

CEA/DASE의 지진 탐지 방법과 자동 처리

Yves Ménéchal

프랑스원자력청(CEA) DASE 보좌역

프랑스 원자력청(CEA)은 민간 및 군에서의 원자력 활동에 관한 연구 개발을 담당하고 있는 공공 기관이다.

약 20,000명의 직원이 프랑스의 여러 지역에서 일하고 있다.

CEA는 프랑스 전력의 80%를 공급하고 있는 원자력발전소의 설계를 책임지고 있으며 이들 발전소의 운영 및 유지와 전력 배분은 다른 공공 기관인 프랑스전력공사(EDF)에서 수행되고 있다.

군사 지역에 있어서 가장 오래된 임무들 중의 하나는 외국의 핵실험의 탐지였다. 이러한 특정 임무를 위하여 지질영향감시연구소(LDG)가 핵실험의 감지 작업에 필요한 모든 지구 물리학 관련 장비들의 연구·개발을 위해 창립되었다.

초기에 이러한 핵실험들은 대기권 내에서 행하여졌고, 이에 대한 가장 효율적인 탐지 기술은 시각이나 전자기 또는 음향에 의한 측정이었다.

차차 대기권에서의 핵실험은 지하

에서의 핵실험으로 대체되어 감에 따라 그 실험 횟수가 줄어들었다.

지진학 기술의 이용은 그러한 핵실험의 탐지에 필요한 보다 유용한 수단이 되었다.

1. 전면핵실험금지조약(CTBT)

90년 초기에 전면핵실험금지조약(CTBT)이 논의되었고 세계 대다수 국가, 특히 원자력 사업 추진 국가들에 의해 서명·합의되었으며, 이 조약의 준수를 위한 지속적인 감시가 필요하게 되었다. 이러한 목적을 위하여 지진뿐만 아니라 음향 및 수음향을 포함한 기록 관측소의 국제 네트워크가 계획되었다.

프랑스는 현재 이러한 네트워크의 설계에 있어 독보적인 위치를 점하고 있다.

CEA에는 CTBT 준수의 감독에 있어서 이러한 새로운 역할을 수행하기 위해 산하에 환경영향감시평가처(DASE : Département d'Analyse et de Surveillance de l'Envir-

onment)라는 한 부서를 조직하였다.

DASE는 다음의 3가지 기능을 갖고 있다.

① LDG : 지질 영향 감시에 대한 연구(LDG)

② RCE : 방사능 분석, 환경 및 관련 화학 분야에 대한 연구(RCE)

③ TMG : 대상 지형에 대한 각종 측정 기술(TMG)

DASE에서의 필자의 위치는 특히 기술 이전과 자료 자동 전산 처리를 담당하는 LDG 부서장에 대한 보좌역이다.

이러한 최근 임무를 통하여 필자는 여러분들에게 DASE에서의 핵실험 탐지에 관한 관련 장비의 다양한 이용 방법과 실용적인 적용에 대하여 설명하고자 한다.

2. DASE에서의 민간적용

DASE는 핵실험 감시 임무 외에도 환경 감시(지진 활동의 활발도, 지진 정보, 지진의 위험, 토양의 오염, 수지 질학에 관한 연구)를 담당하고 있다.

기술 이전의 관점에서 이 부서는 인도네시아·네팔·브루나이·짐바브웨·말라위 또는 그리스와 같은 여러 나라들에 지진 관측망(network)을 판매하거나 설치하였다.

공공 기관 또는 민간 기관의 이익을 위하여 국지 지진의 재해에 대한 연구들이 일부 수행되었고, 특정 영역에 대한 측지학 응용 처리 기술이 일부 거래선들에게 제공되었다.

가. 일별 처리 기술(Daily Processing)

핵실험 탐지를 위하여 개발된 기술들은 차차 민간에도 적용되었다.

지진학과 지진 기록에 대한 매일매일의 감독은 <주간 지진공보>라는 간행물의 발행으로 유도되었으며 이것은 국제 지진학계에 매우 유용하게 이용되고 있다.

