

A Study on Broadband PLC for Power IT

김연수[†] · 신재문^{*}
(Yeoun-Soo Kim · Jae-Moon Shin)

Abstract - From now on, power line communication was made use of controlling using 450 kHz narrow band, but as the PLC technology developing, in the near future get to the commercial step that is broadband PLC upto 30 Mhz. In this paper, analyze the possibility of moving picture transmission for adapting surveillance camera which is among of the application of PLC. To analyze characteristics of channel, estimate the noise and impedance of lab, office, home. In case of noise, there is no problem to communicate each other because of 20 ~ 50 dB gain. In case of impedance, average impedance is about 100 ohm, it satisfy standards of designing modem but because max and min values get out of expectation there are some problem to acquire fully capacity of modems. Its condition is the same as transmission of multimedia data. In this test as more packets, as more handling rate, in lab, for the case that transmit 1,518 byte as the speed of 6 Mbps handling rate is upto 100%, it means possibility of moving picture transmission as the 6 Mbps speed. For delayed time there is no relationship about transmitted packets. As a result, there is no problem about applying surveillance camera via the PLC. And more cameras can work within PLC for considering the number of transmitted frames.

Key Words : Power line communication, Common duct, Noise, Attenuation, Packet handling rate, Loss rate

1. 서 론

PLC (Power Line Communication) 통신은 전력선을 이용하여 보내고자 하는 정보를 전송하는 통신방식으로 최근 국내는 물론 세계적인 관심을 통하여 널리 알려지고 있으며 일반인의 관심도 매우 높아지고 있다. 과거 전력선반송 (Power Line Carrier) 기술은 장거리 송전선(66 kV~345 kV)을 통하여 주로 음성통신을 하기 위하여 이용되어 왔다. 우리나라에서도 1941년 수풍발전소에서 만주로 나가는 200 kV 송전선에 아날로그 통신신호(사용주파수 : 50~450 kHz)를 중첩시킨 전력선 반송전화를 처음으로 시설한 후 오랫동안 전력회사의 통신수단으로 사용하여 왔다.

전력선 통신은 전송속도에 따라 중·저속용과 고속용으로 나눌 수 있다. 중·저속용 전력선통신은 전송속도가 1 Mbps 이하이고 10~450 kHz 사이의 주파수 대역을 사용하며 홈오토메이션, 전기기기 제어, 원격검침 등에 주로 사용되고 있다. 고속용 전력선통신은 데이터 전송속도가 1 Mbps 이상이며 0.5~30 Mhz의 주파수 대역을 사용한다. 응용분야는 주로 초고속 정보통신망 접속용이며 상용화를 위한 많은 연구가 진행 중이다. 따라서 앞으로는 각 가정의 홈 네트워크나 전력소비 감시제어 또는 인터넷통신 등의 여러 응용분야

를 별도의 통신선을 사용하지 않고도 전력선을 이용하여 통신할 수 있는 기술이 더욱 발전될 전망이다.

본 논문에서는 전력선 통신에 있어서 필수적인 전력선의 채널특성을 조사, 분석하였으며 현재 개발되어 있는 전력선 모델과 새로 개발한 영상전송시스템을 결합하여 영상전송에 있어서 통신매체로 전력선이 가능한지 연구를 통해 고찰해보고자한다.

2. 본 론

2.1 전력선통신 특성

전력선은 통신신호 전송 측면에서 볼 때 여러 가지 열악한 조건을 갖고 있는데, 고주파적으로 다양한 잡음요소가 상존하고 선로정수가 일정하지 않으며, 신호의 감쇄특성도 선로상의 송·수신기 위치, 부하분포, 분기형태 등에 따라 다르게 나타난다. 이처럼 수시로 변동하는 채널특성은 전력선 모델의 출력단에서 임피던스 정합이나 주파수 선택을 정형화하는 것을 어렵게 하고 있다. 아울러, 전력선은 옥외 또는 옥내 배전계통에서 필요에 따라 다중 분기를 이룰 뿐만 아니라 수시로 다양한 부하가 탈·부착되기 때문에 다경로 (Multi Path)에 의한 ISI(Inter Symbol Interference) 문제가 필연적으로 발생하게 된다.

이와 같이 정형화하기 어려운 채널특성에서 수 Mbps의 전송속도를 갖는 고속통신을 하기 위해서는 고난이도의 기술을 요구하게 되었고, 앞으로도 전력선을 고속의 신뢰성 있

[†] 교신저자, 정회원 : 아주대학교 컴퓨터공학과 박사과정

E-mail : greens00@paran.com

^{*} 비 회 원 : 한전KDN 재직

접수일자 : 2010년 11월 22일

최종완료 : 2011년 6월 14일

는 통신채널로 이용하기 위해서는 각종 특성에 대하여 다양한 분석이 선행되어야 할 것이다. 전력선의 통신채널 특성은 크게 전력선의 잡음과 임피던스 및 신호감쇄 특성으로 구분할 수 있다.

