

# USN 환경에서 색 광신호를 채널 부호화한 단거리 단방향 통신

정회원 이 공\*, 전 영 준\*, 종신회원 신 승 호\*\*°

## One-way Short-range Communication using Channel Symbol of Color Light Signal based on USN environment

Gong Lee\*, Young-Jun Jeon\* *Regular Members*, Seung-Ho Shin\*\*° *Lifelong Member*

### 요 약

USN(Ubiquitous Sensor Network)환경의 일반적인 노드는 메시지 전달을 위해서 무선기반의 통신 체제를 사용한다. 그래서 제한된 전원을 고려하고 원거리의 불특정 노드와 통신하려면 다수의 홉 플러딩이 필요하다. 그러나 불특정 노드가 사용자의 가시권 환경에 밀집해 있는 경우 무선 기반의 플러딩은 대안으로서 부족한 점이 있다. 그러한 상황에서는 어둠 속에서 열쇠를 찾기 위해 플래시를 비추는 것처럼, 좀 더 직접적이고, 비접촉인 근거리의 메시지 전달 방식이 필요하다. 본 연구는 다음의 2단계 방법을 통해 이를 해결한다. 첫 번째 단계로 텍스트 메시지를 컬러 코드화할 두 가지 부호화 방안을 제안한다. 두 번째 단계에서는 근거리에서 다양한 LED(light-emitting diode) 색 신호를 송수신할 하드웨어 모듈을 개발한다. 실험은 특정 색 광소자를 기준으로 거리와 빛의 입사 각도를 고정된 상태에서 진행하였다.

**Key Words** : Channel Symbol, Color Flash, Sensor communication, USN

### ABSTRACT

Node of USN(Ubiquitous Sensor Network) environments uses radio based communication mechanism for a delivering message. Thus the multiple hop flooding is necessary for considering limited power and communicating unknown node long-range. However if there are many unknown nodes located in users' vision, the flooding of the radio base is insufficient alternative. Thus as a flash may be used to find a key in a darkness, a more direct and short range communication system is required. This study shall resolve such question through 2 different steps. First a Two kind of code method that convert Text message to color code shall be suggested. Second a hardware module, which may deliver various LED(light-emitting diode) color signal, shall be developed. The experiment may take place by fixing the entry angle of light and distance by setting a specific element as a standard mean.

### 1. 서 론

USN(Ubiquitous Sensor Network) 상의 센서 노드는 물리적으로 제한된 연산능력과 소용량의 배터

리로 운용된다. 이런 물리적 제약으로 인해 노드의 생존성은 배치후의 사용 환경에 크게 의존한다. 그러므로 사용 환경에 의존하는 상황에서는 각각의 노드들이 어떠한 경로를 통해 무엇을 얼마나 빈번

※ 본 연구는 2008년도 인천대학교 학술연구 조성비 지원에 의하여 수행되었음.

\* 인천대학교 컴퓨터공학과 데이터통신 연구실(lg2020@empal.com, 0961144@incheon.ac.kr),

\*\* 인천대학교 정보기술학부 컴퓨터공학과(shin0354@incheon.ac.kr)° : 교신저자

논문번호 : KICS2008-08-370, 접수일자 : 2008년 8월 26일, 최종논문접수일자 : 2009년 3월 11일

하게 송수신 하는가에 따라 전체 망의 생존성이 결정된다. 만일, 노드의 이동성만을 고려한다면 애드 혹 네트워크에서 망 생존의 대안을 찾을 수 있다. 바로 애드 혹 기반의 라우팅 프로토콜을 센서 네트워크에 맞게 개선하여 송수신 경로를 최적화 하는 것이다. 그러나 USN 상의 센서 노드들은 사용 목적과 운용 환경에서 애드 혹 네트워크 기반의 접근 방식과는 근본적인 차이가 있다. 가령 산악이나 사막과 같은 가혹한 환경에 배치된 센서 노드들은 생존성을 높이기 위해 장시간 수면하고 특정한 시간이나 외부 신호에 반응해 깨어난다. 혹은, 비행체나 자동차와 같이 고속으로 이동하는 싱크 노드를 사용해 메시지를 플러딩하고 그 응답을 되돌림 받는다. 이처럼 센서노드는 배치 지역의 환경정보를 수집하여 전달하는 데이터구성 특성과, 지그비 무선을 통해 메시지를 방사하는 통신특성을 갖는다. 이러한 몇 가지 특성으로 인해 USN상의 센서노드와 애드 혹 기반의 연구 간에는 문제영역과 접근방식에 차이 있다.

그러나 일반적인 USN 환경에서라도 메시지를 수신할 노드의 물리적 위치를 명확히 알거나 노드가 가시권 범위 내에 무작위로 배치된 경우라면, 메시지의 전달을 위해 전체 망을 경유하는 것은 보안적인 이유로 특정한 홉경로를 반드시 유지해야 경우를 제외한다면 에너지 사용 측면에서 적절한 대안이 아니다. 이러한 문제는 광 송수신소자를 사용한 통한 근거리(50cm~1m) 통신에서 대안을 찾을 수 있다. 비록 광 송수신 장비가 특성상 빛의 공기 중 산란으로 인해 제한된 거리에서만 운용 가능한 취약점이 있으나 사용자의 가시권 영역 안에서 명확히 목표를 선별하여 지정할 수 있다는 특성 또한 가지고 있다. 그러므로 관련된 연구를 통해 기존의 광 기반 연구를 개선하여, 적절한 핸드헬드 모듈을 개발하여 통신의 안전성과 전송효율간의 절충점을 실험을 통해 찾아야 할 필요가 있다.