프랑스의 지진도 제작과 같은 종합적인 일들이 이러한 데이터를 이용하여 수행되었다.

나. 경 보

많은 경보 시스템들이 DASE에서 수행되고 있다.

① 프랑스와 인근 밀접 지역에서의 강도 높은 지진에 대한 경보 발령은 정부 당국의 요청에 의해 진도 4 이상의 지진에 대해 이루어졌다.

그러한 경보 발령은 적어도 사태가 발생하기 3시간 전에 이루어져야 한다.

② DASE 내에 설치된 유럽 및 지중해지진센터(EMSC)는 유럽에서의

강도 높은 지진에 대한 경보 발령에 대한 책임을 맡고 있다.

이 센터에서는 세계 여러 나라의 국 기관들에서 자동 처리(Automatic Process)된 결과들을 수집하고 있다.

이러한 데이터들은 종합 및 선별되어 핵폭발의 폭심지가 산정된다.

진앙 지역에 의존되고 있는 지진 규모(진도)의 문턱값(threshold)이 초과될 때는 유럽위원회(EC)에 2시간 전에 통보한다.

③ 진파(津波 : 지진에 의한 해일)에 대한 경보는 경보 시스템이 발달되어 있는 프랑스령의 폴리네시아에서 이용되고 있다.

④ 시스템을 중지시키는 특정 경보 비상 시스템은 현재 사용되고 있거나(예 : 슈퍼피닉스 원자력발전소) 또는 곧 설치될 것이다(예 : Mediterranean 남동 지역의 TGV 철로).

다. 기타 적용

특정 국가들에 대한 설비와 훈련을 포함한 지진망(seismic network)의 전달 : 인도네시아에 있어서 30개의 단주기 지진 관측소(short-period seismic station)는 5개의 지방 서브네트워킹(sub-network)에 설치되었다.

각 서브네트워킹은 위성 전송을 통하여 국립센터(National Center)에 4개의 채널로 보내고 있다.

브루나이에서는 4개의 단주기 및 1개의 장주기 지진 관측소(long-period station)가 국립센터에서 원격 측정되고 있다.

그리스에서는 7개의 단주기 지진 관측소가 매번 2개의 지전기 채널(electro-telluric channel)과 함께 아테네로 전송되고 있다.

네트워크는 한시적으로 설치되는 것도 있다.

에콰도르에서는 원격 측정된 5개의 관측망(station network)이 Quito에 가까운 지진이 예상되는 때의 부지에 대한 감시를 위하여 6개월 동안 수행되었다.

지진관측소(seismic station)는 프랑스의 남동 지역에서 지상과 탄광의 감시를 위해 몇몇의 수평 갱도에 설치되었다.

자동 데이터 처리

1. 필요 조건

전산 출력과 저장 시설의 지속적인 증가로 신호 처리(signal processing)를 위한 용량과 효율 자동 시스템의 증가가 있었다.

아날로그 시스템은 점차 컴퓨터 소프트웨어로 대체되어 갔다.

단독이 아닌 3가지 등급으로 조직될 수 있는 여러 가지 필요 조건이 있다.

가. 감지와 신호 인지

잡음 가운데서 약한 지진의 감지에 적용되는 잡음률(noise ratio)에 대한 신호의 향상 : 지진 신호에서 다른 지진 위상의 인지, 유용한 데이터와 잡음간의 구별

나. 경제성

지진관측소의 증가와 지진 측정에 필요한 민감성(sensitivity) 때문에 증가되는 데이터의 수량은 일정한 인원의 최적의 인력으로 처리되어야 한다.

다. 경보 처리의 시간 절약

자동화 시스템이 가장 발달해야 할 곳은 바로 지진학 분야이다.

우리가 설명하는 대부분의 방법은 고전적인 것이다.

가능한 그것들은 우리의 필요 조건에 맞춰져 왔다.