2.1.1 전력선 잡음

전력선 채널에서의 잡음은 전력선에 연결된 전기기기와 전력선 환경으로부터 발생하는 교란(Disturbance)에 의해 주로 결정된다. 수백kHz에서 20MHz에 이르는 주파수 범위에서 전력선 채널의 잡음 시나리오(scenario)는 대부분 협대역 간섭(Narrow-band interference)과 임펄스잡음에 의해서 특성이 좌우되며, 디지털 통신 링크의 질(Quality)과 신뢰성(Reliability)에 상당한 영향을 미친다. 임펄스의 폭, Interarrival time 그리고 Power는 수 Mbps급 속도를 가진 통신링크에서 bit 또는 burst error의 주 요인이 되는 값으로 쉽게 이를 수 있게 되는데 이를 극복하기 위하여 복잡한 코딩구조들이 고려되어야 한다.

전력선에서의 잡음은 크게 배경잡음과 임펄스성 잡음으로 구분할 수 있으며, 배경잡음은 활용코자하는 대역에서 백색가우시안 잡음(AWGN(Additive White Gaussian Noise))의 형태가 아니라는 것이 가장 중요한 특징인데, 이러한 배경잡음은 선로에 항상 존재하며, 몇 초, 몇 분 또는 몇 시간에 걸쳐 변화하지 않는 반면 아주 짧은 시간동안의 잦은 잡음 변동은 대부분 전류전환(switching transients)에 의한 임펄스성 잡음으로 여겨진다. 이러한 잡음은 출력, 결합형태, 거리, 토폴로지에 따라서 다양한 영향을 받으며, 다양한 위치에서 잡음에 대한 스펙트럼의 형태도 예측할 수 없는 차이를 나타낸다. 이들은 대부분 전력 수용가측에 연결된 전기기기에 의해서 발생하는 것이다.

2.1.2 전력선 특성임피던스 및 신호감쇄 특성

전력선상에서의 신호 감쇄특성은 주로 주파수와 시간에 대한 상관관계보다는 전력선의 길이와 토폴리지, 그리고 특성임피던스에 따라 다양한 형태로 나타나게 된다. 즉, 일반적으로 통신선의 특성을 검토할 때 선로정수를 1차정수인 R(저항), L(인덕턴스), C(커패시턴스), G(컨덕턴스) 와 2차정수인 α(감쇄정수), β(위상정수), Y(전파정수), Z₀(특성임피던스)로 나뉘볼 수 있는데, 이중 특성임피던스는 어떤 특정 주파수에서 선로의 길이나 부하에 관계없이 선로의 종류에 따라 일정한 값을 갖게 된다. 그러나 전력선은 꼬임 쌍선이나 동축케이블과 달리 사용 환경에 따라 여러 가지 현상과 특성을 달리하게 된다.

임피던스의 특성을 살펴보면, 보통 빌딩내에서는 100 kHz~500 kHz 주파수 범위에서 전력선의 임피던스는 수십 Ω ~ 0.5 mΩ의 값을 갖고 있는데 중앙 분전반에서 분기되는 회선 중에서 길이가 길면서 부하가 적은 선로의 경우 직렬구조의 영향으로 높은 임피던스가 나타나고, 분기가 많은 급전 분전반의 경우는 부하가 많고 병렬구조로 연결되어 있기 때문에 낮은 값의 임피던스를 갖게 된다. 따라서 송신기의 위치에 따라 임피던스 값이 다르게 나타나고, 같은 전송구간인 경우에도 송수신기 상호간 비대칭적 전송손실로 나타나

게 된다. 더구나 옥내배선에는 많은 단자(콘센트)가 개방되어 있음에 따라 선로내에 반사파가 형성되어 거리에 관계없는 불규칙적인 감쇄 분포현상이 나타나게 된다. 전력선의 임피던스 값은 고주파신호를 전력선으로 전송할 때 통신장치의 출력임피던스와 전력선상의 임피던스를 정합시켜 최대 전송조건이 되도록 하는데 있어 중요한 요인이 된다.

