

微小地震 長期觀測을 위한 地震記錄計의 開發

金性均* · 曹圭張* · 鄭富興* · 文昌培* · 申仁澈* · 成樂勳*

Development of Seismic Recorder for Long-term Observation of Microearthquakes

Sung Kyun Kim, Kyu Jang Cho, Bu Heung Chung,
Chang Bae Moon, In Chul Sin, Rack Hoon Sung

ABSTRACT : A two channel seismic recorder suitable for long-term observation of microearthquakes is developed. The direct analogue recording on cassette tape is adopted in the recorder whose circuits of amplifier and motor units of an audio cassette recorder are modified. The recorder provides continuous record of 10 days with DC 12V battery (100AH) and with standard cassette tape of 60 minute use. The binary coded time signals of date, hour, and minute are generated once a minute by the timing system and absolute time input using radio to measure the time drift is also possible.

For the seismic signal processing, the analogue signals from audio cassette player pass A/D converter and digitized data are stored in personal computer. Then visual records can be obtained using computer graphic mode. Basic programs "ADCONVO" and "DRAWO" to accomplish A/D conversions, the creation of data files and visualization of signals were written. Some sample signals reproduced from the recorded tape are presented.

서 론

韓半島와 같이 地震발생빈도가 비교적 낮은 지역에서 단기간에 다수의 地震資料를 획득하기 위해서는 地震規模가 낮은 微小地震을 관측대상으로 하는 것이 효과적이다 (金性均外, 1985). 물론 韓半島內에는 약 2000여년에 걸친 역사지진자료와 1905년 부터의 계기지진자료가 존재한다. 그러나 이러한 자료는 地震發生의 mechanism 또는 地質構造와 地震發生과의 관련성의 연구에는 부적합하다.

왜냐하면 역사지진 자료는 문장으로 記述된 서술적인 자료이며, 계기지진자료 역시 부분적으로 그

記錄이 보존되어 있는 실정으로 震央決定의 精度가 낮다 (金性均, 1986a).

金性均外(1986b)는 한국동력자원연구소가 微小地震觀測網에 사용하고 있던 드럼식의 地震記錄計 대신에, 보다 간편하게 경제적으로 微小地震을 정밀관측할 수 있는 地震觀測시스템의 개발에 착수하였다. 본 연구는 전년도에 試作品으로 제작한 地震記錄計의 단점을 보완하여 실제의 微小地震觀測에 이용하기 위한 것으로, 특히 시각발생장치의 개선과 再生시스템의 개발에 중점을 둔 것이다.

그림 1에 地震記錄計의 내부 및 외부의 사진을 제시하였으며, 이것은 시판되는 cassette player의 증폭회로 부분을 개조한 것이며, 또한 시각발생장치를 별도로 부착한 2 channel의 地震觀測用 記錄計이다. 기록매체는 음악용 cassette tape이며, 이 tape에 직

*韓國動力資源研究所

서울특별시 구로구 가리봉동

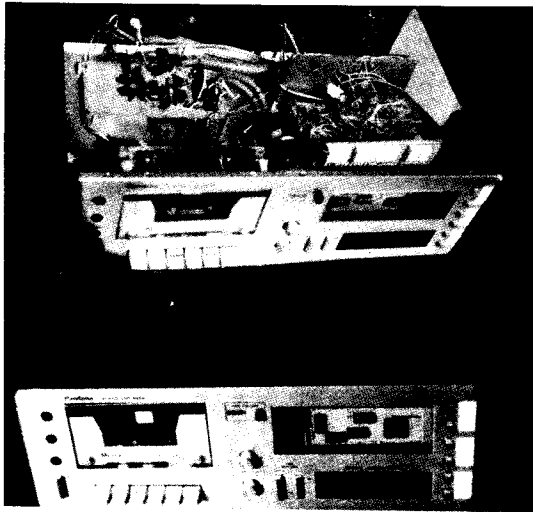


Fig. 1 Inside and outside view of the seismic recorder.