동일한 시스템을 이용하도록 노력하면서 우리는 하나의 아날로그식 자료 처리에 대해 충실히 설명하고 나서 다음의 다른 3가지 지진관측소의 자료 처리에 대해 설명하고자 한다 :

- ① 하나의 3성분(one three components)
- ② 간이 배열(mini-array)
- ③ 지역망(regional network)

2. 일반적 방법

가능한 한 우리는 아래의 4가지 단계에 따라 다음의 예들에 대해 서술코자 한다.

가. 감지(detection)

잡음 중에서 신호를 인식하는 모든 방법. 신호는 인식에 필요한 부분이며 잡음은 임의의 교란 또는 기생(진동) 신호 또는 다른 지진 단계의 신호가 될지 모른다.

나. 지진 도착의 채취(picking of

arrival)와 인지(recognition)

문제는 지진 단계로 결론짓는 것으로 구성되며, 판독이 가능하다면 지진의 형태로 결론짓는다.

다. 처리(processing)

관련된 다양한 처리 방법이 지진의 특성을 산출하기 위해 사용된다.

라. 결정과 행동(decision and action)

지진의 특성이 알려졌을 때, 지진에 대처하기 위해 우리들은 무엇을 해야 할 것인지를 결정해야 한다(기록, 경보 발령 등).

3. 아날로그식 처리

이러한 예는 다소 구식적이다.

연구의 시작은 80년대 초기에 시작되었고, 이 발전소의 운전 개시는 86년 10월이었다.

필요 요건은 신기술의 원자력발전소에 대한 비상 사태를 종료시키는 시스템이었다.

그 시스템은 빠르고 강하고 신뢰할 수 있어야 하였다.

그때 이러한 조건들은 컴퓨터 신호 처리가 아니고 아날로그식 시스템이 제안되었다.

마이크로 처리 장치는 단지 지속적인 실험 설비를 위하여 사용되었다.

슈퍼피닉스로 불리는 액화 나트륨 냉각의 고속 중성자 원자로는 프랑스의 지진 활동의 활발도와 관련하여 지진 활동의 활발도가 다소 높은(진도 5까지) 지역에 건설된다.

연료(약 5톤의 플루토늄)와 냉각재(4,500톤 이상의 액화나트륨)에 의해 야기되는 위험도를 고려하여, 강한 지진의 경우 제어봉의 신속한 낙하를 유도시키는 안전 시스템을 설치하는 것이 결정되었다.

원자로의 정지는 단시간 내에 최소 횟수의 가상 경보와 함께 작동되어야 한다.

이러한 목적을 위하여 여분의 2개 안전 센서가 발전소 내 2개소에 설치되었다.

첫번째 것은 3개의 3성분(three-components) 가속도계로 만들어지고, 두번째 것은 3개의 3성분(three-components) 지진계로 만들어진다.

각 성분(component)의 출력은 가속·속도 및 최대량이다.

계수는 1.6Hz에 맞추기 위하여 가속과 속도에 영향을 미친다.

센서는 El Centro 지진(캘리포니아, 1940. 5. 18, 진도 7.1)의 참조 신호에 대한 비교에 의해 측정되었다.

모든 채널의 신호는 계속적으로 25mg의 가속으로 교류되는 지점과 비교된다.

2개 세트 센서 중의 하나에 대하여 한가지 유형에 2개의 채널(2개 Z 채널, 2개 N-S 채널 또는 2개 E-W 채널)이 동시에 같은 지점에 있다면 원자로는 자동적으로 가동이 중지되었을 것이다.

10년간의 이러한 시스템의 작업

기간 동안 4개의 주요 지진이 발전소로부터 수 km 떨어진 곳에서는 진도 3.7부터 70km 거리에서는 진도 5.1 까지 발생하였다.

경보의 한계(문턱값)는 넘지 않았으며 가상 경보도 없었다.

이 기간 동안 시스템은 6번의 오류를 범하였으며, 그것은 채널에 의한 16년의 평균 고장 시간 간격(MTBF)을 말하는 것이다.

4. 지진관측소 3성분 자료 처리

DASE에서 수행되었던 이 방법은 PC에 연결된 3성분 장주기 지진 관측소(three-components long-period station)를 갖는 강한 지진에 대하여 자동 처리(지진 위치, 지진 모멘트 평가)되도록 한다.

