

통신선로에서의 낙뢰유도전압 측정

Induced Voltage Measurement on Subscriber Telecommunication Lines by Lightning

오 호 석* , 박 동 철
(Ho-Seok Oh and Dong-Chul Park)

Abstract : 일반 전화뿐 아니라 xDSL 초고속서비스를 제공하는 가입자 통신선로는 옥외에 노출되어 있어 매년 우기철 낙뢰 피해가 발생하고, 통신선로에 접속된 단말장치는 낙뢰서지에 의한 부품 소손 및 서비스가 일시 중단되기도 한다. 낙뢰로 인해 가입자 통신선로에서 나타나는 낙뢰유도서지 특성을 파악하는 것은 통신시설 보호 및 서비스 중단을 최소화 할 수 있는 중요한 기초 자료가 된다. 본 논문은 가입자 통신시설에 나타나는 낙뢰유도전압을 측정하여 각종 파라미터 분석 및 가입자선로에 구성에 따른 파라미터 특성 변화를 분석하였다.

Keywords: lightning, surge, induced voltage, telecommunication line

I. 서론

통신선로 근방에서의 낙뢰 발생시 전화국사내의 전기통신 장치의 소손, 케이블 소손, 가입자 단말통신기기 소손 등의 피해가 발생하고 이에 따른 통신 중단이 발생한다. 전기통신 장치의 경우에는 이러한 낙뢰영향으로부터 보호장치를 설치하게 되며 효과적인 보호를 위해 통신선로에서 유도전압을 측정하게 되며 지리적, 환경적으로 설치조건을 고려하여 경제적인 보호대책을 강구하게 된다[1,2]. 가입자 통신선로에서의 과전압은 대기방전에 의해 나타나고 있으며 많은 연구가 뇌격 전류의 특성을 분석하고 있다. 뇌격 전류의 정확한 정보는 전력선이나 통신선에 나타나는 유도전압을 예측할 수 있게 한다. 뇌격 전류 파라미터는 전류크기, 상승시간, 하강시간, 상승시간에 대한 기울기 등이 있고, 이러한 값을 측정하고 통계적으로 분석하는 것이 주요 관심 사항이다. 전력선은 다른 시설물에 비해 높게 설치되고 장구간에 걸쳐 설치되어 있어 낙뢰에 가장 피해를 많이 보는 시설로서 낙뢰에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. 한편, 통신선로 역시 전력선과 같은 구성으로 설치되어 있어 전력선과 유사한 피해 경향을 보인다. 따라서 통신선로에서 발생하는 유도전압을 파악하고 분석하는 것이 중요하다. 따라서 가입자 통신선로에서 낙뢰 유도전압 측정을 수행하고 그 결과물을 활용하여 전자장치 및 가입자 단말장치 보호에 활용하고 있다. 통계적으로 안정적인 결과를 얻기 위해서는 가능한 많은 지역의 선로에서 측정하고 이러한 데이터를 통계적으로 분석하게 된다. 본 논문은 통신선로에서 나타나는 낙뢰 유도전압 파형의 특성을 분석하기 위해 특정 지역에서 가입자 통신선로에서 발생하는 낙뢰 유도전압을 측정하고 낙뢰유도전압 파형을 수집하여 낙뢰 파형을 특징 짓는 침투전압, 상승시간, 하강시간에 대한 통계값과 파라미터 특징을 분석하고 통신선로 구성

과 낙뢰유도전압과의 상관관계등을 분석하였다.

