

MMA 데이터를 이용한 실시간 지진동 감시 시스템 설계

임인섭*, 정순기**, 송명원***

Design of Real-Time Ground Motion Monitoring System using MMA data

In-Seub Lim *, Soon-Key Jung **, Myung-Won Song ***

요 약

본 논문에서는 일반적인 지진 데이터 전송방식보다 좀 더 빠르게 수집될 수 있는 MMA 데이터를 이용하는 새로운 실시간 지진동 감시 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 관측소로부터 전송되는 20sps 데이터 기반의 초당 최대, 최소 및 평균값을 연속적으로 수신한다. 그리고 지진동의 크기로써 PGA를 계산하고 이를 가시화하여 우리나라의 지진동을 감시한다. MMA 데이터로부터 계산된 PGA 데이터를 검증하기 위하여 2002년 6월 29일 중국 무단장에서 발생한 지진 데이터를 분석하였으며, 2007년 1월 20일 강원도 오대산에서 발생한 지진 데이터의 로그 파일을 사용하여 제안한 시스템을 정밀히 검증하였다. 실험결과로서 제안한 시스템은 기존 방법보다 빠르게 이벤트(지진)를 감지하며, 유용한 정량적 정보를 생성하는 것으로 판명되었다.

Abstract

In this paper, we propose a new real-time ground motion monitoring system using MMA data which can be gathered more earlier than generic seismic data transmission method. Proposed system receives maximum, minimum and average data based on 20sps which is sent from station on every second continuously. And it calculates a PGA as a quantity of ground motion then visualizes that data to monitor the ground motion around whole country. To verify PGA data from MMA data, we checked Mu-dan-jiang earthquake data of China on 2002/6/29. The proposed system was inspected by using log file of Oh-dae-san earthquake data on 2007/1/20. As results of experiment, the proposed system is proven to detect the event(earthquake) faster than existing method and to produce a useful quantitative information.

▶ Keyword : EEW(Earthquake Early Warning), 지진동 감시 시스템, MMA(Min,Max,Average), PGA(Peak Ground Acceleration), 지진감시

• 제1저자 : 임인섭 • 교신저자 : 정순기

• 접수일 : 2007. 9.4, 심사일 : 2007. 10.8, 심사완료일 : 2007. 10.16.

* 한국지질자원연구원 지진연구센터 선임기술원, ** 충북대 전기전자컴퓨터공학부 교수

*** 한국정보사회진흥원(구 한국전산원) 전자정부지원단 팀장

※ 이 논문은 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

I. 서론

지진 재해로부터 인명과 사회, 경제 시스템을 보호할 수 있는 재해 대책들은 크게 지진발생 예측 시스템의 구축, 지진 재해의 예방을 위한 구조물의 내진 공학적인 설계, 지진 재해의 신속한 복구 지원 시스템의 구축 및 재해를 최소화하기 위한 지진 조기경보 시스템의 구축 등으로 구분된다(1).

지진발생 예측 시스템은 지진이 발생할 시간과 장소를 사전에 예측할 수 있는 시스템이다. 미국, 일본 등에서 이에 대한 많은 연구 시도가 있으나 아직까지 실제 활용할 수 있는 시스템을 구현하지 못하고 있다. 국내에서도 지진 예측 시스템을 가까운 장래에 구현할 수 있는 가능성이 희박하므로 이의 개발 문제는 장기적인 안목에서 추진되어야 할 과제이다(2).

지진 피해를 줄일 수 있는 가장 신뢰성 있고, 항구적인 대책으로는 각종 시설물에 대한 내진 공학적인 설계지침의 강화이다(3)(4)(5). 그러나 지진 발생을 감안하여 모든 시설물과 구조물을 완벽하게 시공한다는 것은 경제적으로 매우 큰 부담이 된다. 선진국에서도 원자력 발전소와 같은 중요 시설물들에 국한하여 내진 공학적인 대책을 의무화하고 있다(5). 지진 발생으로 인한 피해 범위와 크기를 신속하게 파악할 수 있는 시스템의 구축을 통하여 재해 대응책의 마련에 필요한 중요한 자료를 얻을 수 있다. 불과 몇 초 동안에 발생하는 지진의 피해 범위와 크기를 극히 짧은 시간 내에 파악하여 주요 피해 지역에 대한 신속한 지원 대책을 마련, 지원함으로써 이차적인 피해 발생을 최소화 할 수 있다. 이러한 시스템을 지진 신속 피해평가 시스템 또는 지진 신속 복구지원 시스템이라고 부른다(6).