전력선 특성임피던스는 특정하게 규정하기가 어려우며, 여러 가지 다양한 조건에 따라 그 값이 크게 달라지게 되는데 주요한 변화요인들은 첫째, 접속전기기의 종류 및 수량, 둘째, 사용전선의 굵기, 셋째, 접속변압기 용량, 넷째, 선로의 조건이 고정일 때는 단말 접속위치 등이다.

2.1.3 인입선의 실제 부하분포에 따른 전송특성 고찰

실제 인입선에 대한 실험결과를 고찰해 봄으로써 전력선의 특성을 예측하고 향후 동영상 전송특성 실험에 참고하고자 한다.

가. 인입선의 감쇄특성

전력선을 통해 정보를 전달하기 위해서는 데이터를 전자기파로 변조해야 하는데 이 경우 Maxwell 방정식을 이용하면 전송선에서의 모든 전자파의 형태를 분석할 수 있다. 따라서 이를 살펴보면 변조신호에 따라서 많은 주파수가 존재하고 각각은 전력선 안에서 특별한 Field분포를 가지게 된다.

실험에서 사용되는 인입선은 NAYCWY 185/185se 케이블로서 다음과 같이 1차선로 파라미터를 갖는다.

$$R' = 5.78 \times 10^{-6} \sqrt{f} \cdot \frac{\sqrt{s} \Omega}{m} \tag{1}$$

$$G' = 1.15 \times 10^{-11} f \cdot \frac{s}{\Omega m} \tag{2}$$

$$L' = 4.07 \times 10^{-8} \cdot \frac{H}{m} + 2.24 \times 10^{-7} \cdot \frac{1}{\sqrt{f}} \cdot \frac{H}{\sqrt{s m}} \tag{3}$$

$$C' = 9.10 \times 10^{-10} \cdot \frac{F}{m} \tag{4}$$

위에서 9 kHz의 주파수에서 0.5 dB/km ~ 1 dB/km 정도의 손실이 있음을 나타낸다. 즉 인입선의 9 kHz ~ 95 kHz(A Band) 대역에서는 주파수가 감쇄의 주요요인이 아닌 것으로 알려지고 있다.

나. 분기되지 않은 인입선의 분석

길이 l인 무부하, 무분기 인입선을 분석해보면 다음과 같은 주요 특성을 알 수 있다. 즉, 송신기가 특성임피던스에 정합되어 인입선에 설치했다고 가정하면 식 $Z_0 = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$ 에서 $Z_0 \approx 7\Omega$ 이 나오게 되는데 이는 전압원 E가 오른쪽으로 진행하는 파이다. 즉, 일단 진행한 파는 인입선 끝에 도달하면 이것은 반사계수 ρ₂를 가지고 반사되며 다음과 같이 표시된다.

$$e_2 = \frac{z_2 - z_0}{z_2 + z_0} \tag{5}$$

만약 인입선 끝이 개방이면 즉 $z_2 = \infty$ 이고 진행파가 완전히 반사된다면 $e_2 = 1$ 이다.

즉, 정재파가 나타날 때 송신기로부터의 거리에 따라 일부 특정 주파수는 통신에 사용할 수 없도록 되어 버린다. 수신기가 선로에 임피던스 정합된 경우에는 송신기는 개방회로의 전압출력의 반, 즉 $\frac{E}{2}$ 이 된다.

선로 끝에 어떤 임피던스가 있는 경우 선로의 반사계수 e_2 는 1보다 작아지게 되고 그 결과 반사파는 약해지고 간섭 현상은 점차 줄어들게 된다.

예를 들어 95 kHz에서 정재파 효과는 인입선 길이가 500 m 이상일 때만 나타나고, 40 kHz에서는 1 km 이상이 되어야만 정재파가 나타날 수 있다.

다. 인입선 분석

실제적으로 그림 1과 같이 전체 1,000m의 거리를 33m마다 10m의 길이의 분기가 있고 각각 가정집이 연결된 형태의 전력선 망에 대한 실험 결과를 살펴보면, 각 가정마다 임피던스는 다음과 같이 분포되어 있다.

저항 = $2\Omega \sim 14\Omega$ 으로 균일하게 분포
 리액턴스 = -4Ω (용량성) $\sim 14\Omega$ (유도성)으로 균일하게 분포.

주어진 각 가정의 임피던스 통계치에 대하여, 감쇄 수준은 20 ~ 40 dB/km정도이며 이는 주파수와 거리에 따른 감쇄정도이다. 실험 결과, 정재파 현상은 나타나지 않았고, 다만 조그만 ripple 정도만 생겼다. 그림에서와 같이 실제로 일어나는 것은 통한 후 D로부터 송신기로 나오는 파형이다. 파의 일부는 을 통해 집 C에 갔다가 다시 로 돌아오는 과정을 반복한다.

