

스마트 가로등 시스템의 전력선통신 필터 성능 개선 및 효율 평가

논문
58P-2-10

PLC Filter Capacity Improvement and Efficiency Evaluation of Smart Street Lighting System

김 명 호[†]
(Myung-Ho Kim)

Abstract - In order to give handiness to the management of the existing street lighting system which is based on the one way communication and to reduce the maintenance cost, the power line communication filter in the two way communication which is based on the CDMA communication and power line communication was improved and accordingly the stability of the communication performance was improved.

Also, the efficiency of existing street lighting system and smart street lighting system was evaluated as Visual studio system. As a result, when the number of street lights is 10,000, the hours of daily work fell 50% and the number of necessary maintenance staff decreased 40%. Compared to the maintenance costs of the existing street lighting system, it could be expected to have the cut costs of almost 100 million won a year on the basis of 60 switch board and 1,200 street lights.

Key Words : Street Lighting, Power Line Communication, CDMA, PLC Filter

1. 서 론

야간생활의 필수 생활편익시설인 가로등은 야간 보행자와 자동차 운전자의 시각적 능력을 주간과 같은 정도로 유지하여 교통안전, 범죄방지, 도로이용자의 불안감 제거와 피로 경감 및 도로이용 효율의 향상을 목적으로 시설 및 운영되고 있다. 이와 같은 목적의 가로등은 지방자치단체에서 시설 및 운영되고 있는데 한 개의 구청에서 평균 만여개의 가로등이 관리되고 있으며 가로등의 특성상 지역 곳곳에 넓게 분포되어 있어서 운영·관리 비용 절감과 효율성 증대에 많은 관심이 모아지고 있다. [1]

이러한 가로등의 운영·관리에 있어서 기존 가로등 시스템은 FM 주파수를 송신하여 일괄적으로 점멸하는 단방향 통신 방식을 사용하는 시스템이 주류를 이루고 있기 때문에 가로등의 상태를 실시간으로 파악할 수 없고 관리자의 순찰이나 민원에 의해서만 상황을 파악하며 사고 이후 대처하는 방식으로 과도한 관리비용 지출과 민원발생의 문제점을 가지고 있다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 본 논문에서는 전력선 통신 주파수 대역과 가로등 안정기의 특성을 분석하여 전력선 통신의 신뢰성을 개선하는 전력선통신 모델 필터를 설계하였고 스마트 가로등 시스템의 효율 평가를 위하여 기존 가로등 시스템과 스마트 가로등 시스템 도입에 의한 관리 작업시간과 관리인원의 가동률에 따른 생산성을 시뮬레이션 하였다.

2. 스마트 가로등 시스템의 구성

2.1 스마트 가로등 시스템의 양방향 통신 네트워크

지방자치단체에서 관리하고 있는 가로등 시스템은 배전반과 가로등으로 구분되는데 배전반과 가로등은 넓은 지역에 분포되어 있기 때문에 관리자가 각각의 배전반이나 가로등의 상황을 실시간으로 파악하여 대처할 수가 없다.

이러한 배전반과 가로등을 그림 1과 같이 양방향 통신 네트워크로 구성하여 실시간으로 관제가 가능한 스마트 가로등 시스템을 구성하였다.[2]

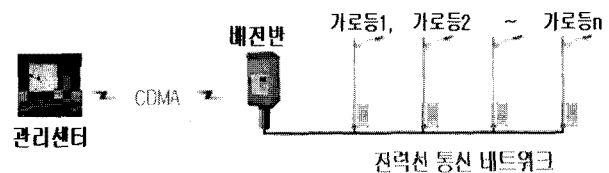


그림 1 가로등 양방향통신 네트워크

Fig. 1 Two-way Communication Network of Street Lighting System

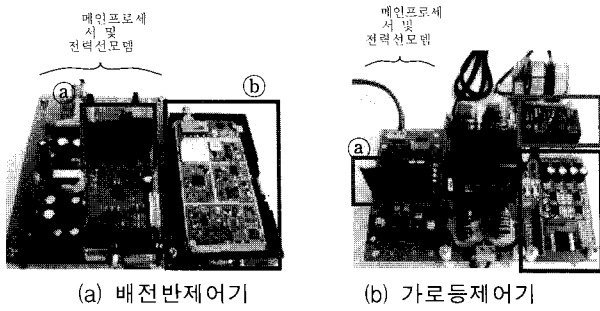
배전반 제어기의 메인프로세서는 그림 2-(a)의 ㉠과 같이 전력선통신을 지원하는 PL 3150 Smart Transceiver를 사용하였고 관리센터와 배전반 구간의 CDMA통신은 그림 2-(a)의 ㉡와 같이 메인프로세서와 CDMA 모듈이 Serial 방식으로 데이터를 교환하여 통신환경을 지원한다.[3]