II. 측정시스템

통신선로에 나타나는 유도전압을 측정하기 위해 그림 1과 같이 전화국사내에서부터 가입자까지 지하 및 가공으로 구성되어 있는 통신선로를 선정하였고, 전화국사내에 측정시스템을 구축하여 낙뢰 발생 데이터가 누적되면 원격으로 데이터를 수집하는 방식을 사용하였다. 통신선로는 2개 경로의 케이블을 대상으로 하였는데 그림 2에서의 경로 1은 총 거리가 2.3km로서 전화국사로부터 약 200m까지는 지하로 설치되고 나머지 구간은 지상 약 7m 높이의 가공으로 설치되었다. 또 다른 경로 2는 전체 5.3km의 케이블로서 전화국사내에서부터 약 4km까지 지하에 설치되어 있고 나머지 1.3km가 가공으로 설치된 것이다. 그림 2의 번호는 측정된 회선의 단말 위치로서 1번과 2번은 동일 구간이지만 단말의 접지저항을 달리한 회선이다. 나머지는 측정선로의 길이를 달리하여 동일 낙뢰에 대한 유도전압을 비교하기 위한 것이다. 측정 지역은 대도심 외곽에 위치한 산간지역으로 대지고유저항은 745ohm·m이다. 사용된 측정기는 측정 채널이 4개로 구성되어 있어 동시에 4개 회선을 측정하여 선로 길이 또는 선로 단말의 저항에 따라 나타나는 유도전압 파라미터를 비교하였다. 측정된 가입자 통신선로는 50-1200p로 구성되고 PE외피 내부에 전체 회선을 둘러싸는 0.2mm의 알루미늄(LAP)도체층 있다. 측정회선의 단말 저항은 300-500옴의 접지전극에 통신회선을 연결하여 측정하였다.

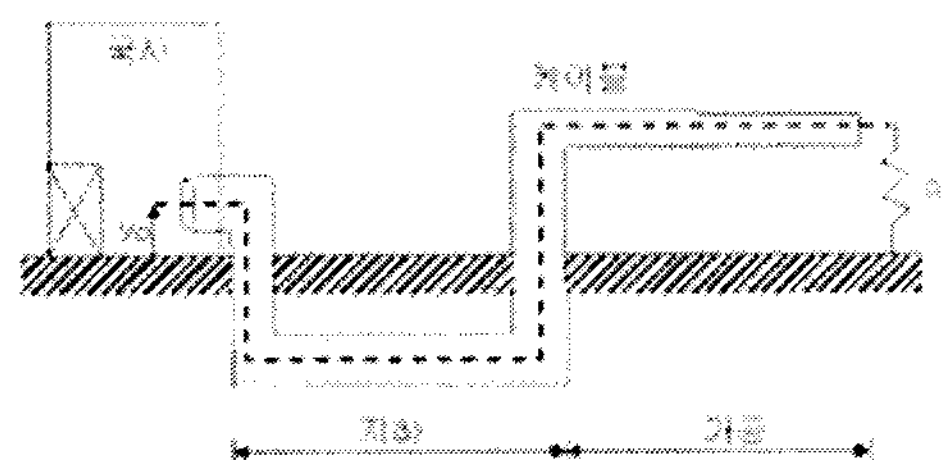


그림 1. 가입자 통신선로 구성.
Fig. 1. Figure of Telecommunication lines

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 7. 20., 채택확정 : 2007. 7. 30.

오호석 : KT 미래기술연구소

박동철 : 충남대학교 전파공학과

(ohs@kt.co.kr, hong@cnu.ac.kr)

