

# 실시간 현장계측의 신기술

이종국 ((주)데이터피씨에스 대표이사)

## 1. 서언

필자는 1985년 수공학 석사과정을 시작한 이래 수공학 전공 대학원생들의 대화에서 이런 말을 자주 듣게 된다. “수공학 분야는 답이 없어. 이론치와 측정치의 결과가 50%~100% 틀리는 경우가 보통이야. 하기가 200%~300% 안 틀린 것이 다행이지.” 물론 이런 말로서 정확을 기해야 할 대학원생들의 의무를 저버리고자 하는 것이 아니라 교과서에 제시된 여러 이론치를 가용한 측정치에 적용해 보면 자조 섞인 푸념의 실체를 확인하게 된다. 필자는 이론치가 틀린 것인지 측정치가 틀린 것인지가 정말로 궁금했었고 많은 연구 보고서에서 주어진 측정치를 이론치에 적용해 볼 때 마다 이 궁금증은 한층 더해졌다. 이럴 때 고민을 해소하는 우리 모두의 묵시적인 가정은 다음과 같다.

### “측정치는 100% 정확해”

이러한 확실한 믿음 위에 정상적인 이론이나 모형임에도 불구하고 이론치의 매개변수를 조절해가며 마지막 결론인 “이론치 실측치”를 얻기 위하여 모든 노력을 기울여 결과적으로 원하는 내용을 손에 쥐게 되었다. 그러나 아쉽게도 만족한 결론을 얻었던 매개변수를 다른 측정치에 적용해 보면 지금까지의 노력이 헛수고임을 확인하는 적이 한 두 번이 아니었다.

석사과정중에 이러한 아이러니를 실감하고 미국 오키호주립대에서 현장계측을 통한 호수 바닥경계측에서 유사 이동의 문제를 연구하던 중에 이론치

와 실측치가 지수승의 차이를 보이는 것을 보고 이러한 문제가 단순히 국내의 문제만이 아니라는 생각에 이르게 되었다. 그때 그 고민을 촉발했던 미국에서의 석사과정 논문은 영광스럽게도 JGR 99호(Bedford and Lee, 1994)에 실리게 되었지만 필자의 관심은 이미 다른 쪽으로 기울기 시작하였다. 바로 그 관심은 정확한 측정치를 얻기 위한 모든 노력, 즉 측정기기의 제작에서 자료에 해석까지 전 과정을 직접 수행하는 관심이었으며 그 때문에 필자는 부진공을 NDT(Non-Destructive Testing, 비파괴검사)를 택하여 수공학 전공자로서 택하기 어려운 현장계측의 기본 기술을 익히게 되었다. 8년전 이러한 모험을 선택한 이후로 현재까지 수공학 및 수자원의 많은 분야에서 정확한 측정치를 확보하기 위한 제반기술의 개발과 보급에 노력해 왔으며 그 결과의 하나로 99년도 건교부 신기술 제 150호(“PCS 전화기를 이용한 건설현장 계측기기의 구성”)를 명지대 여운광 교수와 공동으로 획득하는 성과를 얻기도 하였다.

이 글에서는 앞서 언급한 바와 같이 수자원과 수공학 분야의 신기술개발의 초석이 되는 정확한 측정치를 얻기 위한 노력 중에서 특히 실시간 현장계측 기술의 현황과 앞으로의 발전 가능성을 살펴보고자 한다.

## 2. 현장계측 필요성

현장계측 기술이란 현장에서 발생하는 물리적인 변화를 현장에서의 실제모습 그대로 계측하는 방법을 말한다. 예를 들면 필자가 참여한 한국 도로공사와 명지대학교의 연구과제인 “서해대교 교각주변의

세굴예측 및 방호대책에 관한 연구”(김성환 외, 1998)는 군말뚝 교각에서 교랑 세굴의 추이를 초음파 세굴 측정센서를 이용하여 직접 모니터링한 보고서이다. 서해대교 교랑 세굴 연구는 서해대교의 교각 형태가 기존의 하천교랑 세굴에서 주로 다루어진 단일교각 주변의 세굴 양상과는 다른 군말뚝 교각에서의 세굴 양상을 다루는 것으로 현재까지 이론적인 접근이나 실내모형 실험이 극히 드물었던 경우로서 현장계측의 효용성을 효과적으로 보여주었다.