TREMORS라고 불리는 이러한 시스템은 비용면에서 효과적이다.

그것은 특히 진파(津波 tsunami)를 일으키기 쉬운 지진의 탐지와 인지(recognition)에 유용하다.

사실상 진파(tsunami)의 전파 속도는 지진파 속도로 약 800km/h이고, 그들 중 가장 느린 것이 진도 결정에 사용되는데 약 13,000km/s로 전파되고 있다.

가. 감 지

두가지 방법이 수직 성분 신호(vertical component signal)의 포락선(envelop)을 이용하며 동시에 사용된다.

① 진폭에 의한 문턱값(thre-

shold)의 초과

② 두 개의 시간창(time window)에서 에너지 비율에 의한 문턱값(threshold)의 초과

이러한 STA/LTA 방법은 지역망의 처리 기술을 설명할 때 다시 논의 하겠다.

나. 지진 도착 시간 결정 및 인지(recognition)

지진의 채취(picking)는 3가지 단계로 실행된다.

수직 성분(vertical component) 상에서 P, S 및 R의 도달 시간은 소폭 시간창(short time window)과 긴 잡음 시간창(long noise time window)에서의 신호 변화의 비교에 의해 측정된다.

P파의 편광은 연구되고 있다.

입자의 운동은 수평면에 나타나고 있다. 도달과 방위(각)에 대한 정확한 산정이 얻어지고 있다.

횡단면에서의 작업은 SH 및 L파의 도달 시간을 채취(pick)하는 것이 가능하다.

이러한 진동파들에 대한 인식은 이러한 평면에서 입자 운동을 다시 관측하도록 한다.

이러한 다양한 도달 시간의 인식은 진앙 거리를 정확하게 평가할 수 있도록 하고 있다.

위상(phase) 도달 시간을 탐지하는 것이 가능할 때 지진의 규모를 정확하게 평가할 수가 있다.

다. 처리(Processing)

방위각과 거리에 대한 지식은 진앙의 좌표(coordinates)를 알 수 있게 한다.

진파(tsunami)의 중요성은 지진을 야기시키는 지진의 모멘트 값과 직접 관련된다.

처리(processing)는 다음과 같은 관계에 의해 지진 모멘트 M_0 에 직접 관련된 맨틀의 크기 M_m 의 계산으로 구성된다.

$$\log(M_0) = M_m + 13.0$$

이것은 대규모의 주파수 대역(bandwidth : 50~300s)에서 러브(Love)파와 레일리(Rayleigh)파의 변위(displacement)에서의 진폭 스펙트럼(amplitude spectra)의 최대치를 찾음으로써 실행된다.

$$M_m \log(X(w)) + C_d + C_s + K_0$$

(C_d : 거리 계수, C_s : 진원 계수)

라. 결정과 행동

M_m 의 크기(또는 지진 모멘트)가 주어진 문턱값을 초과할 때, 지진의 특성은 관할 당국에 통보되고 또한 그러한 모든 데이터가 수집되어 태평양 지역에 전송되는 하와이에 소재한 국제 센터로 전송된다.

DASE에 의해 관리되는 TREMORS 관측소의 분석 결과는 INMARSAT 위성망을 통해 전송되어 프랑스의 Papeete에 있는 센터로 전송된다.

5. 간이 배열의 처리

간이 배열(mini-array)은 짧은 간

극망(aperture network)이다. 그러한 한 세트의 측정 간극(aperture)은 전형적으로 탐지되는 신호의 최대 파장이다.

DASE는 프랑스의 센터에 그러한 간이 배열(mini-array)을 수년간 설치하였다. 그것은 우리로 하여금 많은 수의 지진의 자동 처리에 기여한 새로운 방법을 시험하도록 하였다.

두 가지 방법은 다음과 같이 설명될 것이다.

