

V2I 가시광 통신을 위한 핸드오버 절차 및 알고리즘

당광히엔*, 유 명 식^oHandover Procedure and Algorithm for Vehicle to Infrastructure
Visible Light CommunicationQuang-Hien Dang*, Myungsik Yoo^o

요 약

본 논문에서는 차량과 인프라간 가시광 통신 시스템에서의 핸드오버 절차 및 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 핸드오버 알고리즘은 거리기반 확률에 따라 최적의 핸드오버 스위칭 시간을 결정한다. 스위칭 시간은 주어진 통신단절 확률 임계값이내에서 신호 품질을 최대화하도록 결정된다. 제안된 알고리즘의 성능은 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

Key Words : visible light communication, vehicle, infrastructure, handover, V2I

ABSTRACT

This paper proposes a handover procedure and algorithm for a vehicle to infrastructure visible light communication (V2IVLC) system. In particular, to determine the optimum switching time during the handover, a distance-based probabilistic handover algorithm is proposed. The switching time is chosen to maximize the signal quality subject to a constraint, so that the missing handover rate is lower than a predetermined threshold. The proposed algorithm is verified through simulations.

I. 서 론

최근 몇 년 동안 가시광 통신(Visible Light Communication : VLC)은 차량과 인프라 간(Vehicle to Infrastructure : V2I) 통신 시스템에 적용이 가능한 하나의 후보 기술로 고려되어왔다^{1,2)}. VLC는 무선 주파수 기반 접근 방식과 비교했을 때 전자기 간섭에 대한 내성, 자유로운 사용 편의성, 안전성 및 보안성, 비용 효율성 등의 장점을 가지고 있다^{3,4)}. 하지만 현재 이동통신망에 적용되는 핸드오버 알고리즘은 다음의 두 가지 이유로 V2IVLC 시스템에서 사용될 수 없다.

첫째, V2IVLC 시스템에서의 핸드오버 스위칭 시간은 V2IVLC의 셀 크기가 셀룰러 네트워크의 셀 크기보다 훨씬 작기 때문에 매우 정밀해야 한다. 둘째로, 셀룰러 네트워크에서의 스위칭 시간은 무선 신호의 세기에 기초하여 결정되는 반면에 V2IVLC는 가로등의 좌표에 기초하여 결정된다.

이러한 문제점 해결을 위해 본 논문에서는 보장된 통신단절 확률 이내에서 신호 품질을 최대화하는 스위칭 시간을 결정하기 위한 거리 기반 확률적 핸드오버 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 우수성은 Matlab 시뮬레이션을 통하여 입증하였다.

* 본 연구는 한국연구재단 지원을 받아 수행되었음 (NRF-2015R1A2A2A01006431)

• First Author : Soongsil University, Department of ICMC convergence technology, dangquanghienitc@gmail.com, 학생회원

◦ Corresponding Author : Soongsil University, School of Electronic Engineering, myoo@ssu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2017-10-302, Received October 11, 2017; Revised October 18, 2017; Accepted October 18, 2017

II. 시스템 구조

2.1 LED 가로등 셀 및 시스템의 계층적 구조

시스템의 계층적 구조를 그림 1에 도시하였다. 다수의 LED 가로등이 하나의 셀로 그룹화 된다. 셀의 모든 LED는 똑같은 신호를 전송한다. 일련의 LED 셀은 LED Service Center(LEDSC)의 통제 하에 있으며 Vehicle Service Center(VSC)는 여러 개의 연속적인 LEDSC를 제어한다. 차량과 LED 가로등은 카메라 기반 VLC 링크를 사용하여 서로 통신한다. 가로등과 차량에는 각각 방출되는 빛 신호를 수신할 수 있는 카메라가 장착되어 있다. LED 가로등은 유선으로 연결된다.

기본적으로 차량은 한 셀 내에서 하나의 LED와 통신한다. 차량이 움직이는 동안 차량은 현재 LED 셀에서 다음 LED 셀로 통신을 계속 전환한다. 따라서 차량이 이동하는 동안 차량이 통신 기능을 유지할 수 있도록 하는 핸드오버 기술이 요구된다.