본 연구는 PDA(personal data assistant)와 같은 이동형 장비를 사용하여 불특정 노드에 직접 메시지를 전달하는 것을 목적으로 하며 다음과 같이 구성된다. II 장에서는 기존의 광 송수신 연구 두 가지를 소개한다. III 장에서는 텍스트 메시지를 아날로그 색광신호로 변환할 두 가지의 코드화 방안을 제안한다. 또한 색 광신호를 수신할 통신 모듈을 구현한다. 마지막 IV 장에서는 기존의 광 송수신 연구와 본 연구와의 통신 효율을 비교분석하여 보인다.

## II. 관련 연구

### 2.1 RFIG(Radio Frequency Identity and Geometry)

RFIG는 포토센서가 부가된 RFID(Radio Frequency Identification) 태그를 말한다. 또한 빛과 RF(Radio Frequency) 통신의 하이브리드 형태이며 기존의 RFID 시스템의 취약성인 3가지의 주된 이슈를 해결한다<sup>[1]</sup>. 첫째는 태그의 정확한 물리적 위치를 파악하는 것이며, 둘째는 송신 범위안의 검출된 태그 중 일부 태그를 선택하여 신호를 전달하는 것이다. 셋째는 전파간의 충돌이 없는 장거리의 메시지 전달이다. 그림 1은 전통적인 RF 시스템을 나타내며, 그림 2는 전통적인 RF 시스템과의 차이를 보여주는 RFIG 시스템의 구성을 보여준다<sup>[2]</sup>.

### 2.2 FlashIT

FlashIT는 수 미터 거리에서 보낸 부호화된 광신

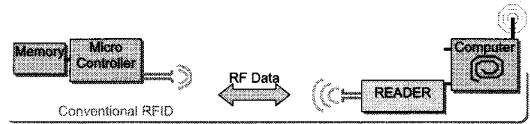


그림 1. 전통적인 RF 태그 기반의 통신법

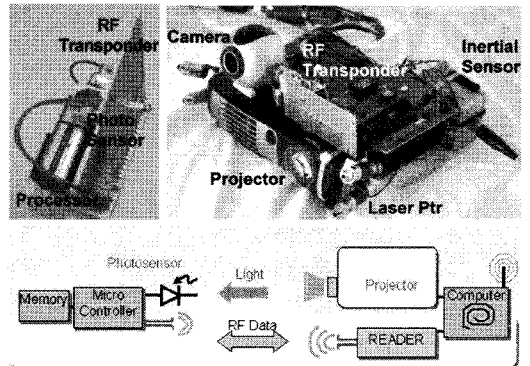


그림 2. RFIG 시스템의 구성 및 통신법

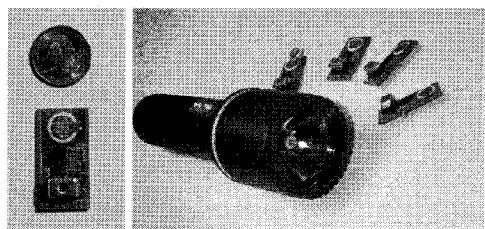


그림 3. 태그 및 손전등형 송신기

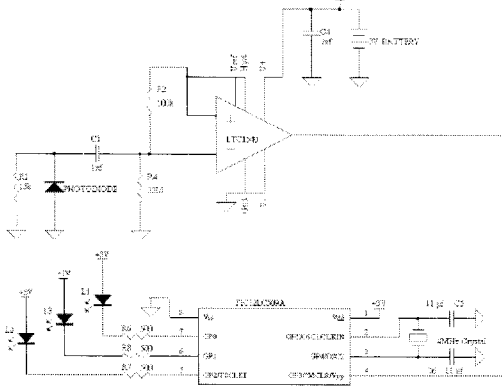


그림 4. 태그 수신기 회로

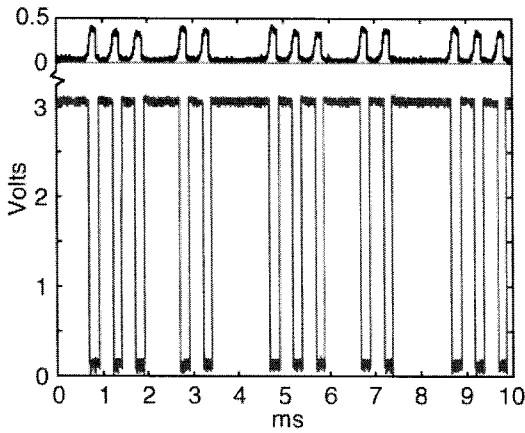


그림 5. 상단의 선 : 광 다이오드 신호, 하단 선 : 콤파레이터 출력

호에 반응하는 능동형 태그 시스템이다. 그림 3 및 그림 4 는 이 시스템의 물리적인 구성을 보여준다<sup>[3]</sup>. 그림 3에서 플래시 형태의 송신부에서 방출된 광신호는 그림 3에서 좌측 동전크기의 수신부 및 그림 4 회로 상단의 포토센서에 감지된 후 내장된 콤파레이터에 의해 디지털화된 신호로 변환된다<sup>[1,3]</sup>.

