

논문 2015-52-3-21

환경잡음신호의 주파수특성 분석에 의한 전자보안펜스의 신뢰성 향상

(Reliability Improvement of the Electronic Security Fence Using Friction Electricity Sensor by Analyzing Frequency Characteristic of Environmental Noise Signal)

윤 석 진*, 원 서 연*, 김 희 식*, 이 용 철**, 장 우 영**

(Seok Jin Yun[Ⓢ], Seo Yeon Won, Hie Sik Kim, Young Chul Lee, and Woo Young Jang)

요 약

외곽 침입 탐지를 위한 전자보안 펜스 시스템은 광망, 장력, 자력 등 다양한 시스템이 개발되어 국가 보안시설에 설치되고 있으나, 실외에 설치가 되는 시스템으로 환경 잡음에 따른 오경보의 발생에 따라 현장적용에 불편함이 크다. 본 논문에서 연구하는 마찰대전 방식의 전자보안펜스 시스템은 침입에 따른 감지 성능뿐 아니라, 경제성, 시공편리성, 유지보수 측면에서 많은 장점을 가지고 있으나, 환경 잡음에 따른 신뢰성 개선이 필요하다. 본 연구의 목적은 환경 잡음에 따른 오경보 감소에 대한 연구를 하는 것이다. 기존의 마찰대전 방식 전자보안펜스 시스템은 펜스 침입 신호의 크기를 분석하여 침입 경보를 결정했으나 강풍과 같은 환경잡음에 의해서도, 동일한 신호의 크기가 발생되어 오경보의 해석에 어려움이 있었다. 오경보 감소방안 연구를 위해 서울시립대학교 교내의 온실 실험실 Fence 위에 시스템을 설치하였고, 환경잡음 신호와의 관계를 분석하기 위해 온도, 풍속, 습도 등에 대한 데이터를 별도로 수집하였다. 수집된 신호는 고속푸리에 변환 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용해 주파수 특성을 분석하여, 침입신호와 환경잡음신호를 구분하는 알고리즘으로 개선하였다. 제안된 신호침입 알고리즘의 적용 전·후 데이터를 수집, 분석한 결과, 알고리즘 적용 후, 약 98%의 개선이 있음을 확인하였다. 실제 주요보안 시설에 설치할 경우 주변 잡음신호에 대해 신뢰성을 향상할 수 있는 알고리즘인 것을 확인하였다.

Abstract

A passive type of fence security system was developed, which was based on electric charge detection technique. The implemented fence security system was installed at outskirts of greenhouse laboratory in the University of Seoul. The purpose of this research is to minimize false alarms by analyzing environmental noise. The existing system determines the intrusion alarm by analyzing the power of amplified signal, but the alarm was seriously affected by natural strong wind and heavy rainfall. The SAU(Signal Analysis Unit) sends input signals to remote server which displays intrusion alarm and stores all the information in database. The environmental noise such as temperature, humidity and wind speed was separately gathered to analyze a correlation with input signal. The input signal was analyzed for frequency characteristic using FFT(Fast Fourier Transform) and the algorithm that differentiate between intrusion alarm and environmental noise signal is improved. The proposed algorithm is applied for the site for one month as the same as the existing algorithm and the false alarm data was gathered and analyzed. The false alarm number was decreased by 98% after new algorithm was applied to the fence. The proposed algorithm improved the reliability at the field regarding environmental noise signal.

Keywords: Security, Electric Fence, Alarm System, Intrusion Detection

* 정회원, 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과 (Department of Electronics Engineering, University of Seoul)

** 정회원, (주)지이에스 (GES Co., Ltd)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: seokjine@daum.net)

※ 본 연구논문은 산업통상자원부의 글로벌전문기술개발사업, 과제번호 10044964 “차폐다심케이블내에 대전된 펄토 패러데이 전하량을 변환하는 전하증폭기와 신호분석을 적용한 자기학습형 침입감지시스템 개발”과 서울시립대학교, 과제 번호 201406172003 “LS-SVR 알고리즘을 이용한 정전용량식 침입방지 시스템의 환경잡음 예측엔진 설계”의 연구 지원으로 이루어진 내용입니다.