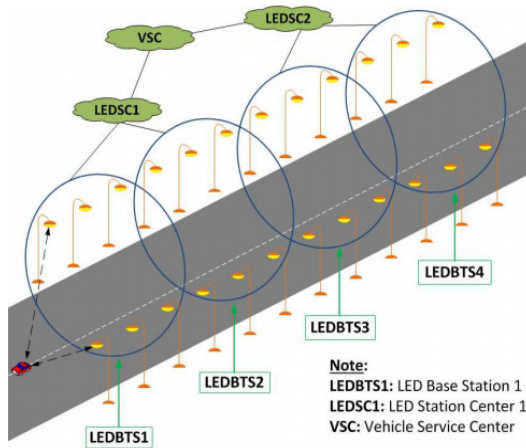


그림 1. 전반적인 시스템의 구조
Fig. 1. Overall system architecture

III. 거리 기반 확률적 핸드오버 결정 알고리즘

핸드오버를 위한 스위칭 시간을 결정하기 위해서 두 종류의 정보가 얻어져야 한다. 첫 번째 정보는 차량에서 가로등까지의 잔여 거리이며 두 번째 정보는 핸드오버 지연 시간이다. 핸드오버 지연 시간은 과거의 통계 정보로 쉽게 얻을 수 있지만 잔여 거리는 다음에 제시된 알고리즘을 사용하여 추정할 수 있다. 핸드오버 지연 시간 및 잔여 거리가 확보되면 이러한 파

라미터를 고려하여 제안된 알고리즘이 가장 적합한 스위칭 시간을 결정하는 데 사용된다.

3.1 잔여 거리 추정을 위한 알고리즘

3.1.1 카메라의 표준 자세에서의 거리 추정

기본적으로 차량으로부터 가로등까지의 거리는 실제 세계의 가로등의 위치와 이미지의 거리 사이의 기하학적 관계에 기초하여 결정된다^[5]. 이러한 기하학적 관계는 그림2에 나와 있듯이 Pinhole-Camera 모델에서 파생되었다. 카메라 센서 평면이 거리의 축에 수직이고 센서의 넓은 모서리가 거리의 표면과 평행하다고 가정한다. 같은 높이의 두 개의 가로등이 카메라의 시야에 있어야 하며 W 는 실제 세계에서 두 개의 조명 사이의 거리를 나타내고 w 는 이미지 사이의 거리를 나타낸다. f 는 렌즈의 초점 거리를 나타내며 차량에서 두 개의 가로등까지의 거리(D 로 표시)는 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$D = \frac{f}{w} W. \quad (1)$$

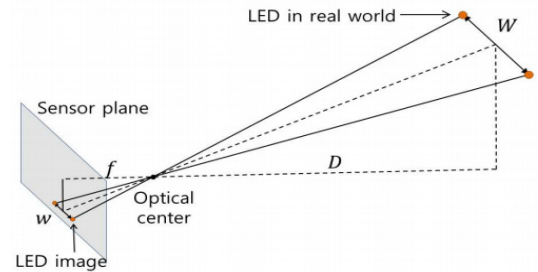


그림 2. 제안된 거리 추정 알고리즘
Fig. 2. Proposed distance estimation algorithm

3.1.2 카메라의 임의적인 자세에서의 거리 추정

카메라 포즈가 그림 1에서 설명한 포즈와 다른 경우 카메라의 부착된 관성 센서(Inertial Sensor)를 사용하여 카메라 포즈 정보를 얻는다. 이 정보를 통해 캡처된 이미지는 이미지의 모든 포인트에 대해 다음과 같은 변형을 적용함으로써 표준 포즈에서 카메라에 의해 캡처된 것처럼 변환된다.

$$x' = C \times R^{-1} \times C^{-1} \times x, \quad (2)$$

여기서 x' 은 표준 캡처 이미지의 x 에 해당하는 이미지 좌표이며, C 는 카메라 고유의 행렬, R 은 3×3

회전 행렬, T 는 3×3 변환 행렬이다. 변환된 이미지가 획득되면 차량으로부터 가로등까지의 거리는 수식 (1)을 사용하여 결정될 수 있다.

3.2 핸드오버 지연시간 및 거리로부터의 스위칭 시간을 결정하기 위한 알고리즘

핸드오버 지연 시간 및 잔여 거리를 확보한 후에는 두 파라미터를 기반으로 스위칭 시간을 결정하는 알고리즘이 필요하다. 이 알고리즘에 대한 두 가지 접근법으로는 결정론적 접근법과 확률론적 접근법이 있다.

3.2.1 스위칭 시간을 결정하기 위한 결정론적 접근법

결정론적 접근법에서 스위칭 시간은 차량의 체류 시간(Dwell Time)이 그림 3에 설명된 것처럼 핸드오버 지연 시간보다 크도록 선택된다.

