



원격 교정 기술

- 표준공급의 새로운 개념/e-trace 프로젝트 -

정보시스템표준과 한태수

02)509-7256 han@ats.go.kr

계량기에 대한 표준공급의 새로운 개념으로써 원격으로 교정을 실시하는 시스템이 미국, 독일, 일본 등에서 개발되고 있다. 미국은 표준기술연구소(NIST)를 중심으로 SIMnet라는 프로젝트명으로 개발하고 있으며, SIM은 Interamerican Metrology System의 약자이고 net은 internet을 매개로 하는 교정이라는 의미이다. SIMnet은 통상의 측정기술과 인터넷기술을 조합한 것으로써 북미 및 중남미를 대상으로 하고 있다. 독일은 독일물리공학연구소(PTB)를 중심으로 e-Calibration이라는 프로젝트명으로 진행중에 있다.

한편 일본은 경제산업성 산하 산업기술총합연구소(AIST)내의 계량표준종합센터(NMIJ)를 중심으로「계량기 교정 정보시스템 연구개발」(일명 e-trace 프로젝트)을 2001년부터 수행하고 있다. 대학과 기업이 공동 참여하는 e-trace 프로젝트는 「신에너지·산업기술종합개발기구(NEDO)」의 지원 연구과제로써 5년에 걸쳐 매년 20~30억원 내외의 개발비를 투자하고 있으며, "IT의 활용을 통한 경제구조의 고도화, 국제경쟁력의 강화, 지속적 경제성장과 고용의 확대" 라는 e-Japan 계획의 일환으로 추진되고 있다.

본문에서는 일본의 e-trace 프로젝트에 대한 기술현황을 소개한다.

표준공급의 현황

오늘날의 경영환경은 대단히 급격하게 변하고 있어 경영자는 직원을 보트에 태우고 격류를 헤쳐나가는 입장에 있는 것으로 비유되기도 한다. 급격히 변화하는 상황에 있어서 경영자의 일순간 판단 미스는 전직원을 조난시키기도 한다. 산업계는 값싼 노동력을 구하여 해외로 공장을 이동하고, 필요한 부품은 인터넷으로 조달하고 있으며 시장의 요구에 정확히 일치하는 물건만을 필요한 때에 생산하는 시대로 접어들고 있다.

이러한 상황에서 마켓 니즈를 적시에 파악하고 생산조달과 품질확보 및 판매를 얼마나 신속하게 하느냐 하는 문제가 기업의 성패를 좌우하기도 한다. 산업계에 있어서 마켓 니즈의 적시 파악, 생산조달, 판매결제하는 시스템은 어느정도 발달되어 있으나, 품질보증의 시발점인 표준의 공급방법은 인터넷시대를 따라가지 못하고 있는 실정이다.

현재의 표준공급 시스템에 따르면 표준 공급은 국가표준을 정점으로 하는 고정밀도의 기준량을 보유한 상위 교정기관에서 순차적으로 낮은 정밀도를 보유한 교정기관으로 전파하는 다단계 체계를 취하고 있다. 그리고 계측기기의 교정을 받고자 하는 사용자(기업)

는 계측기기를 교정기관까지 운반하여 접수, 교정 실시, 회수하는 절차를 거친다.

그러나 이러한 공급체계에는 다음과 같은 제약이 있다.

1) 시간적 제약

사용자(기업) 입장에서는 교정이 완료될 때까지 장기간을 기다려야 하는 등 현장의 신속한 요구에 대응할 수 없다(리얼 타임성이 없음)

2) 공간적 제약

교정밀도의 기준량을 적용하는 상위 교정기관까지 이동하여야 하는 공간적 제약으로 인하여 시간, 인력, 경제적 손실을 동반한다.

