

PC를 이용한 신호처리 및 해석

— 대학원 교육을 중심으로 —

李 鍾 元

한국과학기술원 기계공학과 교수



●1948년 2월 26일생
●랜덤 데이터 해석 및 처리, 회전체 역학 등을 강의하고 있으며, 회전기계, 정밀기계 등의 진동해석 및 제어가 관심분야임.

1. 역사적 배경

20년전 까지만 하더라도 선진국에서도 간단한 계측장비와 오실로스코프, 애널로그 X-Y 플로터(plotter) 또는 차트 기록기(chart recorder) 등이 신호습득 및 처리를 위한 주요 실험장비였고 目測과 手作業에 의한 자료의 기록이 유일한 실험자료의 보관방식이었다 해도 과언이 아니다. 어처구니 없이 크기만 했던, 當時의 대형 컴퓨터는 주로 실험실밖에서도 演算작업이 이용되었고 컴퓨터 아닌 컴퓨터, 애널로그 컴퓨터가 간단히 시뮬레이션이나 制御 목적으로 실험실내에서 활용되었을 뿐이다. 말하자면 당시까지만 해도 계측기술과 자료습득 방법의 개발이 주과제이었을 뿐이고, 습득된 자료의 효율적 처리나 해석을 역부족이었으며 기껏해야 애널로그 타입의 주파수 응답 분석기, 스펙트럼 분석기등이 이용되었으나 그 이용에는 한계가 많았다. 過渡신호나 랜덤신호의 처리, 多入力 스펙트럼 분석등은 대형 컴퓨터에 의해 수행될 수는 있었으나 프리에 변환, 자료 입력과정등의 문제로 다량의 자료를 처리·분석하는데는 많은 시간과 노력이 필요하였다.

그 이후, FFT의 실용화, 계측장비와 컴퓨터 기술의 급속한 발전추세에 힘입어 보다 많은 양의 자료를 보다 빨리 처리, 분석할 수 있게 되었으나, 실험실내에서나 현장에서 손쉽게 활용될 수 있도록 보편화 내지 실용화 단계에

이르기까지는 마이크로프로세서의 출현을 기다려야 했다. 1970년대 중반 이후에는 단일 채널 FFT 분석기, 두 채널 FFT 분석기(dual channel FFT analyzer)등의 간편한 디지털 자료분석기등이 선진국의 수많은 계측장비제조회사들에 의해 商用化된 후 다투어 일반에게 보급되기 시작하였고, 기여도 함수(coherence function), 셉스트럼(cepstrum), Hilbert 변환, 분해능 확대(zooming), 커토시스(kurtosis) 등을 이용한 새로운 신호해석기법도 활발히 개발되어왔다. 이러한 專用化된 분석기는 엄청난 양의 자료의 實時間분석을 가능하게 하였으나, 실용화, 보편화 되기에는 高價의 장비이고 고정된 기능상의 한계 때문에 발전하는 새로운 신호해석기법을 유연하게 수용하는데는 다소의 문제가 있었다. 한편 신호습득장치를 부착한 PDP-7, 8, 11/LSI-11, NOVA 1200등의 미니 또는 마이크로 컴퓨터가 실험실에 설치되어 제한적으로 활용되기도 하였으나, 이 모두 교육용이나 연구용으로 활용되기에는 제한이 많았다.

마이크로프로세서의 출현은 1980년대 初入에 저렴한 보급형 Apple II나 IBM-PC의 본격적인 시판을 가능하게 하였고, 이러한 PC를 기본으로 한 자료습득, 처리, 해석시스템의 개발에 박차를 가하게 되었다. 자료전송방식도 RS-232나 GPIB/IEEE-488등의 전송형태로 표준화되었고, 자료습득장치로도 외부에 설치하는 "box"형과 아울러 A/D, D/A 변환기, 멀티플