Received ; January 27, 2015 Revised ; February 9, 2015 Accepted ; March 4, 2015

I. 서론

산업의 발전 및 경제 규모의 확대에 따라 보안에 대한 관심은 지속적으로 커지고 있으며, 정보통신 기술의 발전과 함께 외곽보안 및 침입감지에 대한 다양한 솔루션이 개발되고 있다. 외곽 울타리 침입감지 시스템 시장은 국경, 군 주둔지, 비행기지 등 군사용 시설, 공항 발전소, 항만 등 국가 주요시설, 주유소, 가스 저장시설 등 민간시설로 확대되고 있으며, 외곽 침입감지 보안시스템은 최신 기술의 적용으로 기존의 외곽 펜스를 설치하고 직접 경비하는 방식에서 외곽펜스 침입감지, IP카메라, 외부 출입문 및 건물내부 출입통제 시스템을 기반으로 통합 방법 보안시스템으로 발전하고 있다.

중요시설 경계를 위한 외곽 울타리 침입 감지시스템의 외부 침입센서는 크게 두 가지로 분류된다. 첫 번째는 울타리 라인을 따라서 부착하는 형태의 센서와 지중에 설치하는 센서이며, 두 번째는 개활지를 감시하는 Volumetric Sensor와 비디오 센서이다.^[1] 본 논문에서는 중요 경계 구역에 대한 외부 침입 감지와 관련해, 인가받지 않은 사람이 경계 보안 펜스를 침입하는 것을 펜스에 부착된 센서로 감지하고, 주변에 설치된 감시카메라로 확인할 수 있는 통합관제 운영 시스템을 제안한다. 펜스 부착 방식의 센서 케이블 중에서 마찰 대전 방식의 전자보안 펜스 방식은 광망 방식, Microphonic 케이블 방식과 비교할 때, 제품가격, 설치비 및 유지보수 비용에서 강점을 가지고 있는 방식이다. 정전용량식으로 센서 케이블의 마찰 기전력의 변화에 따른 미세한 전하량을 감지하는 안전하고 신뢰성 있는 새로운 기술로서 서로 다른 2가지 유형의 물질을 서로 마찰시키면 대전이 발생하며, 이와 같은 현상을 마찰대전 현상(Triboelectric effect)라고 한다.^[2~4] 센서 케이블의 마찰 대전에 의해서 발생된 전하를 감지, 증폭, 처리, 분석하는 신호분석장치 SAU (Signal Analysis Unit)를 그림

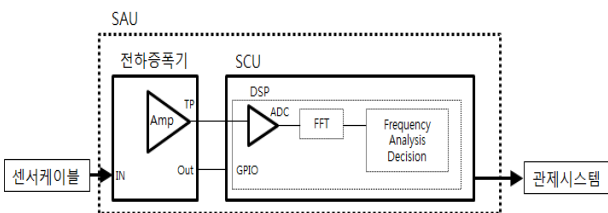


그림 1. 신호분석기 구성도
Fig. 1. SAU(Signal Analysis Unit) Block Diagram.

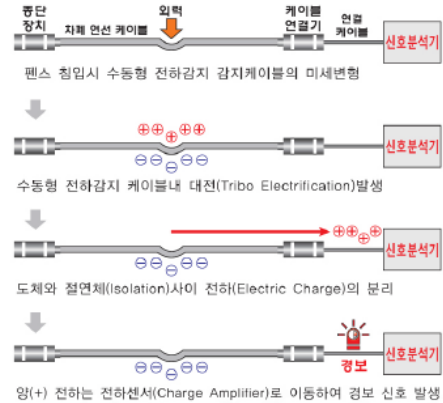


그림 2. 시스템 동작 원리
Fig. 2. Operating Principle of the System.

1과 같이 개발하였다.

감지센서로 일반 차폐 연선 통신케이블을 사용하고, 이 케이블을 펜스에 고정시킨다. 그림 2와 같이 센서 케이블 주변의 외력에 의해서 발생하는 케이블 내의 정전 기전력의 변화를 신호분석기가 감지하여 처리, 분석 및 알람판정 후 경보신호를 관제센터에 송신한다. 펜스에는 일정한 힘이 필요하며, 이 힘에 의해 펜스와 펜스에 고정된 센서 케이블이 변형되거나 절단되면 경보를 발생한다. 외부의 환경 조건 및 펜스의 종류에 따라서 침입감지 감도를 조절할 수 있다.^[2]

외곽펜스 침입탐지 시스템의 성능 특성을 분석 및 평가하는 과정에서 중요한 요소는 1)검출확률 2)오경보율 3)보안취약점에 대한 성능을 평가하는 것이다.^{[1][5]} 펜스에 부착하는 센서는 성능 특성의 요소를 고려할 때, 검출확률을 높이는 과정에서 오경보율이 높아진다. 이것은 펜스의 종류, 바람 및 강우 등과 같은 환경 조건에 의한 것이다. II장에서는 제안하는 신호분석장치의 구조, 주변 환경잡음의 주파수 분석 방법 및 시험환경을 논의한다. III장에서는 제안된 주파수 분석 방법을 통해 측정결과를 기술한 후, IV장에서 결론을 맺는다.

