

전도성 원단을 활용한 터치센서 원리 및 특성

(Principle and Characteristics of Touch sensor Utilizing Conductive Fabric)

김 대 원[†], 이 재 성[‡], 박 태 상[‡], 이 성 훈^{*‡}

[†]대구경북과학기술원 기초학부, [‡]대구경북과학기술원 미래자동차연구부

(Daewon Kim[†], Jaeseong Lee[‡], Taesang Park[‡], Seonghun Lee^{*‡})

([†]School of Undergraduate Studies DGIST., [‡]Research Division of Automotive Technology DGIST)

Abstract : In this paper, we introduce research on the principles and characteristics of touch sensors using conductive fabrics. The touch sensor integrated into automotive steering wheel plays an important role in detecting the driver's grip on steering wheel or not. Throughout this study, we analyze the structure and principles of touch sensors and conduct various experiments to investigate the characteristics of capacitance variation.

Keywords : 터치센서, 정전용량, 전도성 원단, 스티어링 휠

I. 서 론

ICT 기술의 급속한 발달로, 사회 전반에 디지털 제품이 보편화되면서, 스마트폰, 패드 등과 같이 다양한 제품에 터치센서의 적용이 늘어나고 있다. 터치센서는 구동 원리에 따라 저항막 방식, 정전용량 방식, 적외선 방식, 초음파 방식 등으로 구분된다. 정전용량 터치센서의 작동원리는 크게 2가지로 터치센서에 물체가 접촉하면서 증가한 정전용량을 감지하는 자기 정전용량(Self Capacitance) 방식과 2개의 전극 사이에 발생하는 정전용량이 물체가 접촉하며 감소하는 것을 감지하는 상호 정전용량(Mutual Capacitance) 방식이다[1].

자동차에도 여러 부품에 터치센서가 적용되고 있으며, 특히 자율주행 기능의 대표적 부품인 ADAS(Advanced Driver Assistance System)에도 적용되고 있다. ADAS 시스템에서는 운전제어권 전환 기능의 문제

로, 운전자가 스티어링 휠을 손으로 잡고 있는지 여부를 시스템이 정확히 판단해야 한다. 이를 위해 자동차 회사들은 토크센서나 정전용량 터치센서를 활용하여, 운전자의 스티어링 휠 파지여부를 판단하고 있다[2].

정전용량 터치센서는 유연성, 신축성을 갖는 전도성 원단을 이용하여 유도된 정전용량을 감지할 수 있도록 제작되어 있다. 본 연구에서는 스티어링 휠에 적용되는 전도성 원단을 활용한 터치센서 구조와 원리를 분석하고, 실험을 통해 터치센서의 정전용량 변화 특성에 대해 소개하고자 한다[3-4].

II. 전도성 원단을 활용한 터치센서 분석

1. 작동원리

본 연구에서 사용한 터치센서는 정전용량 방식을 이용해 터치를 감지한다. 정전용량은 진공 유전율 ϵ_0 , 비유전율 ϵ_r , 면적 A 에 비례하고 두 전도체 사이의 거리 d 에 반비례한다. 터치센서에서는 2가지 방식으로 정전용량이 유도된다. 첫 번째는 자기 정전용량 방식과 유사하게 전도성 원단 윗면(TOP)과 접촉한 물체 사이에 유도된 정전용량 C_H 이다. 두 번째는 기존의 정전용량 터치센서와는 달리 전도성 원단을 사용하게 되어 전도성 원단 윗면(TOP)과 아랫면(BOTTOM) 사이에 유도되는 정전용량 C_M 이다. C_M 은 전도성 원단 윗면(TOP)에 접촉한 면적 A 과 두

*Corresponding Author (shunlee@dgist.ac.kr)

김대원, 이재성, 박태상, 이성훈: 대구경북과학기술원

※ 본 연구는 2024년도 중소벤처기업부 중소기업기술혁신개발사업(수출지향)[00220424]과 한국전자통신연구원 연구운영지원사업[24ZD1160, 대경권 지역산업 기반 ICT 융합기술고도화 지원사업(모빌리티)]과 산업통상자원부 CAV기반 미래모빌리티 자율주행평가플랫폼 구축 사업(P0025186)의 지원으로 수행되었음.

전도성 원단 사이의 거리 d 에 따라 유도되는 정전용량이 달라진다.

