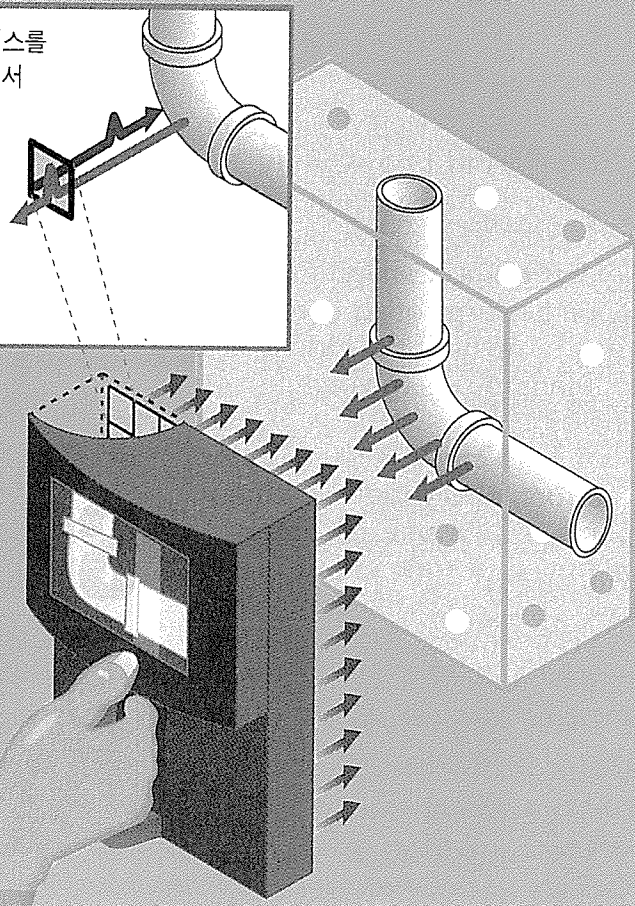


1. 레이더모듈이 짧고 날카로운 펄스를 보낸 뒤 정밀한 시간동안 대기하면서 에코(메아리)를 관찰함으로써 벽의 깊이를 알아본다. 만약에 미리 약정한 순간에 에코가 오지 않으면 파이프는 너무 가까이 있거나 너무 먼곳에 있는 것이 틀림없다.

2. 다른 모듈도 같은 작업을 차례로 한다. 이 과정을 되풀이 하면서 벽속으로 조금씩 더 깊이 관찰한다.

3. 컴퓨터는 이 데이터들을 수집하여 묻혀있는 파이프의 영상으로 처리한다.



첨단과학현장

생활현장으로 진출하는 레이더

玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>

전파의 반사로 대상체의

위치를 측정하는 레이더는 2차대전 이래 사용되어 온 오랜 기술이다.

본시 적의 항공기나 선박을 탐지하는 군사용으로 개발된 레이더는 차츰차츰 민생용으로 전환되면서 항공기와 선박들은 이 기술을 이용하여 충돌을 피하는가 하면 천문학자들은 천체의 표면을 그리는데 사용하고 기상전문가들은 이 기술을 이용하여 폭풍을 추적한다. 그러나 몇해 전만해도 담배갑 크기의 싼 개인용레이더가 등장하여 인간활동의 구석구석까지 침투할 것이라고 예상한 사람은 거의 없었다.

개인용 레이더시대

워크맨 크기의 레이더시스템이 도난방지용 알람에서 연장에 이르는 온갖 장치 속에 모습을 드러낼 날도 멀지 않았다. 이 미니 레이더는 화장실 탱크 속의 물의 수준과 승용차 엔진 속의 오일수준을 측정하는가 하면 운전자가 후진할 때 미처 보이지 않는 곳에 사람이나 물체가 있다는 것을 경고하고 충돌할 때 에어백이 촉발하는 것을 감시한다.

