

# 모션 벡터 기반 자동 점등 가로등 예측기에 대한 연구

박승현, 홍지영, 석민수, 엄진영, 안종석  
 동국대학교 컴퓨터공학과

dgupsh@gmail.com, jiyeonghong814@gmail.com, aksen123@dongguk.edu,  
 mog07@dongguk.edu, jahn@dongguk.edu

## An Autonomous Street Light Switch Based on Motion Vector

Seung-Hyeon Park, Ji-Young Hong, Min-Su Seok,  
 Jin-Young Um, Jong-Suk Ahn

Dept of Computer Science & Engineering, Dongguk University

### 요 약

기존 IoT 스마트 가로등은 모션 감지 센서를 이용하여 보행자를 감지하고, 가로등의 밝기를 조정하는 형태로 구성된다. 하지만 이러한 방법은 보행자가 나아갈 길을 미리 예측하여 밝혀주지 않는다. 특히 기존 방법은 보행자 현재 위치만 밝힐 뿐, 나아갈 길은 어두운 상태이기 때문에 통행에 불편함을 겪고 있다. 본 논문에서는 보행자 경로를 미리 파악하여 가로등 밝기를 조절하는 방식을 소개한다. 보행자의 현재 위치를 파악하기 위해 모션 감지 센서를 이용하며, 보행자 경로 예측은 모션 벡터를 사용하여 가로등 밝기를 조절한다. 이러한 개선을 통하여 보행자의 편의 증대와 범죄 예방 등 긍정적인 효과를 기대 할 수 있다.

### 1. 서론

최근 여러 국가에서 LED 관련 조명 정책을 내세우며 LED 조명 활성화에 나서고 있다[1]. LED 가로등은 기존 전구 가로등에 비해 저전력, 고휘도이며 밝기조절이 가능하여 수명이 길다는 장점이 있어 국내에서도 가로등과 실내조명에 LED 를 적용을 추진하고 있다.

기존 나트륨 가로등으로 스마트 가로등을 구현할 경우, 움직이는 사람이나 물체를 감지하여 조명의 전원을 끄거나 켜는 형태로 기능이 제한되어 있다. 이와 달리 LED 가로등으로 스마트 가로등을 구현할 경우, 조명의 전원을 끄거나 켜는 기능과 더불어 조명의 밝기 조절이 가능해 효과적인 전력 감축과 현실적인 가로등의 역할을 모두 수행할 수 있다. 영국 Telensa 사는 LED 가로등과 IoT(Internet Of Things) 기술을 접목시킨 스마트 가로등을 사용했을 때, 15년간 500%의 감축효과를 예상했다[2].

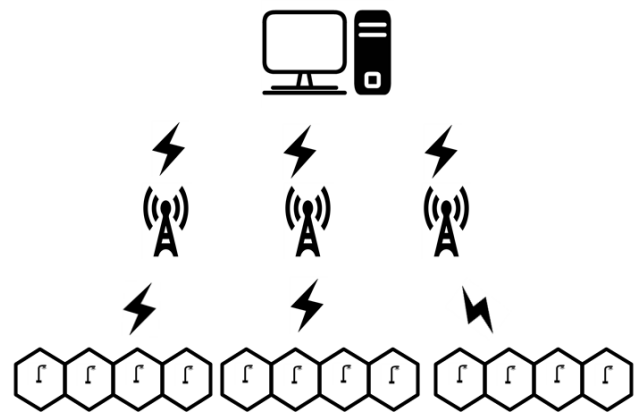
하지만 이러한 스마트 가로등은 가로등에 부착된 센서에 사람이 지나가는 것이 감지되는 경우에만 가로등이 작동된다. 즉, 보행자가 지나갈 경우에만 작동이 되므로, 항상 모든 가로등이 켜져 있는 기존 가로등 환경과 다르게 미리 보행자의 이동경로를 밝혀주지 못한다.

기존 가로등의 기능을 충족하면서 소비전력을 감축하기 위해 지나가는 보행자의 과거 이동 방향을 통해 이동 경로를 예측할 필요가 있다. 본 논문에서는 보행자의 경로를 예측하여 가로등 밝기를 조절하는 SLP(Street Light Predictor) 알고리즘에 대하여 제안한다. 경로 예측을 위하여 모션 감지 센서로 보행자의 위치를 파악하고, 과거 걷는 방향을 토대로 모션 벡터[3]를 구한 후 보행자 경로를 예측하여 가로등의 밝기를 조절한다.

