
증강현실에서 OOK 기법을 이용한 다수의 IR LED 마커 표현 기술

이혜미* · 류남훈* · 김응곤**

Expression Technique of the Plurality IR LED Marker using OOK Method for Augmented Reality

Hye-Mi Lee* · Nam-Hoon Ryu* · Eung-Kon Kim**

요 약

현재의 증강현실 기술은 정해진 몇 가지에 해당하는 가상의 사물만을 보여주는데 그치고 있어 응용 범위가 넓지 않다. 가상의 사물뿐만 아니라 막대한 자료 중에서 원하는 자료를 증강현실로 구현하고자 하는 콘텐츠를 제작하고자 할 경우 마커가 표현 가능한 정보의 수를 그에 맞게 늘릴 수 있는 기술이 필요하다. 기 연구된 IR LED 마커는 LED의 On-Off에 따라 마커의 정보를 표현하였으나 많은 양의 정보를 나타내기 위해서는 LED의 개수를 증가시켜야하므로 마커의 크기가 커지게 되는 문제점이 있었다. 이러한 문제는 LED의 깜박임을 통해 데이터 신호를 발생시킴으로써 해결이 가능하다. 본 논문에서는 LED의 빛을 이용한 데이터 전송방식을 표현하는 OOK Code 알고리즘을 제안하고, 빛으로부터 데이터 신호를 얻게 될 경우 마커가 나타낼 수 있는 정보의 양 증가 및 마커 크기 축소에 대한 효율성을 보인다.

ABSTRACT

With technologies available now, there are only a few virtual objects that augmented reality content can create. So, wider application of it is limited. If people want to realize any augmented reality content, out of a vast amount of materials available as well as virtual objects, the number of virtual objects that markers can render should be made to go up along with the content. In a precedent study, IR LEDs markers render marker information following On-Off signals. The number of LEDs should be raised to render as much information as possible, subsequently leading to the problem of oversized markers. This problem can be solved by generating data signals through the blinking of LEDs. This research puts forward OOK Code algorithm that represents the mode of data transmission using the light of LEDs. The amount of information that can be rendered by a marker increases and the size of the marker gets smaller, which is a merit, when it receives data signals from light.

키워드

Augmented Reality, Invisible Marker Technique, On-Off IR LED Marker, OOK Code IR LED Marker
증강현실, 비가시적 마커 기술, On-Off IR LED 마커, OOK 코드 IR LED 마커

* 순천대학교 컴퓨터학과(lhrooh@sunchon.ac.kr, nhryu@sunchon.ac.kr)

** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터공학과 교수(kek@sunchon.ac.kr)

접수일자 : 2012. 01. 03

심사(수정)일자 : 2012. 03. 15

게재확정일자 : 2012. 04. 07

I. 서론

증강현실은 카메라를 통해 비추어 지는 현실 세계에 인공적인 정보를 실시간으로 정합 및 합성하여 보여주는 기술이다. 순수 가상현실에 비해 대중들에게는 아직 인지도가 높지 않은 편이나 증강현실에 필요한 컴퓨팅 자원 및 첨단 기술을 접목한 새로운 디지털 사용자 환경이 구축됨에 따라 점차 대중들에게 확산되고 있는 기술이다[1-3]. 이는 강한 몰입감을 형성하여 콘텐츠의 정보 전달 효과를 극대화 시킬 수 있다. 그러나 가상의 세계를 정합하는데 필요한 마커 기술에 대한 제약은 사용자의 불만 사항으로 이어지기도 하며, 콘텐츠에 대한 사용성이 떨어지게 되는 결과를 초래하기도 한다. 마커란 실세계 환경에 대한 영상을 획득하여 정확한 영상정합을 위한 기술이다. 증강현실 콘텐츠에서 고려해야 할 사용성 관련 이슈 중 마커에 대한 내용은 전반적으로 고려되어야 할 사항임을 알 수 있다[4].

현재의 증강현실 콘텐츠는 정해진 몇 가지에 해당하는 가상의 사물만을 보여주는 것에만 그치고 있어 응용 범위가 넓지 않다. 가상의 사물뿐만 아니라 방대한 자료 중에서 원하는 자료를 증강현실로 구현하고자 하는 응용 콘텐츠를 제작하고자 한다면 마커가 표현 가능한 정보의 수를 그에 맞게 늘릴 수 있는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 일반적인 증강현실에 사용되는 마커의 기술적인 문제를 극복할 수 있도록 LED의 특성을 이용하고자 한다[5]. 그 중 IR LED를 이용한 마커 기법에 접근하여 LED의 깜박임을 통해 데이터 신호를 발생시켜 데이터 전송이 가능하도록 하는 OOK(On-Off-Keying) Code 알고리즘을 제안한다. IR LED의 빛을 이용한 정보 표현 개수를 증가시키고, 정보 개수에 비례하여 마커 면적이 확장되는 것을 막아 콘텐츠의 가치를 높일 수 있도록 한다.