II. 본론

1. 작동 원리

침입에 의하여, 펜스에 가해지는 진동 또는 충격은 물리적 보안 펜스에 결속된 차폐 다심케이블 내에 대전 현상을 발생시키며, 센서 케이블 내에 발생하는 미세한 전하를 전하 증폭기(Charge Pre-Amplifier), 전압 증폭

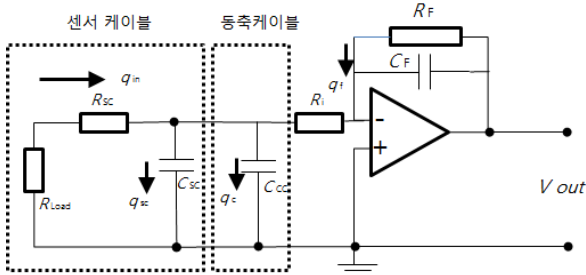


그림 3. 전하증폭기 회로
Fig. 3. Basic Circuit of Charge Amplifier.

기(Voltage Pre-Amplifier)를 이용하여 증폭시킨다.^[2] 그림 3은 기본적인 전하증폭기 회로를 보여준다. 전하 값, 전압, 커패시턴스 및 부하저항은 아래와 같이 표현하며, 그에 따른 정상작동 모드(침입이 없을 때)와 침입이 있는 경우의 수식을 아래와 같이 표현할 수 있다.

정상작동 모드에서 OP-Amp 입력 전압차이 $V_{in}=0$ 이며 식(1)과 같이, 입력전하와 피드백 커패시턴스에 의해서만 영향을 받는다.

$$q_{IN} = V_F \times C_F, \quad V_{out} = V_F = \frac{q_{IN}}{C_F} \quad (1)$$

- q_{IN} : 센서 케이블에서 발생하는 전하 값
- C_{SC} : 센서 케이블 내부 커패시턴스
- C_{cc} : 동축 케이블 내부 커패시턴스
- R_{SC} : 센서 케이블 저항
- C_F : 고성능 OP-AMP 피드백 커패시턴스
- V_F : 피드백 전압
- V_{IN} : 전하증폭기의 입력 전압
- R_{Load} : 센서케이블 종단저항
- R_F : 피드백 저항

센서 케이블 입력을 고려하여, OP-Amp 이득으로 계산하면, 식(2)와 같다. 식(1), (2)에서 출력전압과 전하값의 관계를 계산하면, 식(3)이 된다.^[2, 7]

$$\frac{V_{out}}{V_{IN}} = -\frac{R_F}{R_{Main}}, \quad R_{Main} = R_{Load} + R_{SC} \quad (2)$$

$$V_{out} = \frac{q_{IN} * R_F}{(R_{Load} + R_{SC}) * C_{SC} + R_F * C_F} \quad (3)$$

식(3)에서 펜스에 가해지는 힘에 의해서 변형이 발생할 때, R_{SC} , C_{SC} 에 값이 변화되어 전압이 발생한다.

2. 시스템 구성

가. 신호분석기 구성

센서케이블에서 대전된 신호는 전하증폭기에서 신호가 증폭되며, ADC(Analog to Digital Conversion)에 의해서 디지털신호로 변환 후 신호해석 및 분석의 과정을 거친다. 센서케이블은 전하증폭기를 포함하는 ASU(Analog Sensing Unit)에 입력되며, 전하 증폭, 필터, 전압 증폭을 거쳐 SAU(Signal Analysis Unit)의 ADC에 입력된다.^[2] 12-bit ADC 코어가 내장되어 있는 TI사의 F2812를 사용했고, 시스템의 사양은 아래의 표 1과 같다.

