

국가 정밀기술진흥대회 3회연속 금상 수상 결과보고 및 공적내용



金淵哲

국방과학연구소 종합시험단 단장
공학 박사



崔周鎬

국방과학연구소 종합시험단 4팀장
공학 박사



洪成洙

국방과학연구소 종합시험단 4팀
선임연구원



姜奎昌

국방과학연구소 종합시험단 4팀
연구원

국가 정밀기술진흥대회 목적 및 참가결과

국가 정밀기술진흥대회의 목적은 산업의 고도화에 기반이 되는 정밀측정기술의 개발을 촉진시키고 정밀측정 능력을 향상시켜 산업의 품질 경쟁력을 높이며 새로운 계량측정기의 개발의욕을 고취시켜 계측기기의 대외 수입 의존도를

를 낮추어 가는데 있다. 1971년 제1회 대회가 시작된 이래 지금까지 30회째 정밀기술대회가 개최되었다.

본 대회는 국가차원에서 실시되는 기술올림픽에 해당하는 권위와 역사를 가지는 대회로서 산업자원부, 중소기업청 및 한국경제신문사가 후원하고, 한국계량측정협회가 매년 주최하고 있다.

대회 참가대상은 국내 산업체 및 연구기관이며, 포

상부문은 정밀측정기
술상 부문, 정밀측정 능
력상 부문, 계량측정기
개발상 부문 및 국가기
술 발전에 기여한 개인
에게 주는 유공자포상
부문으로 구분된다.

지금까지 종합시험
단의 국가 기술올림픽
에 해당되는 정밀기술
진흥대회에 참가한 실
적은 제27회('97. 11)대
회에서 계량측정기 개
발부문에 "압전형 및
탄성식 압력센서의 교

정장치 개발"에 관한 내용으로 참가하여 금상을 수상
하였으며, 제28회('98. 11)대회에서는 정밀측정기술
상 부문에 "선형변이 차동변압기 센서의 직선성오차
교정장치"를 개발하여 금상을 수상하였다.

그리고 제29회('99. 11)대회에서는 "스테레오 비전
을 이용한 공간좌표의 원격측정기술"에 관한 내용을
발표하였으며, 제30회('00. 11) 정밀측정기술부문에
"도플러 신호를 이용한 속도측정기술"을 발표하여 금
상을 수상하였고, 그동안 계측/교정기술 개발과 계측
/교정능력 향상을 통해 국가산업 기술발전에 기여한
공로로 제30회 정밀기술진흥대회 유공자 부문에서
종합시험단 4팀장인 최주호 박사가 국무총리 표창을
수상하였다.

정밀기술진흥대회에서 우수 첨단기술을 보유하고
있는 산업체 및 연구소들과의 치열한 기술경합을 통
해 4번의 대회참가 중 3회에 걸쳐 금상을 수상받은 최
초의 연구기관으로 기록을 남겼다.

국방과학연구소는 이번에 또다시 금상을 받게 되
어, 일반 산업체와의 기술경합을 통해 연구소의 기술
수준과 능력을 대·내외 기관으로부터 인정 받게 되



제30회 정밀기술진흥대회 단체상부문(금상) 개발 참여자들의 시상장면

었다.

또한 수상기술에 대한 공적내용 및 수상기관 소개
가 한국경제신문, 국방일보 및 대전일보에 특집으로
게재되어 군용기술 우수성의 대외과시를 통해 군 및
연구소 홍보 및 위상을 높일 수 있는 좋은 기회가 되
었다.

군 무기체계를 연구개발하는 국방과학연구소가 정
밀기술진흥대회 참가를 통해 대·내외적으로 공인된
관련기술들을 산업체에 개방 및 기술이전함으로써
국가산업 경쟁력 제고에 기여하였다.

지금은 세계 속의 경쟁력있는 연구소를 목표로 하
고 있기 때문에 세계 수준의 첨단기술 및 기술 경쟁력
을 확보하기 위해서는 대외적인 각종 정밀기술대회
에 능동적으로 참가해야 할 필요성이 증대되고 있다.

