선통신 및 전력전달 기술 등이 사용된다.

2.1 Related technologies

2.1.1 Magnetic levitation technology

자기부상 기술은 전자석의 전기 자기력을 이용하여, 사물을 일정 높이로 부상시키는 기술을 말하며, 부상하는 영구자석과 자기부상을 할 수 있도록 자기력을 제공하는 전자석을 포함한다. 자기 부상기술은 크게 자석의 인력을 이용하는 흡인식과, 자석의 반발력을 이용하는 반발식이 있는데, 전자석의 원리에 따라 초전도 방식과 상전도 방식으로 구분하기도 한다. 이 중 반발식에는 같은 극의 영구자석 간에 작용하는 반발력을 이용하는 영구자석 반발식과, 차량과 같이 대상물체에 부착된 자석의 운동으로 유도된 지상 코일의 유도전류에 의한 자장의 반발력으로 부상시키는 유도 반발식이 있으며, 일반적으로 흡인식보다는 반발식이 제어가 쉽고, 흡인식은 정지 시와 저속에서도 부상이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 영구자석 반발식 제어 기술과 흡인식 제어 기술을 모두 사용하고자 한다. 이 방식은 디스플레이 위쪽에서는 흡인식 기술을, 아래쪽에서는 반발식과 흡인식을 모두 사용하여 디스플레이가 적은 반발력과 흡인력으로 부상할 수 있도록 하기 위함이다.

2.1.2 Facial recognition technology

안면 인식 기술은 카메라를 활용하여 안면의 구조를 파악하는 기술을 말한다. 안면 인식 기술은 일반적으로 세가지 요소로 구성되어 있는데, 첫 번째는 이미지를 기록할 카메라이다. 두 번째는 기록된 이미지에 다른 물체들 사이에 얼굴이 있는지 구별해내기 위해 눈, 코, 입의 위치를 찾을 수 있는 안면 기하 소프트웨어 프로그램이 필요하다. 마지막으로, 그 모든 구성 요소를 다른 사람과 대조할 수 있는 시스템이 필요하다.

본 연구에서는 첫 번째와 두 번째 요소로만 안면을 인식하고 안면의 이동 변화와 안면의 방향을 감지하는 기술만 사용하기로 한다. 이는 얼굴의 외각 부분과 가운데 부분 코를 인식하여 삼각형을 형성하고 이 삼각형을 기준으로 삼각형의 변화에 따라 얼굴의 이동을 인지하는 기술로 이미 안면인식 관련한 다양한 분야에서 활용되고 있다.

2.1.3 A short distance wireless communications and electric power transmission

전력공급은 최근 스마트 폰 기술에서도 활발하게 사

용되고 있는 근거리 전력 전송방식을 사용하여 전원선 없이도 디스플레이를 사용할 수 있도록 한다. 또한 디스플레이로 데이터를 송신하는 것은 근거리 통신 방식을 사용한다. 쉽게 사용할 수 있고 최근 가장 많이 쓰이는 근거리 통신 표준으로는 와이파이(Wifi), 지비(ZigBee), 블루투스(Bluetooth) 등이 있다. 이러한 통신 모듈을 사용하면 케이블 없이도 디스플레이에 화면 정보를 전송할 수 있다.

2.2. Proposed magnetic structure

본 연구에서는 효율적인 자기부상 디스플레이 제어의 방법으로써의 다음과 같은 두 가지 형태를 제안한다. 바닥의 전자석을 육각형 구조로 배치한 육각 구조식과 수많은 자석을 배치한 배열 구조식 두 가지로 구현이 가능하다.

2.2.1 Structural formula of six angular

육각 구조식 자석 배치의 경우는 상단에 하단에 흡인식 전자석이 두 개 위치하고 하단에 좌우로 반발식, 흡인식 전자석이 설치된다. 또한 디스플레이에 영구 자석을 상단에 한 개, 하단에 최소 3개를 배치한다. 그림 1에서 상세한 위치를 확인할 수 있다.

