

## 단거리용 무선 광통신 모듈의 링크 설치 결과 및 환경 요인 분석

허형준, 김희수, 광노민, 조규만, 정희성\*, 최영완\*\*, 조규섭\*\*\*  
 서강대학교 물리학과, (주)루멘링크\*, 중앙대학교 전자전기공학부\*\*, 성균관대학교 정보통신공학부

### The Environmental Influence on the Performance of Short Range Free Space Communication Link

Hyeongjun Huh, Heesoo Kim, Nohmin Kwak, Kyuman Cho, Heeseong Jeong\*,  
 Young-Wan Choi\*\*, Kyuseob Cho\*\*\*  
 Sogang University, Lumenlink Co., Ltd.\*,  
 Chungang University\*\*, Sungkyunkwan University\*\*\*

**Abstract** - 155Mbps 단거리용 무선 광통신 모듈을 120m 의 짧은 거리에 설치하였다. 그 결과 99.98% 이상의 error free availability와 99.99% 이상의 severely error free second rating을 가졌다. error의 요인을 분석한 결과 30mm/h 정도의 비에도 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 맑은 날에도 error가 발생하였는데 그 원인은 날아가는 새와 같은 물체가 링크를 가리기 때문이었다.

#### 1. 서 론

무선 광통신은 레이저가 발명되고 얼마 지나지 않은 1962년 MIT Lincoln Lab.과 Hughs Group을 시작으로 하여 다양한 방법들로 시도되어졌다. 하지만 이러한 무선 광통신은 안정한 레이저 시스템의 부재, 안개에 의한 영향과 대기의 Turbulence와 같은 요인들 때문에 많은 문제점을 가졌다.[1] 광섬유가 발명되고 난후 무선 광통신은 위성과의 통신이나 군사적인 목적과 같은 특별한 응용의 경우를 주로 하여 연구되어졌다. 하지만 광통신의 발달과 더불어 많은 소자들의 성능이 개선되고 또한 통신망의 확대가 요구됨에 따라 무선 광통신은 lastmile solution의 한 방법으로서 많은 시도들이 이루어지고 있다. 이 논문에서는 일기변화에 영향을 많이 받지 않는 단거리 무선광통신의 설치와 그 성능에 대해 논하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 일기변화에 의한 영향

무선광통신은 일기변화에 의해 영향을 받는다. 현재 알려진 바로는 안개에 의한 영향이 가장 크게 문제가 되고 있으며 폭우에 의해서도 영향을 받는다. 또한 맑은 날씨에서는 대기의 turbulence에 의해 빔의 위치가 변화함으로써 link에 영향을 주기도 한다. 이러한 요인 가운데 turbulence는 link 거리가 짧아질수록 그 효과가 미미해 100m 정도의 link에서는 고려하지 않아도 될 정도로 그 영향이 작다.[2] 안개의 영향은 Mie-scattering에 의해 설명될 수 있으며 다음과 같은 공식에 의해 대략적으로 계산이 가능하다.[3]

$$\tau_a = \exp(-\alpha_a L) \quad (1)$$

$$\alpha_a = \frac{3.91}{R} \left[ \frac{\lambda_c}{0.55} \right]^{-0.585R^{1/3}} \quad (2)$$

여기서  $\alpha_a$ 는 Mie-scattering coefficient이고  $\tau_a$ 는 atmospheric transmissivity를 나타낸다. L은 path-length, R은 시정거리,  $\lambda_c$ 는 빛의 파장을 각각 나타낸다.

윗 식에 따르면 파장이 1310nm이고 시정거리가 100m 정도의 경우에 100m link의 경우, -21.5db의 감쇠가 일어나지만 1km link의 경우에는 -215db의 감쇠가 일어난다. 비의 경우에는 안개보다 더 작은 영향을 미친다. 비에 의한 영향은 다음 공식에 의해 대략적으로 계산이 가능하다.[4]

$$X = 4.9R^{0.63} \quad (3)$$

X는 attenuation coefficient(db/km)이고 R은 10분당 강수량(mm/10min)이다. 이 식에 따르면 120mm/h의 강수량에도 30db/km 정도의 감쇠밖에 일어나지 않는다. 100m 정도의 link라면 3db 정도의 감쇠만이 일어날 뿐이어서 거의 영향을 미치지 않는다. 이상에서 살펴본바와 같이 100m 정도의 단거리 무선 광통신의 경우 대략 20-30db 정도의 power budget이 가능하면 매우 높은 availability를 가질 것을 예측할 수 있다. 다음 장에서는 실험 장치의 소개와 더불어 power budget을 살펴보겠다.