가로등 제어기 메인프로세서는 그림 2-(b)의 ㉢와 같이 전력선통신을 지원하는 PL 3120 Smart Transceiver를 사용하였고 그림 2-(b)의 ㉣와 같이 가로등을 점멸 제어하는 계전기와 그림 2-(b)의 ㉤와 같이 영상변류기를 포함한다.[4][5]

[†] 교신저자 정희원 : 경원대학 건축설비공학과 정교수·공박
E-mail: ibs@kyungwon.ac.kr

접수일자 : 2009년 4월 21일

최종완료 : 2009년 5월 22일



(a) 배전반제어기 (b) 가로등제어기
 그림 2 제어기
 Fig. 2 Controller

2.2 전력선통신 필터

2.2.1 전력선통신 파형 측정

배전반 제어기와 가로등 제어기 간의 데이터들은 전력선통신 모뎀에서 2진 위상편이 변조가 되어 그림 3과 같이 두 개 (115, 132[KHz])의 주파수 대역을 사용하여 패킷의 형태로 전력선으로 전송된다.

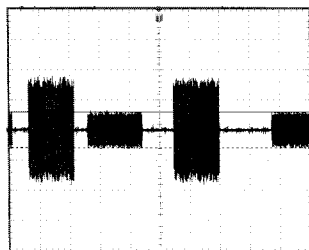


그림 3 전력선통신 파형
 Fig. 3 Waveform of PLC Communication

2.2.2 가로등 안정기에서 발생하는 노이즈에 의한 전력선통신 파형

가로등 안정기에서 발생하는 노이즈 환경에서 전력선통신 데이터를 전송할 때 생기는 파형의 변화를 측정하였을 때 그림 4와

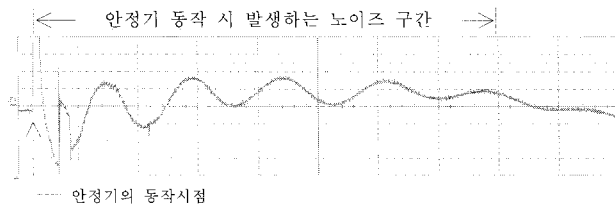


그림 4 안정기 동작시 발생하는 노이즈
 Fig. 4 Noise by Ballast's Starting

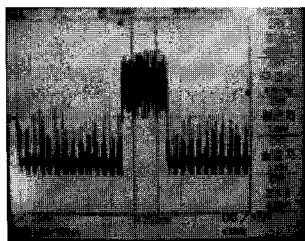


그림 5 안정기 노이즈에 의한 파형 변화
 Fig. 5 Change of Waveform according to Ballast's Noise

같이 안정기가 동작할 때 노이즈가 발생하였고 그림 5와 같이 노이즈에 의해 데이터 파형이 변화되는 것을 확인하였다.

2.2.3 가로등 안정기의 특성

가로등 안정기의 전류와 전압 변화를 측정하였을 때 그림 6의 ㉠와 같이 가로등이 점등할 때 안정기가 380[mV]의 높은 입력전압을 소모하였고 점등된 이후에 그림 6의 ㉡와 같이 전압이 160[mV]까지 떨어졌다. 안정기가 동작하고 15[s]가 지난 후 그림 6의 ㉢와 같이 200[mV]를 유지하였다.