FEATURES

- PC/AT-compatible boards featuring up to 130kHz A/D, 130kHz D/A, 16 digital I/O lines, and on-board pacer clock
- A/D features:
 - Throughput to 130kHz
 - RAM channel gain list for random channel sequencing
 - 12-bit resolution
 - Optional 16-bit resolution
 - 100kHz simultaneous sampling
 - Programmable gains of 1, 2, 4, 8
 - Up to 16SE/BDI channels
- D/A features:
 - 130kHz throughput per DAC (260kHz aggregate)
 - 2 independent DACs
 - Dithering circuitry reduces noise
 - 12-bit resolution
 - Outputs are short circuit protected
- Support for five-level bus interrupt
- Programmable Pacer Clock initiates A/D or D/A conversions
- Dual DMA (channel) architecture supports Continuous Performance (no gap) data collection
- Optional subroutine library (ATLAB) and application software packages
- Shipped with comprehensive user manual which includes programming instructions



a complete high performance analog and digital I/O interface for the IBM Personal Computer AT.

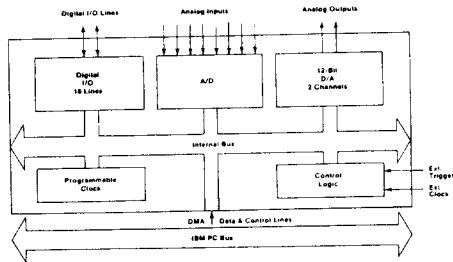


그림 1 PC용 삽입기관형 자료습득장치

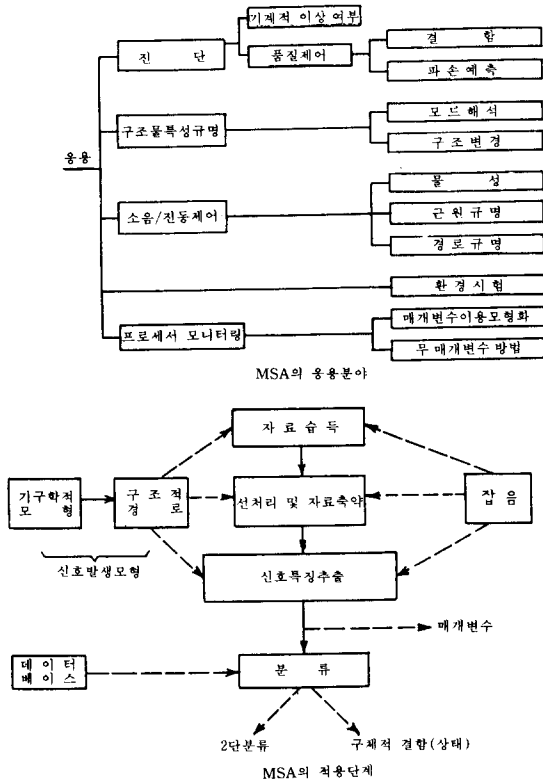


그림 2 MSA의 응용분야 및 적용단계

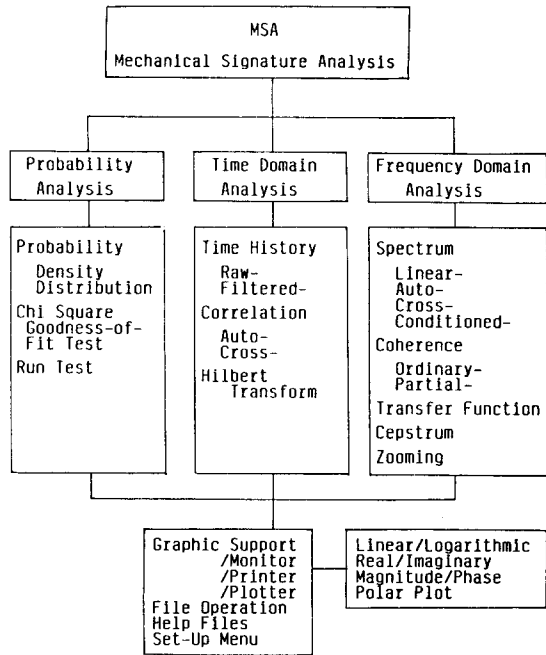


그림 3 MSA 프로그램의 구조