### 2. 기존 연구

#### A. 스마트 가로등 시스템

스마트 가로등 시스템은 9km내 약 5000개의 가로등을 하나의 집합으로 구성하여 BS(Base Station)에 의해 밝기가 조절되고, 이러한 BS들은 하나의 CS(Central System)에 통제된다[2]. 모션 센서가 부착된 가로등은 측정 정보를 BS에 전달한다. 측정된 정보는 UNB(Ultra Narrow Band) 무선 네트워크[4] 통해 CS에 전송된다. CS는 측정 정보를 바탕으로 보행자 위치를 파악하여 보행자가 있다면 조명 밝기를 높이고, 없다면 조명 밝기를 낮추는 명령을 BS에 내린다. 명령을 받은 BS은 자신의 통제 범위 내의 가로등의 밝기를 CS의 명령대로 조절한다.



(그림1) 제안하는 가로등 시스템 토폴로지

이외에도 스마트 가로등에 차량, 날씨, 교통, 공기 오염도

등을 측정하는 센서를 부착함으로써 기상과 교통 관련 부분에서도 활용이 가능하다.

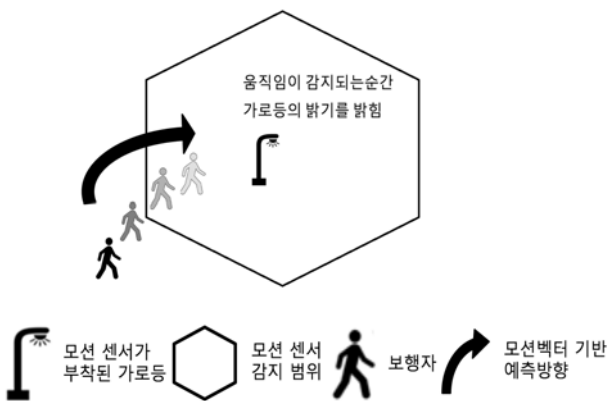
**B. 소프트 핸드오프**

소프트 핸드오프[5]란 단말기가 통화 중에 기지국과 기지국 사이를 이동하더라도 끊김 없는 통화를 유지하며 핸드오프를 수행하는 것으로서, 단말기가 새로운 기지국으로 완전히 옮겨 갈 때까지 이전 기지국의 트래픽 채널을 연결된 상태로 유지하는 것이 특징이다. 이렇게 통화를 연결시켜 주는 것을 Connect before Break 방식이라고 한다. 소프트 핸드오프는 대기 상태에서의 핸드오프와는 달리 단말기가 기지국의 도움을 받아 핸드오프를 수행하도록 되어 있다.

본 논문에서는 소프트 핸드오프 특성을 응용하여 가로등에 접목 시켰다. 즉, 과거 지나왔던 기지국 정보를 토대로 다음 기지국 위치를 예상함으로써 소프트 핸드오프를 시행하는 것처럼, 과거 지나왔던 가로등 정보를 토대로 다음 가로등을 미리 밝힐 수 있게 한다.

**3. 모션벡터 기반 SLP 알고리즘**

기존 스마트 가로등 시스템은 각 가로등에 부착된 모션 센서에 보행자가 감지되었을 때 가로등의 밝기를 올리는 방법으로 동작하였으나, 본 논문에서는 가로등에 부착된 모션 센서 기반으로 미리 보행자의 경로를 예측하여 다음 가로등의 밝기를 미리 올리는 방식으로 동작한다.