그림 5 의 상단은 FlashIT 시스템에서 수신부의

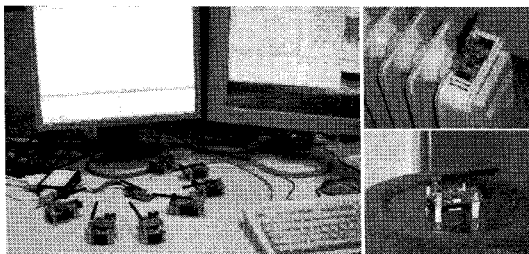


그림 6. USN 노드 배치

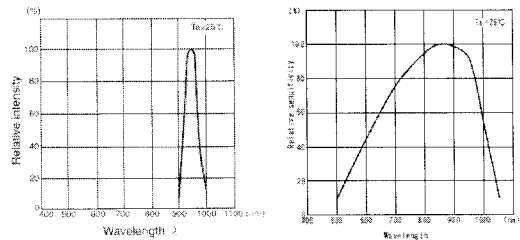
포토센서에 수신된 전압의 변동 값이 콤파레이터에 의해 하단의 TTL(Transistor-Transistor Logic) 신호로 변화된 결과를 보여주고 있다. 또한 이 과정에서 의 부호화 방식은 아날로그 신호를 입력받는 것을 감안하여 그레이 코드 형태로 처리하고 있다<sup>[3]</sup>.

### 2.3 USN

유비쿼터스 센서 네트워크에는 WLAN(Wireless LAN)을 위한 IEEE 802.11과 WPAN(Wireless Personal Area Network)을 위한 IEEE 802.15의 규약이 있다. IEEE 802.15.1에는 Bluetooth가 정의되고 있으며, 지그비 표준은 802.15.4에 정의된다. 그림 6 와 같은 지그비 통신 노드들은 가정용 무선 네트워크 규격에 맞추어 저 전력, 저 비용인 통신 특성이 있다. 또한 반경 30m 안에서 250kbps의 속도로 255대의 기기들을 연결할 수 있다. 이와 같은 특성으로 인해 대용량의 데이터 전달이 요구되지 않는 환경 하에서 긴 배터리 수명 보장된다. 그러나 대개의 경우 센서 네트워크의 구현에 필요한 것은 고속의 무선 전송능력보다는 낮은 복잡도와 저가격, 저 전력의 회로 구성이다. 이러한 구성을 통해 제한된 배터리로 몇 개월에서 수년까지 지속적인 운영이 가능한 것이다. 또한 지그비 노드는 전체 전력 소모비중 데이터 송수신의 비중이 상당히 크다. 그럼에도 불구하고 지그비 노드는 통신시 50mW가량의 전력을 소모하는데, 이는 UWB(ultra wideband)의 200mW, WLAN의 1W에 비교해서 매우 낮은 소모량이다<sup>[4,5,6]</sup>.

### 2.4 색광 수신소자

기본적으로 광 수신소자는 빛의 유무나 세기를 감지하여 전류로 변환하는 특성을 가지고 있다. 이러한 광 수신소자의 일종인 색광 수신소자들은 특정한 빛의 파형을 감지하는 소자로서 R, G, B 등 빛의 3색 뿐만이 아니라 적외선, 자외선등 자신이



좌측(a): 발광소자

우측(b):수광소자

그림 7. Relative intensity 대비 Wavelength

반응 할 수 있는 다양한 응용이 존재한다. 가령 IRED (InfraRed Emitting Diode)는 적외선 발광소자라고 하며 인간의 시각으로는 감지할 수 없으며 적외선 수광 소자를 사용하여야만 적외선 신호를 적절히 감지할 수 있다. 그림 7의 (a) (b)는 IRED의 광파형 특성을 감안한 발광 및 수광소자를 보여준다<sup>[6]</sup>. 이러한 색광 수신소자를 사용해 야간에 외부 침입을 감지하거나, LCD(liquid crystal display)모니터의 불량을 감지하는 등 소자에 특성에 따른 여러 응용이 가능하다.

### III. 색 광신호 부호화 통신

센서노드의 목적은 주변의 상태 정보를 수집하여 싱크노드에 전달하는 것이다. 여기에서 상태 정보란 화재의 의한 급격한 온도의 변화나, 온실의 일조량 변화 등을 말한다. 그림 8은 이동성을 가지는 사용자가 핸드헬드 장비를 들고 특정 노드에게 상태정보 수집을 위한 명령의 전달 과정을 나타내고 있다.

위와 같은 상황에서 불특정한 다수 노드가 육안으로 포착된 경우 우회하여 질의를 요청하는 것보다 좀 더 직접적이고 가시적인 메시지 전달 방법이 필요하다. 이는 그림 8의 (a)노드에게 질의를 전달하는 과정에서 (b) 또한 수신 받는 무선의 특성을 감안한 것이다. 그러므로 특정 지역의 관심정보를 수집 시에 전체 센서 망에 질의를 발송하는 것보다 사용자의 가시거리 내에 있거나 수십 m 내에 배치된 센서노드에 메시지를 전달할 방안이 필요한 것이다.