지진 조기경보 시스템은 지진 피해를 최소화시킬 수 있다는 점에서 제한적으로나마 그 활용도가 입증되고 있다. 지진파 중에서 피해를 초래하는 S파 보다는 P파를 먼저 감지할 수 있다는 원리를 이용하여 P파의 도달 시간에 지진경보를 발령하는 시스템을 구축할 수 있다. 일본에서는 신칸센 고속 철도의 운행에 이러한 시스템을 적용하고 있으며, 지속적인 통신 인프라의 확충으로 국내에서도 이에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 지진 관측소의 확충과 컴퓨터를 통한 지진자료의 자동분석을 통하여 지진요소 (발생 시간, 진앙 위치, 지진 규모 등)의 결정은 과거에 비해 비약적으로 빨라졌으나 아직까지 지진요소를 확정하고 담당자의 검토를 거쳐 최종 지진 통보의 발령까지는 약 5-10분 정도가 소요되고 있다. 지진 발령에 소요되는 시간을 최소화하기 위한 연구가

수행되고 있으나 획기적인 시간 단축에는 어느 정도 한계가 있다(6). 본 논문에서는 단위 시간동안의 지진동의 특성을 포함하고 있는 MMA(Minimum, Maximum, Average, 이하 MMA) 데이터를 이용하여 지진동의 크기로서 최대 지반 가속도(PGA: Peak Ground Acceleration)를 계산하고 각 관측소별 PGA를 평가하여 현재 사용하고 있는 지진 분석 시스템 보다 좀 더 빠른 시간 내에 전국적 차원에서의 지진 발생을 포착하며 시각적으로 표현할 수 있는 실시간 지진 동 감시 시스템을 제안하고자 한다.

2장에서 현재 운영 중인 지진 분석 시스템 및 지진 데이터 포맷에 대한 내용을 기술하고 3장에서 MMA와 PGA 값을 계산하는 절차와 검증 4장에서는 새로운 지진동 감시 시스템 설계에 대해 5장에서는 실험 방법과 결과를 그리고 6장에서는 결론을 기술한다.

II. 지진 분석 시스템

2.1 지진 발생 통보시스템

국내 지진관측 및 통보기능을 담당하고 있는 기상청은 전국에 약 87개소의 실시간 지진 관측 및 데이터 전송이 가능한 지진 관측소를 운영하고 있다. 또한 지진 관측소로부터 전송된 데이터를 이용하여 지진발생 여부를 결정하는 지진 자동분석 시스템을 운영하고 있다. 지진 자동분석 시스템에 의해 지진으로 판별될 경우 지진 발생 통보시스템을 통해 지진 속보는 2분 이내, 지진통보는 5분 이내에 방재 유관기관 및 언론기관에 통보하고 있다(2). 지난 2007년 1월 20일 20시 56분 53초에 발생한 규모 4.8의 강원도 오대산 지진의 경우 20시 58분에 지진 속보가, 21시 03분에 지진 통보가 발령되었다. 지진 통보의 경우 일반적인 지진 정보로서 발생 시간, 진앙 및 규모가 포함이 되어 있지만 지진 속보의 경우 "07년 01월 20일 20시 56분 강원일대에서 지진동 감지"와 같이 대략적인 시간 정보와 지역 정보만을 포함하고 있다(2). 다음 <그림 1>은 2007년 7월 현재 전국에 분포된 기상청의 지진 관측소를 나타낸다.

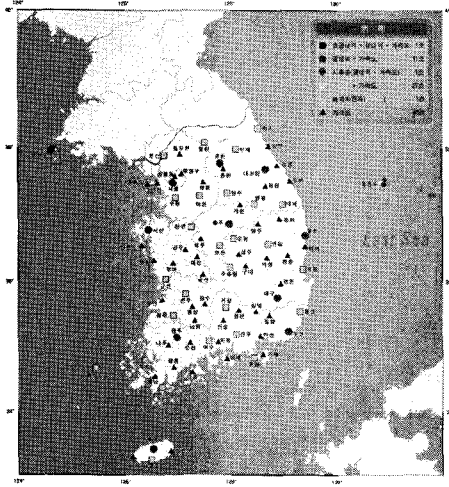


그림 1. 기상청 지진 관측소(2007년 7월)
Fig 1. Map of seismic station of KMA

2.2 지진 발생 경보시스템

원자력안전기술원과 한국전력연구원에서는 원자력발전소 주변에 위치한 지진 관측소로부터 전송된 100sps(SPS: Sample Per Second, 이하 sps) 데이터를 분석, 평가하여 일정한 값을 초과하는 경우 운영 담당자의 휴대폰으로 경보 메시지를 전송하는 지진 발생 경보시스템을 운영하고 있다(7). 지진 발생 사실보다는 원자력발전소 주변의 지진동 값을 분석, 평가하여 전송하는 정확성에 중점을 두고 있다. 임계 값을 초과한 시간으로부터 일정한 시간 동안(약 2-3분)의 각 관측소로부터의 데이터 값을 평가하여 각 원자력발전소로부터 가장 가까운 거리에 있는 관측소에 대한 지진동 정보를 제공하고 있다.