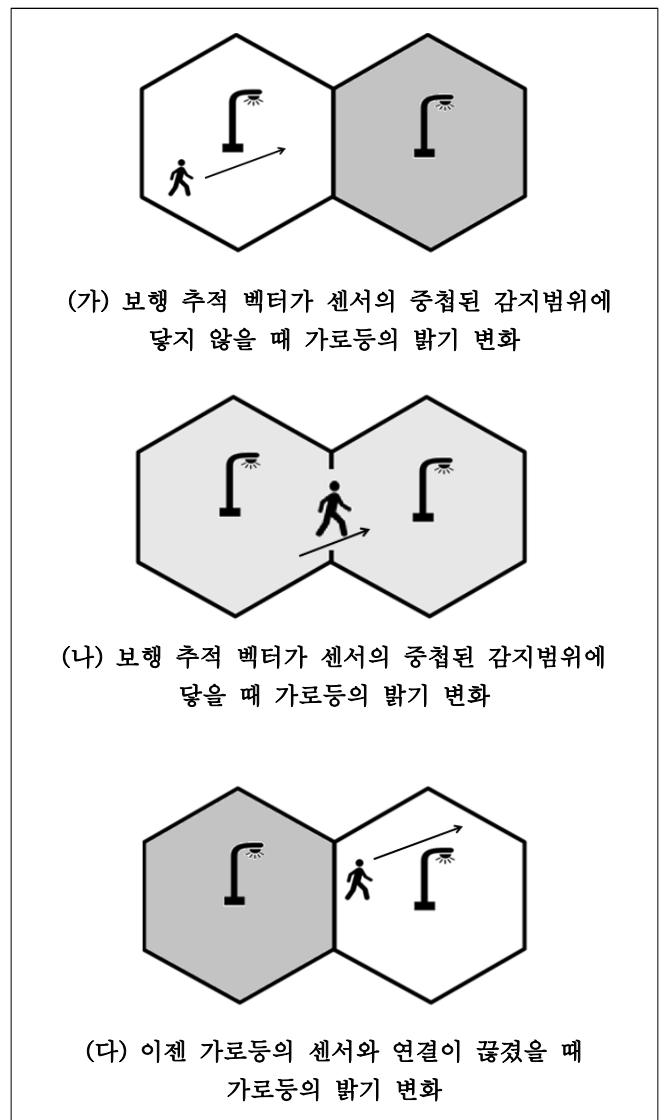
(그림2) 모션 센서 감지 범위와 보행 추적 벡터

사람의 움직임과 그 방향을 감지하기 위해 가로등에 모션 감지 센서를 부착한다. 가로등은 모션 센서의 감지 범위가 서로 중첩되는 부분이 발생하도록 배치한다. 모션 감지 센서에서 보행자가 감지되면 보행자가 이동한 위치를 토대로 보행 추적 벡터 구한다. 이를 시간 단위로 나누어 모션 벡터를 구하고 가장 최근의 모션 벡터를 다음 예측 경로로 예측한다[3]. 시간 단위는 사람의 평균 걷기 속도는 시속 4km[6]이므로 초속 약 1m 를 가정하여 1초 간격으로 모션 벡터를 구한다. 이렇게 계산하면 약 1m 간격의 보행자 이

동 좌표를 측정할 수 있다.

이를 토대로 예측된 이동 경로에서 한 가로등의 모션 센서 감지 범위 내에 있으면 그 센서가 부착된 가로등의 밝기 값만 올린다. 예측된 이동 경로가 모션 감지 센서 감지 중첩 영역에 도달한다면, 모션 감지 센서 간 밝기 전환이 필요하다. 이러한 이유로 가로등간 소프트 핸드오프를 응용한 방법을 사용한다.

만약 예측된 이동 경로가 한 모션 감지 센서 감지 범위를 벗어나 새로운 센서의 감지 범위에 도달하면, 새로운 모션 센서가 부착된 가로등의 밝기 값을 올리고 이전 모션 센서가 부착된 가로등의 밝기 값을 낮춘다.



(그림 3) 보행 추적 벡터에 따른 개선된 가로등의 밝기 변화

(그림 3)은 SLP 알고리즘이 적용된 개선된 가로등의 밝기 변화를 보여준다. (가)와 같이 보행 추적 벡터가 센서의 중첩된 감지범위에 닿지 않을 때에는 센싱 범위 내에 있는 가로등의 밝기 값만 올린다. 만약 (나)와 같이 중첩 영역에서 이전 모션 감지 센서와 보행 추적 벡터의 거리보다 새

로운 모션 감지 센서와 보행 추적 벡터의 거리가 가까워지면 다음의 순서로 동작한다. 먼저, 이전 모션 감지 센서가 부착된 가로등의 밝기 값을 낮추고, BS과 새로운 모션 감지 센서가 부착된 가로등과 연결을 한 후 새로운 모션 센서가 부착된 가로등의 밝기 값을 올린다. 마지막으로 이전 모션 감지 센서가 부착된 가로등과의 연결은 끊으면 (다)와 같이 이전 가로등은 어두워지고 새 가로등은 밝아진다. (그림 4)는 본 논문에서 제안하는 모션 벡터 기반 가로등 예측 알고리즘의 Pseudo 코드이다.

```

while detectingWalker() {
    calXY();
    walkingTracingVector = calVector(X,Y)
    MotionVector = divideVector(walkingTracingVector)
    PredictingRoute = MotionVector
    if( includeExRange(PredictingRoute) &&
        excludeOverlapRange(PredictingRoute) )
        brightenEx()
    else if( includeNewRange(PredictingRoute) &&
        excludeOverlapRange(PredictingRoute) ) {
        darkenEx()
        brightenNew()
    }
    else if( includeOverlapRange(PredictingRoute) ) {
        if(closeNewSensor()) {
            darkenEx()
            disconnectEx()
            brightenNew()
        }
    }
}