송신출력의 상당한 부분이 집에서 없어지기 때문에 (즉 반사요인이 거의 0) 간선으로부터 나온 단 하나의 파형도 간선측에 비해 상당한 손실을 겪게 되어 이렇게 되돌아온 파형이 주된 파형에 다시 합류할 때 큰 간섭효과를 일으킬 수 없고 다만 미세한 리플만 발생하게 된다. 이것은 가정에서 인입선 부분이 시작되는 곳까지의 반사계수의 부호와 양에 따라 다르다. 즉, 데시벨(dB)로 볼 때는 부하가 균일하게 선로상에 분포되어 있다면 선형적으로 거리에 따라 감쇄가 일어나고 부하밀도를 늘린다면 즉, 인입선에서 km당 가정집 수를 늘린다면 감쇄는 더 가파르게 될 것이다.

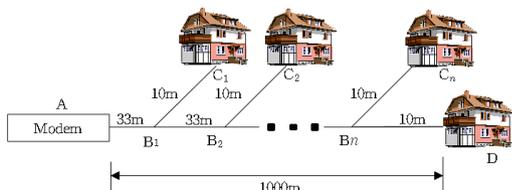


그림 1 다분기를 갖는 전력선 토폴로지
Fig. 1 Power line topology in Multi-branch

결론적으로 신호감쇄 레벨을 결정하는 요인은 부하로 있는 가정의 수이고, 부하가 주 간선에 균일하게 분포되어 있으

면 신호감쇄는 거리에 따라 지수적(선형적 dB)으로 변한다.

2.2 전력선 채널 잡음 특성

전력선상에서 통신채널은 다양한 잡음원에 의해 영향을 받으며, 이는 시간대별, 장소별로 매우 다양하게 나타난다. 또한 임피던스에 대한 시험은 송신 신호의 최대전력 전송을 위하여 송신기에서 바라본 콘센트의 임피던스를 알아야 하며, 더욱이 이 임피던스와 모뎀의 송·수신단의 결합부(Line Coupler)와 임피던스 정합을 시켜야 하는 과제가 있다. 그래서 이런 다양한 잡음원 및 임피던스에 대하여 장소별로 구분하여 전력선에 대한 채널특성을 조사하여 전력선통신을 이용한 동영상 전송시스템의 가능성을 예상해 본다. 이를 위한 실험장소로 사무실, 공동구를 선정하였다.

2.2.1 사무실에서의 잡음 특성

가. 측정환경

현재 근무하고 있는 사무실에서 측정하였으며 연결된 부하로는 PC, 선풍기, 프린터 등으로 보통의 사무실 환경과 동일하게 꾸몄다.

나. 측정결과

그림 2는 사무실에서 모뎀신호와 같이 측정한 결과이고, 이장소에서의 잡음은 9 MHz~15 MHz 대역에서 많았으며 다른 대역은 실험실의 측정 결과와 비슷하다. 콘센트 및 스위치에 의한 임펄스 노이즈의 영향만 없다면 사무실의 노이즈 특성은 양호한 것으로 측정되었다.

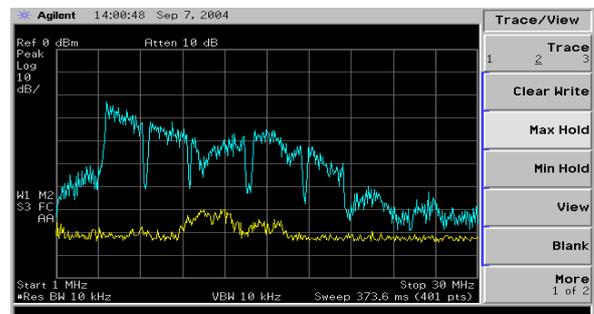


그림 2 모뎀신호와 같이 측정한 잡음 특성 측정 결과
Fig. 2 Noise character with Modem signal

2.2.2 공동구에서의 잡음 특성

가. 측정환경

공동구의 전기 배선구조는 전등부하와 동력부하가 분리되어 있어 본 논문에서는 CCTV를 채널환경이 좋은 전등부하 배선에 설치할 경우를 생각하여 측정을 시행하였다. 공동구 안에 설치되어 있는 환풍기, 배수펌프, 히터 등의 영향은 없을 것으로 판단되며, 측정 장비는 사무실에서 사용한 것과 동일한 스펙트럼분석기, 커플링 커패시터, 그리고 전력선통신 모뎀 등이다.