2.3 기존의 실시간 지진동 감시 시스템

현재 국내에서 실시간 지진동 감시 시스템으로 분류할 수 있는 체계를 구축, 운영하고 있는 곳은 인천공항, 한국철도공사의 고속철도, 원자력발전소 그리고 부분적이지만 한국도로공사의 장대 교량 일부와 가스 공급기지 등이 있다. 원자력발전소의 격납 건물에 설치된 지진계는 운전 기준 지진(OBE : Operating Basis Earthquake) 값(안전 정지기준 : 0.2g, 운전기준 : 0.1g, 지진 발생경보 : 0.01g) 이상의 지진동이 감지되면 경보를 발령하는 시스템이며 인천공항, 고속철도 등에서 운영 중인 시스템은 국지적인 관측과 조치에 머무르고 있으므로 전국적인 차원에서의 지진 감시와 즉각적인 대처는 불가능하다. 한편 일본에서는 지진 피해를

유발할 수 있는 대규모 지진에 대한 경험과 데이터의 축적, 양질의 지진 데이터를 제공할 수 있는 많은 수의 관측소 등을 통하여 지진 발생 시 수초에서 수십 초 사이에 지진의 규모, 위치 그리고 시간 더불어 지진해일의 발생 가능성 등을 경보하는 시스템이 지난 6년여 동안 시험되었고 2007년 10월 1일부터 공식 서비스에 들어갔다. 그러나 이는 대규모 지진 다발 지역이 일정하게 분포되어 있고 또한 지진의 패턴이 유사한 일본 해역에서의 지진에 대해서 상대적으로 유용성이 높은 것으로 알려져 있으며 빠른 시간 내의 경보에 따른 오경보나 잘못된 규모 산정의 한계가 존재한다(8).

III.MMA 데이터와 PGA 계산

3.1 지진 데이터 포맷

기상청을 비롯해 지진 관측 망을 운영하고 있는 국내의 주요 기관에서는 1999년 한국지진공학회에서 제안된 한국지진 관측소 표준 구성(9)을 채택하여 대부분 미국 Quanterra사의 Q4128, Q730 시스템을 관측소의 기록계로 사용하고 있다(2). 관측소의 기록계는 관측된 아날로그 데이터로부터 디지털 데이터를 생성한 후 512bytes 패킷에 실어 UDP(User Datagram Protocol)를 통해 목적지로 전송된다. 패킷은 국제 지진데이터 표준포맷인 SEED(Standard for the Exchange of Earthquake Data)중에서 data only packet 구조를 가지며, 흔히 mini-SEED 패킷이라고 불리고 있다(10). 512bytes 중에서 패킷 전체에 대한 정보를 표현하고 있는 부분은 총 64bytes이며, 나머지 448bytes에 데이터를 적재한다. 또한 기록계는 통신상의 부하와 데이터 저장상의 효율성을 위하여 데이터를 압축, 운용하고 있으며, 최대 6.74배의 압축 효율성을 나타내는 steim-2 데이터 압축기법이 많이 사용되고 있다(10). 일반적으로 연속적으로 측정된 데이터의 약 90% 이상이 배경 잡음 수준이며, 측정 주기에 비해 저주파 특성을 가지고 있기 때문에 연속적으로 측정된 데이터 중에서 전위 데이터(X1)와 후위 데이터(X2)의 차이 $Dx(Dx = X2 - X1)$ 는 매우 작기 때문에 대부분 8-bit면 충분히 기록할 수 있다. 따라서 데이터 Dx 를 32-bit 저장 공간에 저장하는 대신에 작은 공간에 저장하는 것이 stein-2 압축기법의 기본 원리이다. 데이터 Dx 의 크기에 따라 압축률이 상이하다. 일반적으로 지진동의 발생으로 Dx 가 크면 클수록 하나의 패킷에는 약 300 ~ 500개의 데이터가 실리며, 배경 잡음 수준의 데이터는 약 700 ~ 800

개의 데이터로 구성된다. 따라서 데이터 수집 주기가 100sps 일 경우 최대 7 ~ 8초, 최소 3 ~ 5초의 패킷 생성시간이 발생한다. 주기가 20sps와 1sps일 경우 패킷 생성시간이 더욱 많이 소요되므로 지진동이 클 경우는 각각 15 ~ 25초, 30 ~ 50초가 소요되며, 지진동이 작을 경우는 각각 35 ~ 40초, 70 ~ 80초가 소요된다. 따라서 이러한 패킷 생성시간의 지연은 지진동 관측데이터의 생성 과정에서부터 시간적인 지연이 있음을 의미한다.

3.2 MMA 데이터

정보의 양은 데이터의 수에 비례한다. 즉 1sps 데이터에서 보다는 100sps 데이터에서 추론할 수 있는 정보의 양이 많다. 그러나 많은 양의 데이터의 처리는 CPU, 메모리 또는 네트워크 부하 등의 비용을 필요로 한다. 신속성과 정확성은 동전의 양면으로 표현되지만 최소의 비용으로 일정 수준 이상의 정확성을 얻을 수 있다면 실시간 감시 목적에 부합될 수 있다. 최소의 비용으로 획득하여 비교적 정확한 정보를 추출하기 위해 본 제안 시스템에서는 MMA 데이터를 사용한다. MMA는 초기 샘플링 후 압축과 같은 어떠한 후처리 없이 즉시 전송될 수 있는 단위 시간 내의 특성 데이터를 의미한다. 다음 (그림 2)는 매 초당 각 관측소로부터 MMA를 추출, 전송하는 패킷의 구조를 나타낸다(13). MMA는 각 채널별로 추출되어 전송되는데 데이터의 종류와 상태 정보를 각각 1바이트에 저장하고 데이터 발생 시각정보를 8바이트에 그리고 최소, 최대, 평균값을 각각 4바이트에 저장하여 전송한다.