- ① 핵실험 탐지를 위해 개발되고 CTBT 네트워크의 간이 배열(mini-array)에서 사용되고 있는 고전적인 방법
- ② DASE에서 개발된 진보적 다중 채널 보정법 (PMCC : Progressive Multi-Channel Correlation)

가. 감지

① 고전적 방법 : 빔 (beam) 형성 많은 잠정의 진앙(진원지)들을 위하여 간이 배열의 관측소(stations of the mini-array)로의 전달 시간은 알 수 있었으며 계산되었다.

지진 신호는 주파수 대역 (bandwidth)에서 여파되었고 그들의 빔은 각각 전달 지연(corresponding lag)에 영향을 준 후 계산되고 있다.

시험 진앙이 실제 진앙 가까이 있을 때 지진 신호는 추가될 것이고 반면에 잡음(noise)은 적어도 부분적으로 합쳐진 후에 제거될 것이다.

탐지 기술은 각 빔에 영향을 미친다. 모든 빔의 비교는 가장 좋은 진앙을 제공할 것이다.

② PMCC 법 : 문턱값 측정 방법은 중앙 관측점 배열에 적용된다. 향후에 있어 지진의 감지는 위상의 채집과 동일 시간에서 실행될 것이다.

나. 도착의 감지와 인지

① 고전적 방법 : f-k

빔 형성의 합계는 시간 지연에 영향을 준 후 방위각-속도 공간 (azimuth-velocity space)의 많은 측점을 위하여 계산된다. 이러한 측점들 가운데 최대 진폭을 갖는 한 측점은 진앙으로서 선정된다.

잘못된 결과는 응집된 잡음, 신호의 주기성, 분배 및 시험 측정의 밀도 때문에 일어날지도 모른다.

② PMCC법 : 각 쌍의 측정 (station) i 와 j 를 위하여 교차관계 (the cross-relation)가 계산된다. 이러한 함수의 최대치는 지연시간 dt_{ij} 를 제공한다. 잡음이 없을 때 계산은 3개의 측정 i , j 및 k 를 위하여, 다음의 상관된 관계에 이르게 될 것이다.

$$R_{ijk} = dt_{ij} + dt_{jk} + dt_{ki} = 0$$

사실 측정들간의 다른 지진 잡음 때문에 R_{ijk} 는 0은 아니다. 탐지는 여러 R_{ijk} 의 제곱근 평균 (root mean square)에 대해 주어진 문턱값 (threshold)을 비교하는 것에 의해 행하여진다. f-k 방법에서 나타난 불명확함은 같은 이유로 PMCC안에 잔류되기 때문에 일관된 관계가 가장

좋은 측정의 최적 부분(subset)을 찾는 것은 불가능하다.

이러한 처리는 모든 측정들이 시험될 때까지 점진적으로 얻어진다. 이러한 처리 기간 동안 지켜진 측정들의 수는 탐지를 위한 다른 트리거값 (유발값 : triggering value)이다.

다. 처리

지진의 위치는 방위각과 탐지된 속도를 이용하여 측정된다.

라. 결정과 행동

현재 이러한 방법은 지진에 대해 알리기 위해 사용될 지도 모른다.

이러한 방법은 단기적인 지진의 배열뿐만 아니라 장기적인 지진의 배열 또는 초저주파 네트워크를 위하여 사용된다.

6. 지역망의 처리

가. 감지

현재 사용하고 있는 방법은 잘 알려진 STA/LTA 방법이다.

이러한 방법은 아마도 실시간 감지 (real time detection)에 관한 가장 강력한 방법 중의 하나일 것이다.

이러한 방법에서 하나의 긴 창 (LTA : Long Term Average)을 갖는 소폭 시간 이동창 (STA : Short Term Average)에서 에너지간의 비율·신호가 잡음에서 나타날 때 STA의 값은 엄청나게 증가될 것이며, 반면에 LTA는 그 시간이 충분히 길지 않으면 천천히 변화될 것이다.

채널에 대해서는 이러한 비율이 주

어진 문턱값(threshold)을 초과할 때 채널은 사전 감지 안에 있다고 본다.