접녹음 (direct analogue recording) 방식으로 제 1 channel에 地震波가, 제 2 channel에 2진수로 code화된 시각(날짜, 시간, 분, 초)이 녹음된다. 전원으로는 D.C. 12V battery를 사용하며, tape의 주행속도를 약 1/250로 낮추었기 때문에 60분용 tape로 약 10일간 연속녹음할 수 있는 특징을 가지고 있다.

이 記錄計의 크기는 45×16cm로 무게는 약 6.5kg이며, 제작가격은 1대당 대략 40만원 정도가 예상된다. 따라서 다른 시판의 記錄計에 비하여 지극히 경제적이며, 전원과 tape의 교환만으로 장기관측이 가능하다.

다음 절에서는 이 記錄計를 구성하는 증폭부분, 시각 발생부분 및 녹음부분에 대하여, 제 3절에서는

재생장치와 관련 소프트웨어에 대하여 기술하게 되며, 몇개의 재생된 波形을 제시하게 된다. 끝으로 제 4절에서는 결론 및 전망이 제시된다.

본 연구는 국토이용지질조사연구의 세부과제인 耐震研究의 일환으로 이루어진 것이며, 여기서 개발된 記錄計는 경상분지의 微小地震觀測에 사용될 예정이다. 이를 위해 경상분지내에 수개의 반영구적인 地震觀測點을 건설하였다.

2. 地震波 記錄裝置

본 연구에서 제작한 地震記錄計는 기록방식과 사용목적에 있어서 다른 記錄計(Dibble, 1964; Ikami

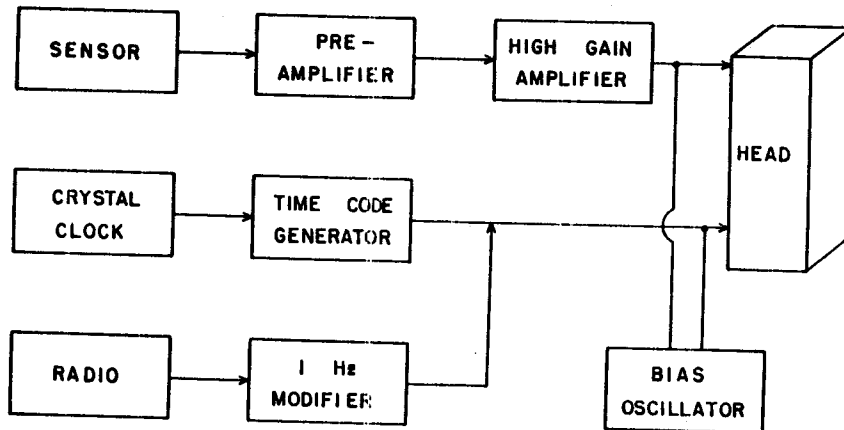


Fig. 2 Block diagram of the seismic recorder.

and Aoki, 1972)와 유사하나, 크기가 작고 기록매체가 저가격의 cassette tape이라는 점에서 다르다. 그림 2에 地震記錄計 회로의 모식도를 제시하였다. 회로는 크게 증폭부분, 시각발생부분 및 녹음부분으로 나눌 수 있다.

증폭회로부분은 먼저 수진기로 부터의 입력신호를 전단에서 임피던스를 조정하여 후단의 증폭회로에 입력시킨다. 이 회로는 차동증폭방식을 채택하고 있으며, 전단+후단의 증폭률은 rotary switch에 의하여 48dB에서 부터 6dB간격으로 84dB까지 조정할 수 있도록 되어 있다. 그림 3에 나타낸 바와 같이, 이 증폭부분의 주파수별 증폭특성은 대략 1~20Hz에서 거의 일정하며, 1Hz이하와 20Hz이상에서 상대적으로 저하된다. 이와 같은 증폭특성은 微小地震의 記錄에 적합하다.