Raskar, R. et al<sup>[2]</sup>와 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>는 이러한 문제에 대해 기존의 무선기반의 방법과는 다

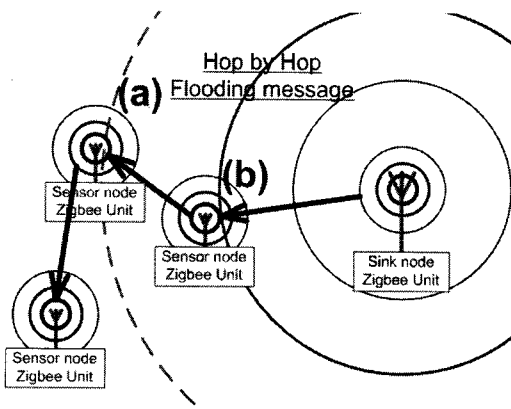


그림 8. USN 상의 지그비 통신

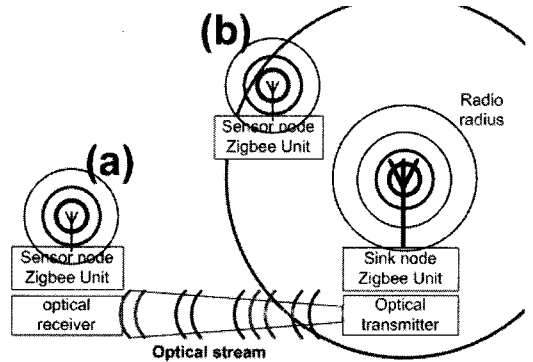


그림 9. 광학적인 방법으로 부호화된 통신

른 관점으로 접근하고 있다. 메시지를 받을 대상이 육안으로 포착된 상황에서 광 신호를 부호화 하여 통신 신호처럼 전달하는 것이다. 그러나 Raskar, R. et al<sup>[2]</sup> 연구에서는 송출장치가 필요이상으로 무겁고 비대해지는 문제가 있으며, 송출되는 2진 광 부호의 초당 비율은 초당 수십 bit 정도로 제한되었다. 또한 메시지 송수신 시에는 송신장치가 정지되어 있어야 함으로서 이동형 장치에 적용하기 힘든 취약점이 있다. 또한 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup> 연구에서는 신호의 송출주기가 하드웨어속도에 크게 의존적이며 수신부의 신호 식별 또한 빛의 존재여부에 의존해 2진부호 이상의 효율을 낼 수 없었다.

그럼에도 불구하고 Raskar, R. et al<sup>[2]</sup>와 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>는 전파 이외의 방식으로 특정지역의 노드만 반응하도록 하는 선택적인 단거리 통신의 가능성을 보여주었다는데 큰 의미가 있다.

#### 3.1 색광신호 부호화

Raskar, R. et al<sup>[2]</sup>와 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>에 사용된 광 수신소자는 빛의 밝고/어두운 2진 데이터를 생산한다. 이론적으로 수광 소자는 빛의 밝기에 따른 미세한 전압의 차이를 구분할 수 있으나 실제 사용 환경에서 송신장치의 이동성과 빛의 산란으로 인한 운용 거리제한 또한 고려해야 한다. 그래서 특정한 전압출력을 기준으로 TTL 특성을 갖춘 소자나 별도의 콤포레이터 소자를 사용해 수신 신호를 true/false의 단순한 2진 신호로 변환하였다. 그러므로 본 연구에서는 전송효율 증대를 위해 자연광의 밝기에 기반을 둔 아날로그 2진 데이터 송수신방법으로부터, 빛의 삼원색과 같은 다양한 색광파장에 반응하는 소자를 사용하여 데이터 채널의 수를 다수 비트 논리확장이 필요하였다. 또한 송신신호의

표 1. 부호화된 광 신호

색	신호의미	그레이 코드
Red- $\text{\textcircled{R}}$	11(2)	10(2)
Green- $\text{\textcircled{G}}$	10(2)	11(2)
Blue- $\text{\textcircled{B}}$	01(2)	01(2)
InfraRed- $\text{\textcircled{I}}$	신호간 구분	none

표 2. 부호화된 ASCII 평문 “hi~”

	hex	Gray 부호	Color 부호			
'h'	68	01011100	$\text{\textcircled{B}}$	$\text{\textcircled{B}}$	-	-
'i'	69	01011101	$\text{\textcircled{B}}$	$\text{\textcircled{B}}$	$\text{\textcircled{G}}$	$\text{\textcircled{B}}$
'~'	7e	01000001	$\text{\textcircled{B}}$	-	$\text{\textcircled{G}}$	$\text{\textcircled{B}}$

코드 복호화 방법으로서 단순 부호 매칭 방법과 채널 부호화한 방법 두가 형태의 신호 부호화 방법을 적용하였다.

### 3.1.1 부호 정합

본 연구에서는 데이터 전송에 사용할 3개의 색광 소자와 신호 동기화 목적으로 1개의 적외선소자를 사용하였다. 표 1 은 각각의 색광 소자가 어떠한 부호 에 정합 되는지 보여 주고 있다. 표 2 는 표 1 를 바탕으로 3byte 텍스트 메시지인 “hi~”를 송출하기 위해 호출하는 색광소자의 순서를 나타내고 있다. Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>의 경우와 같이 밝기에 의존한 1채널 방식을 사용하면 8byte의 메시지를 전달하기위해서 수광 소자는 신호에 64회 (각 비트 당 1회) 반응해야 한다. 그러나 부호정합에 기반해서 메시지를 구성하면 신호전송의 시작과 끝을 알리는데 수 비트를 사용하더라도 1채널 방식에 비해 절반의 횟수로 메시지를 전달할 수 있다. 수광 소자가 외부의 하나의 광 신호에 반응하여 전기적 신호를 출력하는데 미량의 에너지가 필요하다는 사실을 감안한다면 메시지 전송 크기 대비한 에너지 사용면에서 부호정합은 1채널 기반의 신호전송보다 비교우위에 있다. 이에 대한 비교 분석은 IV 절에서 다시 정리한다.