나. 측정결과

공동구 내의 잡음은 10 MHz 이하대역에서 잡음이 많았으나 전동부하와 분리되어 있어 비교적 채널 특성이 양호한 것으로 나타났다. 또한 그림 3에서 보는 바와 같이 전력선통신 모델 신호와의 이득이 약 35 dB 정도로 사무실과 마찬가지로 정상적인 영상을 전송하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

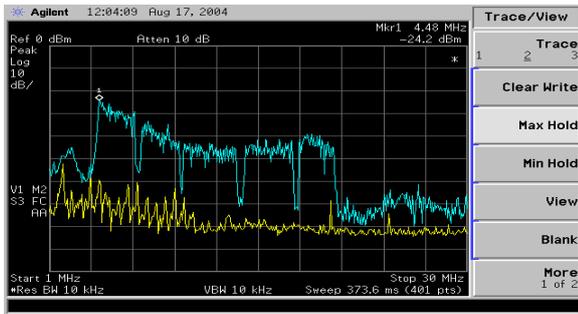


그림 3 모뎀신호와 같이 측정된 잡음 특성 측정 결과
Fig. 3 Noise character with Modem signal

2.3 전력선 채널 임피던스 특성

본 연구에서는 네트워크 분석기를 이용하여 콘센트에서의 S11을 얻었으며, 이를 통해 임피던스를 구하는 방법을 택하였다. 측정된 주파수 범위는 500 kHz에서 40 MHz 대역까지이며, 측정에 사용된 장비는 네트워크 분석기8753D(Agilent)와 커플링 장치와 약 2미터의 BNC 케이블이다.

임피던스 계산을 위해 S파라미터 중 S11만을 측정하게 되는데, 이 S11값과 라인 커플러의 S파라미터 값들을 이용하여 임피던스를 구할 수 있다. 그림 4에 S파라미터로 등가화된 라인 커플러와 Z_L로 등가화된 전력선통신 채널을 나타내었다.

S파라미터로 표현된 라인 커플러는 Z파라미터로 변환하여 아래의 그림 5와 같이 T형 등가회로로 나타낼 수 있으며, S11을 아래의 식6 과 식7과 같이 Z_L에 관한 식으로 나타낼 수 있다.

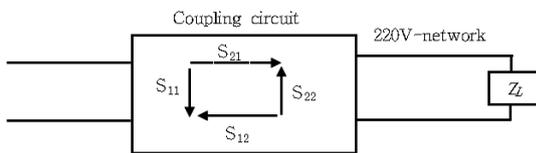


그림 4 라인 커플러를 이용한 임피던스 측정 구성도
Fig. 4 Testing configuration of Impedance using line coupler

$$S_{11} = \frac{((Z_3 + Z_L) \parallel Z_2 + Z_1) - Z_0}{((Z_3 + Z_L) \parallel Z_2 + Z_1) + Z_0} \quad (6)$$

$$Z_L = \frac{Z_2 Z_3 (1 - S_{11}) + (Z_3 + Z_2)(Z_1 - Z_0 - S_{11}(Z_1 + Z_0))}{((Z_1 + Z_2)(S_{11} - 1) + Z_0(S_{11} + 1))} \quad (7)$$

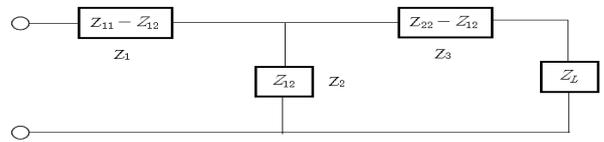


그림 5 Z파라미터를 이용한 T형 등가회로
Fig. 5 T type circuit using Z parameter

2.3.1 실험실에서의 임피던스 특성

가. 측정환경

한전KDN 실험실의 벽에 나와 있는 콘센트에서 측정을 실시하였으므로 다분기 선로의 환경과 유사하다. 그러나 부하의 변동은 심하지 않을 것으로 판단되며, 이는 일반 사무실의 조건과 비슷하다.

나. 측정결과

그림 6에서 결과를 볼 수 있듯이 평균값은 50 Ω ~ 110 Ω으로 나타났으며 최대값과 최소값의 차이는 많이 나고 있다. 그러나 상가지역에 비하면 변화폭이 심하지 않아 통신에는 영향이 적을 것으로 예상된다.