센서케이블에서 발생된 신호에 대한 전하증폭 및 필터의 구현으로는 환경 잡음신호에 대한 신뢰성이 떨어지며, 이에 감도조절기를 추가하는 경우 검출확률 및 오경보율에 대한 신뢰성이 높아지는 것을 확인할 수 있었다.^[2] 그러나, 10 노트(kn) 이상의 바람, 강우 등과 같은 환경잡음에 대해서는 오경보가 발생하였다. 이에 기존 시스템에 주파수 분석을 위한 FFT (Fast Fourier Transform) 기능을 추가하여, 침입에 의한 센서 케이블의 부분적인 충격에 의한 신호와 환경잡음에 의한 케이블의 전체적인 진동에 의한 신호의 진폭 및 주파수 성분을 분석하고자 하였다.

표 1. 신호분석기 사양
Table 1. Specification of SCU(Signal Analysis Unit).

항 목	사 양	비 고
CPU	TMS320F2812	
메모리	Flash/SRAM 256KB/36KB	
ADC	Resolution - 12 Bit	
	Size - 128	Circular Queue
	Format - 32bit Float	
	Rate - 32Hz Sampling	
Scaler	Size - 128	Circular Queue
	Format - 32bit Float	
FFT	Sample size - 128	
	FFT stage - 7	
	Window function - Hamming	

나. 주파수 분석

센서 케이블은 SUS 바인드선을 사용해 그림 4와 같이 펜스에 부착한다. SUS 바인드선은 약 20-30cm 마다 센서케이블을 강하게 고정하며, 펜스의 충격, 진동

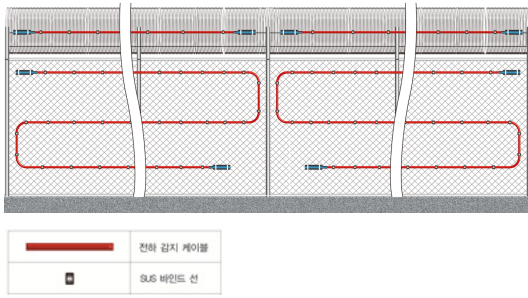


그림 4. 센서케이블 설치
Fig 4. Installation of Sensor Cable.

시에 고정된 부분에서 마찰대전이 발생한다.

고정부위에 가해지는 힘의 위치와 시간에 따라서 전하의 발생은 다르게 나타나며, 아래의 식(4), (5)와 같이 나타낼 수 있다.^[11]

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_0 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_0 t \quad (4)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (5)$$

센서케이블에서 들어오는 신호는 증폭기, 필터 및 ADC를 거쳐 고속 푸리에 변환을 수행하여 주파수의 스펙트럼과 진폭을 수치화 하였다. 시험환경을 그림 5와 같이 구축 한 후에 부분적인 충격을 가하는 경우와 펜스 전체에 진동이 발생하는 경우에 대해서 실험을 진행하였으며, 그림 6과 같이 구별이 가능함을 알 수 있었다. (A), (B)의 경우에 신호의 크기는 비슷하나, 고속 푸리에 변환 FFT(Fast Fourier Transform)에 의한 각각의 주파수 특성을 분석하게 되면 차이가 있었다. (A)의 경우에 1.5Hz 이상에서 Peak 주파수가 나타나며, (B)의 경우에 0.5Hz-1.5Hz 사이의 주파수 분포를 갖는다.

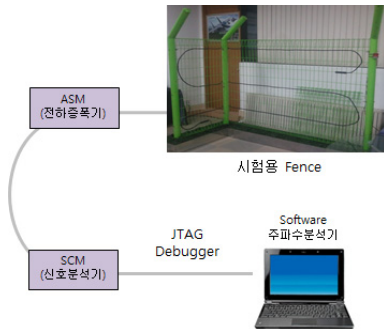


그림 5. 시험환경 구성
Fig 5. Configuration of Laboratory Test.

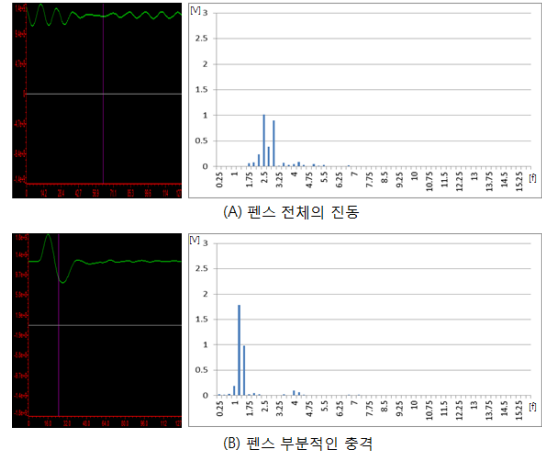


그림 6. 그래프와 FFT 분석
Fig 6. The Graph and FFT Analysis.