렉서 (multiplexor), 예증폭기 (pre-amplifier), 필터 (low-pass filter) 디지털 입출력 (digital I/O), 트리거 (trigger) 등을 내장한 저렴한 (약 300만원 미만) 삽입기관 (plug-in-board) 형으로 개발되어 Metrabyte, Tecmar, ICS, Action Instruments, Data Translation, Burr-Brown, Analog Devices, Microway 등 수많은 회사에 의해 공급되고 있으며, 이 중에는 일부 실험과 측정과정을 자동화하고 자료를 수집, 부분적 분석을 통하여 컴퓨터에 도시 (display) 할 수 있는 S/W와 함께 개발되고 있다. 이러한 H/W와 S/W를 내장한 PC는 차트기록기, 오실로스코프, 각종 미터류 등 기존 실험장비의 역할도 담당하게 되었고, 보조 프로세서 (co-processor) 등의 개발로 演算속도도 놀랄만큼 빨라지게 됨에 따라 이제는 단순한 자료처리 및 해석의 기능을 넘어 신호해석 (signature analysis) 기법을 이용한 기계상태의 진단, 아이덴티피케이션, 진동/소음원 규명, 프로세스 모니터링 등을 통해 기계시스템의 해석, 진단

및 설계를 시도할 수 있게 되었다.

2. 교육측면에서의 신호처리 및 해석

이미 언급한 바와같이 계측기술, 컴퓨터 기술의 발전과 FFT의 출현에 힘입어 자료습득 및 처리기술도 상당히 발전하게 되었으나, 1970년대까지만 해도 신호해석기술의 적극적 응용측면보다는 확률, 통계개념, 스펙트럼/상관함수등을 기본으로한 이론개발, FFT알고리즘의 개량이 학계의 관심을 받아왔다. 그후 PC의 실용화, 보편화에 따라 시스템 해석 및 설계 측면에서의 기계신호해석(MSA: Mechanical Signature Analysis)에 대한 연구가 활발히 이루어지게 되었으며, 특기할 점은 기계공학분야, 특히 설계, 기계구조물의 정·동적해석, 자료습득, 신호처리 可能化, 프로세스 제어등의 분야에서의 컴퓨터 이용의 중요성이 고조됨에 따라 1982년 여름 ASME에 의해 CIME(Computers in Mechanical Engineering)가 창간되기에 이르렀고 MSA의 이용요구가 점증함에 따라 1987년초 "J. Sound and Vibration"으로 부터 "Journal of Mechanical Systems and Signal Processing"이 독립하게 되었다.