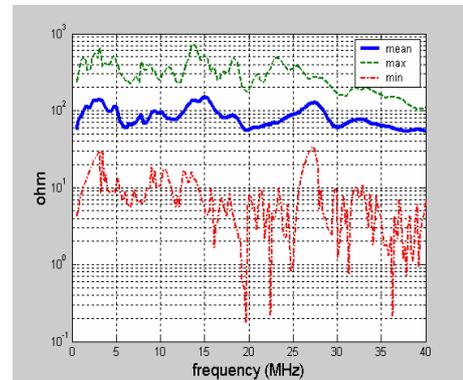


그림 6 실험실 임피던스 측정결과
Fig. 6 Testing result of Impedance in laboratory

2.3.2 공동구에서의 임피던스 특성

가. 측정환경

공동구는 단일분기 선로의 환경과 유사하다. 전기기기는 전동부하가 대부분이어서 부하 변동은 거의 없다.

나. 측정결과

측정결과를 그림 7에 나타내었다. 평균값은 100Ω을 기준으로 변화가 거의 없고 변화폭도 실험실보다 적었다. 이는 지하공동구 환경이 실험실보다 전력선통신에는 양호하다고 판단되며, 동영상 전송에 전혀 문제가 없을 것이다.

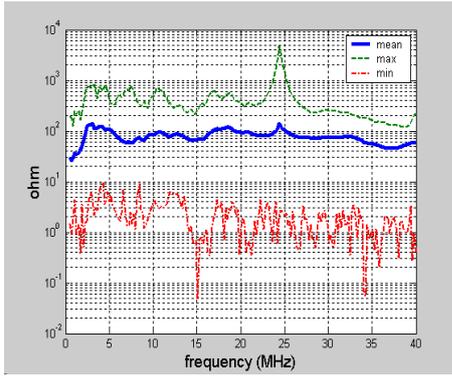


그림 7 지하공동구 임피던스 측정결과
 Fig. 7 Testing result of Impedence in joint underground tunnel

2.4 영상 전송실험 및 결과

2.4.1 전송 실험 개요

이 장에서는 동영상 전송 시스템의 성능을 시험해 보기 위하여 IXIA 400 계측장비를 이용하여 전송속도, 지연율 그리고 프레임 손실을 측정해보고자 한다. 측정 장소는 실험실과 보안카메라가 설치된 지하공동구에 시행하였다.

2.4.2 전송 실험 및 결과

가. 처리율

처리율은 장치가 프레임 손실 없이 수신할 수 있는 프레임 전송 속도의 최대값을 나타내며 그의 측정은 10 Mbps 기준으로 2진 탐색기법(Binary search algorithm)을 이용하여 프레임 손실 없이 송수신 되는 최대점을 찾는 과정으로 수행된다. 테스트의 결과는 각각의 프레임에 대해서 초당 프레임 처리율로 나타나며, 기준 속도의 분율을 통해 최대 송수신속도를 알수있는 지표가 된다.

측정장비는 IXIA 장비를 사용했으며 테스트 내용은 RFC2544에 의한 전송테스트이고 MAC 프로토콜을 사용하였다. 측정시도 횟수는 1회이며 각 프레임에 크기마다 테스트하는 시간을 60초로 설정하였다. 표 1은 처리율 측정결과이며 처리율 테스트에 해당하는 파라미터 값을 입력하여 네트워크 성능지표를 측정한 화면을 캡처하여 나타내었다. 즉 10 Mbps에서 프레임 크기가 64바이트인 경우 14,881개의 패킷을 수신하였고 1,518바이트인 경우에는 813개의 패킷을 수신하였다.

표 1 실험실 처리율 측정 결과

Table 1 Testing result of handling rate in lab.

byte	64	128	256	512	1024	1280	1518
%TxTput	4.49	7.86	14.43	27.79	44.86	55.83	66.04
패킷수	668	663	635	652	537	536	536
속도(kbps)	449	786	1443	2779	4486	5583	6604

표 1에서 처리율(%TxTput)은 IXIA400 계측기를 가지고 광대역 전력선통신 모델이 일대일 구성상태에서 측정된 데이터이며 패킷수는 프레임 크기에 해당하는 처리율이며, 여기에 10 Mbps를 기준으로 IXIA400 계측기를 가지고 측정 한 값이며 처리율(%TxTput)에 10 Mbps를 곱하면 측정 당시의 속도가 나온다.

나. 지연시간(Latency)

지연시간의 측정은 특정 두 지점 간에 일대일로 구성된다. 지연시간의 결과는 각각의 프레임에 대한 모든 시도 횟수의 전송지연 평균값을 보여 주며 실시간 서비스를 위한 성능 지표가 된다.