### 3.1.2 채널 부호화

부호를 패턴화 하거나, 부호 매칭을 하는 단순한 알고리즘을 개선하고 모듈에 좀 더 많은 메모리 공간과 연산능력이 허용된다면, 채널을 부호화한 방식을 고려해 볼 수 있다. 무선 데이터 변조 방법 중 하나로써 직교 진폭 변조인 QAM(Quadrature Amplitude Modulation)은 디지털 신호를 일정량만큼 분류하여

표 3. 부호 탐색용 제어신호

Color	Channel Mean	비고
R/G/B	좌표 인덱스	색정합의 값은 표 1. 과 상동
Infra Red	해당 인덱스의 +/-	신호 true 시 +

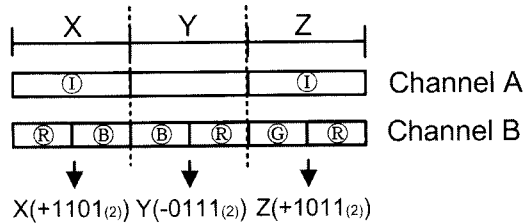


그림 10. 심볼화된 채널신호 분석

반송파 신호와 위상을 변조시킨다. 또한 제한된 전송 대역 내에서 데이터를 고속으로 전송하는데 유리한 특성이 있기 때문이다. 예를 들어 보면 우선 16개의 level로 양자화된 디지털 신호는 16개의 좌표로 분산되어 변조된다. 즉 위상과 크기가 각각 다른 16개의 신호 공간을 통해 한 좌표당 4bit의 2진 디지털 신호를 보내는 것이다. 이후 수신측에서는 16개의 신호좌표를 구분하는 경계선을 기준으로 수신된 신호가 어느 영역에 위치하느냐를 관측해 원래 신호를 복조하게 된다.

그러나 본 연구에서는 QAM에서 전파의 위상에 해당하는 색광의 밝기를 TTL 형태로 단순화하여 처리한다. 그 이유는 실험의 초기 가정 중 하나인, 핸드헬드 디바이스에서 운용 시 발생하는 흔들림이나 신호 방사중의 이동성으로 인해 세밀한 빛의 밝기 측정에 오차가 발생하기 때문이다. 비록 QAM방식을 전부 적용하기 곤란할 지라도, 채널에

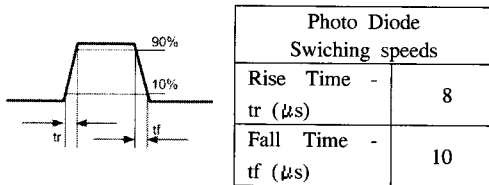
따른 제어신호 송출이라는 아이디어는 충분히 적용가능하다. 더 나아가, QAM 에서의 2차원 테이블 탐색을 확장해 3차원 테이블에서 부호를 탐색 하도록 한다. 신호의 위상 차이를 단순화하고 제어신호를 세밀화 하여 얻을 수 있는 장점은 신호인식의 안정성과 데이터의 전송밀도 상승에 있다.

표 3은 채널에 따른 제어신호 할당을 나타내고 있다. 이를 바탕으로 그림 10의 채널 신호를 해석해보면 xyz 좌표 평면의 좌표 (13,-7,11)를 나타내고 있다. 그림 10의 예에서 채널B에 해당하는 각 축 영역 마디는 4비트 신호로 최종 변환 된다. 이로 인해 채널B는  $2^4 - 1$ 개의 1차원 좌표 인덱스로

표 4. 신호반응 대비 부호변환 (신호마다 = m)

신호반응회수	3회 (m=1)	6회 (m=2)	9회 (m=3)
1개 채널	3bit	6bit	9bit
부호 매핑	6bit	12bit	18bit
채널 심벌화 (심벌 index size)	9bit (512)	15bit (32k)	21bit (2M)

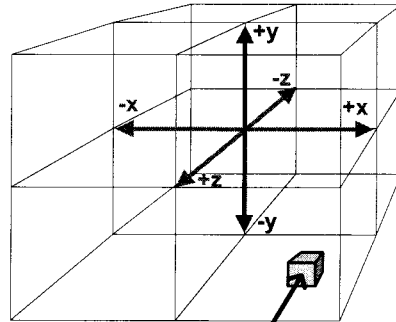
표 5. 적외선 수신소자 반응시간



환산할 수 있다. 또한 채널B와 채널A의 xyz좌표부호를 조합하여 (+) 공간으로 확장하면  $(2^4 - 1)^3$ 개의 좌표를 나타낼 수 있다. 여기에 채널A의 xyz 좌표계를 음과 양의(+)(-)로 한 차원 확장하면 최종적으로 그림 11와 같이  $(2^4 - 1)^3 \times 2^3$ 개의 인덱스를 나타낼 수 있다. 그래서 각각의 인덱스에 2byte의 부호정합용 심벌을 저장할 경우 약 60kbyte 가량의 고정메모리 공간을 필요하게 된다. 결과적으로 2byte 데이터를 보내기 위해서 1채널 방식이 16회 수신 반응이 필요한 것에 대비해 2개 채널 부호화는 6회 수신 반응과 고정공간의 메모리 탐색으로 통신 효율을 증가시킨 것이다. 마지막으로 본 3.1.2 절의 서두에 밝히고 있듯이 3차원 부호 테이블의 메모리 공간 확보와 연산 증가 문제를 3.1.1절의 단순 부호 매칭간의 비용 분석을 통해 표 4 에서 나타내고 있다.