전년도에 試作品으로 제작한 記錄計의 시각 발생 회로에서는 날짜, 시간, 분, 초의 경우 각각 다른 주파수의 신호를 발생시키는 방법을 사용하였으나, 재생시에 tape의 처음부터 시간의 경과를 계산해야 되는 불리한 점을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 날짜, 시간, 분, 초를 2진수로 code화하여 발생시킴으로써 재생에 간편하도록 개선하였다. 즉 시각발생회로는 Moriya and Takeda (1979)의 시각발생장치와 원리적으로 같으며, 4.194304 MHz의 수

정발진자, dividing series 및 decoding circuit로 구성되어, 그림 4와 같은 시각신호를 발생시킨다. 이 회로에서는 매초마다 1개의 구형파를 발생시켜, "1" (진폭이 큰 것) 또는 "0" (진폭이 작은 것)을 표시한다. 이와 같은 2진수로서, 11~20초 사이에 분을, 21~30초 사이에 시간을, 31~40초 사이에 날짜를 표시하게 되며, 매 10초 구간의 처음과 끝의 bit는 의미가 없는 blank bit가 된다. 따라서 분, 시간, 날짜를 나타내는 데에는 8개의 bit를 써서 처음 4개의 bit가 10자리의 수를, 나중 4개의 bit가 1자리의 수를 표현하게 된다. 또한 41초부터 다음 분의 10초까지는 매초마다 1개의 구형파를 발생시키게 되며 이와같은 시각발생이 반복된다.

한편 微小地震觀測의 경우 공간적으로 넓게 분산되어 있는 觀測點들의 시각의 synchronization이 필수 불가결하다. 따라서 기준시간으로서의 절대시간의 입력이 필요하며, 이러한 절대시간은 5, 10, 15 MHz의 표준시간방송을 地震記錄計의 시간 channel에 입력시킴으로써 해결할 수 있다. 본 記錄計에서는 표준시간방송으로부터의 초신호를 1Hz modifier를 통과시킨 다음, 시간 channel에 입력시켜 기준시간으로써 이용하도록 하였다. 시각발생회로의 시각의 drift는 현재 0.1sec/day정도로써 만족할만한 수준에 도달되어 있지 않으나, 더욱 정밀한 수정발진

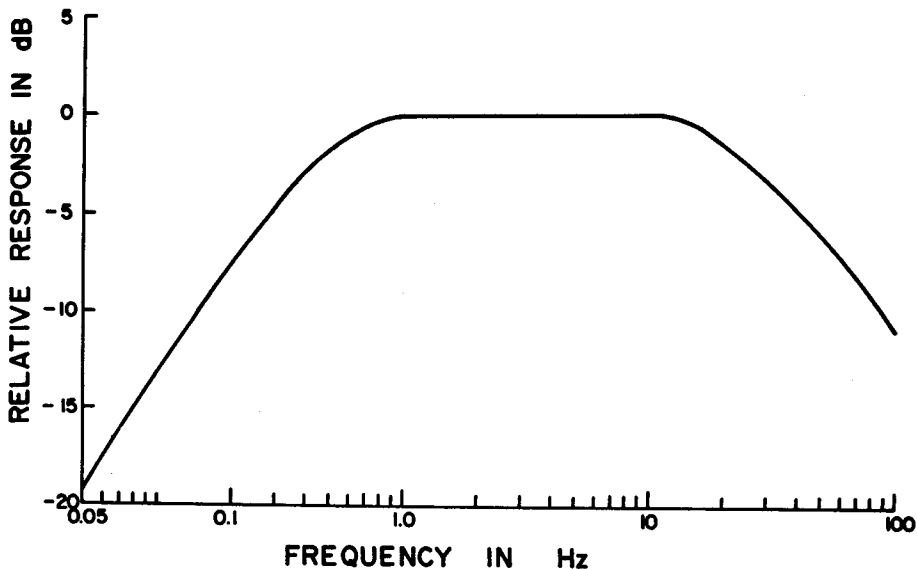


Fig. 3 Frequency response of the amplifier of the recorder.