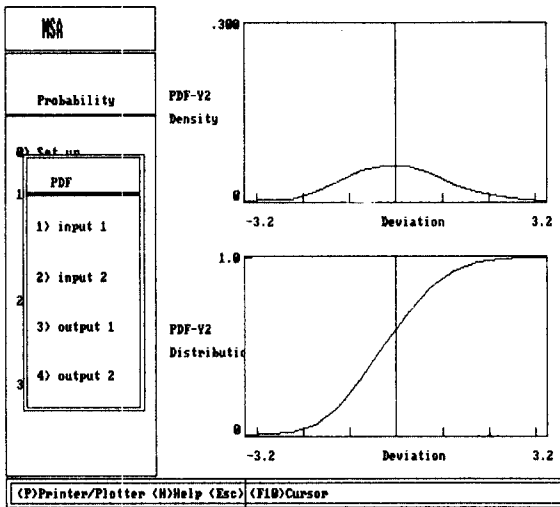


그림 4 확률해석

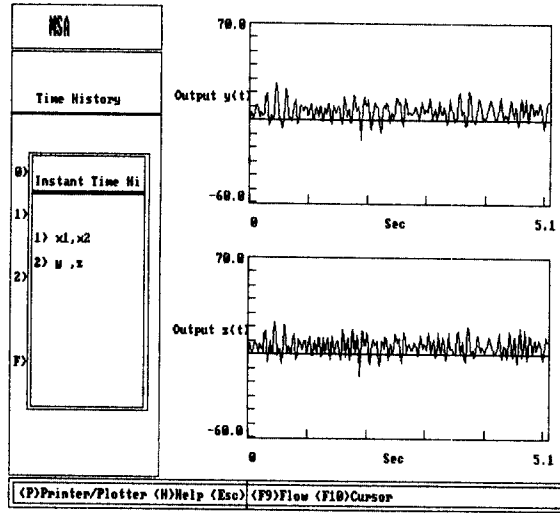


그림 5 시간영역 자료 도시

신호처리 및 해석은 기구학, 구조동역학, 음향학, 기계 및 유공압 시스템 해석, 계측기술, 신호처리 및 컴퓨터공학, 통계학, 패턴인식등 다양한 분야의 지식을 고루 요구하므로 아직까지는 학부보다는 대학원과정에서 개설되고 있는 추세이다. 아직은 정규교과목으로서 정착되지 못하고 있는 편으로 외국의 경우도 대개는 필요에 따라 비정규적으로 강의 되거나 또는 전혀 개설되고 있지 않은 대학도 많다. 국내에서는 1970년말부터 간헐적으로 외부 강사초빙

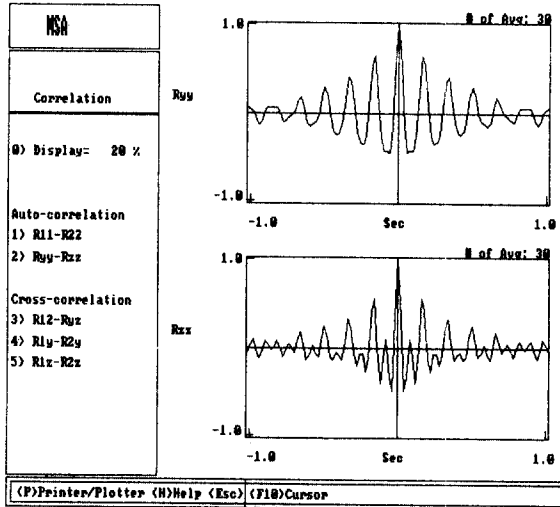


그림 6 상관함수 해석

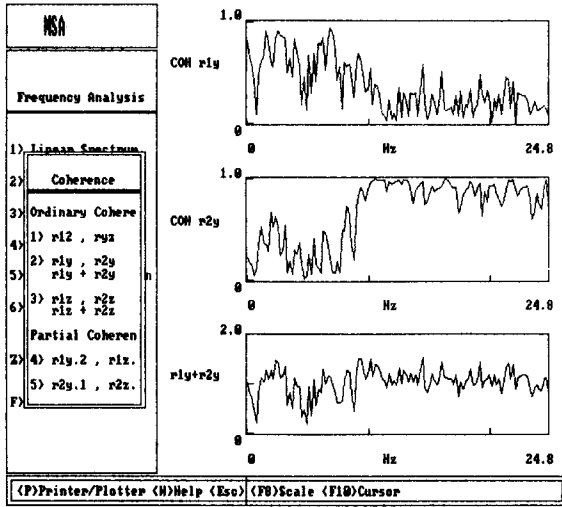


그림 7 기여도함수 해석

형태로 몇개 대학에서 대학원생을 대상으로 강의되어 왔으며, 그 이외에는 일반인을 대상으로 스펙트럼 분석기의 국내판매 대리점이 주동이 되어 단기강좌형태로 교육이 되어왔다. 정규교육으로서는 한국과학기술원에서 1980년초부터 筆者에 의해 毎年 대학원생을 대상으로 “랜덤데이터: 해석 및 처리”란 교과명으로 강의되고있으며, 일반인을 대상으로 1週間の 산학협동공개강좌를 1983년부터 매년 여름에 실시해 오고 있다.