우수한 첨단기술을 보유한 산업체들과 기술경쟁을
통해 연구소가 보유하고 있는 분야별 국방관련 기술
이 산업체보다 우수함을 검증받아야만 산업체에서
필요로 하는 관련 기술을 산업체들에게 효과적으로
이전시켜 줄 수 있기 때문이다.

따라서 연구소의 주체인 연구원들이 대외의 각종

정밀기술진흥대회(27회, 28회, 30회) 금상 수상자 인적사항

소 속	이 름	직 급	대 회 수 상 실 적	비 고
종합시험단 4 팀	최 주 호	책임연구원	- 제27회 정밀기술진흥대회 금상 수상(1997년) - 제28회 정밀기술진흥대회 금상 수상(1998년) - 제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상(2000년) - 제30회 정밀기술진흥대회 유공자 부문 국무총리표창 (국가 기술발전 기여 공로)	정밀기술진흥대회 3회 금상 수상
종합시험단 4 팀	홍 성 수	선임연구원	- 제27회 정밀기술진흥대회 금상 수상(1997년) - 제28회 정밀기술진흥대회 금상 수상(1998년) - 제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상(2000년)	정밀기술진흥대회 3회 금상 수상
종합시험단 1 팀	김 윤 겸	선임연구원	- 제28회 정밀기술진흥대회 금상 수상(1998년)	정밀기술진흥대회 1회 금상 수상
종합시험단 단 장	김 연 철	책임연구원	- 제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상(2000년)	정밀기술진흥대회 1회 금상 수상
종합시험단 4 팀	강 규 창	연 구 원	- 제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상(2000년)	정밀기술진흥대회 1회 금상 수상
종합시험단 4 팀	석 광 원	연 구 원	- 제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상(2000년)	정밀기술진흥대회 1회 금상 수상
종합시험단 4 팀	홍 상 기	연 구 원	- 제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상(2000년)	정밀기술진흥대회 1회 금상 수상

정밀기술진흥대회에 자발적인 참가를 통해 자체 보유기술에 대한 대·내외 검증과 이로 인한 창의적인 기술개발을 보다 활성화시킬 수 있도록 연구소 차원의 지원과 관련제도의 뒷받침이 절실히 요구된다.

●정밀기술진흥대회 목적 및 진행절차

*대회목적

- 산업체 및 연구소에 대한 기술개발 촉진 및 개발 환경 조성
- 산업체에 개발된 관련기술 이전/보급
- 산업체 및 연구소의 국가기술 경쟁력 강화 및 핵심기술 선점
- 군용기술의 민수이전 활성화

*주최 및 후원

- 산업자원부, 한국경제신문, 한국계량측정협회

*대회 참가자격

- 산업체 및 연구소

*대회 심사방법

- 1차 현장 심사평가
(관련분야 전문가 그룹 심사평가단)
- 2차 중앙 공개발표 심사
(확대 전문가 그룹 심사위원회)
- 3차 산업자원부 포상위원회 심사
- *포상훈격
 - 대상 1(대통령상), 금상 1(산업부 장관상), 장려상 2(중소기업 청장상)
- *입상기관(입상자)에 대한 특전제공
 - 한국경제 신문에 입상기관 및 개발공적내용 게재
 - 국방일보에 입상기관 및 개발공적내용 게재
 - 대전일보에 입상기관 및 개발공적내용 게재
 - 계량 및 측정 월간지에 입상기관 및 세부 개발공적내용 게재
 - 수상결과를 광고에 넣어 관련기관 홍보특전 부여
 - 입상기관의 기술능력 및 관련 개발제품 홍보
 - 수상된 개발기술 및 제품을 정부기관에서 우선 구매 특전/보급

●정밀기술진흥대회 참가실적

* 제27회 정밀기술진흥대회

- 일 시: 1997. 6. ~ 11.
- 참가제목: 탄성식 압력계 및 압전형 압력센서 자동교정시스템 개발
- 참가결과: 금상 수상
- 기대효과: 연구소 기술능력 홍보 및 관련기술 산업체 이전