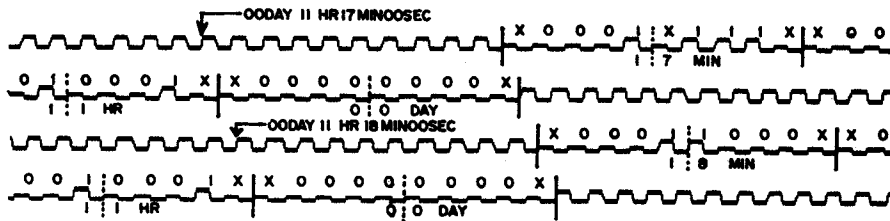


Fig. 4 Sample time code of the timing system.

자를 사용함으로써 drift를 좀 더 줄일 수 있으리라 생각된다.

다음으로 녹음회로부분에 대하여 설명하기로 한다. 통상 微小地震의 주파수범위는 1~수10Hz이며, 이러한 주파수를 가진 신호를 음악용의 녹음기에 녹음하기 위해서는 FM변조를 필요로 한다. 그러나 보통의 tape주행속도(4.7cm/sec)를 수 백분의 일로 줄임으로써 FM변조없이 지진파를 직접아날로그 녹음방식으로 녹음할 수 있다. 또한 이 경우에는 tape의 녹음시간이 수백배로 늘어나, tape 1개로 장시간 녹음이 가능하다는 이점이 있다. 따라서 본 연구에서는 직접녹음방식을 채택하게 되었으며, 기어를 이용하여 tape의 주행속도를 약 1/250인 0.19mm/sec로 줄였다. 그러므로 60분용의 cassette tape 1개로서 약 10일간 연속녹음이 가능하다. 그러나 기어에 의한 주행속도의 변환은 전력소비를 늘리게 되며 소음이 수반된다. 이러한 기계적인 주행속도의 변환은 금후 servo motor에 의한 주행속도 변환방식으로 개선할 예정이다.

수진기로부터 증폭회로를 통과한 地震波와 시각 발생회로에서의 신호는 1kHz의 bias oscillator에 실려 2 channel head의 제1, 제2 channel에 각각 입력, 녹음 된다. 이 경우 bias oscillator의 전류의 세기가 記錄計의 S/N비를 좌우하므로, 적절히 조정하는 것이 중요하다. 4 channel의 head를 사용할 경우에는 3성분의 地震波를 녹음할 수 있다. 이 記錄計의 작동을 위한 전원으로서 D.C. 12V battery를 사용하며, 100AH의 battery로 10일간 연속작동이 가능하다. 따라서 이 記錄計는 10일 간격으로 tape와 전원의 교환만으로 무인 장기관측이 가능하며, tape의 처음과 끝부분에 기준시간을 입력하여 시각의 drift를 측정할 수 있다.

3. 再生裝置 및 관련소프트웨어

직접아날로그녹음방식으로 저속녹음된 tape의 再生에는 여러가지 문제점이 수반된다. 즉 再生시의 tape주행속도를 녹음시와 같은 속도로 하면 再生에 소요되는 시간이 너무 길어져 곤란하므로, 통상속도의 반 또는 그와 같은 속도로 再生하게 된다. 이 경우 녹음된 地震波의 주파수는 재생속도/녹음속도의 비율로 커지게 된다. 본 記錄計의 경우 1~수 10Hz의 地震波는 250~수천Hz로 바뀌어 가정주파수 범위에 들어 오게 되므로 audio용의 cassette player로 再生이 가능하다.