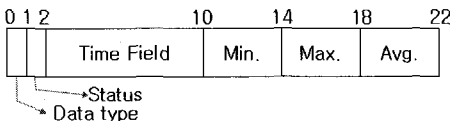


그림 2. MMA 데이터 패킷의 포맷
Fig 2. Packet format of MMA data

실시간 계측이 이루어지는 장비로부터 초기 샘플링의 결과로써 생성되는 데이터를 조사하여 단위 시간동안의 MMA를 추출하고 이를 즉시 전달함으로써 최단 시간에 필요한 데이터를 수집하고 이를 이용하여 신속한 결과를 도출할 수 있다. 다음 (그림 3)은 초기 샘플링된 데이터로부터 매 초마다 MMA를 추출하는 과정을 보인다.

압축과정을 거쳐 전송되는 데이터와 생성 즉시 전송되는 데이터 간에는 전송시간 차이가 존재하며, 20sps 인 경우 20초 이상의 시간 차이를 보이고 있다(그림 4). 본 논문

에서는 MMA 데이터의 특성을 검증하고, 이를 기반으로 신속한 지진발생 탐지와 발령이 가능한 실시간 지진동 감시 시스템을 설계한다.

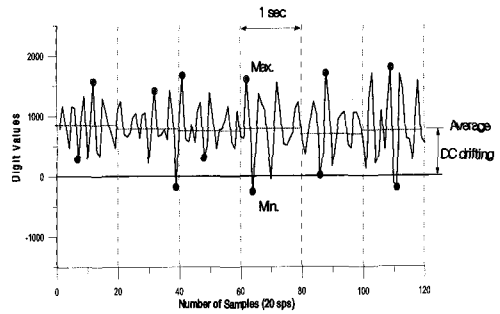


그림 3. MMA 데이터의 생성
Fig 3. Generation of MMA Data

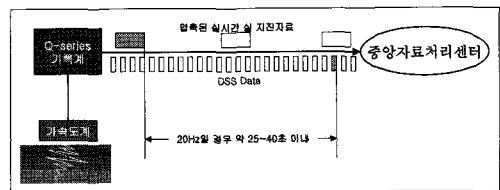


그림 4. MMA 데이터와 압축 데이터의 도착 시간 비교
Fig 4. Comparison of arrival time between MMA data and compressed data

3.3 PGA 계산

고층빌딩과 같은 구조물의 피해는 지반 가속도(ground acceleration) 크기에 민감하며, 장대 교량과 같은 구조물은 지반 속도(ground motion)에, 그리고 가스 파이프 등과 같은 지하 매설물의 경우는 지반 변위량(displacement)에 보다 직접적인 영향을 받는다(6). 본 논문에서는 각 관측소에서 측정된 지반 가속도 자료를 사용하였다. 데이터 수신 모듈로 전달된 수평방향(N-S(North-South), E-W(East-West)) 성분 값은 지진의 진앙과 관측소의 상대적 위치에 따라 크기가 달라지므로 두 성분의 벡터 합을 사용하는 것이 일관성이 있다. 따라서 두 성분의 벡터 합을 각 관측소의 초당 PGA로 정의하였다(6). 각 관측소의 매 초당 PGA를 구하는 과정은 다음과 같다.

1) 관측소별 두 개의 수평 성분인 E-W와 N-S의 20sps자료로부터 매초 당 MMA를 전송 받는다. 관측소로부터 수신된 MMA 값은 메모리 상에 있는 각 관측소 정보와 비교하여 해당 관측소를 찾은 후 채널에 대한 데이터 영역에 시간과 함께 저장된다.

2) 각 수평 성분별로 Mavg(Moving Average)를 계산한다. 이는 데이터의 오프셋을 제거하기 위해서이며 약 10 초 동안의 데이터를 이용하여 이동 평균을 계산한다.

3) 각 성분별로 최대 진폭을 구한다.

$$NS_{max} = \max(|NS_{max}-Mavg|, |NS_{min}-Mavg|)$$

$$EW_{max} = \max(|EW_{max}-Mavg|, |EW_{min}-Mavg|)$$

즉 위 2)항에서 계산한 이동 평균값과 동일한 시각의 각 채널별 최대, 최소값을 비교하여 그 중 큰 값을 각 채널별 최대 진폭으로 취한다.

4) 두 수평 성분의 벡터 합(PGA)을 구한다.

$$PGA_t = \sqrt{(NS_{max})^2 + (EW_{max})^2}$$

최종적으로 각 관측소의 해당 시각에 대한 지진동으로써의 PGA는 위 3)항에서 취한 각 채널별 최대 진폭값의 벡터 합으로써 계산한다.

다음 <그림 5>는 위에서 설명한 MMA 데이터로부터 PGA를 계산하는 과정(알고리즘)을 나타낸다.