스위칭 시간은 다음과 같이 결정될 수 있다.

$$Switchingtime = Min(Dwelltime) - Max(HOdelay). \quad (3)$$

이 접근법은 매우 간단하지만 많은 단점이 있다. 최소 체류 시간과 최대 핸드오버 지연 시간을 고려함으로써, 스위칭 시간은 일반적으로 필요한 시간보다 훨씬 빠르게 결정된다. 이는 통신 단절이 없도록 보장하는 반면에 신호 품질은 매우 저하될 수 있다.

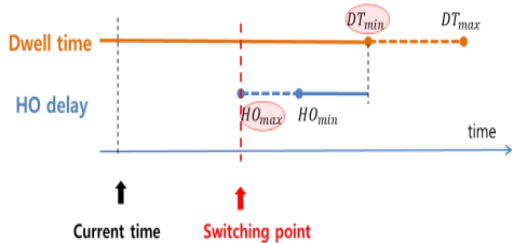


그림 3. 스위칭 시간 결정을 위한 결정론적 접근법
Fig. 3. Deterministic approach for determining switching time

3.2.2 스위칭 시간을 결정하기 위한 확률론적 접근법

제안된 확률론적 접근법을 그림 4에 도시하였다. 먼저, 손실된 핸드오버 비율에 대한 임계값 P_{thr} 가 사전에 설정된다. 이 임계값은 시스템 설계자의 요구에 따라 결정된다. 그 다음, 차량이 움직이는 동안 잔여 거리 및 핸드오버 지연 시간에 대한 정보를 지속적으로 수집하여 통신단절 확률 (P_{HOmiss})을 추정한다. 이러한 방식으로 스위칭 시간을 선택하면 스위칭

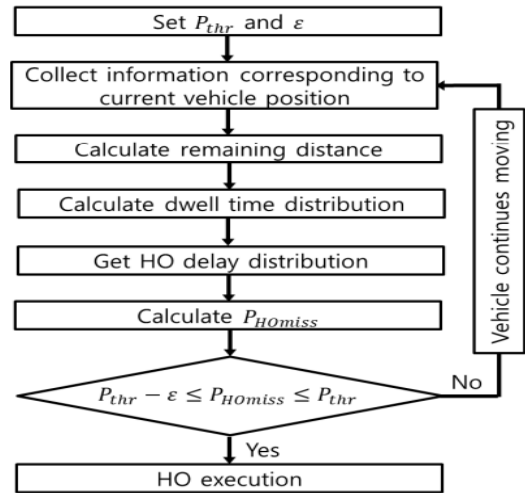


그림 4. 스위칭 시간을 결정하는 알고리즘
Fig. 4. Algorithm to determine switching time

포인트가 가능한 한 다음 셀에 가까워 신호 품질을 높게 유지하면서 통신단절 확률은 임계값보다 낮게 된다.

3.2.3 통신 단절 확률 계산

그림 5에서, Y 와 Z 는 각각 체류 시간과 핸드오버 지연 시간의 확률 밀도 함수를 나타낸다. X 는 차량에서 현재 셀의 마지막 LED까지의 거리를 나타낸다. 통신단절 확률은 주어진 위치에서 차량의 체류 시간이 핸드오버 지연 시간보다 작은 확률로서 계산된다. 즉, P_{HOmiss} 는 다음과 같이 계산된다.

$$P_{HOmiss} = \int_{y=0}^{\infty} \int_{z=y}^{\infty} Y_{X=x}(y) \times Z_{X=x}(z) \delta z \delta y \quad (4)$$

수식(4)에서 $Y_{X=x}(y)$ 는 차량과 가로등 사이의 거리가 x 일 때 체류 시간이 y 가 될 확률이며, $Z_{X=x}(z)$ 은 차량과 가로등 사이의 거리가 z 인 경우 핸드오버 지연 시간이 z 와 같을 확률이다. $Z_{X=x}(z)$ 는 최근 기록의 네트워크 성능에 의해 결정되지만 $Y_{X=x}(y)$ 는 거리 추정 알고리즘의 오차가 이 파라미터에 크게 의존하기 때문에 차량과 가로등 사이의 거리에 크게 의존한다. 차량이 다음 셀로 이동함에 따라 통신단절 확률이 지속적으로 추정된다. P_{thr} 이 통신단절 확률에 대한 임계값이고 ϵ 이 시스템 설계자에 의해 설정된

작은 마진이라고 가정하면, 스위칭 시간은 다음 조건을 만족하도록 결정된다.