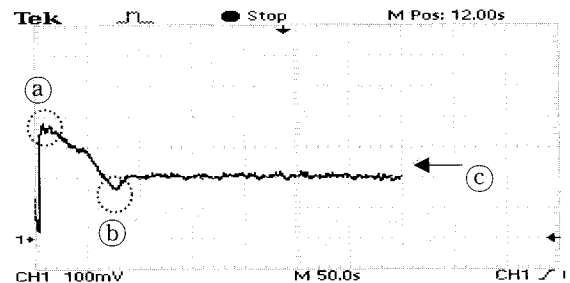


그림 6 안정기의 전류 및 전압 변화
 Fig. 6 Change of Ballast's Current and Voltage

2.2.4 전력선통신 필터에 의한 파형의 개선

전력선통신에서 노이즈의 영향이 가장 적은 두 개의 주파수 대역(115, 132[KHz])을 통신주파수로 선정하였다.[6] 통신성능을 개선하기 위하여 통신 주파수 대역(115~132[KHz])의 노이즈만을 필터링하는 Band-Pass Filter를 그림 7과 같이 설계하였다.[7]

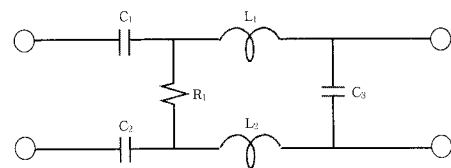


그림 7 필터 회로도
 Fig. 7 Filter Circuit Diagram

그림 8의 ㉠와 같이 가로등의 안정기가 동작할 때 발생하는 노이즈가 전력선통신 필터를 지나면서 그림 8의 ㉡와 같이 노이즈가 필터링 되었다. 노이즈를 필터링하여 그림 9의 (a)와 같이 필터를 사용하지 않았을 때 변형되었던 데이터 파형이 그림 9의 (b)와 같이 안정화되는 것을 확인하였다.

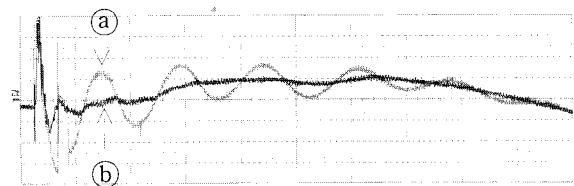
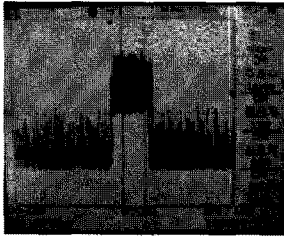
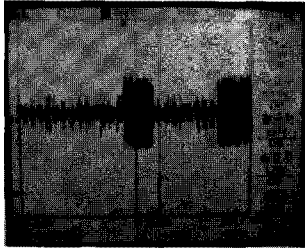


그림 8 필터 사용 시 개선된 파형
 Fig. 8 Improved Waveform by Filter



(a) 필터를 사용하지 않을 때의 데이터 파형
(a) Data's Waveform by Non-filter



(b) 필터를 사용할 때의 데이터 파형
(b) Data's Waveform by Filter

그림 9 필터 사용 시 개선된 데이터 파형
Fig. 9 Improved Data's Waveform by Filter

3. 스마트 가로등 시스템의 효율성 평가

기존 가로등 관리 시스템의 관리 인원들은 각 가로등을 순회하여 가로등의 고장 유무를 확인하고 고장 시 수리한다.

반면에 스마트 가로등 시스템의 경우 가로등의 점멸 상태와 이상 유무를 관리센터에서 실시간으로 관제하여 가로등의 이상상태에 즉시 대처한다.

기존 가로등과 스마트 가로등 시스템의 효율성을 ①관리하는 전체 가로등의 총수는 1,000개에서 10,000개까지 증가시키고, ②거리는 1단위, ③직선거리로 이동, ④관리센터는 중앙에 위치, ⑤하루 10시간 작동, ⑥가로등의 수명은 7,000시간에서 9,000시간까지 일양분포에 따름, ⑦운영시간은 5,000일(50,000시간)의 공통 조건으로 Visual Studio 시스템에서 시뮬레이션하여 그림 10 및 그림 11과 같은 결과를 얻었다.

