

## 지중매설물 탐지원리에 관한 연구

서정만<sup>o</sup>

<sup>o</sup>극동정보대학 컴퓨터게임과

e-mail:seojm@unitel.co.kr

### A Study of Underground Object Detect Method

Jeong-Man Seo<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dept of Computer Game, Keukdong Information College

#### ABSTRACT

기존의 지중매설물의 탐지방법과 문제점에 대하여 알아보고, 지중매설물의 탐지에 필요한 센서소개 및 원리를 설명, 새로운 지중매설물의 탐지방법의 원리 및 그 구성에 대하여 제안하고 그 실험결과를 살펴본다.

#### 1. 서론

현대사회에서는 각종 매스컴과 전화 및 전기의 발달로 인하여 많은 문화혜택을 누리고 있다. 이와 같은 문화혜택은 동시에 도시의 환경문제와 밀접한 관계가 있다. 도시의 미관이나 경관을 헤칠 수 있으며, 또한 도심의 이곳 저곳에 통신선과 전력선을 위한 전신주가 설치되어 있다. 그리하여 전력선, 가스관, 전화선, 송유관등 우리 생활에 필요한 각종 유틸리티들이 지상보다는 지중에 매설되는 추세로 가고 있다. 그와 더불어 그에 필요한 도심에서의 굴착공사는 빈번히 일어난다. 굴착공사 도중에 이미 매설되어 있는 유틸리티관들을 훼손하여 가스사고, 전력선 절단, 전화선 절단등과 같은 사고가 빈번히 발생하고 있는 실정이다. 이로인한 시민들의 불편도 상당히 초래하고 있다. 우리나라에서도 각종 매스컴에 알려진 도시가스 사고나 각종 전력선 차단 사고로 인하여 생기는 민원사항이나 겨울에 발생하여 생기는 농작물과 가축 동사 피해등은 우리 현 사회에서 남의 일이 아니라 우리 모두의 일이 되었다. 이와 같이 지중을 굴착시에 각종 사고를 미연에 방지하기 위하여 지중매설물 탐지기를 개발하여 상품화된다면 우리 모두의 관심과 세계적인 기술이 될 것으로 본다. 본 논문에서는 기존의 지중매설물 탐지방법과 문제점을 알아보고, 지중매설물 탐지기에 필요한 탐지원리 및 탐지 센서 비교, 탐지센서 설계, 지중매설물 탐지장치의 설계 및 구현방법에 대해 제안하고자 한다.

#### 2. 지중매설물 탐지장치 센서비교

(1) 자장센서 및 기존탐지방법 비교

1) 자장센서란

자장센서란 외부에 자계를 형성하고 일정한 자속흐름을 생성시켜 거리에 따른 일정한 자계 에너지 준위를 갖도록하여 다른 매질 또는 물질에 의해 자속흐름의 방해 또는 자속수가 감쇄되는 현상을 감지할 수 있도록 하는 센서를 말한다. 따라서 자장센서는 전기적인 에너지를 자화물에 의해 외부로 자화시켜 에너지를 방사할수 있도록 설계 되어야 하며 자속의 변화를 감지할수 있게 변수가 설계되어야 한다 [1]. 이는자장코일로 실현되며 이때의 설계변수로는 자화물(Core)의 재료 및 형상, 권선재료 및 권선수, 자화전류가 있다.

2) 지중매설물 탐지센서(지향성 센서 종류 및 비교)

-GPR (Ground Penetration radar)

: 지표에서 지하로 고주파(수십 ~ 수백 MHz)대역의 전자파 신호를 발생시켜 지하에서의 반사 또는 산란되는 전자파를 수신하여 이를 분석함으로써 지하에 존재하는 불균질대를 규명하는 방법이다. 전자파는 매질의 전기적 성질, 즉 전기비저항 또는 진폭의 감쇄등을 겪게 되는데 이러한 반사파의 도달 시간이나 진폭을 분석하여 탐사대상 지역에 대한 정보를 얻게 된다[2].

-초음파(Ultrasonic wave)

: 초음파란 20 ~ 20000Hz보다 높은 주파수의 파동을 말한다. 초음파 시험에 주로 사용되는 영역은

500kHz ~ 100MHz이며 구조물의 결합측정에 주로 사용된다. 이는 탄성파이므로 속도가 느리고 같은 주파수라도 파장이 짧기 때문에 날카로운 지향성을 얻기 쉬우며 전파방향의 분해능이 높다. 또한 액체나 고체층의 감쇄가 적은 장점이 있다.