II. 관련 연구

2.1. 이미지 기반의 마커 기법

일반적으로 증강현실에서는 주로 이미지 기반의 마커 기법을 사용한다. 영상 처리 시 추적하기 쉬운 사각형과 그 안에 다양한 패턴으로 구성된 마커를 이용

하여 카메라 영상 안에 들어온 마커를 인식하고, 카메라의 위치와 자세를 계산한다. 추출 용이성으로 인해 인식률이 높아 즐겨 사용하는 마커이나 추출하고자 하는 대상 영역의 특정 영역을 마커가 차지하는 문제로 인해 사용자의 불만 요소가 되고 있다[6]. 높은 인식률을 유지하면서도 마커리스의 특징을 갖는 마커를 제작하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. Lee는 이미지 워터마킹 기법을 통한 비가시적인 증강현실을 제안하였고[7], Nakazato는 미리 제작된 반투명의 마커에 IR LED로 적외선을 조사하여 반사되는 적외선 마커를 추출하는 방법을 제안하였다[8].

이와 같은 이미지 기반의 마커 기법은 카메라와 대상체의 거리가 멀거나, 어두운 실내 조도에 따른 조명의 영향을 크게 받게 되어 사용상의 어려움이 따르기도 한다. 또한 하나의 마커에서는 하나의 정보만을 표현할 수 있다. 동일 위치에서 다수의 정보를 보여주고자 하는 경우는 다른 마커로의 교체가 필수적이거나 이는 번거로운 작업이 되어 사용자와의 상호작용성을 낮추는 요인으로 작용하게 된다.

2.2. On-Off IR LED 마커 기법

IR LED 마커는 적외선 LED로 만들어진 광학 센서로 증강현실에서 현실 세계의 위치를 판독하기 위해 사용되는 마커의 형태로 구성된다. 적외선은 인간의 눈에는 보이지 않고, 빛의 특성 상 투과성을 갖는다. 이러한 특징을 이용하여 현실 세계의 실제 사물 속에 IR LED 마커를 포함시켜 대상체를 제작할 경우 카메라를 통해서만 마커의 확인이 가능하다. 사용자는 마커의 존재 유무를 알 수 없기 때문에 결과적으로는 마커리스와 같은 효과를 얻을 수 있게 된다. 또한 IR LED는 제어가 가능하므로 사용자가 요구하는 정보에 따라 실시간으로 IR LED 마커가 변경될 수 있도록 하여 동일 마커에서 다수의 정보를 표현할 수 있도록 하였다.

이미지 기반 마커 기법에서 얻을 수 있는 회전이나 방향, 크기 변경에 대한 정보를 그대로 적용 가능도록 설계하여 제작하였기 때문에 컴퓨터 비전 기술을 통해 추출이 가능하고, 매우 높은 인식률을 가지게 된다. 그림 1의 (a)는 IR LED 마커의 모습을 나타낸다. (b)의 경우 마커의 존재 유무와 회전 및 방향성을 검

출할 수 있도록 설계된 외곽선의 모습이고, (c)의 경우는 마커의 패턴으로써 마커가 나타내고자 하는 정보를 실시간으로 변경할 수 있도록 제작된 마커 정보 영역이다[9].

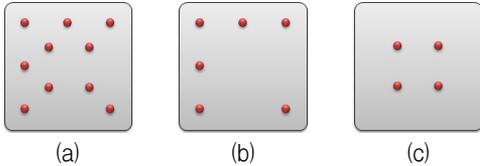


그림 1. IR LED 마커의 구성
Fig. 1 Configuration of the IR LED marker

IR LED 마커는 두 가지 영상을 통해 인식한다. 가상의 사물을 합성하고, 사용자와의 상호작용을 하기 위한 영상은 가시광선 카메라를 통해 입력받는다. 그리고 정확한 마커 인식과 정밀한 좌표를 추출하기 위해서는 적외선 카메라를 사용한다[10]. 두 카메라에서 얻은 카메라 자세 정보 및 각도, 방향과 같은 환경정보 데이터는 공유되므로 IR LED 마커의 위치에 가상의 사물을 렌더링하여 새로운 영상을 생성하는 증강현실 시스템을 구현한다.