$$P_{thr} - \epsilon \leq P_{HOmiss} \leq P_{thr} \quad (5)$$

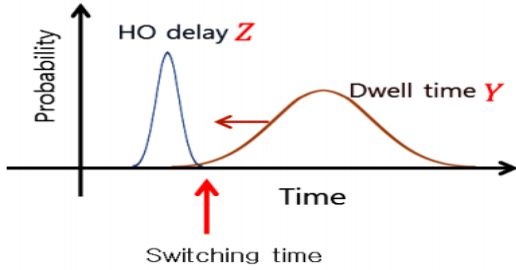


그림 5. 스위칭 시간 결정을 위한 확률론적 접근법
Fig. 5. Probabilistic approach for the determination of the switching time

III. 성능평가

확률적 핸드오버 알고리즘과 결정론적 방식에 의해 달성된 Bit Error Rate(BER)을 그림6에 나타내었다. 확률론적 접근의 BER은 알고리즘에서 사전에 결정된 핸드오버 임계값에 의존한다는 것을 알 수 있다. 보다 구체적으로, 확률론적 알고리즘에 의해 달성된 BER은 임계값이 증가되면 더 낮아진다. 한 편, 결정론적 알고리즘에 의해 달성된 BER은 고정된 값을 가지며 확률론적 알고리즘에 의해 달성된 BER보다 크다. 결정론적 알고리즘의 높은 BER에 대한 이유는 통신단절 확률을 최소화하기 위하여 너무 이른 스위칭 시간에 따른 신호 품질의 저하에 기인한다. 그러나 확률적 핸드오버 알고리즘의 경우 주어진 통신단절 확률이

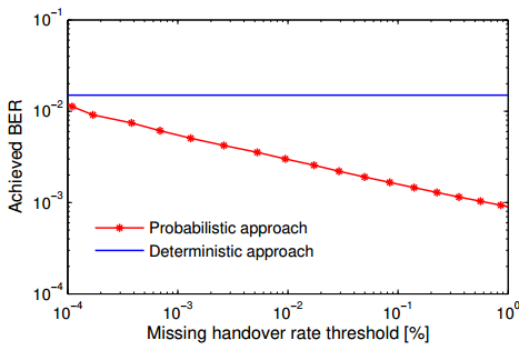


그림 6. 결정론적 및 확률론적 핸드오버 알고리즘에 의해 달성된 BER
Fig. 6. BER achieved by deterministic and probabilistic handover algorithm

내에서 최대한의 신호 품질을 얻을 수 있도록 스위칭 시간을 결정한 결과 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

V. 결 론

핸드오버는 V2IVLC 시스템에서 가장 어려운 문제 중 하나이다. 본 논문에서는 스위칭 시간 선택 시 통신단절 확률과 신호 품질을 모두 고려한 거리 기반 확률 알고리즘을 제안하였으며, 제안된 알고리즘은 통신단절 확률을 보장하면서 최적의 신호 품질을 확보하도록 스위칭 시간을 결정함을 모의실험을 통하여 확인하였다.

References

- [1] N. Kumar, et al., "Visible light communications in intelligent transportation systems," *Intell. Veh. Symp. (IV)*, 2012 IEEE, Jun. 2012.
- [2] R. M. Mare, C. L. Marte, and C. E. Cugnasca, "Visible light communication applied to intelligent transport systems: an overview," *IEEE Latin Am. Trans.*, vol. 14, no. 7, pp. 3199-3207, Jul. 2016.
- [3] L. U. Khan, "Visible light communication: Applications, architecture, standardization and research challenges," *Digital Commun. and Netw.*, vol. 3, no. 2, pp. 78-88, May 2017.
- [4] H. Jung, Y. Yang, and K. Huh, "A study on a visible light communication using LED in under-water environment," *J. IEK-System and Control*, vol. 48, no. 5, pp. 1-6, Sept. 2011.
- [5] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple view geometry in computer vision*, Cambridge University Press, Cambridge Univ. UK, 2003.

당광히엔 (Quang-Hien Dang)



2004년 : The University of Da Nang 학사

2011년 : The University of Da Nang 석사

2014년 : 9월~현재 송실대학교
정보통신소재융합학과 박사
과정

<관심분야> Visible Light Communication

유 명 식 (Myungsik Yoo)



1989년 2월 : 고려대학교 전자
공학과 학사

1991년 2월 : 고려대학교 전자
공학과 석사

2000년 6월 : SUNY at Buffalo
Dept. of EE 박사

2000년 9월~현재 : 송실대학교
정보통신전자공학부 부교수

<관심분야> Optical Network, OBS, EPON, QoS,
Wireless MAC Protocol, MANET, RFID, USN,
CR, Visible Light Communication, Social
Network Services, Wired/Wireless Networked
Control System