본 연구에서 채용한 再生시스템의 개요를 그림 5에 모식적으로 나타내었다. stereo cassette player로부터의 신호는 equalizer를 먼저 거치게 되며, 이때 地震波와 시각의 신호는 각각 250~2kHz, 250~500Hz에서 통과되도록 조정한다. Equalizer를 통과한 신호들은 A/D변환기를 거쳐 개인용 컴퓨터의 diskette에 수치화되어 data file로서 수록된다. 또한 equalizer를 통과한 波形을 oscilloscope에서 관찰하며, speaker를 통해 소리로서 인지할 수 있게 된다. 여기서 사용한 A/D변환기는 Data Translation Inc.의 DT2801이며, $\pm 10V$ 의 전압변화를 최대 13700 sample/sec의 속도로 수치화(16bit)할 수 있는 능력을 가지고 있다.

실제의 地震記錄 再生은 다음과 같은 두 단계를 거쳐 이루어 진다.

제 1 단계: 먼저 tape를 주행시켜 波形記錄만을 A/D변환하며, oscilloscope에서 잡음의 수준이 $\pm 1V$ 정도가 되도록 volume를 조절한다. A/D변환기의 continuous conversion mode를 이용하여 250 sample/sec의 속도로 tape 1개의 자료를 전부 A/D 변환

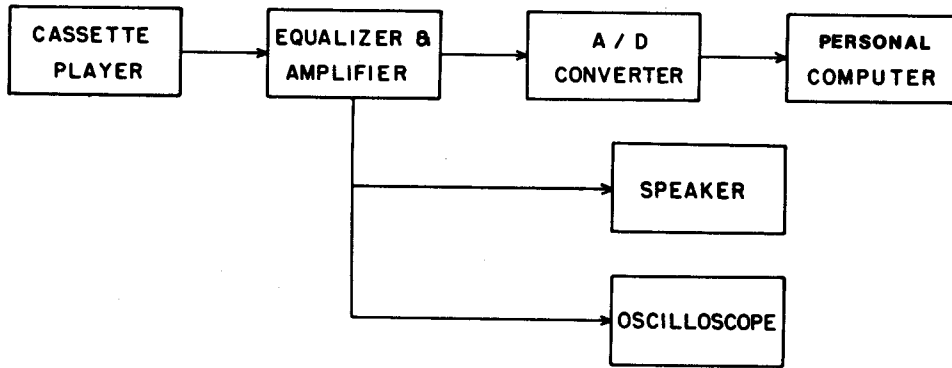


Fig. 5 Block diagram of the signal processing system.