IR LED 마커를 이용한 증강현실 콘텐츠에서는 사용자가 가상의 정보를 바꾸어가며 보기 위한 신호 입력이 가능하다. IR LED 마커는 입력된 신호에 해당하는 마커 패턴으로 변경되고, 이는 2^n 개에 해당하는 가상의 사물을 보여주게 되는 구조로 되어 있다. IR LED 마커 정보는 그림 1의 (c)에서 LED의 On-Off 상태를 결정하며 이를 통해 마커가 나타내고자 하는 정보를 인식한다. 테스트를 위해 2×2 배열을 사용하였으나 2×3 , 3×3 이상의 조합을 통해 마커 정보 영역을 구성할 수 있다. 표 1과 같이 2×2 배열에서 각 LED에 $I_0 \sim I_3$ 까지의 번호를 부여하고, On-Off 상태에 따라 16가지의 정보를 나타낼 수 있다. 1은 IR LED가 켜져 있는 On 상태이고, 0은 Off 상태이다. 더 많은 정보를 표현하고자 하는 경우 3×3 으로 구성된 마커의 정보 개수는 2^9 으로 512개의 정보를 나타낼 수 있고, 4×4 마커는 2^{16} 으로 65536개의 정보를 나타낼 수 있게 된다. 이러한 마커에 대한 정보는 가상 영상 DB에 이진화된 수치로 저장하여 사용한다.

표 1. On-Off IR LED 마커의 정보 표현
Table 1. Expression of the On-Off IR LED marker information

객체 번호	I0	I1	I2	I3
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
				:
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

III. OOK Code IR LED 마커 기법

IR LED 마커는 적외선 카메라를 통해 촬영하기 때문에 2m 이상 원 거리에서도 인식이 가능하고, 어두운 실내에서도 명확하게 마커를 추출하여 증강현실을 구현할 수 있게 하는 마커 기법이다. IR LED의 On-Off에 따른 마커 정보 표현은 이미지 기반의 마커에서는 할 수 없었던 사용자 요구에 따른 실시간 정보 변경을 가능하게 하였다. 그러나 보다 많은 정보를 표현하기 위해서는 LED의 개수가 증가해야 하고, 이는 곧 마커의 크기가 커지게 되는 문제로 이어지게 된다. 이러한 문제는 LED의 깜박임을 통해 데이터 신호를 발생시킴으로써 해결이 가능하다.

LED의 깜박거림을 이용한 무선 데이터 전송에 대한 연구는 수년 동안 계속 진행되고 있다. 독일 연구원들에 의하면, 가정의 전등으로부터 나오는 빛이 결과적으로 무선 광대역 신호를 부호화하는데 사용될 수 있다고 한다. LED를 이용한 신호는 인간의 눈이 감지할 수 있는 것보다 수백만 배 더 빠르면서, 다른 조명들과 조화롭게 깜박거리게 하여 발생시킬 수 있다[11-12]. 본 논문에서는 이러한 연구에 착안하여 빛으로부터 데이터 신호를 얻어내는 방식을 통해 IR LED 마커의 정보를 증가시킬 수 있는 OOK Code 알고리즘을 설계하고 제안한다.

하나의 IR LED를 기준으로 하고, 단위시간 동안 깜박이는 정도를 패턴으로 정하여 정보 표현을 위한 데이터 신호로 사용한다. 표 2는 OOK Code 테이블을 보여준다. 레코드는 표현하고자 하는 정보이고, 필드는 단위시간당 셀시간을 의미한다.

표 2. OOK code table
Table 2. The OOK code table

→ 단위시간

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1						1	1	1	
1	1		1				1	1	1	
2	1		1		1		1	1	1	
3	1	1					1	1	1	
4	1	1		1	1		1	1	1	
5		1	1				1	1	1	
6		1	1		1		1	1	1	
7		1		1			1	1	1	
8		1		1	1		1	1	1	
9				1	1		1	1	1	
Information Data							Inter Gap			

LED의 On-Off에 대한 시간은 단위시간을 10등분한 쉘시간으로 나타낸다. 하나의 IR LED가 표현 가능한 정보의 개수는 10개로 하였고, LED의 개수가 증가하게 될 경우는 10ⁿ개의 증가폭을 보이게 된다. 1~5번 쉘시간은 IR LED 마커가 표현하고자 하는 정보를 담은 Information Data 신호이다. 7~10번 쉘시간의 경우는 모든 레코드에 동일하게 적용되는 Inter Gap 신호 구간이다. 6번 쉘시간은 Information Data 신호와 Inter Gap 신호를 구분하는 구간이다.