### 3.2 색광 송수신 모듈 구성

실험을 위한 초기모델은 ATmega128 에 기반을 두어 송수신부의 모듈을 제작하였다<sup>9)</sup>. 송/수신부 구성에서 양측의 신호를 동기화하기 위해 적외선 발광/수신 소자를 사용하였다. 발광 및/ 수신 소자의 반응속도는 표 5 에서 보여주는 것처럼 마이크로 초 단위로 반응한다. 그 외 그림 12 처럼 지그비 통신 모듈과 외부 전원부 및 결과 출력용 LCD 등의 구성품으로 이루어져있다. 그림 13 블럭 다이어그램의 색 신호인식은 다음과 수행된다. a)우선 좌측의 송신기는 평문 메시지를 색광코드형태에 맞춰 신호화한다. b)또한 지정된 적외선 신호를 사용해 우측의 수신기와 수신주기를 동기화 한다. c)이후



(101) (1101, 0111, 1011)  
(+x,-y,+z)(13, 7, 11)

그림 11. 심벌 좌표테이블

송신기의 발광소자를 색광코드에 맞춰 점멸시키며 수신기에 방사한다. 그림 14는 c)과정의 화면 갈무리를 나타낸다. d)송신기의 색광 수신소자는 특정한 입력 광파장에 반응하여 정해진 전압 값을 출력한다. e)출력된 전압 값은 컴퓨터에 입력되어 디지털 신호로 변환된 후 3.1.1 절 혹은 3.1.2 절의 부호변환 방법을 통해 평문 메시지로 최종 변환된다. f)실험 모듈의 초기 구성에서는 수신결과를 LCD 창에 표시하여 가시화한다.

실험에 사용한 수광 센서는 마이크로 초 단위로 신호에 반응이 가능하다. 그러나 수광 센서가 수신한 광 신호를 환경잡음이 아닌 신호로 인식하기 위해서는 일정한 시간 동안 지속적으로 동일한 신호를 받아야 한다. 또한, 사전에 정의된 주기로 신호가 들어와야 한다. 그러므로 몇 개의 실험요소를 제어하여 신호간의 간격과 인식률의 관계를 알아낼 필요가 있었다. 그러나 소자 수신율과 반응속도의 확인문제는 본 연구의 주된 목적에서 벗어난 영역으로서, 회로소자의 구현업체간 특성이나, 회로 설

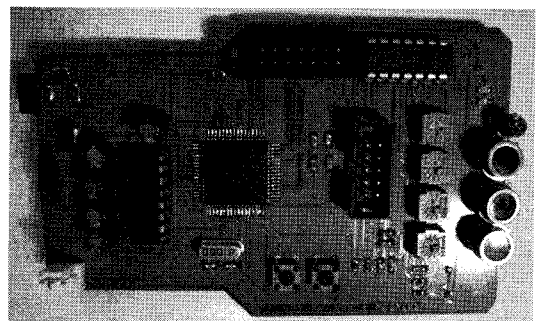


그림 12. 주기판을 덮는 LCD를 제거한 색광 송수신 기본 모듈 rainbowflash v1.0

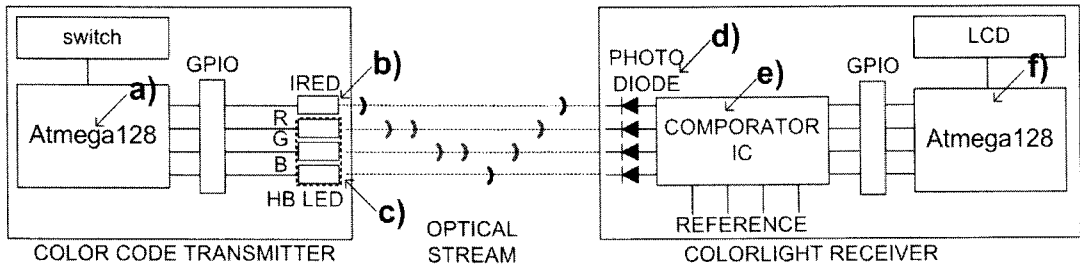


그림 13. 색 부호 시스템의 블록 다이어그램 : HB(High-Brightness) LED는 고휘도 발광소자를 뜻하며 GPIO(General Purpose Input/Output)는 다용도 입출력 포트를 뜻한다.