만일 지속 기간이 충분히 길다면 이 채널에 대한 감시는 유효해진다.

이러한 방법에 대해서는 두 가지 어려움이 있다.

첫 번째 감지 후 두 번째 지진을 감지하는 것이 가능하게 될 지도 모른다. 이러한 문제점은 국지 지진을 처리할 때 가장 중요하다.

이러한 결점을 피하기 위해 사용되는 한 가지 방법은 STA가 감지되면 LTA를 중지시키는 것이다.

한가지 신호 내부의 편차는 문턱값의 많은 교차를 유도하고 나서 많은 감지를 유도할지도 모른다.

이러한 현상을 방지하기 위해서 하나의 다른 문턱값은 감지용 문턱값이 신호의 종료를 규정하기 위해서 사용되는 것을 감소시켰다. 이러한 방법은 오래전부터 특정 분야 시스템의 발달로 아날로그 영역에서는 오랫동안 DASE에서 사용되었다.

나. 지진 도착(arrival)의 채취(picking) 및 인지(recognition)

지진 유형의 결정은 특정한 주파수 대역내의 사전 여과(filtering) 때문에 감지 처리중에 이루어진다.

원지(遠地) 지진(teleseism)을 위하여 약 1Mz의 주파수 대역이 사용되는 반면에 3Mz이상의 주파수 대역은 국지지진(local earthquake)을 위하여 사용된다. 위상(phase)의 인지는 지진의 유형에 의존하는 다른

수단에 의해 이루어진다.

원지 지진은 진앙 거리가 멀기 때문에 지진파를 작은 네트워크에 도달하는 평면파로 간주할 수 있으며, 그때 그러한 지진파의 방위각과 속도를 계산하는 것이 가능하게 된다. 이러한 속도는 위상의 유형과 관련된다.

지진 도착 시간의 정확한 채취는 이동창(sliding window)에서의 잡음 특성에 대한 연구로 이루어진다. 이러한 잡음 특성에서 일어나는 변화는 신호 시작의 증거가 된다.

국지 지진은 도착 시간이 각 위상의 여러 주파수 대역의 특성에서 여과된 신호의 포락선(envelop)의 빠른 편차에 의해 얻어질지도 모른다. 이러한 방법은 보통 많은 수의 위상으로 이끌어 주며 그것들을 명확하게 분류할 수 있게 한다.

위상의 분류는 네트워크 주위의 1개 격자(grid) 상의 여러 진앙들을 시험하는 직접적인 방법에 의해 행하여진다. 그러한 진앙에 대하여 도착 시간들 중에서 진앙 거리와 양립할 수 있는 것을 선별하는 것은 가능하다.

모든 관측소를 위한 모든 선별된 시간들의 제공된 평균(R.M.S. : Root Mean Square)은 이러한 진앙을 위하여 계산된다. 진앙지 산출 과정(location process)에서 사용된 잠정적인 진앙은 이러한 R.M.S의 하부에 있게 될 것이다.

모든 경우에 있어서 최대 진폭(maximum amplitude)의 크기가

정해진다.

신경망(Neural Network)의 언어 처리 기법을 위상의 인지에 적용시키는 것이 잠정적으로 시행되었다. DASE에서 수집된 매우 중요한 많은 양의 데이터의(60년대 초기 후의 기록 및 처리된 약 20,000번의 국지 지진)는 신경망에 주요 이익이 되는 훈련 기법을 이용할 수 있도록 한다.

신경망 체제와 유사한 기본 신경(basic neuron)은 시냅스(synaps)라 불리는 접촉 촉매(contacts)를 통하여 기본 세포(elementary cells)로부터 나온 임펄스(impulse)를 받는다. 신경은 합계(sum)가 문턱값을 초과할 때의 임펄스들을 합하여 정보를 전송한다. 이러한 특성은 신호 처리에 사용된다.

기본 정보(elementary information)는 중량이 가해져 한 개 또는 많은 다른 것들과 관련될 수 있는 신경에 전달된다.

신경의 출력은 이러한 가중 정보(weighted information) 합계의 함수(function)이다.