미 국립로렌스리버모어연구소 연구관인 토머스 맥이원은 이 연구소에 있는 세계 최강의 노베레이저가 만들어 내는 미니 핵융합반응출력의 측정방법을 연구하는 가운데 개인용 레이더를 구상하게 되었다. 핵융합반응을 모니터하기 위해 고안한 이 기술을 레이더 수신기로 사용할 수 있다고 생각하고 담배갑 크기의 플라스틱박스 속에 모두 10달러 상당의 부품을 다져 놓고 작동시키는데 성공했다.

맥이원의 '마이크로파워 임펄스 레이더'(MIR)는 초당 각각 수십억분의 1초 동안 존속할 수 있는 2백만개의 펄스를 방사할 수 있다. 이 펄스의 사정거리는 45m 또는 그 이하인데 배터리 한개로 몇몇동안 가동할 수 있다. MIR은 값이 싸고 작을 뿐 아니라 기분 나쁠 정도로 정확해서 1인치(2.54cm) 정도의 짧은 거리도 측정할 수 있다. 그런데 맥이원은 당초 이 기술의 잠재력을 고작 도난방지용 알람 정도로 이용할 수 있다면 다행이라고 과소평가했다.

그러나 지난 2년동안 3천개 이상의 기업들이 이 기술을 검토했고 그중에서 15개사가 특허사용료로 각각 10만달러씩 내놓았다. 맥이원은 30건의 특허를 출원하거나 보유하고 있는데 로렌스리버모

어연구소의 특허협정에 따라 1백50만달러의 특허료중에서 그의 몫으로 약 30만달러를 손에 넣게 될 것이다.

벌써 첫번째 제품이 출하되기 시작했다. 미국 캘리포니아주 몬로비아의 아메리건사는 맥이원의 레이더를 센서 속에 넣어 운전자들이 후진할 때 충돌하는 것을 피하는 것을 돕는다. 경고등과 근접하면 소리가 높아지는 알람을 가진 이 레이더는 1997년부터 6~7종의 승용차 모델에서 사용하게 된다고 아메리건사는 말하고 있다. 이 기업은 또 엘라이드 시그널사와 함께 완전한 자동차안전시스템을 개발하고 있다. 그중에는 승객이 의자 앞쪽으로 기울어질 때 레이더가 이 사실을 알려 승객의 에어백을 천천히 열어 주는 장치도 포함된다.

콘크리트다리의 점검

가장 복잡한 마이크로파워시스템은 일련의 레이더 모듈을 가진다. 이 장치는 땅 밑이나 또는 벽 뒤의 콘크리트를 뚫고 들어가서 영상을 식별할 수 있다. 여러 모듈이 만든 데이터를 소형 프로세서를 사용하여 한개의 영상으로 조합한다. 맥이원은 현재 미 국방부와 함께 지뢰탐지기를 개발하는 한편 미국 교통부와 협력하여 콘크리트다리 속의 금속보강재의 부식을 점검할 장치를 개발하고 있다.

인기있는 '스터드 센서'를 생산하고 있는 지르콘사는 콘크리트 속의 강철과 벽 속의 파이프를 찾아낼 레이더장치를 만들고 있다. 또 지하에 묻힌 와이어, 파이프 그리고 하수도관을 찾을 수 있는 장치도 생산할 계획이다. 이런 연장들은 종래 전기용량의 변화를 찾아 벽 속의 볼트를 탐지하는 '스터드 센서'보다 훨씬 정확하고 다양성을 가진다.

MIR은 종래의 레이더와 마찬가지로

신호를 내보낸 뒤 그 메아리를 청취하여 작동한다. 그러나 재래식 레이더가 모든 메아리에 대해 주의를 기울이는 것과는 달리 이 장치는 이를테면 3m라든가 일정한 거리 밖에서 오는 메아리만 감시한다. MIR은 또 이 거리를 조절할 수 있다. 바로 이런 점이 이 시스템을 간편하고 싸게 만들 수 있는 열쇠가 된다. 그런데 재래식 레이더는 메아리와 모든 거리에서 오는 흩어진 신호를 걸러내어 선별해야 한다.