현장계측은 기존의 이론이나 실내 모형 실험으로 해결하기 어려운 복잡한 현상 등을 규명하고자 할 때 그 진가가 나타난다. 현장계측을 수행하기 위한 일반적인 방식은 측정하고자 하는 물리량을 감지할 수 있는 센서와 데이터로거를 현장에 설치하고 물리량의 변화를 충분히 도출해 낼 수 있는 기간동안 샘플링을 수행하는 것이 일반적인 방법이다. 그러나 현장계측에는 다음과 같은 어려움이 있기 때문에 그동안 활발히 수행되지 못했다.

만약 우리가 홍수시 홍수위와 유속을 현장계측을 통하여 측정한다고 상상해 보자. 우선 측정을 수행하고자 하는 연구원이나 엔지니어는 침두 홍수위를 포착하기 위하여 밤이나 낮에 상관없이 항상 현장에 나설 준비를 하여야 한다. 대부분 곤한 잠을 자던 새벽녘에 현장으로 나서야 하는 경험을 누구나 한번쯤은 갖고 있으리라 믿는다. 또한 현장계측의 대상은 자연의 현상이기 때문에 기상상태에 따른 현장계측 조건은 상상하기 어려울 정도로 열악한 경우가 대부분이다. 필자가 1994년도 미국의 Lake Erie 호에서 경계측 실험을 수행할 때에도 1톤도 되지 않는 보트에서 파도와 바람과 싸우며 실험하던 생각이 역력하며 그때 기억으로는 거의 반죽음 상태가 되던 것으로 생각된다. 셋째로 현장계측은 실내 실험과 같이 효과적인 장비를 사용하는 것이 어렵기 때문에 단순한 과정도 시간과 정력이 많이 소모된다.

현장계측의 몇 가지 어려운 점을 나열했지만 현장계측을 수행하는 모든 사람은 항상 다음과 같은 꿈같은 상황을 그려보곤 한다. “사무실에서 맛있는 커피 한잔을 마시며 현장의 모든 상황을 알 수는 없을까?”

### 3. 현장계측의 발전

현장계측의 어려움을 극복하고자 하는 노력은 다양한 형태로 현장계측의 발전을 가져왔다. 가장 간단한 형태로 무인 자동화 현장 계측 방법이다. 현장자료를 수집하는 데이터 로거가 주변기기와 센서의 작동을 통제하면서 스스로 현장계측을 수행하는 것이다. 보통 이런 현장계측을 자동화 현장계측(Automated Data Acquisition, ADA)이라고 한다. 자동화 현장계측보다 한 단계 더욱 진보된 형태는 유선이나 무선(Radio Frequency, RF) 또는 위성(Satellite)을 이용하는 실시간 현장계측(Real-time Data Acquisition, RDA)이다. 원격지에서 현장에 설치된 데이터 로거를 실시간(Real-Time), 준실시간(Near Real-Time), 주기적(Periodic)으로 연결하여 현장의 상황을 마치 현장에 상주하는 것처럼 계측을 수행하는 방법이다.

유선을 이용하는 실시간 현장계측은 기상청의 AWS (Automatic Weather Station)등처럼 유선의 확보가 비교적 용이한 장소에서는 널리 쓰이고 있으나 출입이 어려운 장소에서는 보통 전송 노이즈의 삽입, 서지의 출현, 낙뢰의 피해 등과 유선자체의 한계점인 선관리 어려움으로 인해 열악한 건설공사 현장이나 수자원·수공학 분야의 응용에는 많은 어려움을 내포하고 있다. 그래서 해안가의 부이라든지 산 정상 등에서는 RF모형을 이용한 지근거리 자료전송 방법이 채택되고 있으나 거리에 따라 제한을 받는 전파법의 규제로 인하여 실제적으로 사용상 많은 불편을 초래하고 있으며 무선국 자체를 운영하는데에도 경비가 만만치 않다. 특히 요즘 들어 급격한 이동통신의 사용증가추세는 기존의 무선 텔리미터망의 성능 저하를 간접적으로 초래하고 있으며 사용빈도가 적은 텔리미터망 자체를 유지 보수하는 일은 경제적 부담이 크다. 위성을 이용하는 데이터 자료전송 기술은 이미 수자원공사등 비교적 고품질의 전용 전송망을 확보할 수 있는 기관에서는 한가지 방법이 될 수 있지만 초기 설치비가 과다하고 제한된 전송속도 및 위성 분포에 따른 시간제한과 송수신에 따르는 부대