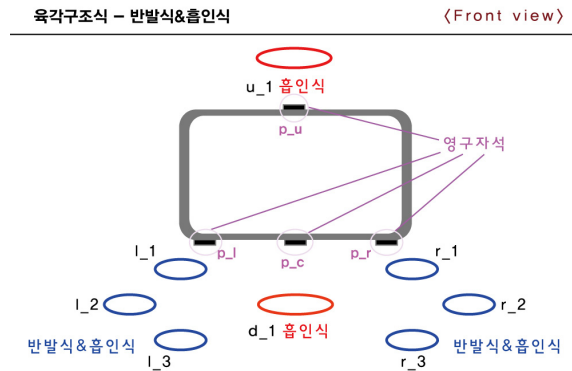


Figure 1. Example of structural formula of six angular

2.2.2 Control

0. 초기 위치 : u_1 과 d_1 을 각각 p_u 와 p_c 에 놓고 적절한 세기로 맞춘다. 왼쪽과 오른쪽 자석 6개를 모두 같은 세기로 조절한다.

1. 높이 조절 : 높이를 높이려면 u_1 의 세기를 높이고 d_1 의 세기를 낮춘다. 높이를 낮출 때는 이와 반대로 하면 된다. 왼쪽과 오른쪽의 자석은 디스플레이가

옆으로 기울어지지 않도록 세기의 균형을 맞춘다.

2. 기울기 조절(좌우) : u_1 과 d_1 의 세기는 고정하고 왼쪽/오른쪽으로 기울여 질 수 있도록 r 과 l 의 반발력 세기를 조절한다.

3. 기울기 조절(앞뒤) : 앞으로 기울게 할 경우 r_1 , l_1 의 세기를 비슷하게 유지하면서 낮추고 r_3 , l_3 의 세기를 비슷하게 하면서 높인다. 뒤로 기울일 경우 이와 반대로 한다.

4. 위치 조절 : 오른쪽으로 이동할 경우 왼쪽 세 개의 자석을 반발식으로, 오른쪽 세 개의 자석을 반발식으로 하되 왼쪽의 반발력을 오른쪽보다 더 강하게 한다. 이때 흡인식 자석 u_1 , d_1 은 중간에 있을 때보다 세기를 높인다.(반발력에 의해 떨어지지 않도록) 왼쪽 이동의 경우 반대로 세기를 주면 된다.

위의 설명 중 세기를 세게 하고 적게 한다는 것은 절대적인 값의 표현이 아닌 상대적인 값이다. 절대적인 자석의 자기력은 디스플레이의 무게와 높이 등에 따라 다르기 때문에 따로 기재하지 않는다. p_c 는 항상 바닥과 흡인식을 유지하고 p_l , p_r , p_b 는 항상 바닥과 반발식을 유지한다. 이때 중요한 점은 p_b , p_l , p_r 은 삼각형 모양을 이루어야 하며 p_c 는 가급적이면 삼각형의 무게중심에 위치하도록 해야 한다는 점이다.

2.2.2 Structural formula of arrangement

배열 구조식 자석 배치는 하단에 배열 구조로 전자석을 배치한다. 또한 디스플레이가 균형을 쉽게 잡을 수 있도록 디스플레이 바닥에 있는 영구자석을 3각형 구조로 배치, 각 꼭지점과 무게중심에 각각 1개씩 총 4개의 자석을 배치한다. 그림 2를 보도록 하자.

2.2.3 Control

0. 초기 위치 : p_c 밑에 있는 자석들은 p_c 가 흡인식이 되도록 하고 p_l , p_b , p_r 은 반발식이 되도록 한다. 이때, p_b , p_l , p_r 은 삼각형 모양을 이루어야 하며 p_c 는 가급적이면 삼각형의 무게중심에 위치하도록 한다.

1. 높이 조절 : 높이를 높이려면 p_c 의 세기는 유지하고 p_r , p_l , p_b 의 반발력이 커지도록 배열자석의 세기를 조절한다. 높이를 낮추려면 반발력의 세기를 낮추면 된다.