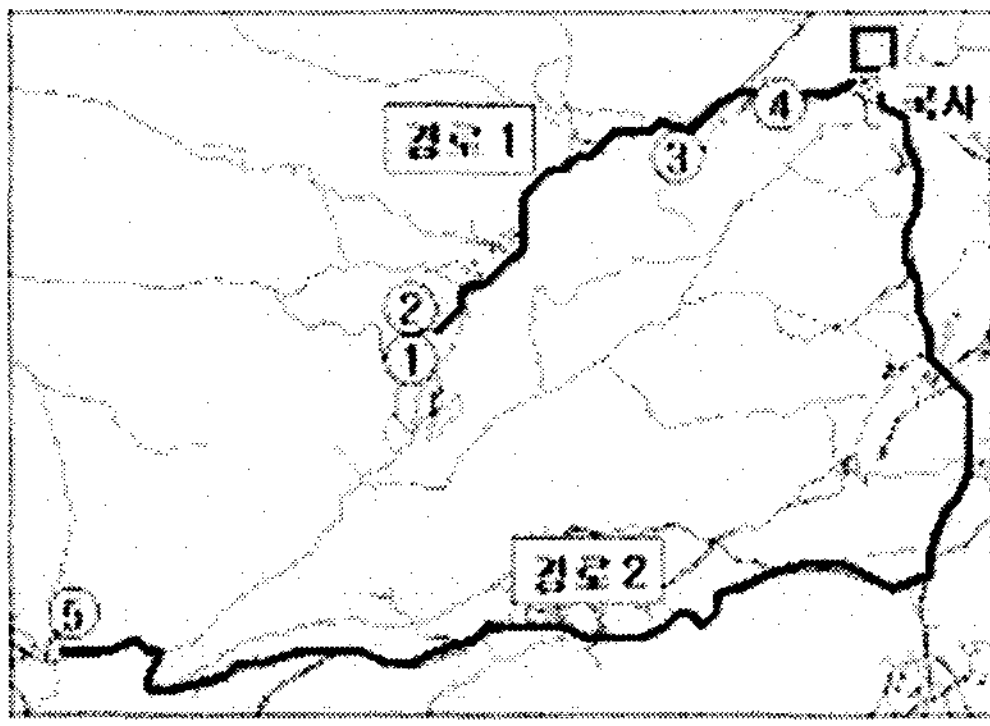


그림 2. 측정된 통신선로의 지리적 구성
Fig. 1. Map of cable under test

III. 측정데이터 분석

1. 낙뢰유도전압 파형

낙뢰는 번개(flashes)와 벼락 또는 뇌격(stroke)으로 구분하는데 번개는 여러 개 뇌격으로 구성되고 지속시간은 1초 이하이다. 따라서 낙뢰 이벤트는 동일한 번개에 속하는 뇌격에 의한 것으로 간주되며 1초 이하의 것으로 구분한다. 전형적인 뇌격 파형은 시간의 함수이고 유사한 형태의 파형이 전화국사내의 교환장치와 가입자 단말에서 나타난다[3]. 통신선로에서 측정된 낙뢰유도전압 파형의 예를 그림 3에 보였다.