표 2 실험실 지연시간 측정 결과

Table 2 Testing result of latency in lab.

byte	64	128	256	512	1024	1280	1518
Latency (ms)	12.278	202.35	85.910	45.197	53.729	29.909	48.466

실시간에 대한 평가는 표 2의 일대일 지연시간에 의해 어느 정도 추측할 수 있다. 영상 데이터를 실시간 전송 시에 QoS를 유지하기 위하여 어느 정도의 지연시간을 유지해야 한다. 실제 영상 데이터를 보낼 때 데이터의 생성 시간은 약간의 차이가 있겠지만 약 33 ms (30frames/sec)의 간격으로 본다면 패킷의 크기와 측정 수치를 가지고 전력선에서의 통신 가능성은 충분히 검증할 수 있다고 생각한다.

다. 프레임 손실(Frame Loss)

프레임 손실 측정은 특정 두 지점 간에 일대일로 구성되고 통신 모델 장치에 대해 각각 다른 전송율(Frame rate)에 따라 손실되는 프레임의 수를 나타낸다. 테스트 결과는 각각의 프레임 사이즈에 대해 퍼센트 단위로 측정된 손실률을 보여주며 가입자 망의 데이터 송수신 신뢰도의 지표가 된다.

프레임 손실 측정은 64 byte 프레임부터 1,518 byte 프레임까지 순차적으로 프레임을 전송하고 프레임의 개수는 첫 번째는 10 Mbps로 전송하며 두 번째부터는 10%씩 감하여 9 Mbps, 세 번째는 8 Mbps, 계속해서 열 번째는 1 Mbps로 전송하게 되는데 이해를 돕기 위해 처리율 측정 결과와 비교해 보면 64 byte 프레임일 때 400 kbps 정도의 성능을 보이므로 열 번째 프레임 손실 측정에서는 60% 정도의 전송 손실이 발생함을 알 수 있다.

2.4.3 지하공동구에서의 전송실험

가. 처리율

측정방법 및 계측기는 시험실의 측정 때와 동일하며, 패킷수는 주변 여건상 64 byte, 512 byte, 1,518 byte 세 경우만 측정하였다. 측정 거리는 50m이며 DVR을 작동시킨 상태에서 시행하였다. 결과를 비교해보면 64 byte에서는 더 적지만 512 byte와 1,515 byte에서는 처리율이 훨씬 높게 나타났다. 지하공동구의 전력선 환경이 양호하다고 판단할 수 있는 자료이다. 같은 실험을 사무실에서도 실시하였다. 그림 8

은 실험을 시행한 사무실의 전기배선도를 나타내었다. 측정 거리는 약 35 m 이다. 표 3에서는 측정결과를 나타내었다.

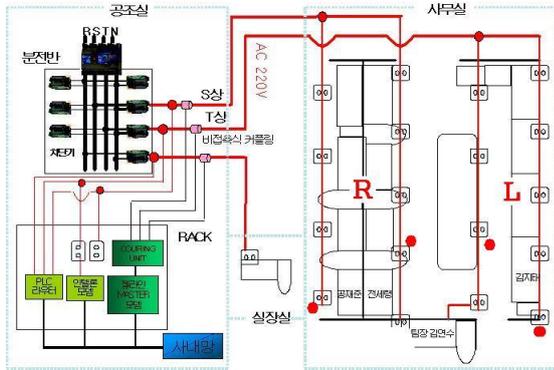


그림 8 사무실의 전기 배선도
Fig. 8 Electric configuration in office

표 3 지하공동구 및 사무실 처리율 측정 결과
Table 3 Handling rate in joint underground tunnel and office

byte	64	512	1518
지하공동구(%)	2.36	38.77	77.61
사무실(%)	10.41	43.32	68.76

나. 지연시간(Latency)

동영상 전송에 있어 지연시간은 중요한 요소 중의 하나이다. 지연시간이 길어질 경우 버퍼를 사용한다고 하더라도 화질에 심각한 문제가 발생할 수 있다. 표 4는 공동구 및 사무실에서 측정된 지연시간에 대한 결과이다. 시험실의 경우보다 훨씬 짧게 걸렸으며 이는 거리가 짧아서 생긴 결과라고 판단되며, 영상 데이터 생성시간을 33 ms로 본다면 공동구 혹은 사무실에서 시험한 거리정도에서의 영상전송은 패킷의 크기에 관계없이 충분히 가능하리라 생각된다.

표 4 지하공동구 및 사무실 지연시간 측정 결과
Table 4 Testing result of Latency in joint underground tunnel and office

byte	64	512	1518
지하공동구(ms)	3.825	5.810	8.967
사무실(ms)	4.022	8.011	18.682

다. 프레임 손실(Frame Loss)

이번 측정에서는 처리율의 결과에서 볼 수 있듯이 동영상 전송에 어려움이 없을 것으로 판단하여 10 Mbps로 한번만 시행하였다. 표 5에 결과를 나타내었고, 예상한 바와 같이 시험실의 결과보다 손실률이 적게 나왔으며 프레임 개수를 낮춰갈수록 더 양호하게 나타날 것이다.