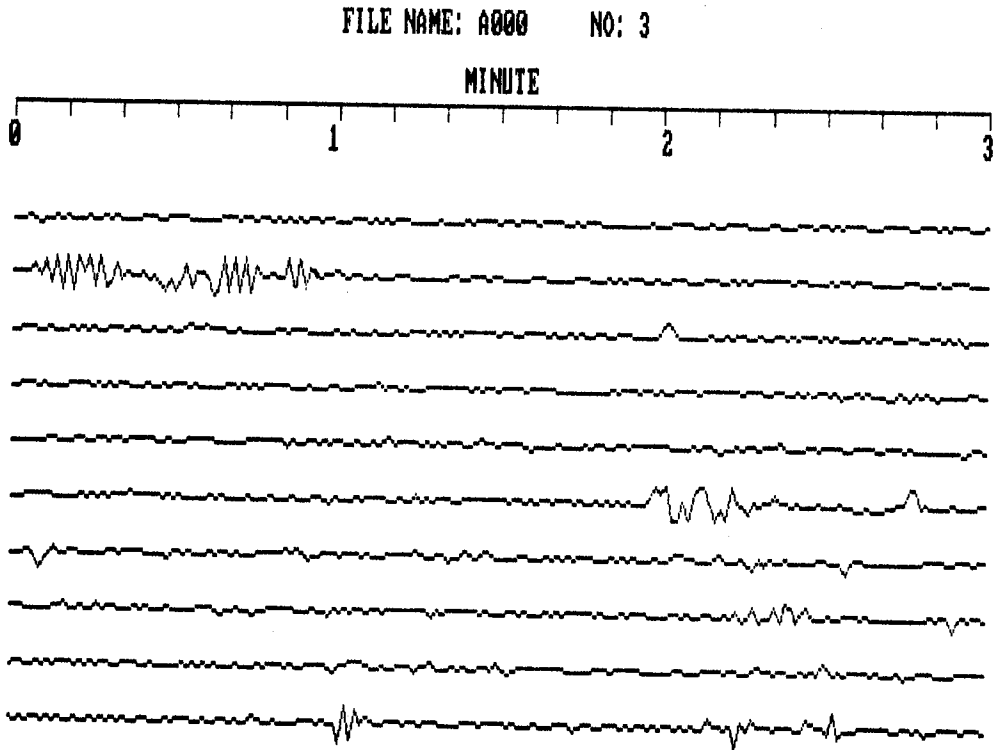


Fig. 6 Sample record reproduced from the processing system (sample rate: 1 sample/sec).

시켜 diskette에 수십개의 file로 나누어 수록한다. 여기서 250sample/sec의 A/D변화속도는 재생속도가 녹음속도의 250배임로, 실제시간으로 1 sample/sec에 해당된다. 이와같이 수록된 자료를 도형으로 표현하여(그림 6), 地震波가 도달된 대략의 위치를

파악한다.

제 2 단계 : 地震波가 도달된 부분은 oscilloscope의 波形과 speaker로 부터의 소리로서 찾아, A/D변환기의 block conversion mode를 이용하여 高密度로 A/D 변환시켜 diskette에 수록한다. 이때

FILE NAME: RTDATA1 PAGE: 2

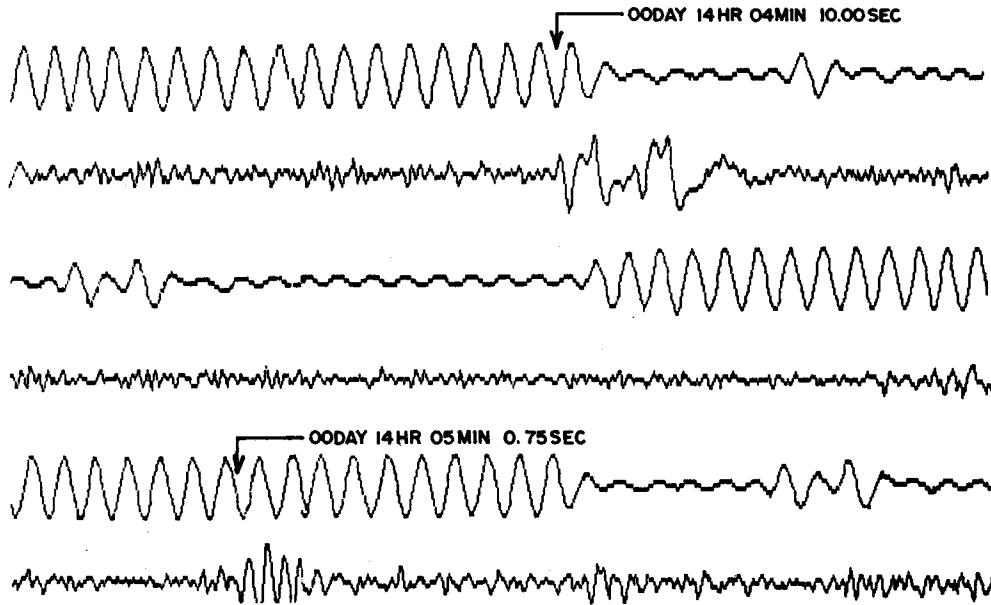


Fig. 7 Sample record reproduced from the processing system (sample rate: 24 sample/sec)

의 A/D 변환속도는 A/D board의 한계속도에 가까운 12000 sample/sec로서, 재생속도/녹음속도의 비율때문에 실제시간으로는 48 sample/sec/2 channel이 된다. 이와같은 방법으로 수록된 자료를 도형으로나 타낸 것을 그림 7에 제시한다. 그림에서 첫째, 셋째, 다섯째 줄은 시간신호를, 나머지는 地震波를 再生한 것이다.