* 제28회 정밀기술진흥대회

- 일 시: 1998. 6. ~ 11.
- 참가제목: LVDT(선형차동변압기)를 이용한 왕복운동체의 변위, 속도 및 가속도 측정기술 개발
- 참가결과: 금상 수상
- 기대효과: 연구소 기술능력 홍보 및 관련기술 산업체 이전

* 제29회 정밀기술진흥대회

- 일 시: 1999. 6. ~ 11.
- 참가제목: 스테레오 비전을 이용한 공간좌표의 원격측정기술
- 참가결과: 최종심사에서 탈락

* 제30회 정밀기술진흥대회

- 일 시: 2000. 6. ~ 11.
- 참가제목: 도플러 신호를 이용한 속도측정기술
- 참가결과: 금상 수상
- 기대효과: 연구소 기술능력 홍보 및 관련기술 산업체 이전

제30회 정밀기술진흥대회 금상 수상

●제목:도플러 신호를 이용한 속도측정기술

●개발과제 선정 개요

본 측정기술은 도플러 신호의 주파수 편이를 이용한 속도 측정기술로써 전량 수입에 의존하고 있는 도

플러 레이더의 국산화를 위해 개발되었으며, 시간-주파수 분석기술을 적용하여 고해상도의 속도 측정을 가능하게 하였다.

적용 가능한 분야는 국방분야 뿐만 아니라 산업체에서 이동중인 물체의 속도를 정밀 측정하는 분야에 응용될 수 있다.

*개발목표 및 기대효과

-개발 목표

- 측정범위 : 0 [m/s] ~ 2000 [m/s]
(현재 운용중인 총포탄약 무기체계의 속도 범위)

- 측정오차 : ± 0.05%

-기대 효과

- 기반 기술의 획득으로 인한 측정의 정확도 및 신뢰성 평가 등
- 측정비용 절감
- 사용자 요구에 부합하는 다양한 양식의 시험성적서 발급
- 도플러 레이더 장비의 국산화 기반 조성
- 시간-주파수 분석을 요하는 응용분야 적용 가능
- 시험성적 및 사용자 요구조건에 맞는 최적화 시스템 구축

●개발과제의 기여도 및 효과

*정밀 정확도 및 품질향상

-정밀 정확도

현재 시판되고 있는 다양한 DSP 모듈의 채택으로 요구되는 정밀도 및 정확도에 맞는 시스템의 구현이 가능하므로 정밀 정확도를 가변적으로 할 수 있다. 결국 국 정밀 정확도는 데이터 획득에 사용하는 모듈의 성능과 DSP 모듈의 규격에 의존한다.

또한 시간-주파수 분석에 사용하는 방법에 따라 해상도를 달리할 수 있으므로 정밀 분석용으로 응용할 경우 시간 해상도를 마이크로 초 이하로 설정할 수 있고 고샘플링을 할 경우 주파수 해상도 또한 높일 수 있다.

- 품질향상

현재 외자 도입하여 운용중인 장비에 비해 시간-주파수 분석 기능이 우수하므로 측정의 정확도 및 신뢰도 향상에 기여할 수 있고 사용자환경이 윈도우로 전환됨에 따라 네트워크를 통한 데이터 교환이 가능하므로 장비 성능의 극대화를 꾀할 수 있고 관련 기술의 획득으로 다양한 응용분야에 대한 전용의 소프트웨어 구현으로 효용성이 뛰어나며 사용자 요구에 부합되는 양질의 시험성적서 발급이 가능해짐으로써 측정에 대한 신뢰도가 높아질 것이다.

또한 정밀 무기체계 개발과 일반 산업체에도 적용 가능하므로 국가경쟁력 향상에 크게 기여하리라 본다.

- 경제성

현재 외자 도입하여 운용중인 장비의 구매시 최소 1억원 정도의 비용이 소요되므로 국내 제작할 경우 안테나 비용이 약 천여만원, 신호분석기용 DSP 모듈 및 개발 소프트웨어 비용이 약 3천여만원 정도로 예상되므로 전체 개발비용이 외자 구매에 비해 약 50% 정도의 절감효과가 있을 것으로 기대된다.