표 5 지하공동구 및 사무실 손실률 측정 결과
Table 5 Testing result of Frame Loss in joint underground tunnel and office

byte	64	512	1518
지하공동구(%)	97.66	61.24	22.40
사무실(%)	89.61	56.69	31.25

3. 결 론

최근 몇 년 사이에 인터넷의 급속한 발전으로 우리 사회가 정보화 사회로 진입하는 계기가 되었다. 언제, 어디서든 지원하는 정보를 얻을 수 있게 되었다. 그러나 정보를 얻기 위해서는 광범위한 인프라 구축이 필수적으로 요구되며, 그동안 엄청난 투자를 해왔다. 이제는 기술의 발전 방향이 얼마나 저렴한 비용으로 간편하게 시스템을 구축할 수 있는지가 중요한 관건이 되고 있다. 이러한 측면에서 전력선통신은 타 매체에 비해 많은 장점을 갖고 있으며 기술적인 발전과 더불어 경쟁력을 갖춘 훌륭한 통신수단으로 각광받을 것이다. 그래서 본 논문에서는 전력선통신에 알맞은 분야 중에 하나인 동영상 전송시스템에 대한 적용가능성을 검토해보고 문제점을 제시하고자 하였다.

적용가능성을 알아보기 위해 사무실 그리고 지하공동구에서 전력선통신의 중요한 요소인 잡음 및 임피던스를 측정하였고, IXIA400 장비를 이용하여 처리율, 지연시간, 손실률을 측정하였다. 기초 시험인 잡음 및 임피던스 측정 결과에서 동영상 전송의 가능성을 보았으며, IXIA400 측정결과도 시험을 실시한 모든 개소에서 양호한 결과를 얻었다. 특히, 지하공동구에서의 결과는 아주 양호하여 전력선통신을 이용하여 시스템을 구축하기에 아무런 문제가 없음을 알게 되었다. 예를 들어 1초당 30프레임을 전송하고 1프레임당 512 byte라고 가정한다면 1초당 15,360 byte를 전송한다. 처리율 시험 결과 중 가장 낮은 27.79%(프레임 크기 : 512 byte)를 적용한다고 하더라도 2.779 Mbps라는 속도가 나오므로 동영상 전송은 물론 비상전화 및 각종 전기기기(배수펌프, 환기팬 등)의 제어에도 전혀 문제가 없으리라는 결론에 도달했으며, 이를 무인화변전소, 공동구 감시 시스템 등에 이용한다면 한전이 가지고 있는 전력IT인프라의 효율성을 향상 시키는데 큰 역할을 하리라 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 한전 전력연구원 “고속 전력선 가입자망 개발(I)” 전력연구원 자체연구과제 최종보고서, 2001.
- [2] 한국전기연구원 “고압 배전선로를 이용한 고속 전력선 통신망 개발 1차년도 중간보고서” 산업자원부 중기거점/차세대신기술개발사업, 2002.
- [3] 한전 전력연구원 “전력선통신을 이용한 지하공동구 종합 감시제어시스템 개발(중간보고서 및 차년도사업계획서)” 산업자원부 전력산업연구개발사업, 2004.
- [4] 한국전기연구원 “PLC Modem Test Plan Reference” HomePlug PLT 시험실 테스트 플랜 Cisco Systems 제공, 2002.

- [5] 신현수 “PLC 기술의 활용과 상용화 방안” 서울대학교 행정대학원 정보통신방송정책과정, 2003.
- [6] 신재문 “전력선통신을 이용한 홈 네트워크 시스템 비교” 한전KDN, 2002
- [7] 오경석 “임펄스 무선신호 전송방식의 SS/CSK 전송시스템” 경남대, 1999
- [8] 온인석 “지하공동구 음성 및 영상 감시시스템 II” 한전 KDN, 2004

저 자 소 개



김 연 수 (金 蓮 秀)

1986. 2 동아대학교 전기공학과, 1989. 8 청주대 산업대학원 전자계산학과(석사), 2011. 7 아주대 대학원 컴퓨터공학과 박사과정, 1981. 11 ~ 1992. 4 한국전력공사 전력연구원



신 재 문 (申 載 文)

1993. 2 광운대학교 전기공학과, 2005. 2 연세대공학대학원 전파통신공학(석사), 1995. 10 한전KDN 입사 ~ 현재