2. 기울기 조절(좌우) : 왼쪽으로 기울일 경우 왼쪽에 위치한 자석들의 세기를 낮추고 오른쪽 자석들의 세기를 높인다.

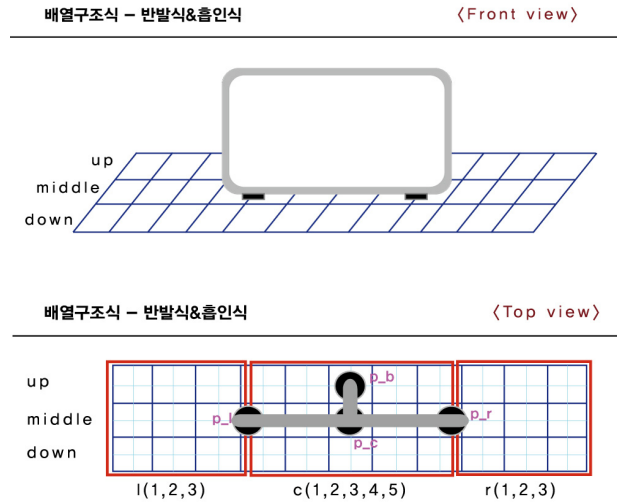


Figure 2. Example of structural formula of arrangement

3. 기울기 조절(앞뒤) : 앞으로 기울게 할 경우, up 에 위치한 자석들의 반발력 세기를 높이고, $down$ 에 위치한 자석들의 세기를 낮춘다. 이때, p_c 는 바로 밑 자석들과 흡인식이 되도록 한다.

4. 위치 조절 : 디스플레이를 이동시킬 경우 초기 위치에서 맞추어둔 배열대로 전압의 세기를 이동시킨다. 즉, 위에서 보았을 때 오른쪽으로 1칸만큼 이동한다고 하면, $l(1,2,3)$ 의 자석 세기를 그대로 $l(2,3)$ $c(1)$ 에 적용하고 $c(1,2,3,4,5)$ 는 $c(2,3,4,5)r(1)$ 으로, $r(1,2)$ 는 $r(2,3)$ 에 적용한다. 즉, 원위치에 있을 때의 자석 세기대로 배열을 움직이면 디스플레이 또한 바닥에 위치한 자석의 세기에 따라 이동하게 된다.

3. Results

본 연구는 디스플레이 장치를 자기 부상시키고, 자기 부상된 디스플레이 장치를 제어하는 자기 부상 디스플레이 제어 시스템에 관한 것이다. 우리는 디스플레이 장치의 위치, 기울기, 높이 등의 조절 시 디스플레이 장치 제어시스템을 제공하고자 본 논문에서 제안 장치에 대한 설계와 구현방법에 대해 설명하였다. 제안하는 자기 부상 디스플레이 제어 시스템은, 둘 이상의 영구 자석을 구비하는 디스플레이장치, 상기 영구 자석과 상호작용하여 반발력 및 흡입력을 발생시키는 둘 이상의 전자석, 및 상기 둘 이상의 전자석을 제어하여 상기 디스플레이 장치를 부상시키며, 부상된 디스플레이 장치의 이동 및 기울기, 그리고 높

이 등을 제어하는 제어부가 필요하다. 이 방법은 기존의 디스플레이 장치인 평면형 모니터에 적용 가능하며, 모니터를 설치하는 선반 혹은 책상이 있는 가정과 사무실 등 실내에 적합하다. 본 연구는 사용자의 조작에 의하여 사용자가 디스플레이의 접촉 없이 또는 별다른 힘을 사용하지 않고서도 사용자가 원하는 위치, 기울기, 높이로 디스플레이 장치를 조절할 수 있어 신체적인 편안함을 향상시키고, 디스플레이 장치의 위치 제어에 용이함을 줄 수 있다.

