

# 미끄러운 노면에 적응하는 2족 보행 로봇의 제어

## Control of Biped Locomotion on A Slippery Surface

°권 오 흥°, 박 종 현\*\*

\* 한양대학교 정밀기계공학과 (Tel : 81-2-2297-3786; Fax : 81-2-2298-3634 ; E-mail:chung210@hanmail.net)

\*\* 한양대학교 기계공학부 (Tel : 81-2-2290-0435; Fax : 81-2-2298-3634 ; E-mail:jongpark@email.hanyang.ac.kr)

**Abstract :** biped robots are expected to robustly traverse terrain with various unknown surfaces. The robot will occasionally encounter the unexpected events in made-for human environments. The slipping is a very real and serious problem in the unexpected events. The robot system must respond to the unexpected slipping after it has occurred and before control is lost. This paper proposes a reflex control method for biped robots to recover from slippage. Computer simulations with the 6-DOF environment model which consists of nonlinear dampers, nonlinear springs, and linear springs, show that the proposed method is effective in preventing fall-down due to slippage.

**Keywords :** biped robot, slipping, reflex control , friction, 6-DOF environment model

### 1. 서론

인간이 거주하는 환경은 인간이 생활하기에 적합하도록 설계되고 만들어져 있다. 따라서 로봇이 인간과 동일한 공간에서 거동하고 작업을 수행하기 위해서 다양한 상황에 대처할 수 있는 능력을 가져야만 한다. 특히 인간과 동일한 공간에서 인간과 더불어 생활을 해야 하는 2족 보행 로봇의 경우는 인간이 만들어 놓은 환경에 대처할 수 있는 능력을 보유하는 것은 필요 불가결한 것이다. 로봇이 접하게 되는 환경 중에서 일어났을 때 가장 치명적이고 위험한 경우는 로봇이 미끄러운 노면 위를 걸다가 미끄러지는 경우이다. 이러한 경우는 인간에게도 가끔씩 발생하는 상황으로 로봇도 겪을 수 있는 것이다. 갑작스럽게 일어난 상황에 대하여 인간은 본능적인 반사작용을 이용하여 미끄러지지 않도록 몸을 효과적으로 움직여서 극복할 수 있지만 인간과 같은 반사작용을 가지지 않은 로봇의 경우는 쉽게 미끄러지고 넘어지게 된다.

여러 연구자들이 미끄러운 노면에 대한 극복 방법을 인간의 반사작용을 모방하여 제시하고 있다. 반사작용을 이용한 제어 방법을 사용해서 Wong과 Orin은 Adaptive Suspension Vehicle에 적용하였고[3] Boone와 Hodgins은 호핑 2족 보행 로봇에 적용하였다[2]. 그러나 일반적인 보행 속도와 보폭으로 보행하는 2족 보행 로봇에서 미끄러운 노면에 합리적으로 대처하는 방법은 제시되지 않은 상태이다.

본 논문에서는 그림 1에서와 같이 6자유도의 환경 모델을 가진 12자유도 2족 보행 로봇이 Park과 Chung이 제안한 임퍼던스 제어 방법 [5]을 사용하여 정상보행을 하다가 갑작스럽게 만난 미끄러운 노면상에서 2족 보행 로봇에서 일어나는 현상과 반사 작용을 이용한 제어로 미끄러져서 넘어짐을 극복하는 방법을 제시하고 있다. 미끄러운 노면을 걸을 때 취할 수 있는 보행으로 좁은 보폭으로 빠르게 걷는다거나 발을 미끄러운 노면위로 펼면서 스케이트를 타듯이 걸어가는 보행 방법이 있는데, 본 논문에서는 이러한 보행 방식에 중점을 두지 않고 정상 보행을 수행하면서 극복하는 방법에 관심을 두고 있다.

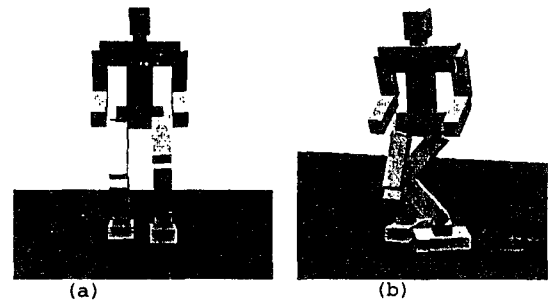


그림 1. 각 6 자유도의 다리를 가진 2족 보행 로봇의 보행 (a) 정상 보행 (b) 미끄러운 노면에서 미끄러져서 넘어지고 있는 로봇

### 2. 반사 작용을 이용한 제어

#### 2.1 미끄러짐의 발생

로봇이 특성을 알고 있는 노면을 걷는다면 미끄러운 노면을 피해서 잘 걸어갈 수 있을 것이다. 그러나 실제 인간도 그러하듯이 갑자기 미끄러운 노면을 만나는 경우가 많으며 아무리 좋은 센서를 사용하더라도 로봇이 미끄러짐을 정확히 파악하지 못하는 상황은 존재하게 된다. 따라서 미끄러짐에 신속하게 대처하는 능력을 로봇은 가지고 있어야 한다.

로봇이 미끄러운 노면을 걸어가는 경우에 스윙상태의 발이 지면에 접촉하는 순간부터 미끄러짐이 발생한다. 일반적으로 인간이 이러한 상황에서 극복하듯이 로봇도 지지 상태의 발이 미끄러운 노면 위에 있지 않으므로 그 발을 기준으로 하여 쉽게 원래의 위치로 돌아오거나 미끄러지지 않도록 할 수 있다. 물론 큰 보폭으로 걷는 경우나 걸어가는 속도가 빠른 경우는 극복하지 못하는 상황이 발생할 수 있다. 그러나 대부분의 2족 보행 로봇은 제어가 충분히 극복할 수 있는 보행을 하기