시설의 규모 등에서 개인이나 소규모 단체가 직접적으로 사용하기에는 어려운 점이 많다. 특히 위성은 대기권을 통과하는 진파경로의 특색으로 인하여 기상상태의 영향을 타 방법에 비하여 많이 받는 어려움이 있다.

이러한 각 방법에 차이점에 기초하여 실시간 현장계측은 그 용도에 따라 다양하게 시도되어 왔으나 실제로 수자원을 연구하는 학교 또는 개인이 기존의 원격측정 방법을 이용하여 다양한 현장계측을 수행하기에는 어려움이 많았다. 결국 이러한 환경적인 조건들이 최근 몇 년사이 관심이 증폭되고 있는 실시간 현장계측 기술의 어려움으로 제시되어 왔으며 이 문제를 해결할 혁신적이고 범용적인 방법의 도래를 갈망하고 있었다.

#### 4. 혁신적 실시간 현장계측 기술의 출현

지난 10 여년간 현장계측을 직접 수행하고 계측기를 개발하면서 현장계측을 수행하기 위한 일반조건으로서 다음과 같은 점을 염두에 두고 일을 진행하고 있다. 첫째 현장계측은 자동계측이 수행되도록 기기와 조작 자체가 자동화(Automated)가 바람직하다. 둘째 데이터로거는 크기가 작고 전원의 소모가 적으며 즉시 교체 가능한 범용성을 지녀야 한다. 셋째 데이터로거는 아날로그와 디지털 입출력이 가능하며 칩단의 지능센서(smart sensor)등을 자유자재로 조작 할 수 있도록 다양한 인터페이스를 지원해야 한다. 또한 현장의 조건은 대부분 국지성(locality)을 내포하고 있으므로 현장계측기가 다른 산업용 기기처럼 표준화되기보다는 다양한 조건을 수용할 수 있도록 유연성(flexibility)이 있어야 한다. 마지막으로 현장의 열악한 조건이나 혹독한 기상조건을 이기기 위하여 내구성, 내한성, 방폭성을 갖도록 설계되어야 한다.

위와 같이 현장계측을 원활히 수행할 수 있는 일반조건을 제시하였지만 최근 2년간의 PCS를 데이터 통신을 이용한 본격적인 실시간 현장계측 경험을 통하여 얻은 성공적인 실시간 현장계측의 핵심요소는

다음의 2가지임을 질실하게 느꼈다.

첫째 현장계측기의 안정적인 전원확보는 실시간 현장계측의 성패를 좌우할 만큼 중요하다. 좋은 예로서 할리우드 영화 "아폴로 13호"의 장면중에는 지구로 귀환하는 장면이 있는데 지구 궤도의 재진입하는 방법을 놓고 엔지니어들 사이에 격론이 벌어진다. 모든 의견들이 개진되고 검토되지만 한 엔지니어가 다음과 같은 대사를 외친다. "Power is everything." 그리고 지구궤도 재진입에 필요한 전원을 확보하기 위하여 즉시 최소로 필요한 전원만을 유지한 채 모든 전원을 끌 것을 명령한다. 그 결과로 3인이 우주비행사는 혹독한 영하의 실내온도를 견뎌내야 하는 안타까운 장면이 펼쳐지나 다행히도 무사히 지구로 귀환하게 된다. 지난 2년간 벤처기업 (주)데이터피씨에스를 이끌며 수많은 실시간 현장계측기의 설계와 운영에 관여한 경험으로 비추어 보면 실시간 현장계측에 있어서 안정적인 전원의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다.