연속적으로 3개의 쉘시간동안 On 상태를 유지한 후 1개의 쉘시간동안 Off 상태인 Inter Gap 신호 구간은 단위시간의 시작부분과 끝부분을 구분하기 위해 존재한다. 증강현실을 위한 카메라의 위치는 자주 변경될 수 있다. 특히 HMD 및 이동형 로봇에 장착된 카메라는 그 이동성이 매우 크기 때문에 마커의 위치에만 고정되는 형태가 아닌 사용자의 시점에 따라 계속 변경되는 영상이 입력되는 형태이다. 반면 IR LED 마커에서는 신호를 지속적이고, 반복적으로 전송하게 된다. IR LED가 깜박이면서 신호를 전송하고 있는 상태에서 영상을 획득할 경우 촬영 시점을 기준

으로 할 때 현재 인식된 신호가 1번 쉘시간부터 발생한 것인지 혹은 중간지점인 2~5번 쉘시간부터 발생한 것인지에 대한 판단이 모호해진다. 결국 정확한 마커를 인식할 수 없게 되므로 Inter Gap 신호 구간을 이용하여 신호의 첫 시작을 판단한다. Inter Gap 신호 구간을 인식한 후에 이어지는 Information Data 신호에 따라 해당하는 가상의 사물을 보여주는 과정이 포함되어야 마커 정보 표현에 대한 정확도를 높일 수 있다. 사용자가 카메라를 통해 마커에 대한 영상을 입력 받으면서 Inter Gap을 인식하기까지의 대기 시간은 사람이 인지 가능한 시간에 비해 매우 짧기 때문에 고려할 사항에서는 제외한다.

IV. 실험 및 결과

기 연구된 On-Off IR LED 마커가 나타낼 수 있는 정보의 개수와 제안된 OOK Code IR LED 마커가 나타낼 수 있는 정보의 개수를 비교하고, 증가되는 정보에 따라 확장되는 마커 면적에 대해 비교 분석한다. 마커와 카메라의 측정 거리는 2m이고, 마커 정보 영역에 존재하는 LED간의 간격은 5cm로 하였다. 카메라의 측정 거리가 멀어지면 빛의 간섭을 피하기 위해 LED 간격을 함께 증가시킨다. 표 3은 두 종류의 마커가 나타낼 수 있는 정보의 개수를 비교한 결과이다. On-Off의 경우는 2ⁿ개, OOK Code의 경우는 10ⁿ개 정보에 대한 표현이 가능하다. 2×2 배열을 기준으로 할 때 필요한 IR LED의 개수는 4개이므로 결과적으로 On-Off는 16가지, OOK Code는 10,000가지의 정보를 표현할 수 있다.

예를 들어 1,000가지의 정보를 내포한 증강현실 콘텐츠를 제작하고자 할 경우 On-Off IR LED 마커는 4×4 배열로 구성하여야 하나 OOK Code IR LED 마커의 경우는 2×2 배열만으로도 충분히 사용이 가능하다. 2×2 배열의 마커 면적에 비해 4×4 배열의 마커 면적이 9배에 달하므로 정보의 양에 따른 마커 크기에 대한 효율성이 크게 증가함을 알 수 있다.

표 3. IR LED 마커 방식에 따른 정보 개수 비교표
Table 3. The comparison table of the IR LED markers

(단위 : 개)

	On-Off 방식	OOK Code 방식
정보개수	2^n	10^n
1 LED	2	10
2 LEDs	4	100
3 LEDs	8	1,000
4 LEDs	16	10,000
3×3	2^9 (512)	10^9 (10억)
4×4	2^{16} (65536)	10^{16} (1경)

V. 결론

증강현실에서 가상의 사물을 영상정합하기 위해 필요한 마커는 사용자에게는 불편함의 요소로 작용하기도 한다. 따라서 사용자가 인지할 수 없는 형태로 제작되고, 실내 조도에 영향을 받지 않고도 사용이 가능한 IR LED 마커에 대해 접근하였다. IR LED 마커의 경우 많은 정보를 나타낼 수 있으며 실시간으로 변경이 가능하다는 장점이 있기 때문에 정해진 가상의 사물 이외에도 방대한 자료를 요구하는 콘텐츠 제작으로의 응용이 가능하다.