센서 케이블을 통해 들어온 아날로그 신호 $x(t)$ 는 비주기신호로 푸리에 변환에 의해 $X(w)$ 또는 $X(2\pi f)$ 은, 식(6)와 같이 표현한다.

$$X(w) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad (6)$$

실제의 구현에서는 디지털변환 부에서 주파수 분석의 신뢰성을 향상시키기 위해서 정해진 주기 시간에 ADC의 SOC(Start of Conversion) 신호를 발생시켜 정확한 주기로 신호를 표본화 하였다. 입력된 신호에 대해서 이산푸리에 변환 방정식을 표현하면 아래의 식 (7), (8), (9), (10)과 같이 표현되며, 고성능 신호처리 프로세서를 이용해 고속 푸리에 변환 FFT(Fast Fourier Transform)를 수행하였다. $N=128$ 로 하였으며, 윈도우 함수는 식 (11)와 같이 사각윈도우(Rectangular Window) 함수를 사용하였다.^[8]

$$x[n] \xleftrightarrow{DFT} X[k] \quad (7)$$

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] W_N^{kn}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (8)$$

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] W_N^{-kn} \quad (9)$$

$$W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}} = \cos\left(\frac{2\pi}{N}\right) - j\sin\left(\frac{2\pi}{N}\right) \quad (10)$$

$$w_R[n] = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N \\ 0 & \text{기타} \end{cases} \quad (11)$$

특성주파수는 최대 크기를 갖는 주파수 값 f(max), 두 번째 크기를 갖는 주파수 값 f(max-1), 세 번째 주파수 크기를 갖는 주파수 값 f(max-2) 로 구성된다. 그림 6과 같이 주파수 f(max), f(max-1), f(max-2)의 특성 주파수의 분포를 PC를 이용해 확인할 수 있다. SAU의 설정 및 Data 수집을 위한 Terminal Emulator의 연결이 가능하며, Console을 이용한 설정 및 정보 수집이 가능하다. 표 2는 Console 명령어를 보여주고 있다.

VFFT 명령어에 의해 Tera Term의 터미널에 표시된 것을 그림 7에서 보여주고 있으며, 주파수 f(max),

표 2. 콘솔 명령어
Table 2. Console Command.

명령어	사용법	설명
HELP	HELP HELP<Command>	명령어 개요
DEFAULT	DEFAULT	초기화
REBOOT	REBOOT	SCM Rebooting
SAU_IP	SAU_IP=<Value>	IP어드레스 설정
SAU_PORT	SAU_PORT=<Value>	UDP수신포트 설정 Default: 5000
NETMASK	NETMASK=<Value>	NETMASK 설정 Default 255.255.255.0
GATEWAY	GATEWAY=<Value>	GATEWAY IP 설정 Default 192.168.1.1
FTYPE	FTYPE:<Ch>=<type>	펜스 타입 설정
CTLSET	CTLSET:<Ch>=<val>	출력제어
CTLTIME	CTLTIME:<Ch>=<val>	출력시간설정
SENSOR	SENSOR:<Ch>=<val>	센서 타입 설정
VFFT	VFFT On/Off Toggle	FFT 데이터 표시

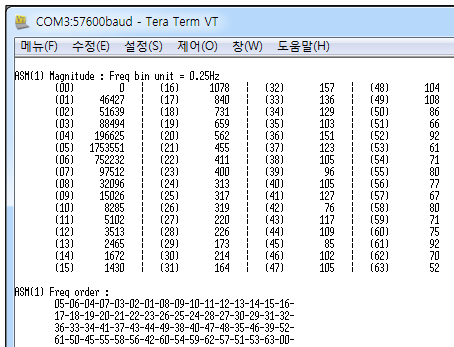


그림 7. VFFT 명령에 의한 표시
Fig 7. Console Display of VFFT Command.

f(max-1), f(max-2)의 신호의 크기를 확인할 수 있다.

다. 시스템 구성

서울시립대학교의 교내 펜스가 설치되어 있는 온실 실험실 펜스에 센서케이블을 부착해 그림 8과 같이 전자 보안 펜스모델을 구축하고, SAU를 현장에 설치하여 실시간으로 침입 감지를 원격 수신하였다. SAU와 연구실 사이에는 Wifi로 연결하였으며, IP카메라는 연구실로 직접 연결하여 시스템을 구축하였다. 연구실에는 데이터 수집을 위한 서버를 구축하였고, MySQL 데이터베이스를 이용하여 데이터를 수집하였다.



