

MEMS 기반 무선 광센서네트워크 시스템의 구현 MEMS based free space optical sensor network system

권유선*, 오영진**, 김동현***

You-Sun Kwon, Youngjin Oh and Donghyun Kim*

* 연세대학교 전기전자공학과

** 연세대학교 나노 메디컬 협동과정

(발표자 연락처 : kimd@yonsei.ac.kr)

1. 서론

본 연구를 통하여 광학계를 이용한 무선 센서 네트워크 시스템을 개발을 목표로 한다. 최근 무선 센서네트워크 시스템은 대부분의 경우 RF 방식을 사용한다.

하지만 기존의 RF 방식을 사용하는 시스템의 경우, 복조기를 통하여 통신 내용이 쉽게 주위에 노출 될 위험이 있으며 최근에는 주파수 영역의 선택이 어려워졌다는 단점을 가지고 있다.

광학 센서 네트워크 시스템의 경우, 가시광선 외 영역의 광원을 사용하는 경우, 외부에 노출될 가능성이 낮기 때문에 보안이 중요한 통신에서 사용도가 높다. 또한 네트워크를 위한 통신 프로토콜에서의 사용 뿐 아니라 피아식별 및 무인 감지 시스템 등 많은 용도에서의 응용을 기대할 수 있다.

2. 센서 노드에서의 통신

CCR의 역 반사 메커니즘은 하반 Mirror의 전기적 구동을 통한 각도의 정합과 부정합을 발생시켜 입사 신호를 On-Off Keying 방식으로 변조하여 송신하는 것이다. 광선 편향 각은 하반 미러의 각도 부정합의 두 배이며 1m 반경 베이스 수신 부를 가정하면 off 상태를 유도하기 위한 최소 각도 부정합은 0.005 라디안 값으로 예상된다. 미러 구동 공식⁽³⁾을 이용하여 smart dust project의 실험적 커패시턴스를 고려하면 토션 계수가 $2 \times 10^{-5} \text{N/m}$ 면 4.7V 정도의 구동 전압으로 최소 66pj 파워소모를 짐작할 수 있다.

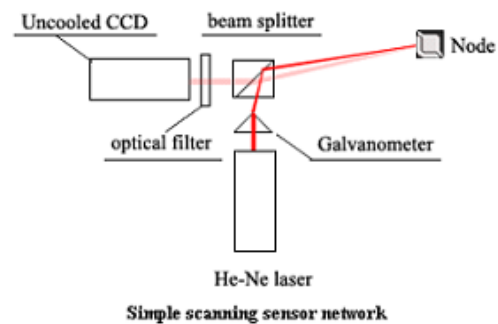
3. 무선 광센서 네트워크 시스템

① Broadcast 방식

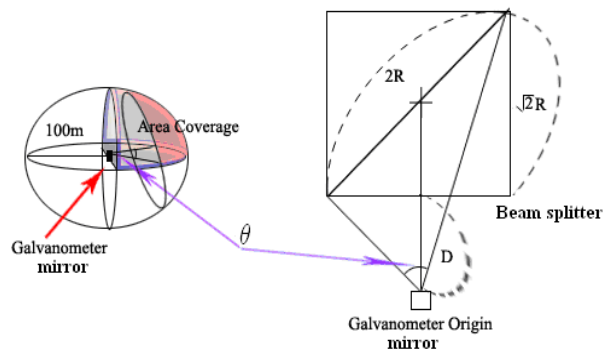
Broadcast 방식의 경우, 동시적 센서 노드 검출이 가능하지만 광 부담이 큰 관계로 수신부

감도가 1nW 급인 100m 네트워크 내에서 100mW 광 예산을 충족시키는 광 확산 각은 0.0143 라디안으로 초점거리가 약 70mm이상의 렌즈를 사용해야 센서 네트워크를 구동시킬 수 있는 것으로 짐작된다.

② Galvano-scan 방식



Galvano scan 방식의 경우 초당 광 파워의 부담보다는 센서 노드 검출을 위한 스캔 부담이 작용한다. 광 분할기의 반경을 3cm로 가정하면 갈바노미터 미러와 광 분할기의 거리에 따른 100m 네트의 유효 스캔 범위가 바뀌며 최대 스캔 총 면적은 5016m 정도이다.