3.1 작업시간 시뮬레이션

그림 10과 같이 관리 하는 가로등의 수가 증가함에 따라 기존 가로등 관리시스템 보다 스마트 가로등 시스템을 도입하는

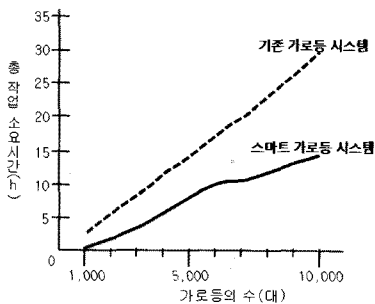


그림 10 가로등 시스템의 관리 작업시간
Fig. 10 Management Task Hours of Street Lighting System

경우에 관리에 필요한 총 작업 소요시간이 감소된다. 관리원이 2인 1개조로 10,000대의 가로등을 관리할 때 기존 가로등 시스템은 총 30시간이 소요되고 스마트 시스템은 총 15시간이 소요되어 50%의 총 작업 소요시간이 감소됨을 알 수 있다.

3.2 필요 관리인원 시뮬레이션

그림 11과 같이 일일 작업가능시간을 10시간으로 가정하여 관리하는 가로등의 수가 증가함에 따라 관리에 필요한 인원을 시뮬레이션 하였을 때 기존 가로등 시스템보다 스마트 가로등 시스템이 관리에 필요한 인원을 적게 요구하는 것을 알 수 있었으며 관리하는 가로등의 수가 10,000대 에서는 약 40%의 필요인원이 절감됨을 알 수 있다.

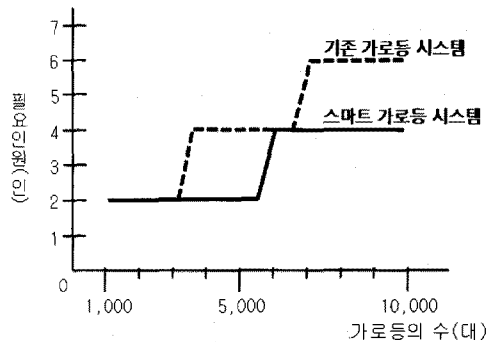


그림 11 가로등 시스템의 관리인원
Fig. 11 Management Hands of Street Lighting System

3.3 효율평가에 따른 관리비용의 절감 효과

스마트 가로등 시스템의 경우 초기 시설비용의 부담으로 지방자치단체가 이 시스템을 도입하는데 어려움이 있었다.

배전반은 60대, 가로등은 1,200대를 기준으로 스마트 가로등 시스템의 초기 시설비용은 표 1과 같다.[8]

표 1 스마트 가로등 시스템 초기 시설비용
Table 1 Primary Cost of Smart Street Lighting Equipment

구분	수량	단가	합계
관리시스템	1set	20,000,000원	20,000,000원
배전반 제어기	60대	1,200,000원	72,000,000원
가로등 제어기	1,200대	200,000원	240,000,000원
합계	-	-	332,000,000원

기존 단방향 관제 시스템의 유지·관리비용과 스마트 가로등 시스템의 절감효과에 따른 유지·관리비용을 비교하면 표 2와 같이 연간 1억 원 이상의 비용이 절감되는 것을 알 수 있다.

기존에 시설되어 있어 추가 시설비용이 필요 없고 유지관리 비용만이 필요한 단방향 관제시스템의 가로등 1,200대를 표 1의 초기시설비용이 필요한 스마트 가로등 시스템으로 교체하면 표 2의 절감효과에 의해 그림 12와 같이 3년이면 손익분기점에 도달하는 것을 알 수 있다.

표 2 유지·관리비용 비교
Table 2 Comparison of Maintenance Cost

구분	가로등 시스템의 유지관리 비용 내역	기존 시스템의 비용(천원)	스마트 시스템에 의한 절감효과	연간 절감액(천원)
전기요금	일 10시간 운영 82원/KW	158,030	심야시간대 격등제어 및 무부하 전력손실 30%	47,409
소요 자재	안정기 년 1회 교체, 램프 월 교체비 200,000원	44,400	사용수명의 10% 연장효과	4,440
고장 점검 및 수리비	고가차량 임대 (월 48시간) 관리순찰 (월 10회)	23,280	고가차량 임대 (월 24시간 절감) 관리순찰(월5회)	11,640
인건비	유지보수 인원 4명	96,000	유지보수 인원 2명 절감	48,000
합계		321,710		111,489