그림 8. 시스템 구성 및 현장설치
Fig 8. System Configuration and Installation.

III. 실험

고속 푸리에 변환 FFT에 의해 주파수 크기 및 특성을 분석한 알고리즘을 전자 보안 펜스모델에 적용하여 침입시험 및 오경보 알람에 대한 데이터를 수집하였다. 데이터 수집은 알고리즘 적용 전후의 데이터를 수집하였고, 수집된 오경보 알람과 주변 환경 잡음신호인 기온, 강우, 습도, 풍속과의 상관성을 확인하였다. 그림 9의 왼쪽은 관제 소프트웨어의 메인화면이고, 오른쪽은 침입신호 발생 시에 침입과 오경보 알람을 확인할 수 있도록 옥상에 설치된 IP카메라의 영상화면이다. 실험 진행 시, 오경보 건수를 가능한 많이 얻기 위해 그림 10과 같이 펜스오브젝트의 감도는 가장 민감한 '40'으로 설정하여 실험을 진행하였다. 감도 세팅 값은 1-40까지 40단계가 있고, 피크 주파수의 크기를 설정하는 것이다. 전압 값으로 환산하면 1은 2.925V이고, 40은 0.075V이다.

침입 알람 및 오경보 시의 데이터베이스에 저장된 데



그림 9. 현장설치
Fig 9. Implementation at field

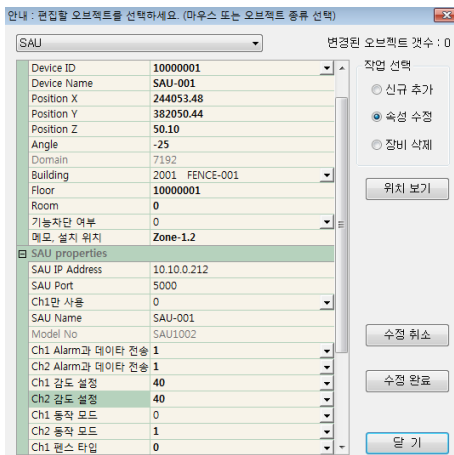


그림 10. 펜스 오브젝트 감도설정
Fig 10. Sensitivity Setting of Fence Object.

이터 수집을 위해서 Toad for MySQL freeware 7.3을 사용하였다. 알고리즘 적용 전 1개월(2014년 10월15일 ~2014년 11월14일) 동안의 평균온도, 최저기온, 최고기온, 강수량, 평균풍속, 상대습도 및 오경보 건수에 대한 데이터를 수집하였다. 수집된 환경 잡음 데이터와 오경보 건수와의 선형관계의 강도와 방향을 확인하기 위해서 상관분석(Correlation Analysis)을 하였으며, 상관계수 식은 (12)와 같다. 상관계수는 r 로 표현하고, $-1 \leq r \leq 1$ 이다.^[9]

$$Correl(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (12)$$

\bar{x}, \bar{y} 는 각 Array의 평균값

다양한 환경잡음 신호 중, 평균풍속에 의한 상관계수가 +1에 가까워 오경보는 바람의 세기와 관련이 있었다. 그림 11은 1개월 동안의 오경보 건수와 풍속에 대한 산포도를 보여준다. 풍속 2m/s 이상부터 오경보가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

바람에 의한 오경보 영향을 해석하기 위해 바람이 동

표 3. 오경보 건수와 환경잡음 신호의 상관분석
Table 3. Correlation Analysis between False alarm and Environmental Noise

채널	환경잡음 신호	상관계수(r)
채널 1	평균온도	-0.36
	강수량	-0.13
	평균풍속	+0.85
	상대습도	-0.25
채널 2	평균온도	-0.26
	강수량	-0.15
	평균풍속	+0.81
	상대습도	-0.23

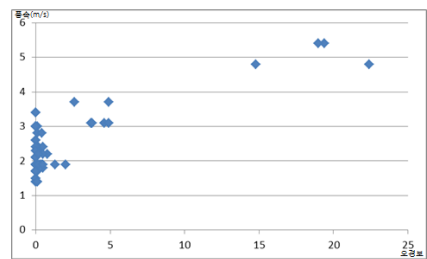


그림 11. 오경보 건수와 평균풍속의 산포도 (1차 실험)
Fig 11. Scattergram of False Alarm and Wind(1st Test).