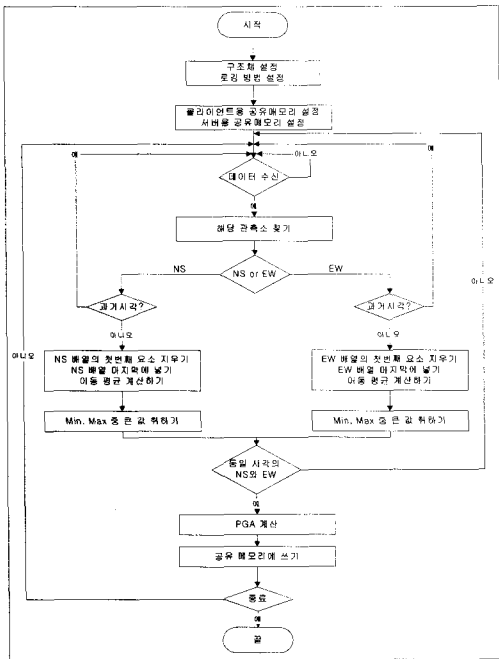


그림 5. MMA 데이터로부터 PGA 계산 과정
Fig 5. Flow chart for calculating PGA from MMA data

3.4 MMA 데이터의 검증

첫째, 관측소로부터 수집된 주기 20sps 데이터와 PGA 계산 알고리즘을 이용하여 생성된 PGA 값과 실제 관측된 지진동 데이터를 비교, 검증하였다. 둘째, 관측소로부터 MMA 데이터를 전달받아 실시간으로 계산된 PGA 값과 나중에 수집된 지진동 데이터를 비교, 검증하였다.

첫 번째 검증에는 2002년 6월 29일 중국 무단장의 남동쪽 약 115km 지역(위도 43.8 경도 130.7)에서 발생한 규모(Richter) 7.2의 지진동 데이터를 사용하였다. 다음 <그림 6>은 대전 관측소에서 관측된 실제 데이터와 계산된 PGA 값을 나타낸다. 두 번째 검증에서는 2005년 3월 20일 일본 후쿠오카(33.9N, 130.2E)에서 발생한 7.0 규모의 지진으로부터 수신된 MMA 데이터를 이용하여 계산된 PGA 값과 실제 관측된 100sps 데이터를 비교, 검증하였다(그림 7). 그림은 각 관측소별로 PGA 값과 100sps 데이터의 쌍으로 표시되고 있으며 각 관측소의 PGA 값은 100sps 데이터의 특성을 정확하게 표현하고 있다.

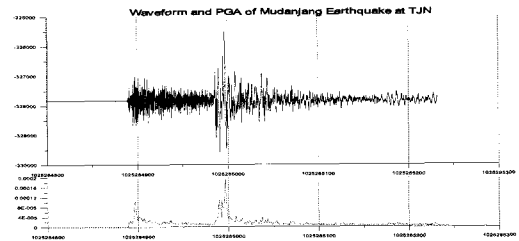


그림 6. 관측 데이터(TJN)와 PGA 데이터
Fig 6. Real data from TJN and PGA 데이터

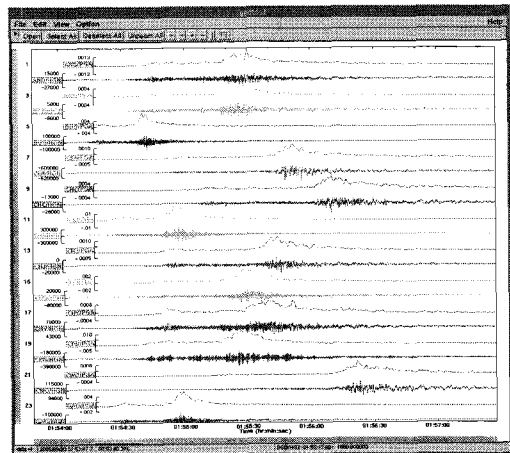


그림 7. PGA와 100sps 데이터의 비교 (2005.3.20, 일본 후쿠오카 지진)
Fig 7. Comparison between PGA and 100sps data(2005.3.20, Hukuoka Japan Earthquake)

두 가지의 검증 결과로부터 MMA를 이용하여 계산된 PGA 값은 실제로 관측된 지진동 데이터의 특성을 정확히 표현하고 있음을 알 수 있다.

IV. 지진동 감시 시스템

4.1 지진동 데이터의 적재

다음 <그림 8>은 본 논문에서 제안하는 지진동 감시 시스템의 형상(configuration)을 나타낸다. 시스템은 각 관측소로부터 20sps에서 추출한 N-S, E-W 성분의 MMA 데이터를 수신하는 모듈, MMA 데이터로부터 PGA를 계산하여 공유 메모리 영역에 적재하는 모듈 및 적재된 PGA 데이터를 이용하여 이벤트(event)를 감시, 가시화하는 모듈로 구성되어 있다. 시스템은 초당 최대 100여개의 관측소와 연동되며, 각 관측소 당 수평 성분 두개의 채널에 대한 MMA 데이터를 실시간으로 수신, 처리 한다. 전체적인 과정에서의 실시간 처리를 위해 IPC(Inter Process Communication) 기법 중에서 다수의 프로그램이 동시에 데이터를 공유할 수 있는 공유 메모리 기법을 사용하였다. 공유 메모리는 환형(circular) 큐 구조로 설계하였다. 일반적인 환형 큐는 데이터 입력 시 우선 큐의 공간 상태("empty" 또는 "full")를 점검하지만 본 시스템에서 사용하는 환형 큐는 데이터가 읽혀지지 않더라도 최신의 데이터를 유지, 관리하기 위해 계속 쓸 수 있도록 설계되었다.

