

# POV 현상을 이용한 프로펠러 디스플레이

이동욱\* · 가두영\* · 이동호\* · 박용욱\*\*

Propeller Display Using POV Phenomenon

Dong-Uk Lee\* · Doo-Young Ga\* · Dong-Ho Lee\* · Yong-Wook Park\*\*

## 요약

본 연구에서는 POV(Persistence of Vision) 현상을 활용한 프로펠러 디스플레이를 제작하여 기존 디스플레이(CRT, LCD, LED 등)를 이용하는 것보다 저전력, 간단한 구성, 더 매력 있는 생김새를 가지는 고효율 디스플레이의 동작 특성을 연구하였다. Hall 센서를 사용하여 기준점을 설정한 후 앱 프로그램을 기반으로 제작한 핸드폰 애플리케이션을 통해 채널 인식 신호 및 음성인식 신호를 Bluetooth를 사용하여 디스플레이에 표시하고 전달받은 동작 명령에 따라 명령을 수행하도록 디스플레이를 설계 제작하였다. 실험 결과, 모터 속도 1,030rpm에서 원하는 정보가 디스플레이 화면상에 최적으로 표현되는 동작 특성을 확인하였다.

## ABSTRACT

In this study, we have researched for a high-efficiency display with low power, less complicated configuration, and more attractive features than using conventional displays (CRT, LCD, LED, etc.) by manufacturing a propeller display using the POV(Persistence of Vision) phenomenon. After setting the reference point using the Hall sensor, the channel recognition signal and voice recognition signal are transmitted to the display using Bluetooth through the mobile phone application created based on the App program, and the display performs different operations according to the commanded Bluetooth signal. Finally, it was confirmed that the desired information is expressed on the display screen at a motor speed of 1,030 rpm.

## 키워드

POV Display, Power Saving, Multi-function, Bluetooth, Voice Recognition  
잔상 효과 화면, 절전, 다기능, 블루투스, 음성 인식

## 1. 서론

현대 시대에서 디스플레이를 설계하는 가장 중요한 요인 중 하나는 에너지이다. 이를 해결하기 위해 에너지 소비감축과 이용효율을 증대시킴으로써, 에너지 소

비를 줄이기 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 그림 1을 보면 현재 디스플레이 시장에서 대세를 이루고 있는 LCD의 수요는 꾸준히 하락하고 있다. 그에 비해 다른 디스플레이의 수요는 증가할 전망이다. 따라서 다양해지는 디스플레이 속에서 선택받기 위해

\* 남서울대학교 전자공학과 (ee1@nsu.ac.kr, gawn2@naver.com, ccdonghc98@naver.com)

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2022. 09. 22

• 수정완료일 : 2022. 11. 01

• 게재확정일 : 2022. 12. 17

• Received : Sep. 22, 2022, Revised : Nov. 01, 2022, Accepted : Dec. 17, 2022

• Corresponding Author : Yong-Wook Park

Dept. of Electronic engineering, Namseoul University,

Email : pyw@nsu.ac.kr

더 경쟁력 있는 디스플레이를 만드는 것이 매우 중요하다. 다른 디스플레이와의 경쟁에 있어서 디스플레이를 만들 때 고려해야 할 중요한 요인이 되는 것 중 하나는 바로 비용이다.