시에 Fence에 영향을 주는 경우에 유체 운동량 방정식, 식(13)을 이용하고 순간 최대풍속을 10m/s로 가정하여 풍속에 대한 저항력을 구해보면, 힘은 615N으로 62kg의 물체가 내리 누르는 힘과 같다. 바람이 펜스에 동시에 영향을 주는 경우에 사람의 침입과 구분이 어려우며, 주파수 분석을 하지 않는 경우 오경보의 발생 건수가 커질 수 있다. 저항계수 ρ 는 실제값은 1.96-2.05 정도이지만, 이론값 2를 적용하였고, ρ_a 는 $1.23kg/m^3$, Q 는 펜스를 모델링하여, $5m^2$ 을 적용하였다.^[10]

$$P_m = \frac{1}{2} \rho \rho_a Q V^2 \quad (13)$$

ρ : 저항계수

ρ_a : 공기밀도

Q : 바람에 의해 영향을 받는 펜스의 면적

V : 풍속

환경잡음신호와 오경보 건수와의 상관관계 및 유체 운동량 방정식을 통한 펜스의 영향을 해석한 결과 바람에 의해 센서 케이블이 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다. FFT를 통해 신호의 특성 주파수 분석에 의한 오경보 필터링 알고리즘을 적용한 후, 1개월(2014년 12월

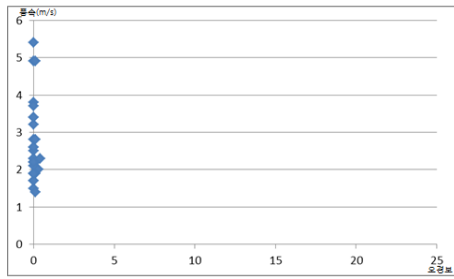


그림 12. 오경보 건수와 평균풍속의 산포도 (2차 실험)
Fig 12. Scattergram of False Alarm and Wind (2nd Test).

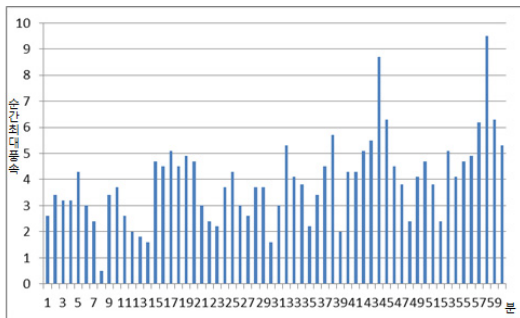


그림 13. 순간풍속 그래프 (2014.12.12. 15시-16시)
Fig 13. Wind Speed Graph (2014.12.12. 15-16).

11일~2105년 1월10일)간의 데이터를 동일한 장소에서 수집하여, 침입알람의 성능을 유지하면서, 풍속에 따른 오경보 알람의 영향이 최소화 되는지에 대한 실험을 진행하였으며, 그림 12는 오경보 건수와 평균풍속의 산포도이다.

상관계수(r)은 -0.23 으로 0에 가까우며, 평균풍속과는 상관성이 떨어진다. 알고리즘 적용 후, 오경보 건수는 1160건에서 19건으로 감소되는 것을 확인하였다. 침입 알람과 바람의 진동에 따른 주파수 특성을 분석하고, 그에 따른 알고리즘 적용 후 오경보 건수의 감소를 확인할 수 있었다. 전체 오경보 건수의 감소로 인해, 일 평균풍속에 의한 상관성이 없는 것을 확인하였으나, 일 최대 4건의 오경보에 대한 발생 시간 및 발생 시점의 풍속을 비교해 시시각각 변화하는 바람에 의한 펜스 알람의 오경보를 확인하고자 별도의 풍속계를 설치한 후 실험을 진행하였다. 그림 13은 오경보가 발생한 1시간 동안의 순간최대 풍속 그래프이며, 순간풍속이 최대인 경우에 발생한 것을 볼 수 있었다. (오경보의 발생 일시 및 건수는 2014년12월12일 15시44분 3건, 57분 1건)