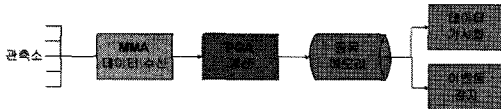


그림 8. 시스템 형상도
Fig 8. System Configuration

실제 환형 큐로 사용되는 공간 영역은 버퍼 식별자(buffer id)로 참조되며, 버퍼의 크기나 개수 등의 정보는 다른 공유 메모리에도 저장되기 때문에 버퍼 사용의 유연성(flexibility)을 높일 수 있다. 공유 메모리의 관리에 사용되는 중요 함수의 헤더(header)는 다음과 같다:

```
shm_attach(key_t key, int nbufs, int bufsiz, int mode)
shm_write(char *buf)
shm_read(char *buf)
```

함수 shm_attach는 매개변수 mode에 따라 서버 또는 클라이언트 모드로 분기된다. 서버 모드의 경우 매개변수 nbufs와 bufsiz에 따라 시스템으로부터 공유 메모리를 할당받는다. UNIX 계열의 공유 메모리는 shmget 및 shmat 시스템 호출을 통하여 할당받는다. 다음 할당문은 UNIX 계열의 공유 메모리를 할당받기 위한 전형적인 시스템 호출을 나타낸다[11].

```
vid = shmget(key, (*nbufs x *bufsiz), IPC_CREAT | 00644)
Vbuf = (char*) shmat(vid, (void*), 0, 00644)
```

클라이언트 모드의 경우는 매개변수로 주어지는 키 값에 해당하는 공유 메모리 정보를 넘겨준다. 함수 shm_write는 환형 큐의 상한 위치에 1을 더하고, 그 위치에 매개변수 buf 값을 복사한다. 반대로 함수 shm_read는 환형 큐의 하한 위치의 내용을 buf 값에 복사하고, 하한의 위치에 1을 더하는 기능을 수행한다.

4.2 지진동 데이터의 가시화

공유 메모리 영역에 저장된 데이터는 다수의 프로그램에 의해 동시에 참조되며, 지진동 감시나 경보 발령에 사용된다. 본 문에서는 각 관측소의 PGA 값을 반경으로 하는 원(circle)을 PGA 값에 따라 다양한 색채로 표현, 각 관측소 위치에 표시하였다. 또한 PGA의 임계 값을 사전에 설정하고, 임계 값의 초과 여부를 판단하여 지진동 경보를 발령하도록 하였다. 아래 <그림 9>는 실시간 지진동 감시 화면을 나타낸다. 좌측 화면에는 실시간으로 계산된 각 관측소의 PGA 값을 표시하며 우측 화면에는 미리 설정된 임계 값을 초과하는 이벤트가 감지될 경우 각 관측소별로 가장 큰 값을 보여주도록 구성하였다.

V. 실험 및 결과분석

실험에서는 지난 1월 20일 오대산에서 발생한 규모 4.8의 지진 데이터를 사용하였다. 모든 관측소의 PGA 값을 검사하여 동일한 시간대에 3개 이상의 관측소에서 PGA 값이 3gal(1g=980gal) 이상으로 감지되면 지진 경보가 발령되도록 시스템을 설정하였다.

5.1 데이터의 정확성

다음 <그림 10>은 MMA 데이터로부터 계산된 PGA 값과 100sps 데이터를 비교한 결과를 나타낸다. 총 3개 관측소(강릉(KAN), 정선(JSB), 상동(SND))의 100sps의 두 수