##### 2.2 실험장치

무선광통신 링크에 사용된 모듈은 OWL-155/200이다. 이 제품 송신부의 파장은 1310nm이고 파워는 10dbm이다. 수신부는 pin PD를 사용하였고 -34dbm의 sensitivity를 갖는다. 사용된 광학계는 2인치이고 수신부쪽에서 빔살의 지름은 25cm 정도의 크기를 갖는다. 이러한 조건으로 power budget을 계산하여보면 다음 표와 같다.

표1. Power Budget for OWL-155/200

Laser Output Power	10dbm
Tx Optics	-3db
Tx Launch Power	7dbm
Beam Spreading	-15db
Receiver Optics	-3db
Rx Sensitivity	-34dbm
Power Margin	+23db

위의 표1에서 보면 Power Budget이 +23db임을 알 수 있다. 앞의 이론에서 살펴보았듯이 이 정도

의 Power Budget이면 시정거리가 100m 정도의 심한 안개에서도 이 무선 광통신 모듈이 작동할 것이고 비에도 영향을 거의 받지 않을 것이라는 것을 예측할 수 있다. 실험장치는 다음 그림 1과 같이 구성되었다.

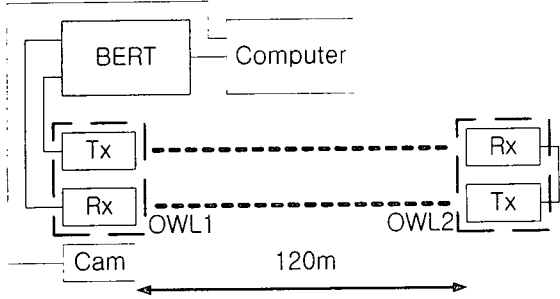


그림 1. 실험장치도

BERT에서 발생된 신호는 OWL1의 Tx에서 레이저 빛살로 진행하여 OWL2의 Rx에서 수신되고 이것은 전기 신호로 OWL2의 Tx에 전달되어 레이저 빛살로 OWL1의 Rx에서 수신된다. 수신된 신호는 BERT에서 에러 발생여부를 확인하게 되고 그 결과는 컴퓨터에 저장된다. 또한 링크의 상태를 모니터링하기 위하여 카메라를 설치하고 링크 상태에 변화가 있는지를 관찰하였다. 실험은 2003년 3월 19일부터 2003년 7월 22일까지 약 4개월간 진행되었다.

## 2.2 실험결과

실험결과는 크게 나누어 맑은 날의 결과와 비가 내린 날의 결과로 나누어진다. 아쉽게도 실험기간 내에 링크가 설치된 장소에 링크에 영향을 미칠 정도로 안개가 심하게 낀 날이 없어 안개에 대한 결과는 없다. 먼저 맑은 날의 결과를 살펴보고 그 다음 비온 날의 결과를 살펴보고자 하겠다.

### 2.2.1 맑은 날의 실험결과

다음 그림 2는 맑은 날의 결과이다. 그림에서 보듯이 가끔씩 에러가 발생함을 알 수 있다.

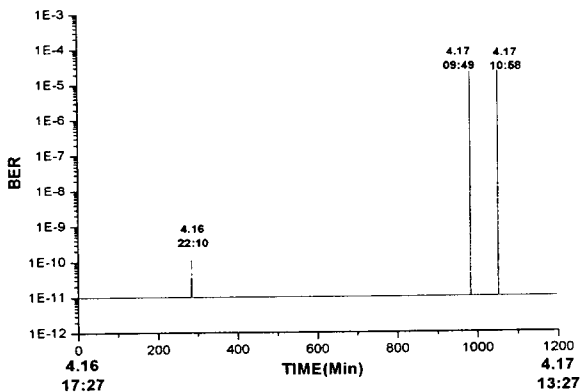


그림 2. 4월 16-17일의 BER data

이렇게 발생하는 에러는 그 원인이 불명확하여 그 원인을 찾는데 많은 시간을 투자하였음에도 원인을 발견하지 못했다. 그러다 이번 실험에서 카메라를 설치한 후 그 원인을 찾아내게 되었는데 그것은 그림 3과 그림 4에서 나타난 것처럼 새에 의한 영향이었

다. 링크가 설치된 학교의 특성상 녹지가 많아 많은 새들이 살고 있으며 이러한 새들이 날아가면서 순간적으로 링크를 가리게 되면서 에러가 발생하였다. 이렇게 새가 날아가면서 가려짐으로서 발생하는 에러를 제외하면 맑은 날의 에러는 거의 발생하지 않는다.