파동본질	전자파		탄성파
	광파	전파,전계,자계	
펄스투파법	레이저에 의한 거리측정	레이다에 의한 거리측정, 위치표정	센서에 의한 깊이측정, 어군탐지, 결합탐지, 의료용진단
투과법	방사선 투과 시험원거리 센싱	마이크로웨이 브투파시험, 자기검사, 전자유도검사	음속 측정, Acoustic Emission
간섭법	광탄성시험(레이저호로 그래피)	전파거리계	공진형 두께 측정기, 기온측정, 초음파 호를그래피
도플러법	진동, 속도 측정법	도플러 레이저	도플러 유속계, 혈류계

<그림1> 센서 비교표

3) 자장센서를 이용한 탐지장치 원리

-Direct Connection Mode

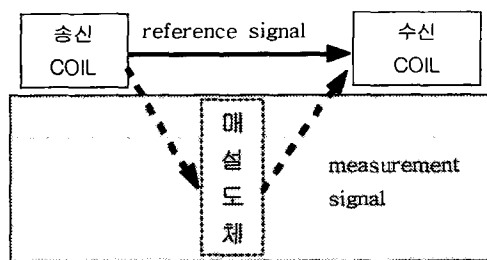
: Transmitter와 매설물을 전선으로 연결후 AC전류를 흘려 전류가 매설물을 타고 흘러 접지막대를 통하여 transmitter로 되돌아오며 receiver를 움직여갈때 매설물이 있는 위치에서 receiver에 최고전류가 검출되고 이를 이용하여 매설물의 깊이등을 파악한다.

-Inductive Mode

: Transmitter가 magnetic field를 형성시키면 매설물이 magnetic field를 형성하고, 이 형성된 magnetic field를 receiver로 검출하여 매설물 위치를 찾아낸다.

3. 지중매설물 탐지장치 원리

(1). 송수신 COIL과 매설도체 사이의 전파관계

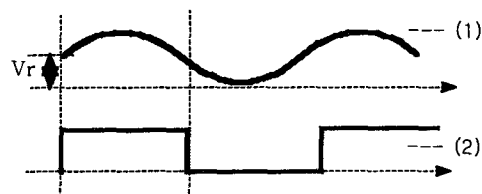


<그림2> 전파관계

- 1) 송신코일은 매설도체 및 수신코일에 주파수 10kHz의 sinewave 전자파를 센서송신 출력 2watt 이내로 방사한다.
- 2) 매설물은 전자파를 gain Av만큼 흡수하며 이를 eddy current전환, 이로 인한 2차 방사전자계를 형성하게 된다. 이때 수신코일에는 송신 코일에 의한 1차 전자계와 매설물의 eddy current에 의한 2차 전자계의 영향을 받아 1차 전자계에 의해 발생하는 reference 수신신호와 1,2차 전자계영향을 모두 받은 measurement 수신신호는 amplitude 및 phase의 차이가 발생하며 이로써 매설물의 유무를 판단하게 된다.
- 3) 흙을 매질로한 전파로 전파속도는 공기중에 비해 떨어지며 그에 따라 거리에 따른 위상변화( $\theta d$ )도 크게되고 땅의 매질성분 및 습한상태에 따라 전파속도 및 위상변화도 그 기준치가 달라지므로 환경에 따른 초기기준치를 측정전에 설정하여야 하고 그 기준치에 따른 상대적인 비교로 매설물을 판단하여야 한다.
- 4) 매설물질의 종류 즉 유전을 및 투자율, 도전율에 따라 매설물에 흡수되어 흐르는 eddy current( $\theta e$ )의 위상은 달라지므로 이 특성에 따라 수신신호를 검출하면 매설물질의 종류도 파악할수 있다.

(2) 매설물 유무판단 신호흐름

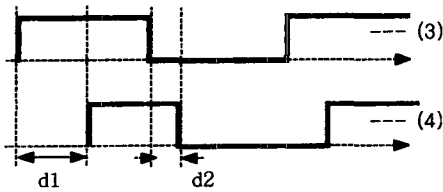
1) 수신신호 --> FLUX DETECTOR OUTPUT



파형 (1) : 수신 신호 sinewave

파형 (2) : FLUX DETECTOR 출력

2) reference signal & measurement signal



파형 (3) : EPLD 입력전 reference signal

파형 (4) : EPLD 입력전 measurement signal

->  $d_1$ 과  $d_2$ 의 연산으로 진폭 변화량 및 위상 차이 계산이 가능하다.