3.1 Distinguishable features of two different systems

본 연구에서는 효율적인 자기부상 디스플레이 제어의 방법으로써의 다음과 같은 두 가지 형태를 제안한다. 바닥의 전자석을 육각형 구조로 배치한 육각 구조식과 수많은 자석을 배치한 배열 구조식 두 가지로 구현이 가능하다. 본 연구에서 제안한 두 개의 구조는 다음과 같은 특징과 장단점을 가진다.

3.1.1 Feature of structural formula of six angular

i) 특징

1. 상단과 하단에 영구자석과 반대 극성의 흡인식 전자석 설치. 디스플레이를 안정감 있게 부상시킬 수 있도록 잡아주는 역할을 함. 높이 조절 기능도 같이함.
2. 하단에 앞뒤, 좌우로 흡인식, 반발식이 모두 가능한 전자석 배치. 디스플레이 높이, 이동, 기울기 제어하는데 사용.
3. 상단과 하단의 흡인식 자석은 디스플레이가 고정된 높이에 있을 수 있도록 전압을 조절하고 좌우의 육각 구조를 이루는 반발식, 흡인식 자석들은 자기력의 방향과 세기를 변화시키면서 디스플레이를 이동시키고 기울기를 제어하는 역할을 함.

ii) 장점

- a. 적은 수의 자석으로 디스플레이 제어 가능. (보다 쉬운 제어 알고리즘 적용 가능)
- b. 바닥 면적을 적게 차지함.
- c. 가격적인 측면에서 유리.

iii) 단점

- a. 상단부에 흡인식 자석을 설치해야 안정적임.
- b. 상대적으로 불안정적인 제어. 정밀도가 떨어짐.
- c. 좌우로 이동할 수 있는 폭이 한정적임.

3.1.2 Feature of arrangement structural formula

i) 특징

- a. 하단에 앞뒤, 좌우로 배열구조 전자석 배치. 디스플레이의 이동 가능 범위 보다 조금 넓게 배치되어 있음.
- b. 디스플레이에는 삼각형 구조로 영구자석 배치. 강한 영구 자석 사용.
- c. 각각의 전자석의 극의 방향과 세기를 제어함으로써, 상단부에 자석을 부착할 필요 없이 높이와 기울기를 제어할 수 있음.

ii) 장점

- a. 상단의 흡인식 자석 없이 사용 가능.
- b. 안정감 있고 정밀한 제어가 가능.
- c. 디스플레이의 상단에도 자석이 들어갈 필요가 없음.

iii) 단점

- a. 제어할 자석의 수가 많음. 자석의 수가 많음으로 인해, 시스템에서 사용하는 소비전력이 상대적으로 더 큼.
- b. 디스플레이의 하단 구조가 면적이 있어야 하는 구조.
- c. 디스플레이의 상단부가 강한 충격을 받을 경우 넘어갈 위험이 있음.

3.2 User interface of proposed method

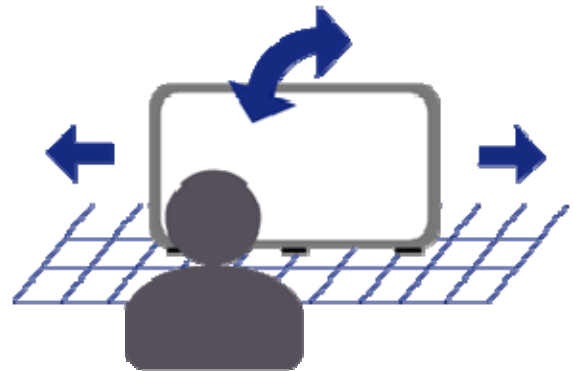


Figure 3. User interface of proposed method

사용자는 그림 3에서 보는 바와 같이 본 제안하는 제어장치를 적용한 모니터를 사용할 수 있다.