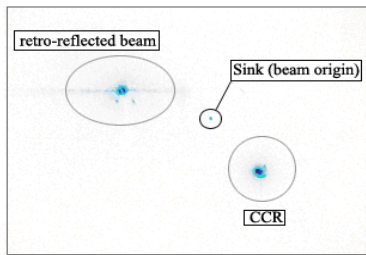


백만 센서를 동일 100m 거리의 유효 스캔 면적에 균일 분포 했을 시에 다음 노드를

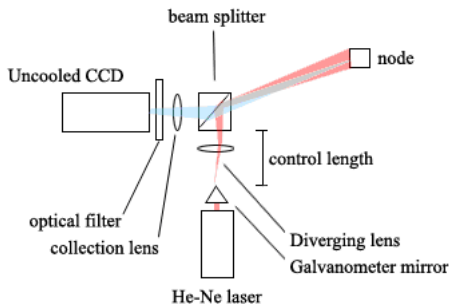
찾기 위한 스캔 부담 면적은 0.283m^2 로 나타난다. 144MHz 동작 주파수와 0.1스텝 각 이동에 350us이 소요되는 나선형 스캔 패턴의 갈바노미터 미러의 동작을 가정하면 동일 유효면적에 200 노드만 사용해도 0.7s안에 다음 노드를 찾을 수 있는 것으로 생각된다.

4. 결과

Galvano scanner를 이용한 1.2m급 Galvano-scan 시스템 링크를 구축한 결과 CCR 노드검출이 베이스에서 성공적으로 이루어짐을 알 수 있다.

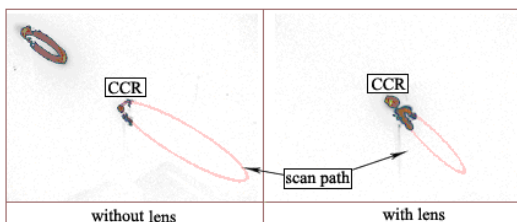


1.2m Pencil link result



Pencil beam & Broadcast Hybrid.

능동 스캔 방식에 작은 확산 각을 유도하여 스캔 부담을 낮춘 모델을 적용하여 실험을 해본 결과 스캔 시작 포인트에서 20cm 반경에 위치한 노드 검출이 상대적으로 적은 스캔 패스 범위 내에서도 가능 한 것을 볼 수 있다.



with or without 100mm diverging lens for pencil beam situation

결론적으로, Broadcast 방식으로 100m급 이상을 구현하기 위해서는 0.0143라디안 이상의 확산각을 구현 할 수 없고 2.83m 직경 안에 위치한 노드만을 검출하므로 능동 스캔 방식의 Galvano scan 방식을 이용해야한다. 최적 Galvano scanner 구동을 가정한다면 pencil beam 방식을 택함이 합당하지만 실제 갈바노미터 미러의 최대 구동 주파수와 불안정성으로 인한 문제로 실제 노드 검출 시간은 수초 이상으로 늘어나며 갈바노미터 미러 단독 소모 파워가 스캔 면적에 비선형 증가형태를 보이므로 단순 광 출력 부담에 능동 스캔 고유 파워 부담을 합산하면 파워 예산에 포화되는 스캔 제한 면적이 산출될 것으로 예상된다. 이러한 파워 부담 문제는 확산 렌즈를 포함시킨 pencil beam 모델로 제한적으로 보완할 수 있을 것으로 보이며 베이스에서 송신패스와 수신 패스를 분리하여 추후 갈바노미터 미러의 성능 향상을 대비해 갈바노미터 미러의 유효 편향 각을 충분히 수용할 수 있도록 하는 방향이 추천된다.

참고문헌

- [1] Vikas Kukshya, T S Rappaport, "Free space & high speed RF for next generation networks-propagation measurements", IEEE, Page 617, 2002.
- [2] Xiaoming Zhu, Victor S. Hsu, Joseph M. Kahn, "Optical modeling of MEMS corner cube Retroreflectors with Misalignment and Nonflatness", IEEE journal on selected topics in quantum electronics, Vol.8, No.1, January/February 2002.
- [3] Lixia Zhou, Joseph M.Kahn and Kristofer S.J.Pister, "Corner-Cube Retroreflectors Based on Structure-Assisted Assembly for Free-Space Optical Communication", *Journal of micro electromechanical systems*, Vol.12, No.3, June 2003.
- [4] P.B.Chu, N.R.Lo, E.C.Berg, and K.S.J.Pister, "Optical communication using micro corner cube reflectors," in Proc IEEE *Micro Electro Mechanical Systems Workshop*, Nagoya, Japan, 1997, pp.350-355.
- [5] Daniel J Vasques, Jack W Judy, "Optically interrogated zero power MEMS magnetometer", *Journal of Microelectromechanical systems*, Vol.16, No.2, April 2007.