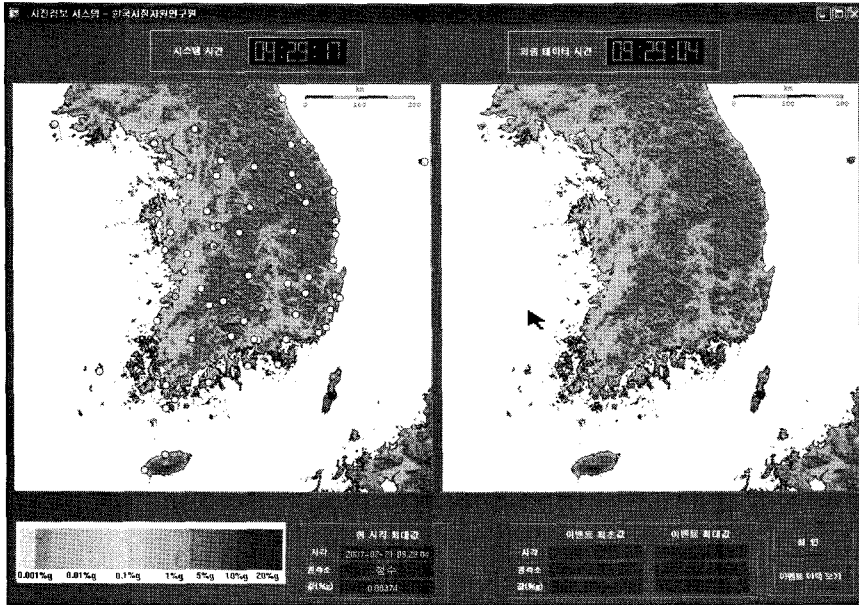


그림 9. 실시간 지진동 감시 시스템의 화면
Fig 9. Screen Dump of Real-Time Ground Motion monitoring System

평 성분인 N-S 및 E-W 성분 데이터와 PGA 데이터를 동시에 표시하였다. PGA 값의 계산에 사용된 MMA 데이터는 20sps를 기반으로 추출되었지만 100sps 수평성분의 특징과 정확하게 일치했다. 또한 관측소는 진앙으로부터 각각 27.5Km(KAN), 42.6Km(JSB), 62.3Km(SND) 떨어져 있으므로 초기 신호의 도달시간에도 뚜렷한 차이가 있음을 확인할 수 있다.

다음 <표 1>은 100sps 데이터로부터 20sps로 down sampling 하여 계산한 두 수평 성분의 최대값, 이들 값의 벡터 합으로써의 PGA 값 그리고 20sps 기반의 MMA를 이용하여 계산한 PGA 값의 비교를 나타낸다. 비교 결과 두 값이 잘 일치함을 확인하였다.

표 1. 20sps 최대 가속도와 제안시스템의 PGA 비교
Table 1. Comparison between Maximum Acceleration based on 20sps and PGA of proposed system

관측소	진앙과의 거리 (Km)	20sps 최대 가속도 값 (단위: g)			20sps MMA기반 PGA (단위: g)
		수평성분 (E-W)	수평성분 (N-S)	벡터합 (N-S)	
강릉 (KAN)	27.5	0.0202	0.0203	0.0281	0.0286
점선 (JSB)	42.6	0.0015	0.0014	0.0020	0.0021
상동 (SND)	62.3	0.0010	0.0013	0.0016	0.0017

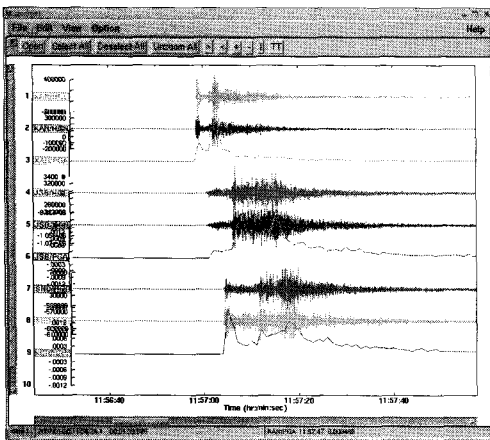


그림 10. 100sps 수평성분 데이터와 PGA 데이터
Fig 10. Horizontal data of 100sps and PGA data

5.2 데이터의 신속성

제안된 시스템의 운영결과로서 2007년 1월 20일에 발생한 규모 4.8의 오대산 지진은 다음 <그림 12>와 같은 이벤트로 감지되었다. 이벤트가 감지된 시점은 2007년 1월 20일

20시 57분 19초로써 실제 지진발생 시점인 20시 56분 53초로부터 약 26초가 경과된 시점이었으며, <그림 11>에서 보면 기상청의 지진속보 보다는 약 40초 빠른 시점이었다.

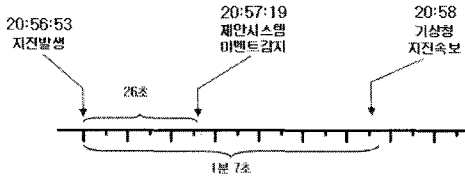


그림 11. 이벤트 감지 시간
Fig 11. Event Detection Time

특히 제안 시스템에서는 이벤트가 감지된 시점에서 특정 관측소의 최대 가속도 값을 확인할 수 있다. 따라서 각 관측소의 이러한 정량적인 정보를 이용한다면 지진 발생 후 최단 시간 내에 전국적인 계기 진도도(震度圖)를 작성할 수 있을 것이다[12].