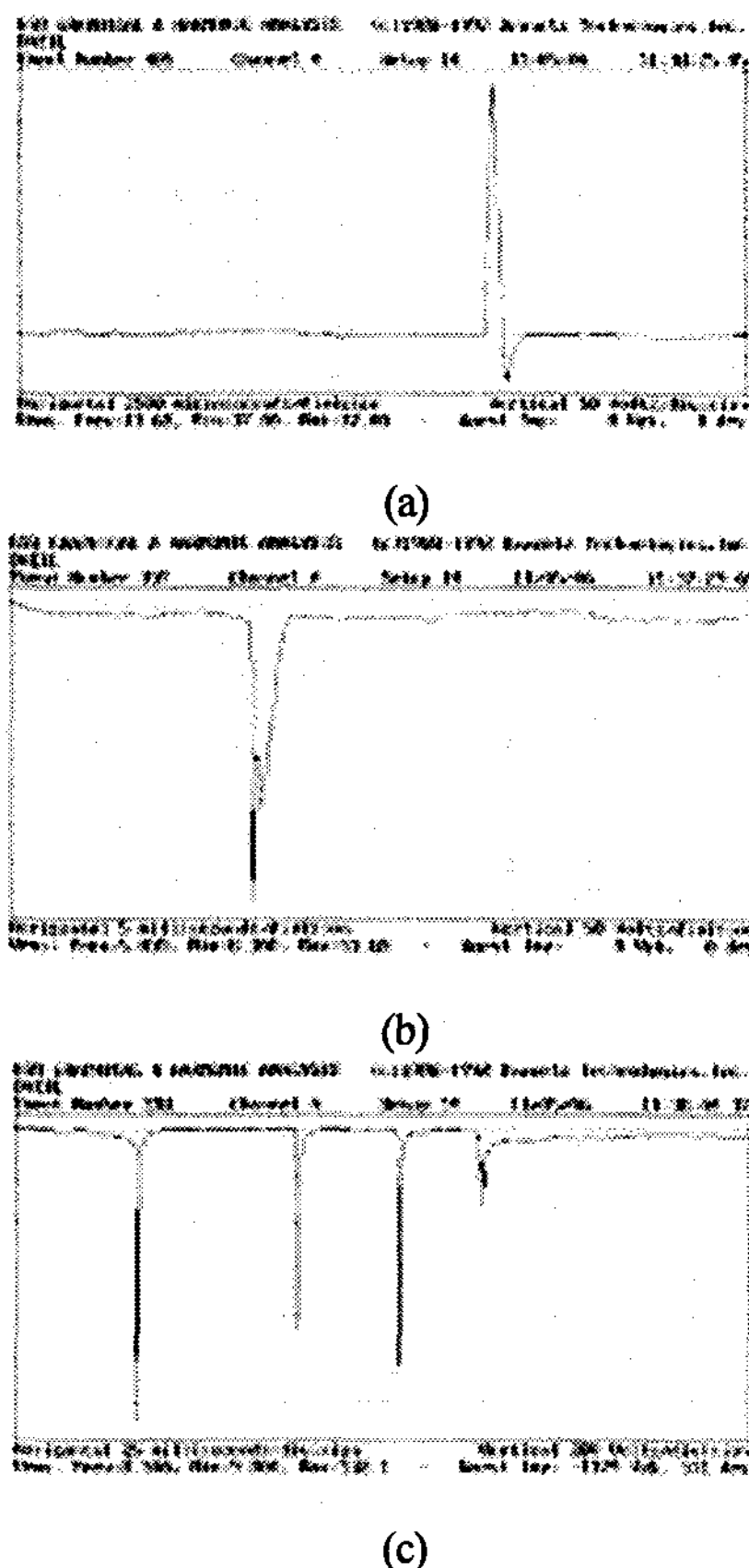


그림 3. 측정된 낙뢰유도전압 파형 예
Fig. 3. Example of lightning induced voltage waveshapes

단독으로 (+)극성 또는 (-)극성을 갖는 경우가 있고, 매우

짧은 시간에 연속적으로 수회에 걸쳐 발생하는 경우도 있다. 유도전압 및 상승시간, 하강시간은 낙뢰 전류파형과 유사하며, 통신선로 길이, 종단 임피던스 등에 영향을 받는다.

2. 선로구성과 낙뢰 파라미터

유도전압 파라미터는 피크전압, 상승시간, 상승시간 기울기, 하강시간 등이 있다. 상승시간은 첨두전압의 30%와 90% 사이에 해당하는 시간의 1.67배로 정의된다. 본 논문에서는 1.67배를 하지 않은 값으로 모든 데이터를 분석하였다. 반폭전압하강시간(decay time to half-value, 이하 하강시간)은 초기 상승시간이 첨두전압의 30% 지점과 하강하는 부분에서 첨두전압의 50% 되는 지점 사이의 시간으로 정의하였다[3]. 상승시간 기울기는 본 논문에서는 고려하지 않았다.

통신선로에서 측정된 현장데이터로부터 낙뢰전압파형의 통계적 변수는 로그정규분포(log-normal distribution)로 근사화된다. 랜덤변수 x의 로그값에 대한 통계적 변수가 정규분포를 따른다. 이 경우, 확률밀도함수 p(x)는 식 (1)과 같이 주어진다.

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi x \sigma_{\ln x}}} \exp \left[-0.5 \left(\frac{\ln x - \ln x_m}{\sigma_{\ln x}} \right)^2 \right] \quad (1)$$

여기서 $\sigma_{\ln x}$ 는 $\ln x$ 의 표준편차이고, x_m 은 x의 메디안값이다. 여기에 $u = (\ln x - \ln x_m) / (\sqrt{2} \sigma_{\ln x})$ 라 하면, 변수가 x를 초과하는 누적확률 P_c 는 u와 ∞ 사이를 적분하는 다음 식 (2)로 주어진다[4].

$$P_c(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{u_0}^{\infty} e^{-u^2} du = 0.5 \operatorname{erfc}(u_0) \quad (2)$$

측정된 데이터는 2006년 8월과 11월에 측정된 데이터를 활용하였다. 측정값에 대한 통계값은 표 1과 같다. 여기서 표준편차는 각 변수의 로그값에 대한 표준편차이다.

각 파라미터에 대한 누적확률분포는 그림 4와 같다. 이 때 세로축은 가로축의 값을 초과하는 확률이다. 예를 들어 유도전압의 첨두전압이 100V를 초과하는 확률은 측정값 자체로는 20%에 해당하고, 추세선을 보면 약 30%가 이를 초과할 수 있음을 알 수 있다. 유도전압의 상승시간과 하강시간을 보면 하강시간이 상승시간에 비해 2.5배 정도 길게 측정되었다. 상승시간의 50%가 100 μ s를 넘는 것으로 측정되었다.