맥이원은 또 비용을 많이 들이지 않고도 레이더의 펄스(파동)를 탐지하는 기막힌 방법을 고안했다. 이 시스템은 돌아오는 신호에 대해 일련의 '스냅샷'(순간사진)을 찍는데 메아리마다 정확한 시간에 돌아오게 되어있다. 실제로는 전압 수준의 측정인 이 '스냅샷'은 콘덴서에 저장된 뒤 '스냅샷'을 찍는 사이사이에 싸고 속도가 느린 전자소자를 사용하여 분석한다.

MIR이 실용면에서 먼저 성공을 거둔 분야는 탱크 속에 얼마나 많은 액체나 또는 고체가 있는가 측정하는 까다로운 작업이었다. 그런데 포말이나 수증기 또는 먼지를 수용하고 있는 탱크는 물론 극단적으로 높은 압력이나 온도의 탱크는 매우 정교한 센서도 쉽게 따돌릴 수 있다. 예컨대 초음파는 신호가 액체표면이 아니라 기술린증기의 열층에서 반사되는 경우 속아 넘어가기 십상이다. 그러나 이 레이더 센서는 액체의 표면으로 곧장 뚫고 들어갈 수 있어 그런 걱정은 없다.

돌발홍수의 감시

실제로 현재 석유, 가스 및 화학공장의 레벨 컨트롤(수준제어장치)을 팔고 있는 미국의 타이탄 테크놀로지사는

기계식 플로트 센서값의 3분의 1 밖에 안되고 재래식 레이더를 사용하는 레벨 센서값의 10분의 1 밖에 안되는 개당 1천달러로 MIR센서를 내놓고 있다. 이 값은 필요한 레이더와 제어용 회로가 단일 칩으로 통합되면 더욱 더 떨어질 전망이다.

한편 건설분야에서는 미국 클리블랜드의 파일 다이내믹스사가 이 레이더를 시스템 속에 내장하여 강철이나 콘크리트 기초파일이 얼마나 더 땅 속으로 들어갈 수 있을까 하는 것을 기록할 수 있게 되었다.

또 환경분야에서는 미국 윌밍턴의 리모트 데이터 시스템즈사가 돌발홍수(큰 비로 좁은 골짜기 또는 비탈진 곳에 돌발적으로 맹렬한 기세로 흘러 내리는 홍수)에 대비하여 강과 하천을 감시하거나 폐수처리장이 넘쳐 흐르지 않게 확인하는데 사용하는 배터리작동의 수면 모니터를 선보였다.

그런데 만약에 맥이윈의 설계를 한개의 칩에 수용하여 1달러 안팎의 싼 값으로 팔게 될 때 히트제품으로 시장을 휩쓸게 될 것 같다. 맥이윈은 그 시기가 1년 이내로 다가온다고 생각하고 있다. 이렇게 되면 벽을 뚫는 레이더의 값은 50달러 이하로 떨어질 것이며 자동차의 후진감시용 레이더도 25달러 이하로 장착할 수 있게 될 것으로 기대된다.