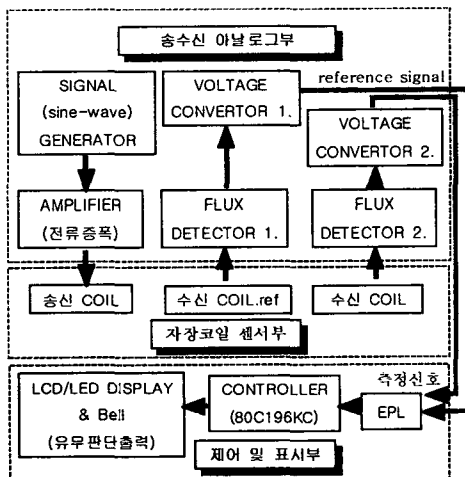
#### 4. 지중매설물 탐지장치 구성

지중매설물 탐지장치에 대해 다음과 같은 구성을 제안한다.

##### (1) 자장코일센서

센서로는 Ferrite Core를 사용하는데 Ferrite란 자화물로서 coil wire에 흐르는 전류에 의해 발생된 flux 밀도를 높이는 물질로 사용된다. 이물질은 전류에 세기에 즉 자계강도가 증가함에 따라 자장밀도도 증가하게 되나 자계강도를 높여도 자장밀도를 증가시키지 않고 포화(saturation) 상태로 형성하게 하고 손실 전력도 커지게 된다. 따라서 그용도에 따라 물질성분 비율(Zn, Mn, Mg, Ni 등)을 달리하여 성형하게 되는데 그 구분은 저손실체, 고투자율 물질로 크게 나뉜다. 주로 저손실체는 transformer 설계에 사용되고 고투자율 물질은 센서 및 EMI 방지에 응용되고 있다.

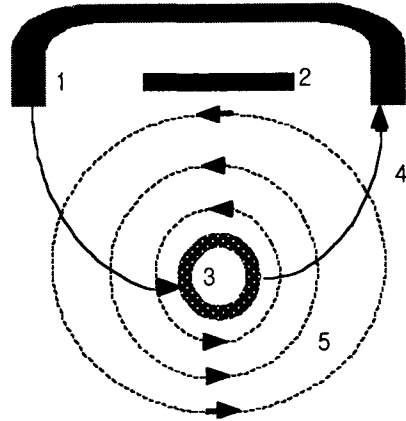
##### (2) 송수신 아날로그부



<그림3> Block Diagram

① 매설물 탐지방법 - 본 지중매설물 탐지장치에 적용된 방법은 간접방식으로 매설물이 직접 부착되지 않고 매설물 위의 지표면에서 탐지하도록 하고 있다. 그러기 위해서는 땅을 매질로 전파할 수 있는 파를

주사하거나 일정 자계를 형성시켜 그 변화를 탐지하는 방법으로 나뉘는데 주사파로는 전자파나 초음파, 초고주파등이 있으나 이는 각각의 보정방법이 어렵고 또한 매질변화에 민감해 그 보정방법이 난이하고 또한 장비가 고가라는 단점이 있다[3][4].



1 : 송신코일      2 : 수신코일      3 : 매설물

4 : 1차자계(송신자계)    5 : 2차자계(와류자계)

<그림4> 송수신 코일 위치 및 자계형성도

따라서 본 과제에서 채택한 방법으로 땅속에 일정자계를 형성하여 그 자속 변화를 감지해 매설물 유무를 판단하는 방식을 적용하고자 하였다. 그 원리는 일정한 파형을 송신코일을 이용하여 일정자계를 형성시키도록 하는데 이것이 도체에 닿으면 표면전류로 흐르게 된다. 이 표면전류를 와류전류(eddy current)라 하고 이것에 의해 생긴 자계를 와류자계라 하는데 이 2차 자계는 원래 송신코일에 의해 형성된 1차 자계와 만나 자속 흐름의 변화를 발생시키고 이는 수신 gain 변화와 위상차를 발생하여 수신코일에 그 변화정도에 따라 파형이 변화하게 되어 이 정도를 검출해 내므로써 매설물 유무를 판단하게 된다.

##### ② 송신회로 Block Diagram 및 기능

송신회로는 송신용 코일에 일정한 주파수를 가진 전류를 흐르도록하기 위한 기능을 가지고 있다. 따라서 그 목적을 위해서는 기능에 따라 송신 주파수(10kHz)를 만들어 내기위한 signal generator, 부하에 따른 파형 변동을 막기 위한 전압 follower, 또 전류량을 만들기 위한 TR로 구성된 전류증폭단으로 구성된다.