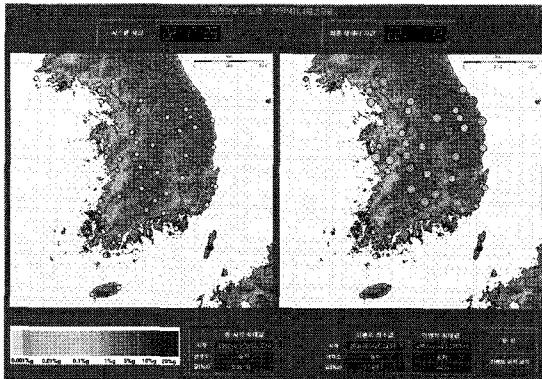


그림 12. 지진 감지 화면
Fig 12. Screen Dump of Earthquake Detection

VI. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제안한 실시간 지진동 감시 시스템은 지진 관측소의 가속도 센서로부터 MMA 데이터를 추출하여 초당 PGA 값을 계산하며, 이 값을 공유 메모리에 적재, 데이터의 가시화는 물론 설정된 임계 값을 초과할 경우 이벤트 발생을 발령하는 기능을 가지고 있다. 제안한 시스템의 시험 과정에서 2007년 1월 20일 발생한 오대산 지진의 데이터가 감지되었으며, 감지된 데이터를 처리, 분석한 결과 신속성과 정확성이 입증되었다. 제안 시스템은 기상청의 지진 속보보다

약 40초 빠르게 감지했으며 각 관측소의 최대값을 제공할 수 있었다. 제안된 시스템은 실제 감지 데이터를 사용하는 대신에 MMA 데이터를 사용함으로써 여러 가지 장점을 보였다. 실시간 원격관측 시 센서와 기록계의 안정성을 바탕으로 MMA 값과 같은 특성 데이터만을 추출하여 실제 데이터보다 신속하게 데이터를 전송할 수 있다. 또한 전국에 산재한 관측소로부터 전송된 특성 데이터를 최소 비용으로 분석 및 결과를 시각화할 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구과제로는 각 관측소로부터 전송되는 MMA데이터의 수신 효율을 높이는 방안을 강구할 것이며 전국 관측소와 타 기관에서 수신된 PGA 값을 데이터 수요기관에 효율적으로 배포할 수 있는 PGA 배포 프로그램의 개발 그리고 이벤트 감지 시 계기 진도도(震度圖)를 작성할 수 있도록 할 예정이다.

참고문헌

- [1] 이동근, "영월지진 피해상황 및 지진피해 저감대책", 한국지진공학회 학술발표회 논문집, Vol. 1997 No.1997년도 춘계, p.28 ~ p.37
- [2] 기상청 홈페이지, "http://kma.go.kr", 기상청
- [3] 한국지진공학회(1997), 내진설계기준연구(II)
- [4] 행정자치부, 국립방재연구소(1998), 내진설계 제도 및 기준에 대한 연구(1)
- [5] 행정자치부, 국립방재연구소(1998), 지진에 대비한 내진설계
- [6] 지현철 외, "지진신속평가시스템 구축 - 실시간 지진동의 2차원적 영상화", 한국지진공학회 02 추계 학술발표회 논문집, 2002.09 pp.51~60
- [7] 노명현, "원전부지 지진감시", 원자력안전기술원, KINS/ER-029, Vol.3 2002년 기관고유사업보고서.
- [8] 일본 기상청 홈페이지, http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew3.html, 일본 기상청
- [9] 지현철 외, "지진관측 원리 및 관측망 현황", 한국지진공학회 1999 춘계 학술발표회 논문집, 1999 pp.3~16
- [10] "SEED : Standard for the Exchange of Earthquake Data" Reference Manual, February, 1993, FDSN(Federation of Digital Seismographic Networks)
- [11] W. Richard Stevens, "Unix network programming", Prentice-hall, 1990.

- [12] 이희일 외, "인터넷을 이용한 진도도 작성", 한국지진 공학회 2003 춘계 학술발표회 논문집, 2003,03 pp.23~29
- [13] Quanterra, Inc, 1999, "Quanterra MULTI-SHEAR software configuration guide", Quanterra, Inc, Harvard, U.S.A.

저 자 소 개

임 인 섭



2003년 : 충북대 컴퓨터공학석사
 2003 ~ 현재: 한국지질자원연구원
 지진연구센터
 관심분야: DBMS, RTS, 지진분석
 시스템

정 순 기



1982년 : Uri. of Dortmund, Informatik
 Dipl. Inf. 취득
 1994년 : Uri. of Groningen, Computing
 Science, Dr. 취득
 1985년~현재 충북대 컴퓨터공학과 교수
 1994년 : 충북대 전자계산소장
 1998년 : 한국과학재단한독기초과학
 협력위원회 정보분과위원장
 2000년 : 충북대 도서관장
 2005년~KISTI 지역자문교수 겸 협의
 회 위원
 관심분야 : 데이터베이스 시스템, 소프
 트 웨어 공학, 소프트 실시
 간 시스템

송 명 원



1985 : 고려대학교 산업공학과 공학사
 2001 : 한양대학교 산업대학원 전자계
 산학 공학석사
 1997년 1월 - 현재 한국정보사회진흥원
 (구 한국전산원) 전자
 정부지원단 팀장
 1997년~2002년 : 전자문서심사평가
 전문위원(한국전자거래진흥원)
 2001년~2005년 : 산업표준심의회 전
 자문서(ISO TC/154) 전문위
 원(산업자원부 기술표준원)
 2001년~2005년 : 한국인터넷보안기
 술포럼(ISTF) 운영위원
 2005년~2007년 : 서울시 정보회추진위원
 관심분야 : 전자정부서비스,
 IT 인프라 및 운영 개인정보보호