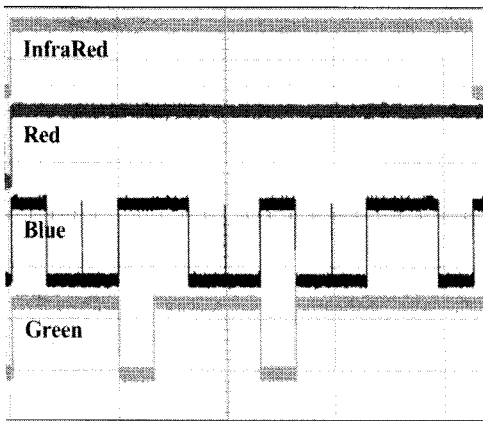


그림 14. 디지털 오실로스코프 (Aglient Tec. E4445AU) 를 사용해 부호 정합한 색광 송신 장치의 텍스트 송출 메시지 "hi~" 를 갈무리 (신호주기 0.5ms)

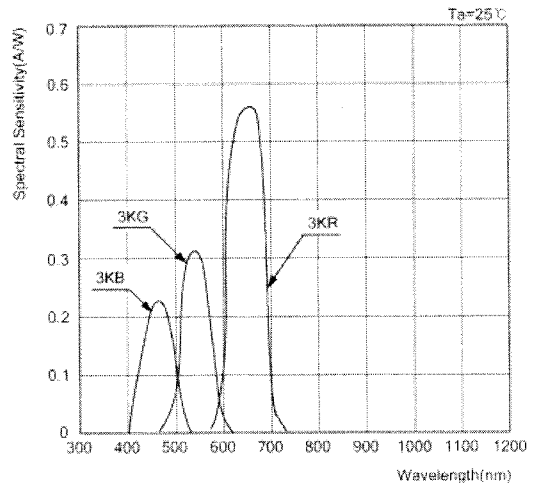


그림 15. 색광수신소자의 광광장 대비 스펙트럼 감도

계 등에 의존한다. 이는 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>의 연구에서도 지적하는 문제이다. 그래서 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>의 신호주기인 0.5ms를 기준으로 거리와 빛의 입사 각도를 고정한 상태에서 진행한다. 또한 색광을 감지하는 수광 소자는 국내 오스카 전자사의 OSC-3KR/3KG/3KB 를 사용하였으며 각 소자의 반응 광광장은 그림 15와 같다. 각 색수광 소자의 광 반응 시간은 상온 25도 에서 50ns 이다<sup>[10]</sup>.

#### IV. 분석 및 고찰

구현된 센서 모듈이 배터리로 운영되는 환경에서는 호출된 횟수와 신호에 반응하는 시간은 노드의 수명에 직접적으로 연관된다. 이러한 상황에서 Hongshen Ma et al<sup>[3]</sup>의 (배터리생존 vs 월간 호출회수) 간의 관계로부터 (신호부호 크기 vs 노드 생존) 으로 변환하면 표 6 및 그림 16과 같다. 비록 비교대상 연구와 배터리 사용 기준과 회로설계 차이는 있겠으

나, 부호화 방식에 따른 신호반응이 배터리 생존에 연관이 있음을 나타내고자 한다. 또한, 인벤토리상의 제품부호를 확인을 위해 1byte 부호를 사용할 때나, 출입문의 보안을 위해 512byte 부호를 사용할 경우를 비교해 본다면 사용 빈도 및 데이터 크기에 따른 대안이 각각 존재함을 간략히 나타낸 것이다. 제안된 시스템의 데이터 신호 속도는 구성하고 있는 비트가 1초간에 얼마나 전송되는가를 나타내며, 단위는 bps 이다. 또한 색광의 특성상 두 개의 색이 동시에 한곳에 방사되면 두색이 혼합되어 다른 색의 빛으로 합성 되는 관계로 직렬전송으로 신호부호화를 제한하였다. 특정지역의 노드와 1:1 형태의

표 6. 신호부호 크기 대비 노드 생존, 1비트 수신대비 9000 회 수신 가능 시, 월간 30회 수신 시

수신 data bit	8(bit)	16	64	128	512
1개 채널	37.5	18.8	4.7	2.3	0.6
부호 매핑	75.0	37.5	9.4	4.7	1.2
채널 심볼화	-	50.0	12.5	6.3	1.6

표 7. 지그비 무선 통신과 광 부호 시스템간의 수신율 비교

전송방법	전송률	메시지 패킷 사이즈
색광신호	6Kbyte/s (신호주기 0.5ms, 32K 심벌 인덱스 사용시)	헤더 불필요 1byte~512byte (응용에 따라 가변)
2.4 GHz 지그비 TinyOS	250K byte/s	헤더 포함 최대 길이 = 36byte 실제 데이터 길이= 16~22byte

명령 전달을 목적으로 색상 신호부호 기반의 통신 방식을 지그비와 비교해 볼 수 있다. 표 7는 처리 가능한 대역폭과 초당 수신율 및 오류 보정 등을 조건으로 분석한 결과이다.

무선통신은 통신과정에서 발생하는 헤더와 페이로드구조를 통해 하드웨어 레이어에서 데이터를 추출해 내는 방식이다. 이와 다르게 광 신호는 신호의 시작과 끝을 알리는 제어 신호를 제외한다면 신호스트림 자체를 데이터로 간주할 수 있다. 이는 1비트 이상의 가변적인 페이로드라도 수십 바이트의 고정적인 헤더로 구성되고, 분석되어 분리된 후, 통신 레이어를 통해 이동되어야 하는 무선 방식에 비해 구성상에 큰 이점을 가진다. 그래서 광 신호에 기반을 둔 지역 통신 방법은, 특정 노드를 대상으로 직접 데이터 송신 한다는 점에서 암호화기와 같은 큰 사이즈의 데이터를 주변 노드의 협업 없이 (경로 이동과 같은) 직접전달 할 수 있는 큰 강점이 있다.