두 번째 요소는 현장의 열악한 상황을 고려해 볼 때 실시간 통신수단으로서 무선통신이 월등한 장점을 지니고 있다는 사실이다. 무선의 효용성은 전쟁영화의 여러장면을 살펴볼 수 있는데 아군이 적군의 집중 포화와 공격을 당하여 상황이 위급할 때 모토라라의 휴대용 무선기를 이용하며 본부와의 마지막 교신을 시도하는 경우를 보게 된다. 물론 전투전에는 참호까지 유선통신 수단을 보통 이용하지만 일단 상황이 발생되면 무선통신의 장점은 쉽게 드러난다. 즉 유선은 모든 경로에 직접적으로 영향을 받게 됨으로 쉽게 끊어지고 무선은 단말기가 살아 있는 동안은 언제나 통신 가능한 상태가 된다. 결과적으로 현장의 열악한 조건은 유선을 설치할 수 없는 경우가 비일비재하며 현장관리의 측면에서도 설치 후에 유선의 위험부담이 크다. 그리고 무선 기능의 장애는 많은 경우에 단말기와 데이터로거를 점검하는 데서 그칠 수 있지만 유선은 모든 연결부에 대한 점검이 필요하다. 더욱이 현장설치 일정이 촉박한 경우에 무선통신 수단은 설치 즉시 개통을 할 수 있는 장점이 있으며 설치 후 테스트도 현장에서 할 수 있는 부가적인 장점



현장계측의 혁신적인 개념인 것이다. 그림 2.는 이 같은 무선 인터넷을 이용한 실시간 현장계측의 개념을 정리한 그림이다.

무선 인터넷을 이용한 현장계측은 한지점의 현장계측 결과가 10초 이내에 인터넷을 통하여 최종 목적지까지 전달 가능하며 동시에 수십~수백 곳의 정보도 같은 시간에 접속이 가능하기 때문에 모든 곳을 동시에 조회할 수 있다. 따라서 앞서 비교한 RF 텔레미터망이 3분정도의 시간이 걸린다면 무선 인터넷을 이용하면 10초 이내에 모든 곳의 정보를 획득할 수 있으므로 기존의 RF 텔레미터 방법보다 18배 이상 현장의 상황을 빨리 파악할 수 있는 시스템이 가능하다.

또한 무선 인터넷을 이용한 계측은 일 대 다의 네트워크뿐만 아니라 다 대 다의 네트워크 구성도 가능하기 때문에 정보의 공유가 훨씬 수월하며 실시간 현장계측이 수행되는 추이를 여러 곳에서 살펴볼 수도 있어서 현장계측의 신뢰도를 증가시키는 이점도 있다. 이러한 실시간 현장계측의 혁신을 몰고 온 주된 요인은 바로 우리에게 너무나도 친숙해진 이동 데이터통

신의 급속한 기술발전에 기인한다. 불과 1년 전만 해도 감히 상상하기 어려웠던 이동 통신을 이용한 실시간 현장계측은 현재로 국내의 현황을 보면 전국적으로 망이 확대되었고 서비스 비용이 획기적으로 낮아지면서 첨단 통신기기가 수시로 발표되기 때문에 그 경쟁력은 기존의 어떤 방법보다도 월등하게 되었다. 다만 아쉬운 것은 정보통신 분야의 발전은 폭발적인데 비하여 이 발전을 수용하여 새로운 실시간 현장계측기기를 개발하고 활용하는 수자원·수공학 분야의 응용은 그 속도가 느린 것이 안타까울 뿐이다.

이제 이러한 무선 인터넷 실시간 현장계측을 이용하면 중앙 부처의 재해 담당관은 홍수나 태풍 등이 엄습할 때 현장에서 발생하는 갖가지 재해 위험 상황을 언제 어디서나 자신의 컴퓨터 스크린에서 실시간으로 모니터링 할 수 있으며 환경오염을 담당하는 공무원은 지방출장 중인 차 속에서도 폐수를 무단 방류하거나 오염 물질을 투기하는 생생한 현장을 즉시 포착하여 즉각적인 대응책을 수립 할 수 있는 꿈같은 실시간 현장계측의 세계가 가능한 것이다. 결과적으