```

(그림 4) 모션 벡터 기반 가로등 예측 알고리즘의 Pseudo 코드

detectingWalker()로 보행자를 감지하고 감지되는 동안에 먼저 보행자의 좌표를 calXY()로 구한다. 다음, 좌표를 매개변수로 하여 calVector()로 보행 추적 벡터를 구해 WalkingTracingVector에 대입한다. 구해진 WalkingTracingVector를 divideVector()를 이용해 1초단위의 벡터로 나눠 MotionVector에 대입한다. 이를 PredictingRoute에 대입한다. includeExRange()로 PredictingRoute가 이전 모션 센서 감지 범위에 포함되는지 확인하고 excludeOverlapRange()로 PredictingRoute가 중첩 영역에서 감지되지 않는지 확인하고 두 조건이 모두 만족될 시, brightenEx()로 감지된 이전의 가로등의 밝기 값을 올린다. includeNewRange()로 PredictingRoute가 새로운 모션 센서 감지 범위에 포함되는지 확인하고 excludeOverlapRange()로 PredictingRoute가 중

첩 영역에서 감지되지 않는지 확인하고 두 조건이 모두 만족될 시, darkenEx()로 이전 가로등의 밝기 값을 낮추고 brightenNew()로 새로운 가로등의 밝기 값을 올린다.

includeOverlapRange()로 PredictingRoute가 중첩 영역에서 감지되는지 확인하고 감지된다면 새로운 가로등과 더 가까워지는지 여부를 closeNewSensor를 통해 확인한다. 더 가까워지면 darkenEx()로 감지된 이전의 가로등의 밝기 값을 낮추고 disconnectEx()로 이전 가로등과 연결을 끊고 brightenNew()로 새로운 가로등의 밝기 값을 올린다.

#### 4. 결론 및 향후 연구방향

기존 스마트 가로등 시스템은 사용자가 가로등에 부착된 센서에 감지될 시에만 가로등 밝기 값을 조절하여 보행자의 갈 길을 미리 밝혀주는 가로등의 기능이 제공되지 않아 보행자가 불편함을 느꼈다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 모션 벡터를 이용하여 예측 경로를 구하여 이에 해당되는 센서 감지 범위 내의 가로등들만 밝기 값을 높이고, 나머지 가로등들의 밝기 값을 낮추는 알고리즘을 제시하였다. 이를 적용하면 보행자들이 항상 밝은 길로 통행할 수 있으므로 사물을 분간하기가 쉽고 CCTV 영상의 화질도 선명해져 범죄에 대한 예방 효과를 기대 할 수 있다. 또한, 필요할 때만 밝기 값을 조절하므로 전력비용 절감 효과가 기대된다.

보행자의 경로를 이은 보행 추적 벡터에서 다음 예측 경로인 모션 벡터를 구할 때 제안한 알고리즘은 간단하게 시간 단위로 나누어 가장 최근의 모션 벡터로 지정하였다. 향후 더욱 정확한 예측 경로를 예측하기 위해 모션 벡터에 대한 수학적 모델링이나 패턴 분석을 통해 예측 경로를 구하는 방법에 대한 연구를 진행할 예정이다.

#### 사사

- 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 서울어코드활성화지원사업(IITP-2016-R0613-16-1147)의 연구결과로 수행되었음
- 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (R7116-16-1014)

#### 참고문헌

[1] 김주성, 김강석(2013) “주요 국가의 LED 조명 정책 동향”, 전자통신동향분석, 제 28 권, 제 6 호, pp.192-203

[2] Telensa “IoT 스마트 가로등”, <http://www.telensa.com/smart-lighting/>, 2016.07

[3] 장원일, 이호재, 손정우, 김호숙, 김선중(2015) “이미지와 동영상 모션벡터를 활용한 동영상 대상 객체 검출 기법”, 한국통신학회 학술대회논문집, pp.751-752

[4] Telensa, “UNB network”, <http://www.telensa.com/unb-wireless/>, 2016.07

- [5] Young Il Kim, Kyung Joon Lee, Yong Oak Chin(1996)  
6) “Analysis of Multi-Way Soft-Handoff Algorithm” IT C-CSCC :International Technical Conference on Circuits Systems, Computers and Communications pp.437-440
- [6] 박세진, 이준수, 강덕희, 정은희, 전효정, 박성빈(2007)  
“연령에 따른 보행속도 및 보폭에 대한 고찰” 추계 학술대회, pp.430-434