### V. 결 론

본 연구의 목적은 소형의 이동형 장비를 사용해 인접 노드간의 간섭 없이 특정 노드로 직접적인 메시지를 전달하는데 있다. 이러한 목적은 메시지를 수신 받을 대상의 물리적 위치를 명확히 알거나, 불특정 노드가 가시권내에 포착된 상황을 가정한다.

이러한 문제를 해결하기 위해 이동형 장비에서 메시지에 해당하는 색광 신호를 부호화 하여 방사한다. 그리고 나서 해당 광 신호가 투사된 센서모듈은 신호를 코드로 조립하고 해석하여 특정한 반응을 보이도록 한다. 그래서, 색광 송수신을 위한 프로토타입 모듈을 설계 제작하고, 모듈의 자원상황에 따른 두 개의 간단한 통신 부호화 방안을 제안하였다. 또한 광소자의 특성을 감안한 송수신 실험을 진행하여 통신의 안정성과 효율성을 높이고자 하였

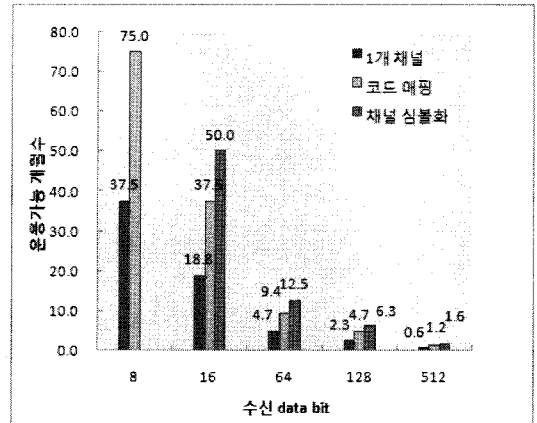


그림 16. 표 6의 신호부호 크기 대비 노드 생존 막대그래프

다. 또한 일반적인 노드의 생존성은 신호에 반응하는 횟수와 길이에 직접적으로 연관이 있으나 전파를 이용할 때와 다르게 빛을 통한 통신은 그 매개체가 광축전지로 인해 에너지로 환원될 수 있다는 점에서 생존성 향상을 위한 추가적인 응용 연구가 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] Klaus Finkenzeller, "The RFID Handbook -Fundamentals and Applications 2nd edition", YoungJin, 2005.
- [2] Raskar, R, Beardsley, P., van Baar, J., Wang, Y., Dietz, P.H., Lee, J., Leigh, D., Willwacher, T., "RFID Lamps: Interacting with a Self-Describing World via Photosensing Wireless Tags and Projectors", *ACM Transactions on Graphics (TOG) SIGGRAPH*, Vol. 23, Issue 3, pp. 406-415, 2004.
- [3] Hongshen Ma, Joseph A. Paradiso, "The FindIT Flashlight", *UbiComp 2002 Conference*, 2002.
- [4] Chalermek Intanagonwiwat, Ramesh Govindan, Deborah Estrin, "Directed Diffusion: A Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," *MobiCOM '00*, 2000.
- [5] C.-K. Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks," *IEEE Comm. Mag.*, 2001.
- [6] zigbee Web Site: <http://www.zigbee.com>.
- [7] High Brightness(HB) LED datasheet :



[http://www.itswell.com/kor/product/product\\_02.html](http://www.itswell.com/kor/product/product_02.html)

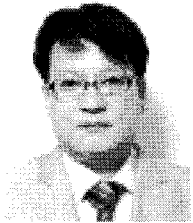
[8] Photodiode ST-1KLA datasheet :  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/S/T/-/1/ST-1KLA.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/S/T/-/1/ST-1KLA.shtml)

[9] ATmega128 datasheet:  
[http://www.atmel.com/dyn/products/product\\_card.asp?part\\_id=2018](http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2018).

[10] OSC-3KR/3KG/3KB datasheet :  
<http://optobox.com/product/product15.html>

이 공 (Gong Lee)

정회원



2005년 2월 인천대학교 산업경영공학과졸업  
2008년 2월 인천대학교 산업경영공학과석사  
2008년 3월~현재 인천대학교 컴퓨터공학과박사과정  
2009년 3월~현재 안양대림대학교

교 컴퓨터정보계열겸임교수

<관심분야> 유비쿼터스, 임베디드, 통신공학, 광통신 공학

전 영 준 (Young-Jun Jeon)

정회원



2001년 2월 인천대학교 컴퓨터공학과졸업  
2005년 8월 인천대학교 컴퓨터공학과석사  
2005년 8월 현재 인천대학교 컴퓨터공학과박사과정

<관심분야> 데이터 통신, USN, 소프트웨어 공학,

신 승 호 (Seung-Ho Shin)

종신회원



1979년 2월 경희대학교 전자공학과졸업  
1981년 2월 경희대학교 전자공학과석사  
1985년 2월 경희대학교 전자공학과박사  
1986년~현재 인천대학교 컴퓨터

공학과교수

<관심분야> 데이터 통신, 신호 처리, BISDN, 대기행렬망 이론