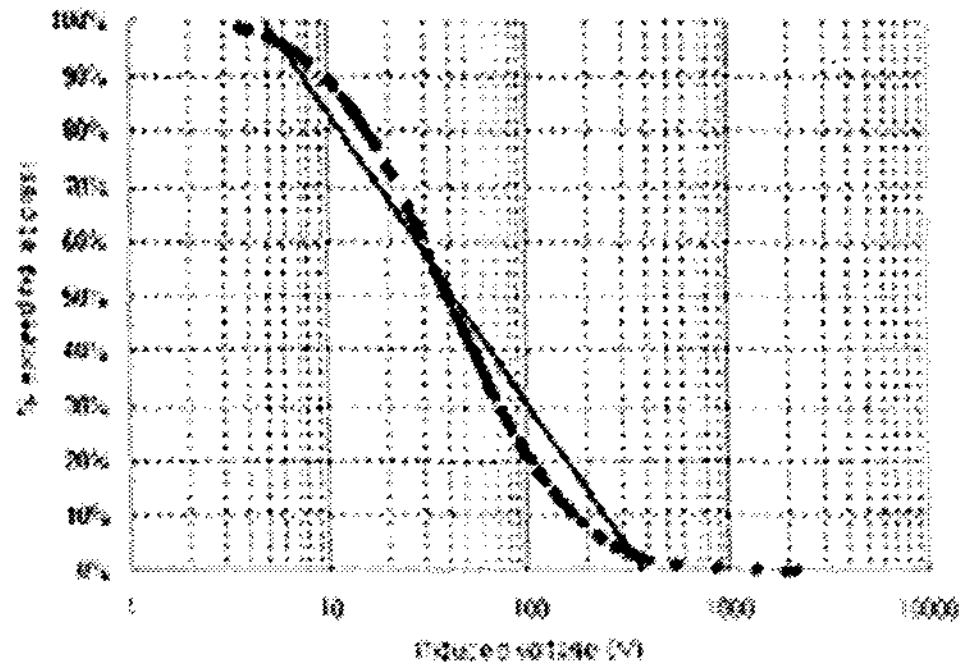
표 1. 낙뢰유도전압의 통계 파라미터

Table 1. Statistical parameter of lightning induced voltage

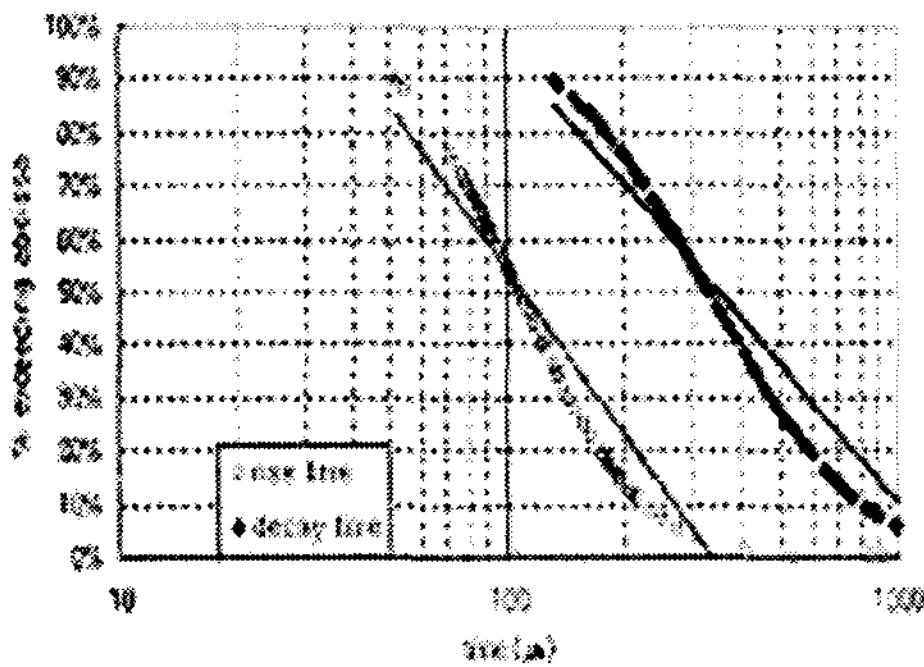
파라미터	샘플 수	메디안 (중앙값)	표준 편차	최대값
첨두전압(V)	293	37.27	1.14	2153
상승시간(μ s)	143	110	0.54	1009
하강시간(μ s)	210	349	0.69	4293

선로구성에 따른 파라미터의 변화를 고찰하기 위해 가입자선로 길이와 각 파라미터와 상관관계를 보았다. 우선 선로 길이에 따른 유도전압을 살펴보면 그림 5와 같이 선로의 전체 길이보다는 가공선로(그림 5(b)) 즉, 지상에 노출되어 있는 선로의 길이에 비례하여 커지는 것을 확인하였다(상관계수 0.265). 그림 2에서 보여준 경로 2의 전체 선로 길이는 5.3km 이고, 가공선로 길이는 1.3km 이었는데 전체 길이에 비해 유도전압은 비교적 작게 측정되었다. 이는 낙뢰에 발생하는 전자파는 지하에 설치된 케이블에 대해서는 대지의 차폐역할로 의해 전자파와 결합되는 양이 작기 때문인 것으로 추론할 수 있다.