편차 함수(various functions)는 값이 -1 또는 1(heavyside)인 단계 함수(step function) 또는 -1과 1사이에서 변화하는 S자형 함수(sigmoide function) 처럼 제안되었다. 문제점들에 의존하지 않는 신경층(layers of neurons)에서 다양한 구조들이 사용되고 있다.

데이터의 알려진 부분에 입각한 각

시간의 훈련 단계는 원하는 답으로 이르게 할 중량을 계산하기 위해 사용된다. 이러한 중량들은 그때 그것들을 유효화하기 위해 다른 세트의 데이터에 적용된다.

국지 지진 처리의 예에서 일단 신호의 시작이 감지되면 이동 푸리에 변환(sliding Fourier transform)이 신호의 이차원(bidimensional)의 이미지를 제공한다. 이러한 시간-빈도 그림(time-frequency diagram)은 그때 4개의 시간창(four time windows)과 4개의 주파수창(four frequency windows)과 P파와 S파를 위한 4개의 주파수창(four frequency windows)에서 나뉘어지고 신경망에 유도된다.

모든 이러한 시간창의 결과는 가중되어 그들 스스로 각 지진 위상의 4개의 주요 신경(neurons representative)에 연결된 32세트의 신경의 중간층으로 연결된다.

심플러 구조(simpler architectures)는 P파 및 S파간의 구별(discriminate)을 위해서 또는 G파(PG 및 Sg)와 n파(Pn 및 Sn)를 분리하기 위해서 연구된다.

시험은 훈련 기간 동안 프랑스 네트워크의 한 관측소로부터 한 부분에 1,500번의 신호와 함께 시행된다.

P파와 S파간의 구별을 위하여 88%의 성공률이 시험집단(test population) 상에서 얻어졌고 200번의 신호 시험 집단(signal test



경수로 원자로의 내부 구조물 진동장치(RIVMOS)

population)에서 74%가 얻어졌다.

이러한 방법은 아직 일반적인 신호 처리에서는 사용되지 않는다. 또한 이러한 기술은 지진과 quarry blasts 간의 구별을 위하여서도 적용 될 것이다.

다. 처리 기법

진앙지 산출 과정(location method)은 모든 지진의 유형에 있어서 동일하다. 이전 단계중 얻어진 잠정적인 진앙으로부터의 지진의 시작(starting), 관측된 지진의 도착 시간과 계산된 지진의 도착 시간의 차이는 산출법에서의 최소 자승(least square)의 의미에서는 최소화되고 이러한 진앙으로부터의 편차들이 계산된다. 이러한 방법은 지진이 집중(convergence)될 때까지 계속되며 그 후 규모가 계산된다.

라. 결정과 행동

자동 처리는 지진의 특성(위치, 주어진 문턱값을 초과하는 규모)이 경보를 필요로 하는지를 측정한다. 이 경우에 있어서 근무중인 지진학자는 작업장 또는 집에서 전화로 통보받는다. 그는 휴대용 컴퓨터로 결과를 점

검하고 필요하다면 관할 당국에 통보한다. 마지막 처리 사항은 자동 처리의 데이터 베이스를 새로운 정보로 갱신(update)하는 일이다.

결론

본 논문의 목적은 아날로그 기술로부터 신경망과 같은 정교한 기술에까지의 DASE에서 사용하고 있는 다양한 자동 데이터 처리 방법에 대해 설명하기 위한 것이다.

우리는 아날로그형의 가속도계, 3 성분(three-components) 지진계, 간이 배열 및 지역망과 같은 센서 또는 네트워크의 각 유형에 대한 실례에 초점을 맞추었다.

물론 우리는 화학, 수지질학 또는 지진의 예측과 같은 여러 훈련 프로그램과 같은 여기서는 설명할 시간이 없는 관련 부서의 많은 다른 연구 프로그램들이 있다. ☞

이 글은 지난해 11월 27~28일 한전 본사에서 열린 한·불 원전 내진 세미나에서 발표한 것임.