- 응용 분야

*도플러 신호를 이용한 속도측정기술

응용가능분야

본 측정 기술은 움직이는 대상체의 속도를 측정하는 분야에 널리 사용될 수 있으며, 특히 높은 시간 및 속도 해상도를 요구하는 정밀 속도 측정에 효과적으로 이용될 수 있다.

- 자동차 성능검사

자동차 충돌시험시 구조물의 충격에 의한 충돌 속도의 변화를 시간별 정밀 분석 및 측정

- 교통흐름 감시

도로의 차량 속도를 정밀 감시

- 레저 및 스포츠 분야

양궁 및 사격경기의 명중도 향상을 위한 속도 분석
야구공 및 골프공의 정밀 속도 측정

- 국방 분야

각종 화포 및 탄약 시험의 탄체 속도 측정

각종 무기체계의 탄도 시뮬레이션을 위한 속도 자료 추출

● 연구 내용

* 서론

탄의 속도자료는 각종 총포 및 탄약의 개발과 수락 시험 성능평가를 위한 기초 자료로 이용되고 있다. 현재 속도를 측정하는 방법에는 코일의 전자기적 특성을 응용한 솔레노이드 코일(solenoid coil) 센서 이용법과 광학적 특성을 활용한 스카이스크린(sky screen) 등을 이용하는 방법, 그리고 전자기파를 이용한 도플러 레이더(doppler radar) 등이 있다.

본 측정기술 연구에서는 도플러 신호 천이 주파수의 시간-주파수 관계 검출을 위해 계산량이 적고 간단한 구조를 가지는 STFT(Short Time Fourier Transform) 기법을 이용하여 전체적인 시간-주파수 관계를 구했고, 계산량이 많지만 시간 및 주파수 해상도가 높은 Wigner-Ville 분포를 사용하여 국부적인 신호해석 방법을 사용하였다.

* 사용된 시간-주파수 분석기술

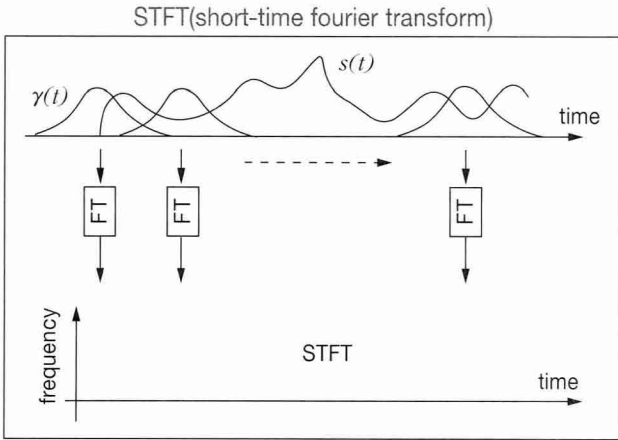
(Joint Time-Frequency Analysis : JTFA)

- Short-Time Fourier Transform(STFT)

전통적인 푸리에 변환에서 신호는 복소정형파 함수(complex sinusoidal function)와 비교를 한다. 정형파 기본 함수는 전 시간영역에 대해 퍼져있고 시간에 대해 고립되어 있지 않기 때문에 푸리에 변환은 신호의 주파수 성분이 시간에 대해 어떻게 연관되는지를 명백히 표현할 수 없다.

이러한 푸리에 변환이 가지고 있는 결점을 극복할 수 있는 간단한 방법은 신호를 시간과 주파수 영역에서 동시에 고립되어 있는 기본함수(elementary function)와 비교함으로써 가능하다. 이는 신호 $s(t)$ 와 기본함수 $\gamma(\tau-t)e^{-jw\tau}$ 와의 내적으로 표현된다.

$$STFT(t, w) = \int s(\tau) \gamma^*(t-\tau) e^{-jw\tau} d\tau$$



여기서 $\gamma(t)$ 는 짧은 시간 구간을 가지므로 윈도우 함수라고 불리며, 앞의 식을 short-time Fourier transform(STFT) 또는 windowed Fourier transform이라고 한다.

STFT는 시간-주파수를 동시 해석하는 다른 방법들에 비해 계산량이 현저히 적으므로 본 측정기술 연구에서 신호 전체에 대한 시간-주파수 해석을 위해 사용하였다.