위와같은 두 단계의 再生은 소프트웨어에 의하여 제어되며, 이를 위해 BASIC언어로 기술된 프로그램 「ADCONVO」 및 「DRAWO」가 작성되었다. 그러나 위의 再生方法은 地震波가 도달한 부분을 찾는 데에 있어서 번거로우며, 재생속도/녹음속도의 비가 커서 10Hz이상의 고주파특성을 재현하기 어렵다. 따라서 地震波가 도달한 부분을 자동적으로 찾아내는 방법이 고안되어야 하며, 10Hz이상의 주파수특성을 재현하기 위해서 再生速度를 현재의 1/2~1/3로 낮출 예정이다.

4. 결론 및 전망

微小地震 장기관측에 사용할 목적으로, 전년도에

試作品으로 개발한 2 channel 地震記錄計를 부분적으로 개량하였으며, 地震記錄 再生시스템을 개발하였다. 이 記錄計는 tape의 주행속도를 1/250로 줄여 직접아날로그녹음 (direct analogue recording) 방식으로 녹음하기 때문에, 60분용의 cassette tape과 D.C. 12V battery (100AH)로 약 10일간 연속녹음이 가능하다. 개량된 시각발생장치에서는 날짜, 시간, 분을 2진수로 code화하여 1분에 1회씩 발생시키며, 시각의 drift를 측정하기 위하여 표준시간방송을 동시에 입력할 수 있도록 되어 있다. 이 記錄計는 싼 가격으로 제작이 가능하며 사용이 비교적 간편하다는 장점을 가지고 있다.

地震記錄의 再生은 audio용의 cassette player와 equalizer를 통과한 신호를 A/D변환하여 수치화된 자료를 개인용 컴퓨터에 file로서 수록하는 방법을 사용한다. A/D변환, file의 작성 및 波形의 도형화는 소프트웨어에 의하여 제어되며, 이를 위해 Basic Program 「ADCONVO」와 「DRAWO」를 작성하였다. 그러나 현재의 再生方法은 地震波記錄이 들어 있는 부분을 수동으로 찾기 때문에 再生이 번거로우며, A/D변환기의 제약과 再生速度/錄音速度의 비

때문에 10Hz이상의 고주파특성의 재현이 어렵다. 이러한 결점을 보완하기 위한 연구는 현재 진행중에 있다.

본 연구에서 개발한 地震記錄計는 경상분지의 微小地震活動의 觀測에 사용될 예정이며, 이를 위해 경상분지내에 수개의 반영구적인 觀測點을 건설하였다.

參考文獻

金性均, 趙東行, 鄭富興(1985) 韓半島 西南部地域의 微小地震活動, 國土基本地質調查研究, 韓國動力資源研究所, 89-130.
 金性均(1986a) 1985년 6월에 발생한 대구 및 인천지진의 震央再決定 및 계기지진자료의 精度, 地

球科學會誌, 7, 81-86.

金性均外(1964) 微小地震 長期觀測을 위한 地震記錄計의 製作(1), KR-86-2-8, 韓國動力資源研究所, 356-373.

Dibble, R. R. (1964) A portable slow motion magnetic tape recorder for geophysical purposes, N. Z. J. Geol. Geophys., 7, 445-465.

Ikami, A. and H. Aoki (1972) Long time D. A. recording system for the observation of microearthquakes, Zisin (Journ. Seis. Soc. Japan), 25, 187-189.

Moriya, T. and K. Takeda (1979) Coded crystal clock and code reader for DAR earthquake observation system, Zisin (Journ. Seis. Soc. Japan), 32, 198-201.