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (1)$$

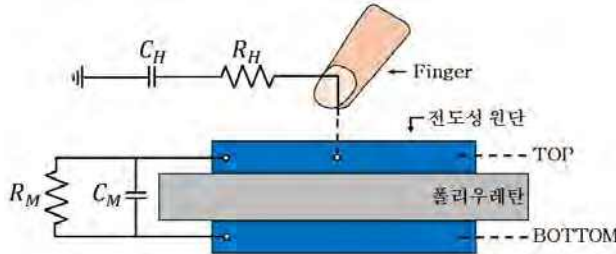


그림 1. 터치센서 모식도와 등가 회로

Fig. 1. Schematic view and the basic equivalent circuit of the touch sensor

$$C_T = C_M + C_H \quad (2)$$

2. 터치센서 실험 및 결과

2.1 실험 방법

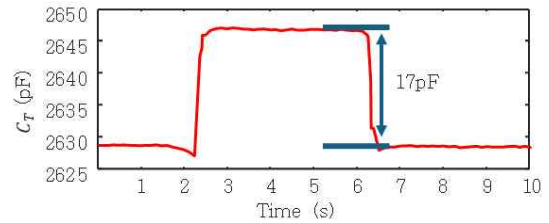
본 실험에 사용된 터치센서는 B사의 스티어링 휠에 탑재된 터치센서이다. 터치센서가 스티어링 휠에 장착된 상태로 측정했으며, 전도성 원단 끝의 커넥터와 LCR 미터를 연결하여 정전용량 C_T 를 측정했다. 터치센서에 104kHz를 가하며, 스티어링 휠 좌, 우측 부분을 손으로 가볍게 움직여주는 세기로 양손과 한손에 대해 정전용량의 변화값을 측정하도록 실험을 수행하였다.

2.2 측정 결과

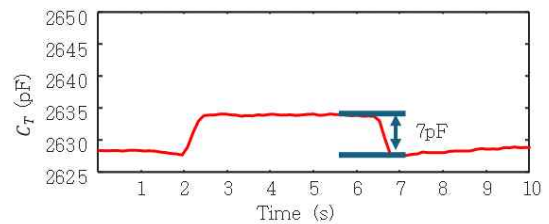
양손과 한손을 각각 경우에 대하여, 스티어링 휠에 접촉하였을 때 정전용량 변화를 측정하였다. 접촉 전, 스티어링 휠의 터치센서는 2627-2628pF의 정전용량 값이 유지된다. 이 값은 C_H 이 유도되지 않고 C_M 에 아무런 변화가 없는 기본 상태의 값이다. 이후 손이 스티어링 휠과 접촉하면 C_H 와 C_M 이 유도되어 C_T 가 증가한다.

그림 2(a) 양손에 대해 스티어링 휠 파지 전/후, 터치센서에 17pF 정전용량 변화가 측정되었다. 그림 2(b) 한손에 대해 스티어링 휠 파지 전/후, 터치센서에 7pF 정전용량 변화가 측정되었다. 실험에서 양손과 한손의 차이점은 터치센서의 전도성 원단 윗면(TOP)에 접촉하는 면적 크기이다. 양손과 한손의 접촉 면적이 2배이며, 정전용량 증가량도 2배임을 확인할 수 있다. 이를 통해 C_M 이 접촉 면적에

비례하여 증가함을 확인했다.



(a) 양손, Two hands



(b) 한손, One hand

그림 2. 정전용량 변화

Fig. 2. Capacitance variation

III. 결 론

본 논문에서는 스티어링 휠에 적용된 전도성 원단을 활용한 터치센서의 특성에 대해 연구하였다. 본 연구는 터치센서에 접촉하는 접촉 면적을 달리 해가며 터치센서의 원리를 분석했다. 양손과 한손의 정전용량 변화 차이를 통해 접촉 면적에 비례하여 정전용량이 증가함을 확인했다. 또한 접촉하기 직전 1-2pF의 정전용량이 일시적으로 감소하는 경향을 볼 수 있다. 이는 유도 정전용량이 전체 정전용량의 변화에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 추후 연구에서는 접촉하는 재료의 변화(맨손, 장갑 등)를 고려하여 연구를 추가로 진행할 예정이다.

References

- [1] 경우석, 홍찬화, 신재현. "터치센서 기술 및 산업 동향," 전자통신동향분석, pp.31-42, 2014.12
- [2] IEE Homepage, www.iee-sensing.com
- [3] 이성훈, 박태상, 이준희, 김기철, 박건영. "전도성 원단 소재를 활용한 자동차 부품 분야 분석", 2023 대한임베디드공학회 추계학술대회, 2023.11
- [4] 박종우, 이명규, 맹주영, 양지현, "스티어링 휠 내부 전도체를 활용한 운전자의 핸드 온/오프 검출", 대한인간공학회 춘계학술대회, 2023.