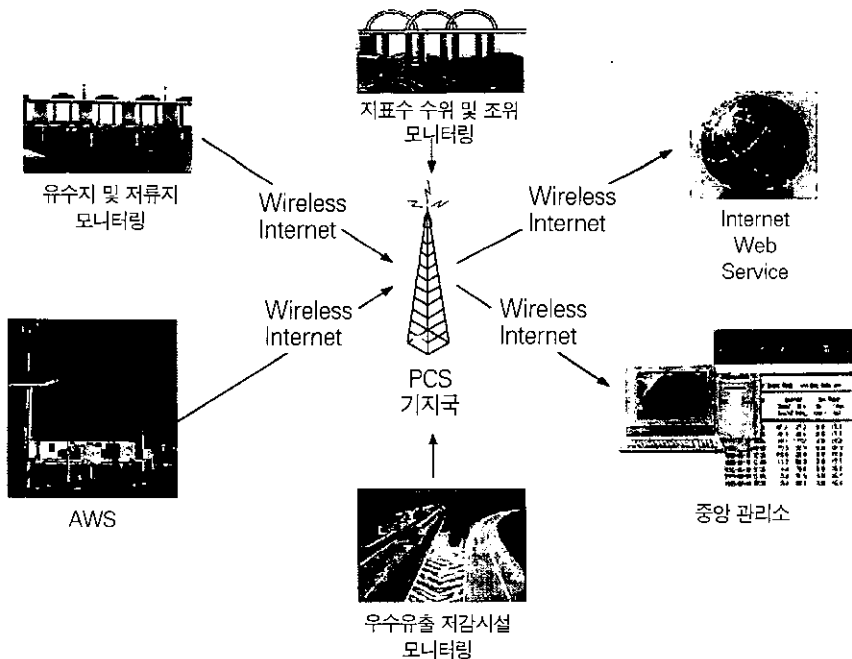


그림 2. 무선 인터넷을 이용한 실시간 현장계측의 개념도

로 현장의 모든 상황은 때와 장소에 구애없이 자신이 원하는 통신수단(컴퓨터, 이동통신기기, Fax, 전화 등)을 이용하여 즉시로 통보되며 데이터베이스와 전문가 시스템을 장착한 컴퓨터를 이용하면 실시간 현장 상황에 근거한 적절한 대책을 즉시로 수립할 수 있고 그 내용을 감독기관에 바로 통보하여 재난을 예방하며 재해복구를 신속하게 할 수 있는 효과적인 시스템을 구축할 수 있게 되었다.

## 5. 결론

최첨단의 이동데이터통신 기술의 출현에 근거한

혁신적인 실시간 현장계측 기술의 개발은 기존의 여러 가지 어려움 때문에 그 효용성이 제한적이었던 실시간 현장계측의 중요성과 가치를 재창조하게 되었다. 특히 전국적으로 100% 디지털 무선 데이터 통신망과 무선 인터넷 망을 갖춘 국내의 이동통신 환경을 생각해 볼 때 지금이야말로 수자원·수공학, 환경 및 토목분야에서 실시간 현장계측의 꽃을 피울 수 있는 절호의 기회라고 하겠다. 이러한 기회를 수자원 분야의 연구와 기술개발의 전기로 삼아 실시간 현장계측을 활성화하여 정확한 실측자료를 확보하고 우리나라에서도 이 측정치에 근거한 세계적인 이론과 기술이 탄생할 수 있기를 간절하게 기대해 본다. ●

## 〈참고 문헌〉

Keith W.Bedford and Jongkook Lee(1999),  
 "Near-bottom sediment response to combined  
 wave-current conditions, Moblie Bay, Gulf of  
 Mexico", Journal of Geophysical Research, Vol.99,  
 No.C8, 16,161~16,177  
 김성환, 정경자, 명지대학교(1997.12~1998.12),  
 "서해대교 교각주변의 세굴예측 및 방호대책에 관한  
 연구", 한국도로공사 도로연구소 지반연구실

Woonkwang Yeo and Jongkook Lee(2000), "An  
 Automatically Controlled Data Acquisition  
 System", ICHE 2000, Seoul, Korea  
 서규우, 김동현, 송일준(2000), "도시수문관측을 위한  
 동의대 시험유역 Rating Curve의 산정", 대한토목학회  
 학술발표회, 논문집(Ⅲ), 495~500