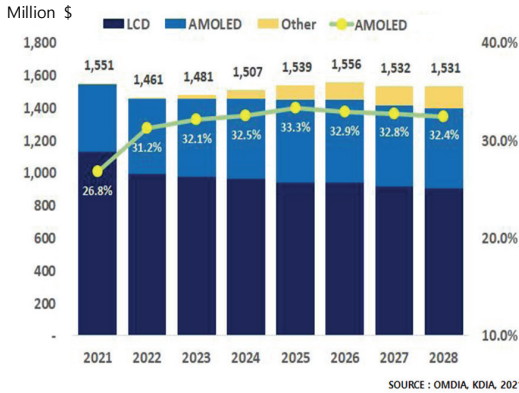


그림 1. 디스플레이 시장의 전망  
Fig. 1 Market prospect of display

소비자의 관점에서 고려해야 할 비용은 구매 비용과 유지 비용이다. 따라서 저전력의 고효율 제품을 사는 것은 소비자의 가장 큰 고려사항 중 하나이다. 따라서 해당 논문에서는 기존 디스플레이(CRT, LCD, LED)들보다 저전력 고효율 디스플레이를 구현하는 방법론으로 POV 현상을 활용한 프로펠러 디스플레이를 연구하였다[1-3]. POV(Persistence of Vision)는 사람의 눈이 이미지를 제거한 후에도 1/16 동안의 이미지를 유지하는 현상을 의미한다. 프로펠러를 DC 모터로 이룬 시일 안에 회전시켜 POV 현상이 발생하게 함으로써 정보를 표시하고 스마트폰 앱 애플리케이션을 제작하여 마이크로프로세서와 연결된 Bluetooth 통신을 이용하여 아날로그 시계, 디지털시계, 메시지, 분당 회전수를 출력하는 저전력의 다기능 디스플레이를 구현하는 것을 목표로 연구를 수행하였다[4-7].

## II. POV 프로펠러 디스플레이 설계

그림 2는 본 논문에서 설계하고자 하는 POV 프로펠러 디스플레이의 전체 구성도이다. 시스템 설계를 위해서 최대 4,000rpm의 출력을 내는 DC 모터 1개,

5mm Red LED 11개, 5mm Blue LED 5개 아두이노 nano every 1개, 9V 배터리 1개, 홀 센서 1개, 자성체 1개와 앱 애플리케이션 사용을 위한 블루투스 모듈 한 개와 별도의 핸드폰 한 대가 사용되었다. 회전체가 한 바퀴 회전할 때마다 현재 적용 중인 모드의 알맞은 화면을 LED 잔상효과에 의해 하나의 정적인 화면처럼 나타내며, 앱 애플리케이션에 버튼 또는 음성인식에 의해 모드 변경을 제어하도록 구성하였다.

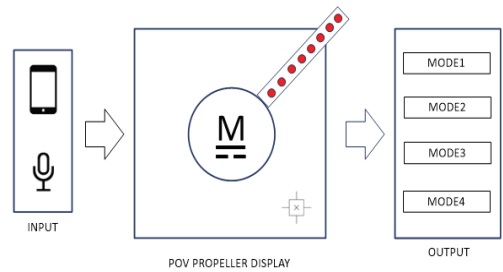


그림 2. POV 프로펠러 디스플레이의 구성도  
Fig. 2 Configuration of the POV propeller display

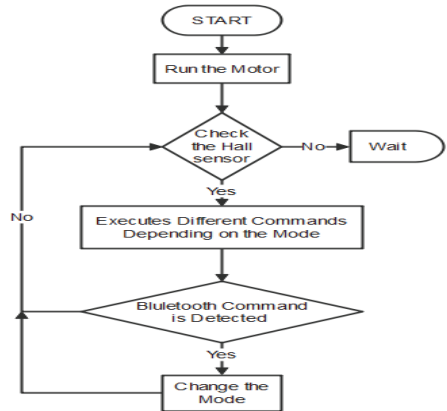


그림 3. POV 프로펠러 디스플레이의 동작 알고리즘  
Fig. 3 Operation Flow Chart of POV propeller display

그림 3은 POV 프로펠러 디스플레이의 동작 알고리즘이다. 모터를 회전시키면 회전체가 움직이게 되고 회전체에 달린 홀 센서가 자석의 인식 범위 안에 들어오면 홀 센서의 논리값이 1에서 0으로 바뀌게 된다.

홀 센서의 논리값이 Toggle 하게 되면, 모터 회전 속도에 따라 이른 시일 안에 LED를 ON/OFF를 반복하며 명령을 수행한 뒤에 들어온 블루투스 명령 값이 있는지 확인한다. 들어온 명령이 있다면 명령에 따라 모드를 변경하고 다시 홀 센서의 논리값 확인으로 돌아간다. 본 논문의 POV 프로펠러 디스플레이의 모드 제어 방법으로 블루투스를 사용한 앱 애플리케이션을 사용하였다. 앱 애플리케이션은 그림 4와 같이 구성되었다.