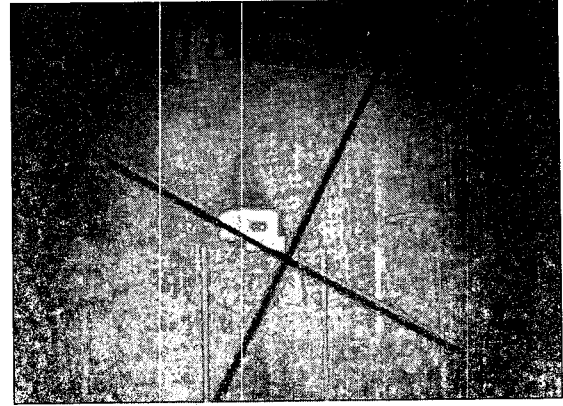


그림 3. 4월 17일 10시 58분

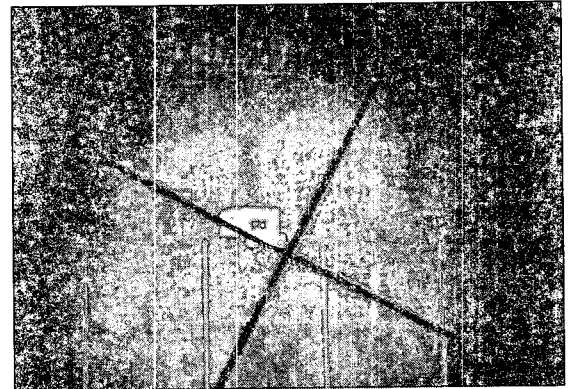


그림 4. 4월 17일 10시 58분

### 2.2.2 비가 올 때의 실험결과

다음 그림 5는 비가 올 때의 결과이다. 그림 5에서 그래프 내에 두 줄로 써진 숫자들은 시간당 강수량을 나타낸다. 그림에 표시되어 있듯이 시간당 강수량이 30mm를 넘는 경우에도 에러는 극히 작고 가끔씩 발생하였다.

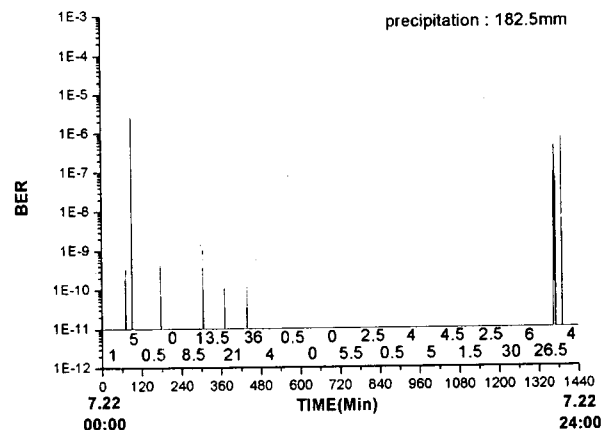


그림 5. 7월 22일 BER data (총강수량 182.5mm)

이렇게 에러가 발생하는 이유는 OWL 모듈에서 나오는 레이저 빛살의 크기가 작기 때문인 것으로 추정된다. 하지만 이러한 경우에도 그 에러의 크기는 작아서 링크에 크게 영향을 미치지 않는다.

에러가 레이저 빛살의 크기와 관련이 있을 것으로 추정되는 이유는 다음과 같은 결과 때문이다. 그림 6은 약간의 우박을 동반한 매우 적은 비가 내린 경우인데 전체 강수량은 2.5mm에 불과하나 에러는 그림 5에 나타난 결과보다 더욱 많이 연속적으로 발생하였다. 그림 7과 그림 8은 각각의 경우의 사진을 나타낸 것이다. 그림 7보다 그림 8이 빗방울이 적은 것을 알 수 있다. 이렇게 적은 빗방울은 렌즈와 같은 역할을 해서 손실의 한 원인이 된다. 이러한 문제는 통신에 사용되는 빛살의 크기를 어느 정도 크게 함으로써 극복이 가능하리라 생각된다.