케이블의 길이와 상승시간, 하강시간의 관계를 살펴보면 유도전압과는 달리 전체 선로길이에 따라 비례하는 관계를 보였다(상관계수 상승시간 0.417, 하강시간 0.398). 이는 동일한 낙뢰에 대해서 선로가 길면 통신선로에 결합된 전자파가 도체를 따라 진행하는 시간이 길어짐에 나타나는 현상으로 볼 수 있다.



(a) 낙뢰유도전압



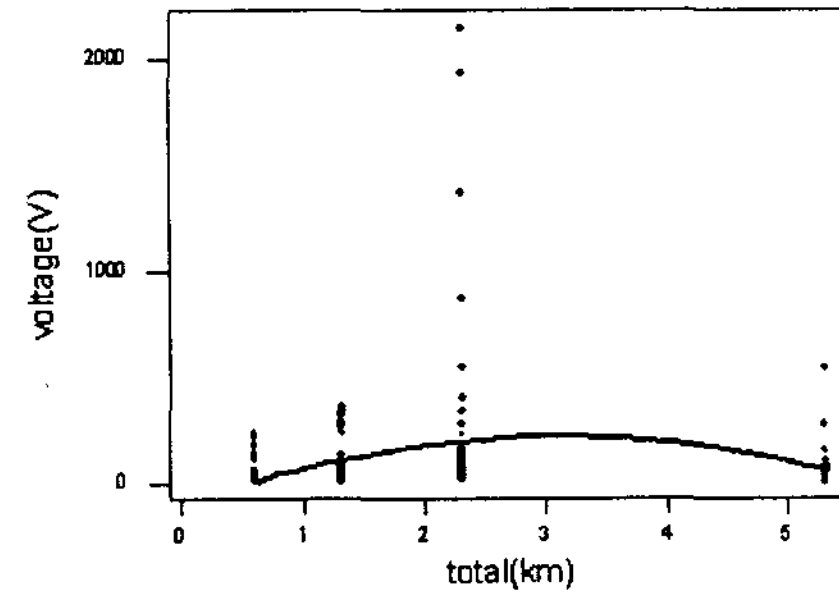
(b) 상승시간, 하강시간

그림 4. 낙뢰유도전압 파형의 누적확률분포
Fig. 4. Cumulative probability distribution of lightning induced voltage parameter

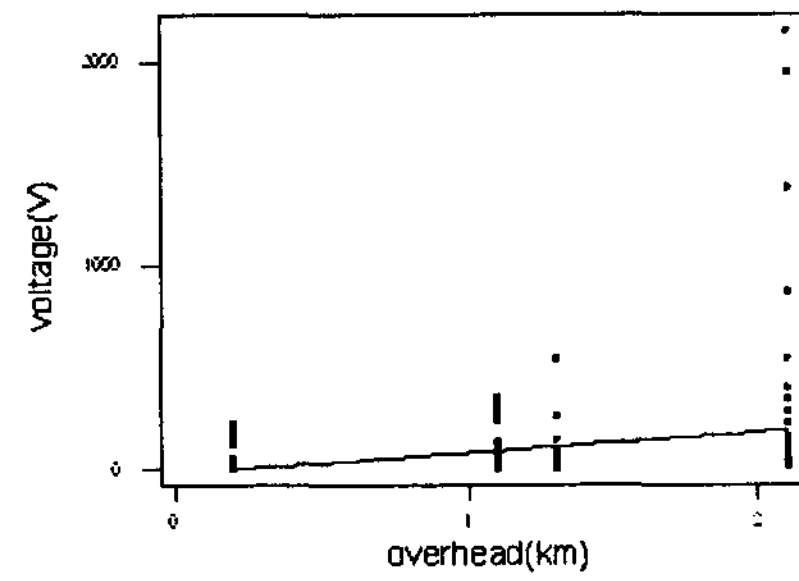
IV. 결론

낙뢰로 인해 가입자 통신선로 나타나는 유도되는 전압을 측정하고 낙뢰 파라미터를 분석하였다. 유도전압은 가공에 설치된 길이가 길수록 상대적으로 크게 나타나며, 상승시간, 하강시간은 케이블의 길이가 길수록 크게 나타난다. 측정 데