STFT는 위의 그림과 같이 이해할 수 있는데 먼저 윈도우 함수 $\gamma(t)$ 와 신호 $s(t)$ 를 곱하고 $s(\tau)\gamma^*(t-\tau)$ 의 푸리에 변환을 계산한다. 윈도우 함수 $\gamma(t)$ 는 짧은 시간 구간의 함수이므로 결국 신호의 국부적인 주파수 특성을 알 수 있다.

이 윈도우 함수 $\gamma(t)$ 를 같은 방법으로 이동시킴으로 인해 시간에 따른 신호의 주파수 성분의 변화를 얻을 수 있다.

-Wigner-Ville Distribution(WVD)

WVD는 신호의 자기상관함수(auto correlation)의 푸리에 변환으로 표현되는데 자기상관함수는 종종 신호에 내재된 주기성을 검출하는데 이용되었다. 즉 서로 다른 시간 지연(time lag)에 대해 자기 상관함수를 구하고 이를 푸리에 변환을 하면 서로 다른 시간에 내재된 주파수 정보를 검출할 수 있다.

WVD는 JIFA에서 STFT의 spectrogram이나 wavelet

의 scalogram보다 신호의 시간 변화에 따른 주파수 변화를 표현하는데 보다 우수하지만 cross-term 간섭(interference)으로 인해 WVD의 사용에 많은 제약을 받고 있다. 따라서 WVD의 장점을 유지하면서 cross-term interference를 줄이는 많은 연구가 수행되고 있다.

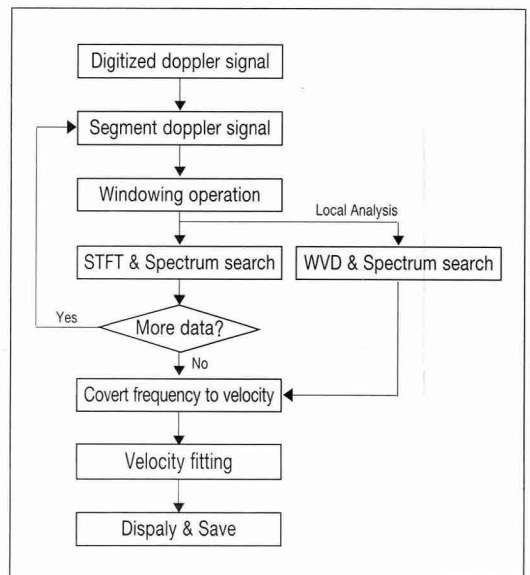
또한 WVD는 STFT에 비해 계산량이 훨씬 많아 실시간 시스템 구현시 하드웨어적인 어려움이 따른다. 따라서 본 측정기술 연구에서 WVD는 신호의 국부적인 해석을 요구하는 부분에 사용하였다.

*STFT 및 WVD 기반 가상 측정 시스템 (Virtual instrument : VI)

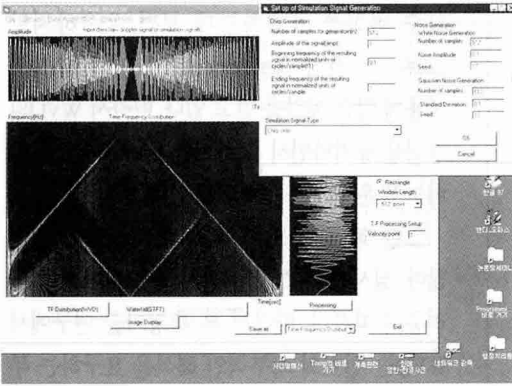
가상 측정 시스템에서 데이터의 획득은 현재 외장 도입하여 사용하고 있는 장비의 획득 데이터를 이용하였고 데이터 분석 및 디스플레이 기능을 비주얼 베이직으로 코딩하였다.