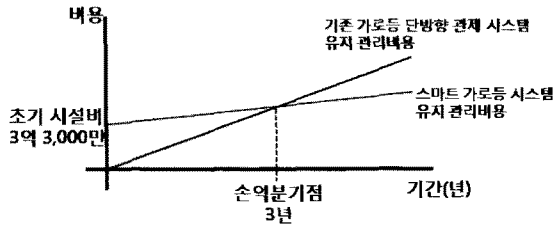


그림 12 손익분기 그래프
Fig. 12 Break Even Point Graph

4. 결 론

스마트 가로등 시스템의 안정기에서 발생하는 노이즈와 두 개의 전력선통신 주파수 대역(115, 132[KHz])을 고려하여 설계한 전력선통신 필터로 전력선통신 성능을 개선하였고 관리센터에서 개별 가로등을 점멸 제어하고 점멸상태 및 이상상태를 실시간 관제하여 운영·관리의 효율성을 증대하였다.

기존 가로등 시스템과 비교하여 스마트 가로등 시스템을 적용하였을 때 관리하는 가로등의 수가 증가함에 따라 총 작업 소요시간이 감소되었고 가로등의 수가 10,000대에서 50%의 감소를 보였고 일일작업 시간을 10시간으로 가정하였을 때 관리하는 가로등의 수가 10,000대에서 필요 관리인원은 40% 감소를 보였다.

총 작업 소요시간과 필요 관리인원의 감소로 배전반 60대 및 가로등 1,200대를 기준으로 비용을 산출하였을 때 연간 1억 원 이상의 비용절감효과를 기대할 수 있었다. 또한 기존 가로등 시스템의 경우 가로등의 이상상태를 빠르게 대처하지 못하기 때문에 민원이 발생하게 될 뿐만 아니라 차칫 설비의 결함 또는 각종 열화 등에 대하여 안전장치가 기능을 발휘하지 못해서 인체에 치명적인 재해를 초래하는 문제점을 스마트 가로등 시스템의 원격 실시간 모니터링으로 민원 및 재해를 사전에 예방하는 효과를 얻을 수 있다.

가로등의 밝기를 조절하는 Dimming 제어와 이상상태의 가로등을 분석하여 수리내용과 수리경로를 안내하는 관리방안 등의 스마트 가로등 시스템에 대한 연구가 계속 되어야 한다고 사료되며 USN 분야의 발전으로 가로등을 사회기반시설의 네트워크로 활용하는 가능성이 매우 높게 평가되고 있는데 가로등의 USN 활용을 위하여 더욱 다양한 표준네트워크 변수(SNVT)와 이에 적합한 구성속성(SCPT)을 개발하는 것이 급후의 과제라고 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] 김형권 외 4인, "조도/휘도 분포측정을 통한 도로조명 실태 조사", 한국조명·전기설비학회논문지, 한국조명전기설비학회, v22 no1, 2008, pp.17~23
- [2] 김명호 외 3인, "유비쿼터스 기반 에너지 절약형 가로등 디밍제어 시스템", 대한전기학회 2006년도 하계학술대회 논문집 D, 대한전기학회, 2006, pp.1956~1957
- [3] Echolon, co. ltd., "PL 3120/3150 SmartTransceiver Data Book"
- [4] 박병석, "전력선통신 유비쿼터스 기술개발", 조명전기설비, 한국조명·전기설비학회, v21 no.6, 2007, pp.35~39
- [5] 박종연 외 2인, "누전검출 및 차단기능을 가진 가로등용 HID 전자식 안정기 개발", 한국조명·전기설비학회 06 춘계학술대회 논문집, 2006, pp.99~102
- [6] Echolon, co. ltd., "PLCA-22 통신 분석기를 이용한 전력선 통신 환경 평가 방법", LonUser Korea 컨퍼런스, 2004, pp. 113~121
- [7] Echolon, co. ltd., "LonMark Layer 1-6 Interoperability Guidelines", 1999
- [8] 이너스텍, "양방향 가로등 원격 제어/감시 시스템 기술 영업 보고서", www.enus.co.kr

저 자 소 개



김 명 호 (金 名 鎬)

1989년 강원대 전기공학과 졸업. 1991년 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1995년 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1996년 동경 공업대학 전자물리학과 Post Doctor. 2008년 CarnegieMellon 대학 건축과 Visiting Scholar. 2009년 경원대학교 건축설비공학과 교수

Tel : 031-750-5882

E-mail : ibs@kyungwon.ac.kr