이터는 8월과 11월 일부 측정결과로서 1년간의 데이터를 누적하게 되면 통계값은 달라질 수 있으나 선로구성에 따른 파라미터의 변화는 유사할 것으로 판단된다. 이러한 데이터는 통신선로와 여기에 연결된 전기통신장치들의 낙뢰보호대책에 활용할 수 있을 것이다.

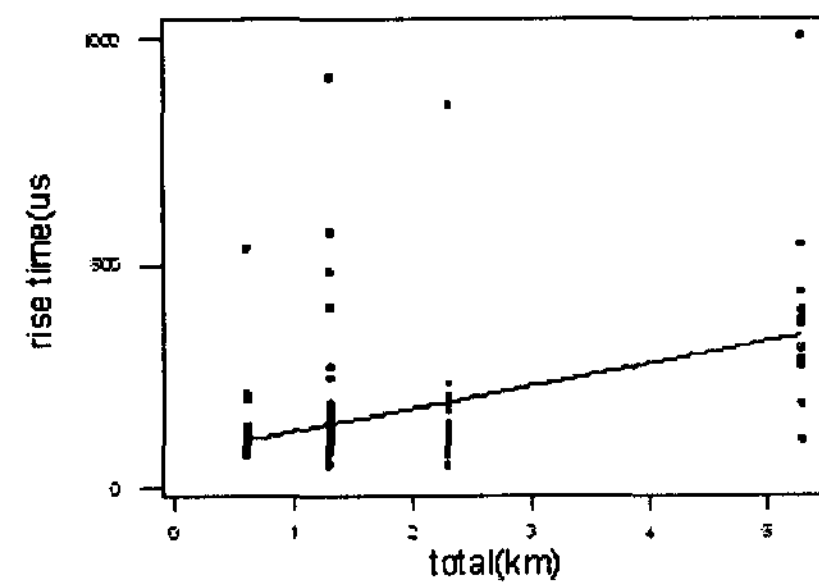


(a) 전체 선로길이의 유도전압

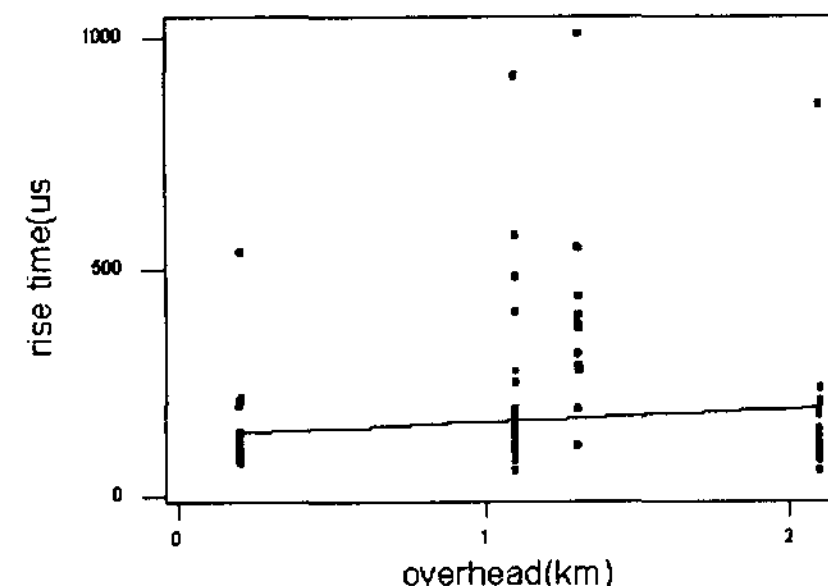


(b) 가공선로길이의 유도전압

그림 5. 선로길이의 유도전압
Fig. 5. Cable length and induced voltage

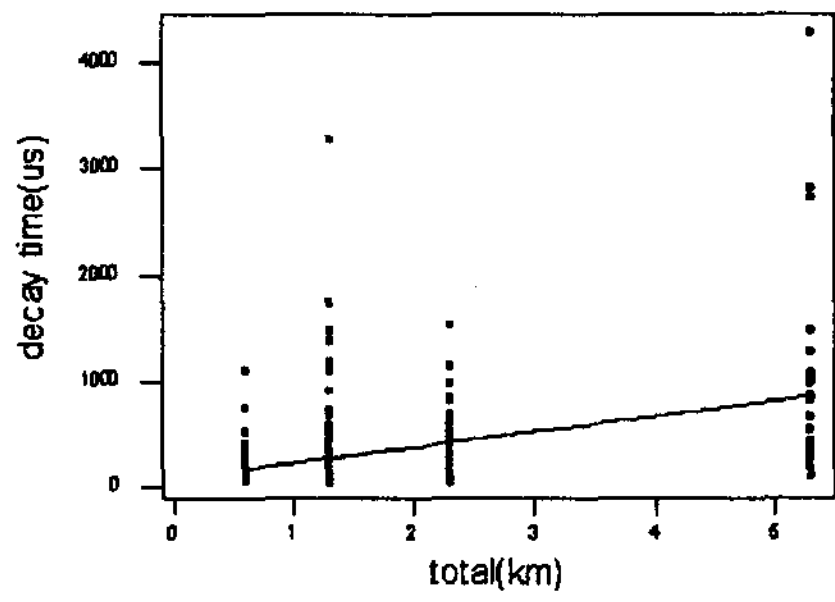


(a) 전체 선로길이의 상승시간

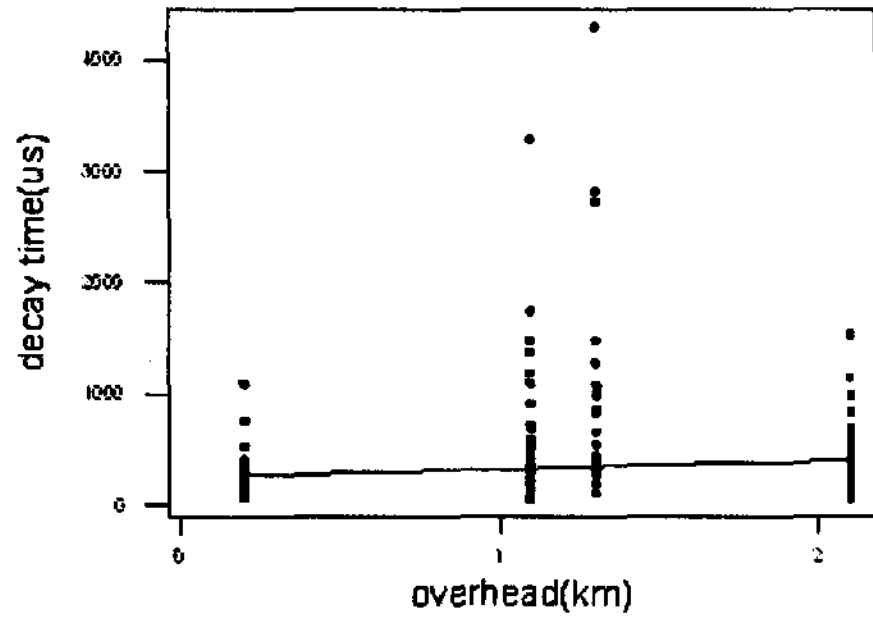


(b) 가공선로길이의 상승시간

그림 6. 선로길이의 상승시간
Fig. 6. Cable length and rise time



(a) 전체 선로길이와 하강시간



(b) 가공선로길이와 하강시간

그림 6. 선로길이와 하강시간

Fig. 6. Cable length and decay time

참고문헌

- [1] ITU-T Recommendation K.20, *Resistibility of telecommunication equipment installed in a telecommunications centre to overvoltages and overcurrents*, 2003.
- [2] ITU-T Recommendation K.21, *Resistibility of telecommunication equipment in customer premises to overvoltages and overcurrents*, 2003.
- [3] ITU-T handbook, *The protection of telecommunications lines and equipment against lightning discharges (Chapter 10)*, 1995.
- [4] Lightning and Insulator Subcommittee of the T&D Committee, "Parameters of Lightning Strokes: A Review", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 20, No. 1, Jan. 2005