##### (3) 탐지장치 제어부

탐지 장치의 제어부는 센서부를 통해 입력된 신호로써 탐지 유무를 파악하기 위한 것이다. 센서부는 아날로그 신호를 제어부에 입력해주기 때문에 제어

부에서이를 유효한 데이터로 받아들여 가공하기 위해서는 아날로그 신호의 변환 과정이 필요하다. 이를 위해서는 AD 컨버터를 이용하는 것이 대표적이다. 변환된 데이터를 비교하여 매설물의 탐지여부를 부저나 LCD를 이용하여 사용자에게 알려주게 된다.

### 5. 실험 결과

실험은 위의 제안대로 시스템을 제작하여 실제 매설물을 매설하여 실험하였다. 본 논문에서 실험은 address decoder의 동작과 /READY 컨트롤을 위해 로직을 구성하고 시뮬레이션 한 결과이다. 데이터 버퍼에 저장된 값을 읽어 들이고자 할 때 각 칩이 선택되고 난 후 데이터 유효시간(data valid time)이 서로 차이가 나기 때문에 이를 조절해 주어야 할 필요가 있다. 이는 /READY 신호를 이용하여 조절하는데 LCD와 RAM에 데이터를 WRITE 할 때도 같다. /READY 신호는 ALE 신호가 발생되고 난 후 /RD 또는 /WR 신호가 발생하게 될 때 까지의 시간을 일정시간(state) 만큼으로 지연시킨다. 여기서 state는 카운터에서 사용하는 clock의 한 cycle이다. 실험 결과에서 /EPLD\_CS 가 low 가 되면 /READY가 2 state 동안 지연되고 /LCD\_CS가 HIGH가 되면 각각 3 state지연이 일어나고 있음을 확인하였다. 지연이 발생함으로써 데이터버퍼에 저장된 값을 읽어 들이는 시간을 조절 할 수 있게 된다.

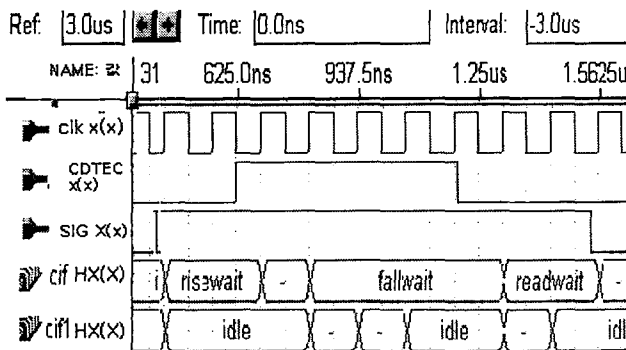
를 형성하도록 했다. cif 항목에서 risewait state와 readwait state 동안 카운팅을 하게 된다. 결과값으로서 risewait state와 readwait state 동안 카운팅 값을 계산 비교하여 그값의 비교값에 따라서 그 값의 크기가 차이가 난다면 매설물이 존재함을 알수 있고, 차이가 같거나 미세하면 매설물이 존재하지 않음을 알수 있게 된다.

### 6. 결론

지금까지 기존의 지중매설물 탐지방법과 문제점에 대해 알아보고, 새로운 지중매설물 탐지장치의 기본 구성 및 원리, 센서비교, 설계 및 구현에 대해 언급하였다. 본 논문에서 주장한 대로 설계 및 구현한다면 시뮬레이션 결과처럼 훌륭한 지중매설물 탐지가 될 것으로 본다. 향후연구방향은 실제 상품화에 필요한 탐지 센서의 성능 향상 및 탐지장치의 구성 실용화이다.

#### 참고문헌

- [1] Transmitter-receiver loop buried metal object locator with switch controlled reference voltage, 특허1982, 미국
- [2] 가스관 탐사를 위한 GPR의 연구, www.phlon.co.kr/k\_gpr.htm, (주) 콘트롤기술정보
- [3] 지중매설물의 검출방법, 최영준, 평성포리마, 특허1995,일본
- [4] 추진장치, 오오사카가스, JP8-144694, 특허1994,일본



다음은 CDTEC 과 SIG 라는 두 입력 신호에 대해 그 지연 시간차이를 카운팅(counting)하기 위해 state machine (cif)를 구성하고 아래와 같은 state change