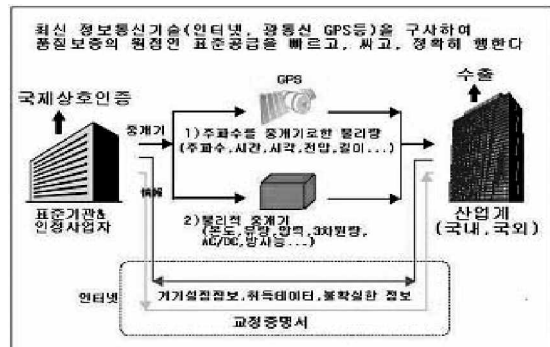
3) 계층적 제약

교정표준의 공급방법은 국가표준을 정점으로 다단계 계층으로 구성될 수밖에 없으며, 이러한 계층적 시스템에 의한 제약으로 인하여 산업현장에서 자체적으로 실시하는 교정은 하위 계층의 정밀도에 의존하게 되어 품질보증에 문제가 있을 수 있다.

e-trace에 의한 새로운 표준공급체계

e-trace의 개념은 그림과 같다. 국제적으로 상호인증을 받은 표준을 소유한 표준기관(또는 인정사업자)가 피교정기기를 갖고 있는 산업계(기업)에 중개기를 보내어 인터넷을 매개로 하여 피교정기기의 설정정보, 부확실한 정보, 측정데이터 등을 상호 통신하고, 여기서 취득한 데이터를 표준기관(또는 인정사업자)가 해석하여 그 결과로 얻어진 중심값 또는 부확실도가 기대되는 값의 허용범위에 들어가면 교정증명서를 인터넷으로 교부하는 시스템이다.

중개기에는 두 종류가 있다. 첫째는 주파수 그 자체



가 중개기 역할을 한다. 즉, 주파수 또는 주파수에 직접 관련되는 량(시간, 시각, 전압, 길이 등)을 전파하는 것이다. 두번째는 주파수에 관련지을 수 없는 량(온도, 유량, 질량, 압력 등)을 전파하는 물리적 중개기가 있다.

주파수 중개기의 경우, 양자역학적 현상을 이용함으로써 현재의 피교정기기 이동에 의한 표준공급 시스템이 갖는 문제점들을 단번에 해결할 수 있게 된다. 예를들어 양자효과와 하나인 조셉슨효과와 GPS(주파수 기준원) 및 통신기술을 이용한 필요조건 설정이라는 수단에 의해 전압의 원격교정이 가능해진다.

전압은 물리량의 기본단위로부터 파생된 단위이나 최근의 전압표준은 주파수로 부터 전압으로 변환하는 거시적 양자효과(AC조셉슨효과)에 의해서 실현되고 있고, 이러한 양자화 전압은 다음과 같이 단순한 수식으로 나타낼 수 있다.

$$V_n = nf / KJ-90$$

여기서, V_n 은 n 수차의 양자화 전압, n 은 정수, f 는 조셉슨소자의 접합부에 조사하는 밀리파 주파수, $KJ-90$ 은 1990년부터 세계적으로 통일하여 사용되고 있는 조셉슨 정수에 대한 협정값이다(= $2e/h = 483,597.9 \text{ GHz/V}$). 상기 수식에서 알 수 있듯이 양자화 전압의 정확도는 조셉슨 접합에 조사하는 밀리파 주파수의



정확도에 대응한다. 이러한 양자화 전압의 많은 값에서 피교정 전압에 가장 가까운 차수의 전압을 선택하여 기준전압으로 하고, 그 기준전압과 피교정 전압의 차이를 평형검출기로 검출하여 그 차이가 가능한 작게 되도록 밀리파 주파수를 제어하여 평행이 되도록 한다. 액체 헬륨온도의 죠셉슨 전압과 실온의 피측정 전압을 연결시키는 신호선의 열기전력 효과를 없애는 절차를 거치면서 통계적으로 의미있는 회수의 측정을 반복하고, 기준전압에 평형전압을 가산 또는 감산하여 최종적으로 값을 정한다. 불확실도를 줄이기 위해서는 열기전력뿐만이 아니고 절연저항에 의한 리크전압 등을 없애는 방안들도 모두 고려하여야 한다.