3.3 Applications

본 연구의 결과물은 다음과 같은 어플리케이션의 적용이 가능하다. 먼저, 테블릿PC와 같이 고정이 불가능한 소형 디스플레이의 거치대와 같은 용도로도 사용 가능하다. 사용자가 특정 위치에 테블릿PC를 거치해

놓고자 할 때, 또한 거치한 디스플레이가 사용자의 눈 높이에 맞게 자동 조정할 수 있게 한다면 본 기술을 사용할 수 있을 것이다. 또한, 본 기술을 적용하면 한 개의 디스플레이뿐만 아니라 여러 개의 디스플레이를 원하는 대로 쉽게 위치를 바꾸거나 배치를 할 수 있다. 여러 개의 디스플레이를 가지고 작업하는 사용자들에게 유용한 어플리케이션으로 사용될 수 있다.

마지막으로, 본 연구에서 제안한 자기부상 제어기술을 응용하여 디스플레이뿐 아니라 조명, 스피커, 가구, 가전제품, 웨어러블 컴퓨터 등 사용자의 편의에 따라 위치를 이동시키거나 기술기를 변화시키는 제품 모두에 사용할 수 있다.

4. Conclusion

본 제안연구에서는 자기 부상되는 디스플레이 장치를 사용자에게 제공함으로써, 차세대 모니터의 형태를 제안한다. 이는 신체적인 사용상의 이득뿐 아니라, 사용자의 감성적 충족감, 심미적 만족감을 향상시키는 데에도 도움이 될 수 있다. 제안하는 디스플레이 장치의 비 접촉 자동 조절 기능은 가정용 및 사무용 디스플레이 모니터의 대체가 가능함과 동시에 추가로 신체가 불편한 사람, 노약자, 여자, 어린이 등에게 유용하게 이용될 수 있다.

제어 알고리즘은 추후 연구로서 시뮬레이션과 실험을 통해 가장 효율적인 제어기법을 연구하여 본 제안 기술을 구체화 하도록 한다.

Acknowledgements

"This research was supported by the MKE(The Ministry of Knowledge Economy), Korea, under the "IT Consilience Creative Program" support program supervised by the NIPA(National IT Industry Promotion Agency)" (NIPA-2013-H0203-13-1002)

References

R. Burgess-Limerick, A. Plooy, K. Fraser, D.R. Ankrum, *The influence of computer monitor height on head and neck posture,*

International Journal of Industrial Ergonomics 23 (1999) 171-179

Carolyn M. Sommerich, Sharon M. B. Joines and Jennie P. Psihogios, *Effects of Computer Monitor Viewing Angle and Related Factors on Strain, Performance, and Preference Outcomes,* Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society Spring vol. 43 no. 1 39-55, 2001

Peter J. Berkelman, Ralph L. Hollis, *Lorentz Magnetic Levitation for Haptic Interaction: Device Design, Performance, and Integration with Physical Simulations,* The International Journal of Robotics Research, 2000.

Ahmed El Hajjaji, M Ouladsine, *Modeling and Nonlinear Control of Magnetic Levitation Systems,* IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 48, NO. 4, AUGUST 2001.

Oui-Serg Kim, Sang-Ho Lee, and Dong-Chul Han, *Positioning Performance and Straightness Error Compensation of the Magnetic Levitation Stage Supported by the Linear Magnetic Bearing,* IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 50, NO. 2, APRIL 2003

Mir Behrad Khamesee, Norihiko Kato, Yoshihiko Nomura, Tatsuya Nakamura, *Design and Control of a Microrobotic System Using Magnetic Levitation,* IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, VOL. 7, NO. 1, MARCH 2002

Author listings

Young Hoon Shin: yh.s@yonsei.ac.kr

Highest degree: Undergraduate, Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

Position title: Graduated Student, School of integrated technology, Yonsei University

Areas of interest: Product Design, Service Design, Integrated Design Process

Da Young Ju: dyju@yonsei.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Media Technology, Sogang University

Position title: Assistant Professor, Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University

Areas of interest: Ergonomics, HCI, NUI, Service Design, Smart Mobile Applications