본 논문에서는 IR LED 마커가 표현할 수 있는 정보의 개수를 증가시키기 위한 OOK Code 알고리즘을 제안하였다. 빛을 이용한 데이터 전송방식으로써 LED의 깜박거림을 이용하여 데이터 신호를 얻고, 이에 해당하는 정보를 사용자에게 보여주게 된다. 2×2 배열의 IR LED 마커의 경우 On-Off 방식은 16가지의 정보를 표현할 수 있는 반면 제안된 OOK Code 방식은 10,000개의 정보를 표현할 수 있었다. 그 이상의 배열의 경우는 10^9 , 10^{16} 가지의 막대한 정보 표현이 가능함을 보였다.

IR LED 마커의 경우는 탁상용의 콘텐츠보다는 박물관, 축제 등과 같은 넓은 규모의 행사장에 적용하고자 제작된 마커이다. 여러 구역에 많은 마커를 사용해 야 하거나 사용자와의 인터랙션을 강화하기 위한 기법이다. 향후 증강현실 콘텐츠의 응용 범위를 넓힐 수

있는 마커 기법에 대해 연구하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고 문헌

- [1] Y.H. Kim, S.W. Lee, and J.S. Lee, "e-Learning Technology Based on Mixed Reality," ETRI, Vol.24, No.1, pp. 90-100, 2009.
- [2] 이동훈, 양황규, "비가시성 인터랙션 표면 생성을 통한 인터랙티브 입체영상 시연 시스템 개발", 한국전자통신학회논문지, 6권, 3호, pp. 371- 379, 2011.
- [3] 김용곤, 류남훈, 이해미, "모핑 기법을 활용한 어류 성장 과정 시스템 설계 및 구현", 한국전자통신학회논문지, 5권, 1호, pp. 102-108, 2010.
- [4] 김영선, 김정현, "증강현실 기반 콘텐츠 및 서비스의 확산을 위한 인터페이스 사용성 제고 및 인터랙션 디자인", 정보과학회지, 29권, 8호, pp. 31-37, 2011.
- [5] 신현용, "SMPS 구동 대형교통 신호용 LED 신호등의 특성", 한국전자통신학회논문지, 5권, 6호, pp. 643-648, 2011.
- [6] 박화정, 한태화, 전준철, "증강현실 기반 E-Learning 기술동향", 인터넷정보학회지, 10권, 2호, pp. 12-22, 2009.
- [7] HongRo Lee, JungSub Shin, and Chi Jung Hwang, "Invisible Marker Tracking System Using Image Watermarking for Augmented Reality," Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp. 1-2, 2007.
- [8] Nakazato, Y., Kanbara, M., and Yokoya, N., "Wearable augmented reality system using invisible visual markers and an IR camera," Proceedings of IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 198-199, 2005.
- [9] 이해미, 류남훈, 김용곤, "다수 마커의 제작을 위한 증강현실 기반의 IR LED 마커 검출 기법", 한국전자통신학회논문지, 6권, 3호, pp. 457- 463, 2011.
- [10] NH Ryu, HM Lee, and EK Kim, "Implementation of Augmented Reality System using

the Infrared Rays LED Marker based on Hybrid Tracking," Proceedings of IPCSIT 2011, Vol.13, pp. 351-356, 2011.

- [11] Vucic, J., Kottke, C., and Nerreter, S., "125 Mbit_s over 5 m wireless distance by use of OOK-Modulated phosphorescent white LEDs," Proceedings of ECOC, pp. 1-2, 2009.
- [12] Vucic, J., Kottke, C., and Nerreter, S., "230 Mbit_s via a Wireless Visible-Light Link Based on OOK Modulation of Phosphorescent White LEDs," Proceedings of OFC/NFOEC, pp. 1-3, 2010.



김응곤(Eung-Kon Kim)

1980년 2월 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 한양대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

1992년 2월 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1993년 3월~현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 멀티미디어, HCI

저자 소개



이혜미(Hye-Mi Lee)

2004년 2월 순천대학교 정보통신학과 졸업(공학사)

2010년 8월 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2010년 9월 ~ 현재 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(박사과정 재학 중)

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, HCI



류남훈(Nam-Hoon Ryu)

2007년 2월 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과(이학사)

2009년 2월 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(이학석사)

2011년 8월 순천대학교 대학원 컴퓨터과학과 이학박사 과정 수료

※ 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 알고리즘