교과목으로서의 신호처리 및 해석은 他과목과는 달리 배운 이론과 기술을 실제로 체득할 수 있는 프로젝트나 과제물의 준비가 과거에는 큰 문제였다. 샘플된 데이터의 준비, 수강생의 배포, 과제물 제출등, 몇년전 까지만 해도 보족한 妙案이 없었다. 일례로, 중형, 대형 컴퓨터를 이용하여 자료분석을 하는 경우, 1000개 이상의 데이터를 키보드에서 입력시키는 것은 사실상 어려웠으며 따라서 평균화(averaging)가 제대로 안된 스펙트럼이나 상관함수, 더우기 기여도 함수는 큰 의미를 주지 못했기 때문에 분석은 커녕 데이터를 발생시킨 계에 대한 특성파악은 무리한 작업일 수 밖에 없었다. 과제물의 제시방법도 문제였다. 산만한 숫자의 난해한 프로그램, 조잡한 그림으로 착한

프린터 출력용지는 간결하고 명확한 결론을 내리기 어렵도록 하였다. 후에 PET, Apple II 등의 마이크로컴퓨터가 일부실험실에 보급되었지만 상황은 크게 개선되지 못하였다.

그후, 1985년 말부터인가 한두대 선보이기 시작하던 PC-XT, AT가 거의 모든 실험실(KAIST)에 자리를 잡던 1987년초는 상황이 달랐다. 모든 수강생들은 PC를 이용한 과제제출이 의무화 되었고, 학기중에는 수만개의 샘플데이터와 FFT, 디지털필터 등의 S/W를 수록한 디스크가 과제물로 배분되었고, 과제물의 제시도 숫자보다는 그래프를, 수식보다는 결과 분석에 중점을 두도록 요구되었다. 물론 처음 시도한 탓에 수강생에게는 상당한 부담을 주었지만, 신호처리 및 해석기술의 이해 이외에, 모든 수강생들이 PC의 이용 특히 그래픽기술을 어느정도 마스터할 수 있었다는 점에서 좋은 반응을 얻었다. 또 하나의 큰 수확은 연구용 및 교육용으로 크게 기대되는 PC를 위한 전문화된 MSA S/W를 자체적으로 개발할 수 있게 된 것으로 이후에는 이 S/W를 이용한 교육을 통하여 한층 흥미있고 실용성 높은 MSA기법을 효과적으로 체득할 수 있는 기본 여건이 마련되었다고 할 수 있다. 말하자면

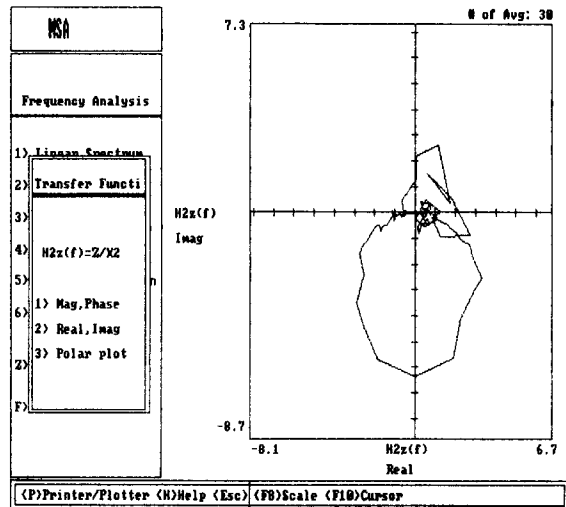


그림 8 전달함수 해석

FFT 구조의 이해, 스펙트럼 계산방법의 이해, S/W구성을 위해 낭비되었던 시간과 노력을 이제는 시스템해석 및 설계응용분야로 전환하고 보다 더 현장성과 실용성 높은 교육이 가능해졌다.

3. 맺음말

최근에 급격히 보급이 증대되고 있는 FFT 분석기의 이용과 보편화되는 추세에 있는 PC 및 S/W의 개발은, 실제 스펙트럼이나 상관함수, 시계열 모형 계산을 위한 방법 자체보다는 이들에 대한 기본개념의 철저한 이해와 아울러 효율적 응용의 중요성을 증대시키고 있다. 따라서 추후의 신호처리 및 해석에 대한 교육도 단순한 기술의 수련보다는 MSA기술을 적극적으로 응용하는 측면에서 이루어져야하며 이를 위해서는 저렴한 가격의 PC를 충분히 활용하는 것이 바람직하다. 아직도 대부분의 국내 대학의 실정상 PC를 대량 구입할 수 있는 여건이 어렵다 하더라도, 많은 기존 실험장비의 대체효과, 워드프로세서로서의 활동, 기존 중·대형 컴퓨터의 유지보수비등을 감안한다면 多目的 유연성 높은 PC의 구입은 장기적으로 볼 때 오히려 경제적일 수 있다. 이용에 따라서는 단순한 계산용 컴퓨터가 아닌 고성능 실험장비로서 인식될 수 있으며 실험 및 실습과목의 전산화, 자동화도 이를 수 있다. 다행히 국내 PC관련 산업이 선진국 못지않게 발전하는 추세에 있고 많은 국내 업체가 PC만이 아니고 자료습득장치도 개발, 시판하고 있기 때문에 구입은 물론 A/S도 비교적 수월하다. 다만 S/W구입을 위한 예산이 지속적으로 뒷받침되어야 하나, 교육용 또는 일부 연구용 S/W를 자체 개발하려는 노력이 경비절감뿐 아니다. 추후의 파급효과를 고려한다면 반드시 병행되는게 좋다.