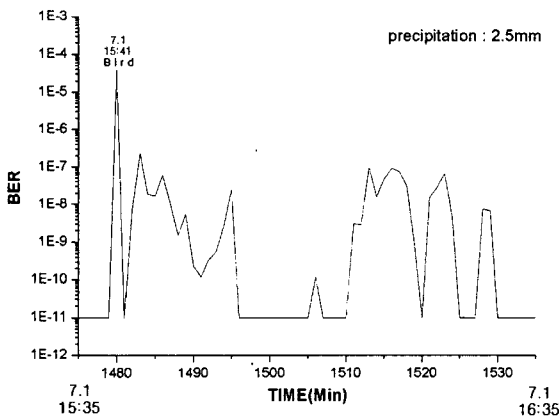


그림 6. 7월 1일 BER data (총강수량 2.5mm)

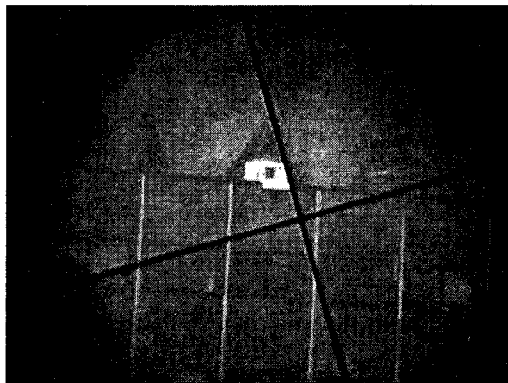


그림 7. 7월 22일 7시 15분 (시간강수량 36mm)

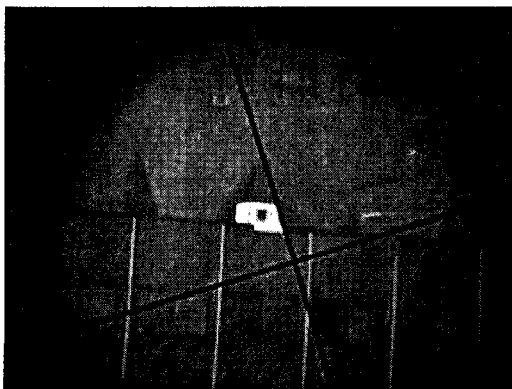


그림 8. 7월 1일 15시 54분 (총강수량 2.5mm)

### 2.2.3 BER 분석

약 4개월 동안 진행된 실험에서 BER을 측정한 총 시간은 8,363,160초이고 ES(error second)는 1076초 SES(severely second)는 212초이다. SES의 기준은 1E-4으로 하였다. 따라서 error free availability는 99.987%이고 severely error free second rating은 99.997%이다. 맑은 날과 비온 날의 결과를 비교해보면 각각 99.988%와 99.975%의 error free availability를 갖는다. 맑은 날의 error의 주 원인이 새와 같은 물체가 가리기 때문이라는 것을 고려하면 설치 장소에 따라서 99.999% 정도의 error free availability를 갖는 것이 가능하리라 추정된다.

### 3. 결 론

무선 광통신 모듈을 120m 거리에 설치하여 BER을 측정하였다. 결과를 살펴보면 시간당 30mm 정도의 비에도 크게 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다. 이러한 일기에 의한 영향보다 더 많은 error를 발생시킨 것은 새였다. 무선 광통신의 특성상 line of sight가 요구되는데 새가 지나가면서 레이저 빛살을 막아 error가 발생되었다. 이러한 error는 error free availability가 99.987%로 낮게 나오는 주 원인이 되었지만 연속적이 아니라 link가 unavailable하게 되지는 않는다. 이러한 점들을 고려해보면 단거리 무선 광통신은 높은 신뢰성을 필요로 하지 않는 가입자망의 한 방법이 될 수 있을 것이다.

### (참 고 문 헌)

- [1] Frank E. Goodwin, "A review of operational laser communication system", Proceeding of IEEE, Vol 58(10),p1746-1752, 1970
- [2] K. C. YEH, "Displacement of rays in a turbulent medium", IEEE Transactions on antennas and propagation, Vol. AP-16(6), p.678-683, 1968
- [3] Timothy L. Grotzinger, "The effects of atmospheric conditions on the performance of free-space infrared communications", Free-Space Laser Communication Technologies III, SPIE Vol.1417, p.484-495, 1991
- [4] Yuji ABRAKAWA, "Fiber and free-space hybrid optical networking for new generation mobile radio access network", The 5th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, Vol.2, p.27-30, 2002