이러한 수순은 인터넷을 매개로 하여 산업현장에 있는 피교정기에 대해 교정기관에서 컴퓨터 제어로 단시간에 실시할 수 있다(시간적 제약의 극복).

밀리파 주파수는 위상제어기술에 의해 고정밀도로 주파수가 안정화되고, 그 기준으로 되는 주파수는 지구측위시스템(GPS) 위성에서 보내지는 신호 클럭에서 복원된다. 그리고 교정장치의 설정조건(죠셉슨 접합에 조사하는 밀리파 주파수, 양자화 차수 n , 장치에 대한 종합적 불확실도)을 통신으로 전파하면 멀리 떨어져 있어도 동등의 기준전압을 복원할 수 있다. 그렇게 복원한 기준전압과 피교정 대상 전압과의 평형 전압이 얼마인가를 측정하면 원격지사이에서도 동등한 교정이 가능하게 된다(공간적 제약의 극복).

더구나 이러한 방법에 의하면 산업현장인 공장에 있어서도 국가표준과 동등한 정도의 고정밀도를 유지하게 된다(계층적 제약의 극복).

주파수를 증개기로 사용하여 원격교정이 가능한 표준으로는 시간표준, 직류 및 교류에 대한 전기표준 그

리고 길이표준이 있다. 길이 표준의 경우, 파장을 이용한 길이표준, 광화이버를 응용한 길이표준, 요소안정화 헬륨-네온 레이저 기술을 이용한 길이표준 등 세 가지 원격교정 표준이 개발중에 있다.

한편, 주파수에 관련되지 않는 량에 대해서는 교정기관이 물리적 증개기를 인정사업자에게 송부하고, 화상통신기술 등을 활용하여 설정조건을 확인하고 취득한 데이터를 인터넷으로 보내는 수단을 이용하는 것으로 인정심사 시간을 대폭 단축하는 것이 가능하다. 이와 관련되어 개발되고 있는 원격교정 분야는 방사능 표준, 3차원 측정기표준, 유량표준, 온도표준, 역학표준 등이다.

원격교정의 신뢰도 문제와 향후 과제

e-trace는 시스템의 구성단계에서 보면 아직은 하드웨어적 요소 기술을 개발하고 있는 단계이다. 이와같은 요소기술의 개발과 함께 시스템 업을 위해서는 정보처리기술, 인터넷 접속시의 보안, 외부 기업에서 교정기관인 NMIJ로 데이터를 송부할 때 발생하는 화이어월 그리고 데이터의 정확도에 관한 신뢰도에 관한 사항 등 보완해야 할 문제점이 다수 있다.

e-trace의 최대 난관은 "원격교정의 정밀도를 신뢰할 수 있는가" 하는 점이다. 원격 교정이 시간적, 공간적, 계층적 제약을 극복하는 등 아무리 많은 이점이 있다고 하여도 주파수 공급에 대한 정밀도를 신뢰할 수 없다면 그림의 떡에 불가하다. 이러한 관점에서 주파수 정밀도에 대한 많은 실증실험은 물론이고 각 분야별 요소기술에 대한 실증 실험도 많이 요구되고 있다.

그러나 현 시점에서 화이어월에 관한 문제는 이미

극복되었고, 주파수 공급에 대한 실증실험에서는 3×10⁻¹² 정도의 고정밀도를 확인하고 있어 원격교정에 대한 기술적 주요기반은 확립하였다고 하여도 과언이 아니다. 일본은 '65년도 초기에 일부 분야에 대한 상용화를 계획하고 있으며, 원격교정에 의한 표준 공급 체계가 확립될 경우 표준의 공급방법에 대한 새로운

전기를 맞이하는 계기가 될 것으로 기대된다. 그리고 산업계로서는 표준공급 시간의 단축, 해외에 있는 자국기업에 대한 표준공급 가능, 저렴한 교정요금 등의 이점이 있어 급격히 변화하는 경영환경에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 