그림 4. 앱 애플리케이션 메인화면  
Fig. 4 Main screen of app application

상단의 Bluetooth를 클릭하면 원하는 블루투스와 연결을 할 수 있고, 연결 후에는 “연결되었습니다.”라는 음성을 출력한다. 연결 방법 중 음성인식의 경우 모드 변경만 가능하며, 마이크 버튼을 터치하면 음성인식을 시작한다. mode 1은 “아날로그 시계 띄워 줘” 혹은 “모드 1”이라는 음성 명령에 따라 변경되며, mode 2는 “디지털시계 띄워 줘” 혹은 “모드 2”라는 음성 명령에 따라 mode 3은 “메시지 띄워 줘” 혹은 “모드 3”이라는 음성 명령에 따라 mode 4는 “속도 측정해 줘” 혹은 “모드 4”라는 음성 명령에 따라 각각 변경되며, 각 모드로 변경 시 애플리케이션에서 모드 변경이 완료되었음을 알려주는 음성을 출력한다. 버튼을 통한 동작은 다음과 같다[8]. ‘Analog Watch

Mode’, ‘Digital Watch Mode’, ‘Message Mode’, ‘Speed Measure Mode’라는 버튼을 누르면 해당 모드가 화면상 출력된다. 마찬가지로 ‘Disconnect’ 버튼은 블루투스 연결/해제 제어가 가능하며, ‘1 Minute Up’, ‘5 Minute Up’은 디지털시계 모드와 아날로그 시계 모드의 분 증가 동작을, ‘1 Hour Up’은 시간 증가 동작을 제어하며 ‘AM/PM’이라는 버튼은 디지털시계의 AM/PM 표시를 제어한다. ‘Move Letters Clockwise’, ‘Move Letters Counterclockwise’는 반시계 방향으로 글자를 이동시킨다. 글자 옮기기는 디지털시계 모드, 메시지 모드, 속도 측정 모드에서만 사용할 수 있다.

POV 프로펠러 디스플레이의 기본 동작 방식은 LED가 각 회전 및 회전 속도에 비례하여 정확히 같은 위치에서 ON/OFF를 하며 모터의 속도는 잔상효과가 일어날 만큼 빠르게 돌아 인간의 눈이 감지할 수 없어서 깜박임 사이에 LED의 가동 중지 시간이 지속해서 켜져 있어 보이는 원리로 동작한다. POV 프로펠러 디스플레이는 LED 디스플레이와 유사하지만 시프트 레지스터를 사용하여 열을 통해 데이터 이동하는 LED 디스플레이와 다르게 단일 열 LED가 있는 프로펠러 사용하여 정보를 나타낸다.

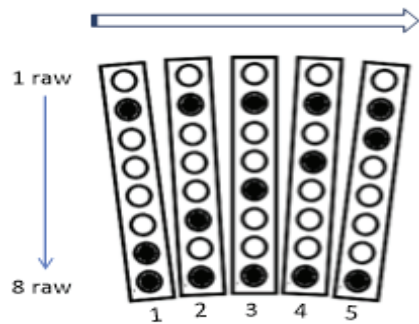


그림 5. POV 프로펠러 디스플레이 알고리즘  
Fig. 5 Algorithm of POV propeller display

그림 5에서 ‘1’ 상태에서는 2, 7, 8열의 LED가 켜져 있고 ‘2’ 상태에서는 2, 6, 8열의 LED가 켜져 있는 것을 나타낸다. 프로펠러의 단일 열 LED가 DC 모터에 의해 회전하면서 ‘1’ 상태의 동작을 하다가 다시 ‘2’ 상태의 동작을 할 때, ‘1’ 상태는 이미 과거의 사건이지만, 빠른 모터의 회전으로 POV 현상을 만족시켜서

이미지가 유지된다. 프로펠러 하나에 의해 일어난 사건 '1', '2', '3', '4', '5'는 모두 이른 시일 안에 일어난 개별 사건이지만 POV 현상을 만족시켜 눈으로는 동시에 인식되어 관찰자의 관점에서 하나의 사건으로 인식된다. 결론적으로 프로펠러의 개별 사건들의 잔상이 눈으로 이미지화되어 그림 5의 문자 'Z' 같이 표현된다.

### III. 실험 및 고찰

모터의 속도는 잔상효과를 일으킬 만큼 빠른 속도를 가져야 하며, 이론상으로 한 바퀴를 도는 데 걸리는 시간이 1/16초 이하여야 하므로, 모터는 초당 16번 이상 회전해야 한다. 따라서 이론적으로 요구되는 모터의 최소 속도는 960rpm인 것을 고려하여 디스플레이를 정면에서 바라봤을 때 생기는 플리커 정도를 실험하여 디스플레이로 적절함을 고려하여 표 1을 통해 도시하였다. 실험 결과 모터가 최소 950rpm의 속도로 동작해야 하며 1,030rpm에서 플리커 현상이 없는 화면이 나온다는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서, 최적의 동작특성을 구현하기 위해 모터 구동속도는 1,030rpm 선택하였다.