도플러 레이더 신호의 시간-주파수 해석 및 속도 해석을 위한 가상 측정시스템의 해석용 윈도우는 전체 신호 해석용(global analysis)과 부분신호 해석용(local

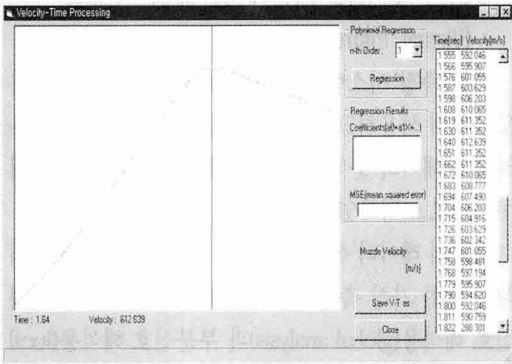
가상 측정시스템 흐름도



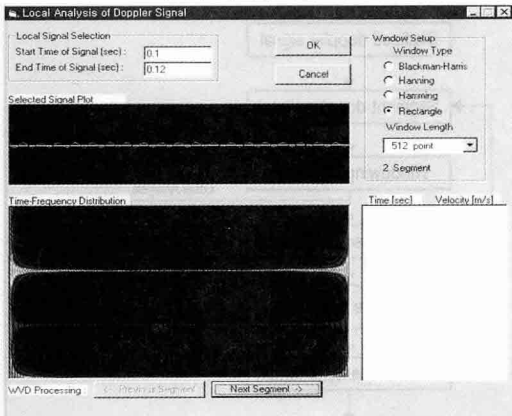
전체 신호해석용 윈도우



속도 해석용 윈도우



부분 해석용 윈도우



analysis)으로 크게 구분된다.

전체신호 해석용 윈도우는 디지털화된 도플러 신호를 시간영역에서 표시할 수 있는 윈도우와 주파수

영역에서 표시할 수 있는 윈도우 및 시간 주파수 영역에서 표시하는 윈도우로 구성된다.

그리고 시간-주파수 해석이 끝나면 이를 속도로 변환하여 시간-속도 관계를 표시하는 윈도우와 속도 데이터를 해석할 수 있는 윈도우가 있다. 시간-속도를 나타내는 윈도우에는 또한 포구 속도 계산을 위한 회귀분석 루틴을 포함하고 있다.

부분신호 해석용 윈도우는 도플러 신호 중 일부를 선택하여 Wigner-Ville 분포를 사용하여 고해상도의 시간-주파수 분포로 도플러 신호를 해석할 수 있도록 구성하였다.

*** 측정 결과**

도플러 신호의 주파수 편이를 이용하여 이동하는 물체의 속도를 측정하는 기술에 대한 성능 시험을 실시하고 속도 측정결과를 예시하였다.

P.33 가운데 그림은 B형 탄종의 전체 신호에 대한 시간-주파수 분포 및 속도를 나타내고 있다.

P.33 가운데 그림은 C형 탄종의 전체 신호에 대한 시간-주파수 분포 및 속도를 보여주고 있다.

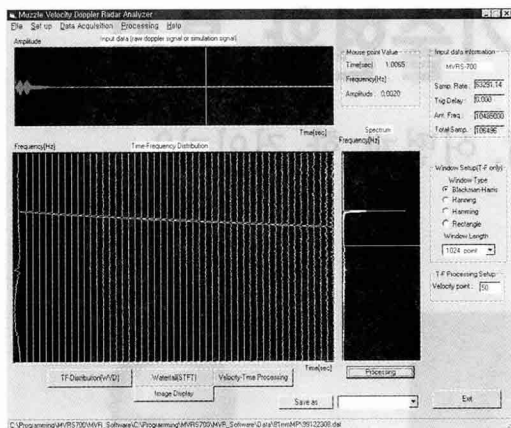
*** 결 론**

탄의 속도자료는 각종 총포 및 탄약의 개발과 수락 시험 성능평가를 위한 기초 자료로 이용되고 있다. 본 연구에서는 탄의 속도를 측정하기 위해 도플러 신호의 주파수 편이를 구하는 시간-주파수 해석 기법에 대해 설명하였고 이를 이용하여 STFT 및 WVD 기반의 가상 측정 시스템을 구현하여 성능시험을 실시하였다. 그리고 몇 가지 탄종에 대해 시간-주파수 분포 및 시간-속도 그래프를 예시하였다.