신호처리 및 해석에 대한 교육효과를 증대시키기 위해서는 응용사례의 발굴, 프로젝트 개발, PC를 이용한 그래픽스 교육도 이루어져야

하며, 스펙트럼 분석기술 이외에 시간영역 파라미터 모형에 의한 신호해석기법(예를 들어 자동회귀-이동평균(ARMA)등의 시계열 모형화)도 최근에는 실시간 응용의 가능성이 높아지는 추세에 있으므로 PC를 이용한 신호처리 및 해석 교육에 반영하는 것이 바람직하다.

참고 문헌

- (1) 1987, "Data Acquisition", Mechanical Engineering, pp.38~41, pp.50~55.
- (2) Braun, S., 1984, "Mechanical Signature Analysis", State-of-the-Art Review, J. Vib., Acous., Stress, and Reliability in Design, Vol. 106, pp.1~3.
- (3) Tokumaru, H., and Sakai, H., 1987, "Recent Trends in Random Data Analysis", JSME International Journal, Vol. 30, No. 259, pp. 14~21
- (4) 1987, Data Acquisition Boards and Software for the IBM PC/XT/AT, Data Translation.
- (5) 1988, MSA-MODAL user's Manual, 한국과학기술원 진동제어실험실.
- (6) 1983~1987, "모우드 해석-이론, 측정기술 및 응용", 산학협동공개강좌 교재, 한국과학기술원.
- (7) 이종원, 김광준, 1982, "DDS의 이론 및 응용(I)", 대한기계학회지, 제22권 제6호, pp. 456~462.
- (8) 김광준, 이종원, 1983, "DDS의 이론 및 응용", 대한기계학회지, 제23권, 제1호, pp. 44~51.
- (9) Braun, S., (ed), 1986, Mechanical Signature Analysis, Academic Press.
- (10) Bendat, J.S., and Piersol, A.G., 1980, "Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis" John Wiley and Sons.
- (11) Bendats, J.S., and Piersol, A.G., 1971, Ran-

dom Data : Analysis and Measurement Procedures, John Wiley and Sons.

- (1) Otnes, R.K., and Enochson, L., 1978, Applied Time Series Analysis, Vol. I : Basic Techniques, Wiley-Interscience.
- (3) Box, G.E.P., and Jenkins, G.M., 1970,

Time Series Analysis-Forecasting and Control, Holden-Day.

- (4) Pandit, S. M., and Wu, S.M., 1983, Time Series and System Analysis with Applications, John Wiley and Sons.



機械工學 · 工業의 最新 技術 情報誌

大韓機械學會論文集에서!

↑ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ ↓
'88年度年間購讀案内

◎ 年間購讀料 : 20,000원 (送料 本會 負擔)

◎ 購讀申請方法 : 書面 또는 電話連絡으로 可能함

住所 : 서울特別市 永登浦區 汝矣島洞 13-31號 (〒150-010)

電話 : (02)783-4571, 4572番

◎ 購讀料納付方法

● 本會에 直接 申請 · 納付

● 郵便對替計座 012401-31-0508903番을 利用하여 申請 · 納付

※ 論文集은 年 8回(KSME Journal 2回 包含)發刊되며, 發刊 즉시 個別的으로 郵送하여 드립니다.