표 1. 화면 플리커 현상 실험 결과  
Table 1. Screen flicker test result

Case	Motor speed [rpm]	degree of blinking
1	750	inappropriate
2	800	inappropriate
3	850	inappropriate
4	900	a little appropriate
5	950	appropriate
6	1000	appropriate
7	1030	very appropriate
8	1200	perfection

홀 센서의 적절한 스위칭 거리를 설계하기 위해서 자석을 고정된 뒤 홀 센서와 자석 간의 거리를 측정하여 논리값이 Toggle 되는 거리를 측정하는 실험을 진행하였다. 홀 센서는 자석과 닿는 순간에만 Toggle

되어야만 정보를 나타내는 시작점을 고정하기 원활하므로 홀 센서와 자석 간의 거리가 멀거나 가까우면 안 된다. 표 2와 같은 실험 결과를 바탕으로 홀 센서와 자석간의 거리는 1.4cm로 고정했다.

표 2. 홀 센서 거리별 인식율 실험  
Table 2. Hall sensor recognition success test by distance

#	Distance (cm)	Success rate		
		Number of test	Number of success	Success rate
1	2	30	0	0
2	1.9	30	0	0
3	1.8	30	0	0
4	1.7	30	0	0
5	1.6	30	0	0
6	1.5	30	8	26.67
7	1.4	30	30	100

POV 프로펠러 디스플레이가 본래 목적인 저전력의 덜 복잡한 구성을 가지는 고효율 디스플레이로 볼 수 있는지 알아보기 위하여 LED의 회전에 따라 생기는 POV 현상 대신 행과 열의 순차 점멸로 인하여 생기는 POV 현상을 활용한 Dot-Matrix의 'dynamic 구동 방식'과 모든 LED가 켜진 상태로 두는 LED 디스플레이와 같은 방식인 Dot-Matrix의 'static 구동 방식' 총 두 가지와 비교하였다. 먼저 각 방식의 전력량을 비교하기 위하여 하드웨어에 사용된 Red LED와 Blue LED의 전력량을 멀티미터를 통해 얻어낸 전압과 전류의 곱에 의한 수식을 세워 구해보았다.

표 3. 하드웨어 구성 요소 측정값  
Table 3. Measurements of hardware components

Components	resistance	Red LED	Blue LED	Motor
current [mA]	-	14.35	9.96	720
Dropped Voltage [V]	-	4.35	4.48	4.5
resistance [ $\Omega$ ]	151	173.88	176	-
Minimum current [mA]	-	5	6	-

계산에 앞서 수식에 사용된 구성 요소들의 측정값은 표 3과 같다. 인가 정격전압은 5V이다. 측정값을 토대로 Red LED의 사용 전력량, 적절한 회도가 유지되는 최소 전력량, Blue LED의 사용 전력량, 적절한 회도가 유지되는 최소 전력량, DC 모터의 사용 전력량을 이용하여 같은 글자를 표기하는데 사용되는 전력을 Dot-Matrix와 비교하기 위하여 메시지 모드에 글자 'POV DISPLAY'를 표기하기 위해 사용되는 전력을 서로 비교하여 소비전력량 특성을 확인하였다. 글자 표기에 사용되는 LED 7개 중에서 위에 3열은 Red LED에 의하여 표기되고 아래 4열은 Blue LED에 의하여 표기된다. 그림 6과 같은 화면을 나타내는데 필요한 전력을 구하면, POV 프로펠러 디스플레이의 경우 Red LED 3개와 Blue LED 4개 그리고 DC 모터에 사용되는 전력의 합으로 구할 수 있다



그림 6. 메시지 모드 POV DISPLAY  
Fig. 6 Display the text "POV DISPLAY" in message mode

마찬가지로 Dot-Matrix의 'dynamic 구동 방식'의 경우 Red LED 3개와 Blue LED 4개 사용되는 전력의 합이며, Dot-Matrix의 'static 구동 방식'과 같은 LED 디스플레이의 경우 그림 6과 같은 화면을 나타내기 위해서는 Red LED 49개와 Blue LED 96개 사용되는 전력의 합으로 구하였다. 표 4에 결과에서 나타나는 것처럼 POV 프로펠러 디스플레이가 LED 디스플레이보다 소비되는 전력이 더 적지만 반대로 Dot-Matrix와 비교해 더 고전력임을 알 수 있다[9, 10].