IV. 결 론

바람, 우천과 같은 자연 환경의 변화에 대한 전자보안펜스의 영향을 분석하고, 주변 잡음신호에 대한 신호 특성과 주파수 분포 특성을 분석하였다. 주파수 분포 특성에 의해서 침입으로 인해 발생하는 신호와 바람, 우천 등의 자연 환경의 변화로 인하여 발생하는 신호에 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 주파수 특성을 분석하여 오경보를 제거하는 알고리즘을 현장에 적용 시, 오경보가 월 1160건에서 19건으로 약 98% 줄어드는 것을 확인하였다. 그러나 자연 환경의 변화에 대해 여전히 오경보가 발생하고 있으며, 이에 대한 해결을 위해 Fence에 풍향 풍속 센서를 침입감지 보안 Fence 에 같이 부착하여 실시간으로 바람의 세기와 크기를 별도로 수신하여, 바람의 영향을 실시간으로 제거하는 새로운 기술을 적용하는 추가적인 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] NISE East Electronic Security Systems Engineering Division "Perimeter Security Sensor Technology Handbook" North Charleston, South Carolina, pp 9,15 1997.
- [2] Odgerel Ayurzana "Fence Security System based on Electrostatic Charge Detection Technique", Institute of Control, Robotics and Systems, Vol.1 No.2, pp851-858 2011.
- [3] M. Maki "Conductive Sensor Cables for Perimeter Intrusion Detection" 41st Annual IEEE International Carnahan Conference for Security Technology, pp.163-168, October 2007.
- [4] Kim Sung Won, Song Oak Young "Study for security system of Railroad bed structure using optical fiber" Korean railway conference, pp.1-6, October 2004.
- [5] Mary Lynn Garcia "The Design and Evaluation of Physical Protection Systems" 2nd Edition, Butterworth-Heinemann pp.69-71, 2007.
- [6] Ki-nam Kang, Kyunmin Kang and Doosam Song "Study on the 1/f fluctuation Characteristics of the Natural Breeze with Field Measurement", Ergonomics Society of Korea pp.1-7, 2012.
- [7] Min-Su Kim, Chung-Min Lee, Yeong-Seuk Kim, "Design of 0.5V Low-Voltage 2-Stage

Operational Amplifier", The Institute of Electronics and Information Engineers pp. 8-10, June 2014.

[8] Un-Ho Ji, Soon-Yong Chun, "Propose of the Autonomic Nerve Reaction Index for Human Body using FFT", The Institute of Electronics and Information Engineers ICS 2013 pp.28-30 Apr 2013.

[9] Moon-Sun Shin, Keun-Ho Ryu, "Classification of False Alarms based on the Decision Tree for *Improving the Performance of Intrusion Detection Systems*", Journal of KISS pp. 473-482, 2012.

[10] Emil Simiu, Robert H. Scanlan, "Winds Effects on Structures: Fundamentals and Applications to Design", Wiley-Interscience, pp143, 1978.

[11] "Impulse Waveforms of Personnel/Furniture ESD" E.O.S Symposium Denver, 1979.

— 저 자 소 개 —



윤 석 진(정회원)
 1995년 서울시립대학교
 제어계측공학과(공학사)
 2002년 서울시립대학교
 전자전기컴퓨터공학과
 (공학석사)
 1995년~2013년 동방전자

2014년~2015년 (주)GES
 <주관심분야: Perimeter Security Systems, Sensor Network, Physical Security, Fire Detection>



원 서 연(정회원)
 2011년 경기대학교
 전자공학과 공학사
 2013년 서울시립대학교
 전자전기컴퓨터공학과
 (공학석사)

<주관심분야: Sensor Network, Automatic Control Engineering, Enterprise Management System>



이 용 철(정회원)
 1995년 서울시립대학교
 제어계측공학과(공학사)
 2002년 서울시립대학교
 전자전기컴퓨터공학과
 (공학석사)
 2004년~2015년 (주)GES

<주관심분야: Perimeter Security Systems, Embedded System, Sensor Measurement Systems>



장 우 영(정회원)
 1997년 호서대학교
 컴퓨터공학과 공학사
 1997~2005년 (주)두일전자통신
 2005~2015년 (주)GES

<주관심분야: Micro-Processor, Security Sensor Low Power Personal Area Network>



김 희 식(평생회원)
 1977년 서울대학교
 기계공학과 (공학사)
 1987년 Germany Stuttgart
 University Production
 Engineering (공학박사)
 1979년~1982년 과학기술부
 사무관

1987년~1989년 한국과학기술원
 1989년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부(교수)
 <주관심분야: Optical Measurement of Geometries, Applications of Sensors for Automation and Image Processing>