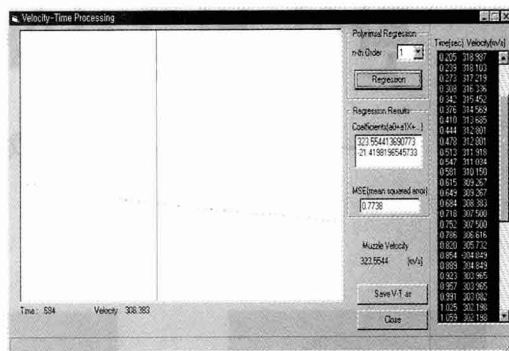
본 측정기술은 현재 전량 외자로 도입하여 운용하고 있는 도플러 레이더 장비의 국산화에 대한 기반 조성을 이루었다는 의의가 있고, 수입 장비들의 분석 기능이 뛰어나 측정 정확도 및 신뢰도 향상을 꾀할 수 있다.

아울러 본 측정 기술에서 사용한 시간-주파수 분석 기법을 관련 응용 분야로 적용가능하므로 그 효용성이 높다.

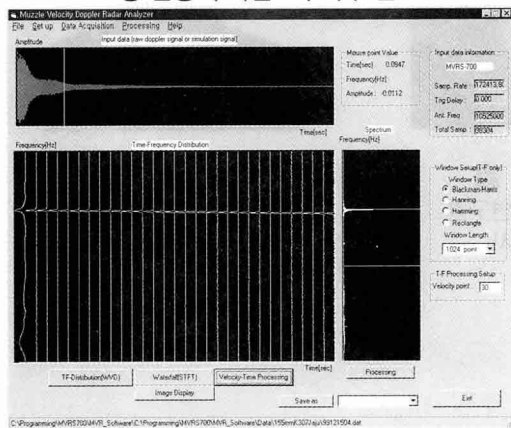
A형 탄종의 시간-주파수 분포



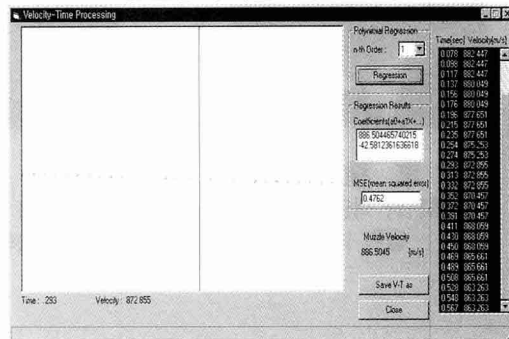
A형 탄종의 시간-속도 그래프



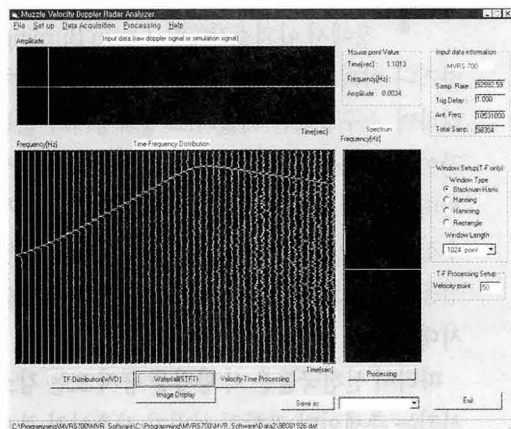
B형 탄종의 시간-주파수 분포



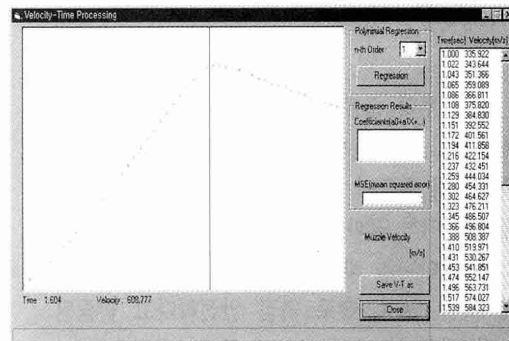
B형 탄종의 시간-속도 그래프



C형 탄종의 시간-주파수 분포



C형 탄종의 시간-속도 그래프



(다음호에 계속)