표 4. 디스플레이별 전력 비교  
Table 4. Power Comparison by Display

Display	POV DISPLAY	Dot-Matrix	LED DISPLAY
Need red LED Power [mW]	187.2	187.2	3057.6
Need blue LED Power [mW]	178.48	178.48	4283.52
Need Motor Power	3240	0	0
Using Power [mW]	3605.68	365.68	7341.12
Minimum Power [mW]	3412.77	172.77	3646.23
Need materials	little	many	many

#### IV. 결 론

본 논문에서는 디스플레이 시장에서 LCD 디스플레이를 대체할수 있는 고효율, 저전력 디스플레이로 POV 프로펠러 디스플레이를 연구하였다. LED로 행과 열을 만드는 Dot-Matrix 방식을 대신하여 일렬의 LED 프로펠러의 회전이 만드는 잔상에 의해 정보를 표시하는 방법으로 가격을 낮추고, 앱 애플리케이션과 블루투스 통신을 이용한 모드별 음성인식과 버튼을 이용한 무선 제어가 가능하며 시간, 메시지, 모터 속도 등의 정보를 표시할 수 있는 POV 프로펠러 디스플레이를 제작 연구하였다. 동작 특성을 비교하여 LED 디스플레이보다 더 저전력이고 적은 소자를 사용하는 고효율의 디스플레이임을 확인하였다. 그러나 모터 기동 시 화면이 일그러지는 현상과 모터의 소음 문제, 지속적인 사용 시 모터 브러시 마모로 인한 요구 전력량 증가 등의 문제가 존재하여 향후 보완 연구를 통하여 이와 같은 문제를 해결하고자 한다.

※ 위 논문은 “2022년 봄철학술대회 우수논문”입니다.



## References

- [1] K. Dewangan, A. Dansena, and S. Manihar, "The Design and Construction of a low cost Propeller Led Display," *Global Journal of researches in engineering Electrical and electronics engineering*, vol. 12, no. 4, 2012, pp. 19-32.
- [2] C. Yoon, G. Kim, and C. Jang, "Design of Embedded platform based on Android," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences* vol. 8, no. 10, 2013, pp. 1545-1552.
- [3] Y. Joo, "Facility Maintenance Management System Using a Mobile Application," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 5, 2012, pp. 1145-1151.
- [4] H. Lee and J. Oh, "Design and Implementation of a Small Server Room Environment Monitoring System by Using the Arduino," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 385-390.
- [5] H. Lee and J. Oh, "Design and Development of Health Screening Data Input Mobile Application Using App-Inventor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 1, 2018, pp. 193-198.
- [6] A. Dhruv, D. Shah, D. Shah, A. Raikar, and S. Bhattacharjee, "Wireless Remote Controlled POV display," *International Journal of Computer Applications*, vol. 115, no. 7, Apr. 2015, pp. 4-9.
- [7] N. Dhamodharan and R. Karrthik, and V. Heamanthraj, "POV Propeller Display Based on Arduino With Bluetooth Control," *International journal for research & development in technology*, vol. 6, no. 5, 2016, pp. 217-224.
- [8] B. Lee and H. Lee, "Application of Temperature Sensor and Magnetic Hall Sensor," *J. of The Korea Society of Electronic Engineering*, vol. 6, no. 3, 2016, pp. 215-225.
- [9] W. Son and E. Kim, "Subtitle Automatic Generation System using Speech to Text," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 81-88.
- [10] K. Lee and M. Jang, "Design of Compensation Circuits for LED Fault in Constant Current Driving," *J. of the Korea*

*Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 1, 2022, pp. 71-76.

## 저자 소개



### 이동욱(Dong-Uk Lee)

2017년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2022년 08월 남서울대학교 전자  
공학과 졸업예정

※ 관심분야 : 반도체, 마이크로프로세서,



### 가두영(Doo-Young Ga)

2017년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2023년 남서울대학교 전자공학과  
졸업예정

※ 관심분야 : 센서응용



### 이동호(Dong-Ho Lee)

2017년 3월~현재 남서울대학교  
전자공학과 재학  
2023년 남서울대학교 전자공학과  
졸업예정

※ 관심분야 : 전자회로



### 박용욱(Yong-Wook Park)

1989년 2월 연세대학교 전기공학과  
졸업(공학사)  
1991년 8월 연세대학교 대학원  
전기공학과 졸업(공학석사)

1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업  
(공학박사)

2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과  
교수

※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서