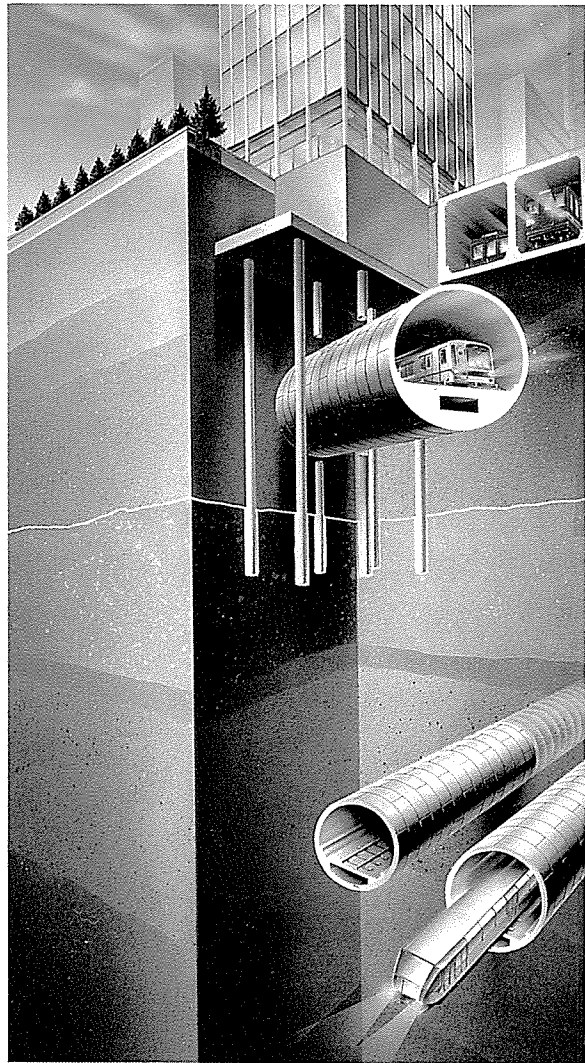
라이다의 새 역할

그런데 레이더가 사용하는 전파(또는 전자파)나 마이크로파는 그들의 파장보다 큰 대상물만 볼 수 있다. 그래서 최근에는 라이다(마이크로파 대신 펄스 레이저광을 내는 레이더와 비슷한 장치)가 주목을 받기 시작했다. 라이다는 비교적 연조가 짧지만 1996년 9월 초 독일에서

열린 레이저 및 전자광학에 관한 유럽회의에서 밝혀진 것과 같이 매우 빠른 진전을 보이고 있다. 예컨대 기상 전문가들이 큰 덩어리의 공기에 적용하던 레이더의 원리가 현재는 뮌헨 소재 엔지니어링사인 카이저-트레데사가 개발한 시스템 덕에 보다 작은 규모의 공에게도 적용할 수 있게 되었다. 항공기가 착륙할 때는 항적(航跡: 항공기가 지나간 형적을 이은 선)에 난기류를 낚는다. 그래서 다음에 착륙할 항공기는 이 난기류가 사라질 때까지 기다려야 한다. 먼 거리에서는 이 교란된 공기를 조종한 공기와 구별하기 어렵기 때문에 항공기들은 필요 이상으로 오래 대기하게 된다.

카이저-트레데사의 폴커 클라인과 동료 과학자들이 개발한 '오딘'이라는 이름의 이 시스템은 항공기가 착륙할 때 그 후방공간을 겨냥하여 적외선 레이저를 발사한다.

이윽고 항공기 후방의 공기에서 나온 희미한 반사광이 민감한 광탐지기로 돌아온다. 만약에 빛을 반사하는 공기 덩어리가 레이저쪽을 향해 이동하거나 레이저로부터 멀어지면 반사된 빛은 본래의 광선보다 약간 짧거나 또는 긴 파장을 갖는다. 이것은 '도플러 효과' (예컨대 경찰의 사이렌소리가 당신을 향해 다



▲ MIR은 콘크리트벽 속의 파이프는 물론 지하에 묻힌 와이어, 파이프 그리고 하수도관도 찾을 수 있다.

가을 때는 가락이 높게 들리고 멀어질 때는 가락이 낮게 들리는 것과 같은 효과) 때문이다. '오딘'은 이 파장의 변화와 빛이 왕복여행을 하는데 소요되는 시간을 측정한다. 공항통제관은 빠른 속도로 오가는 빔(光束: 빛다발)을 주사(走査)하여 항공기가 활주로에 진입할 때 풍속(風速)의 입체적인 순간사진을 만들 수 있다.

대기오염 탐지

라이다는 레이더가 접근할 수 없는 다른 재주도 부릴 수도 있다. 예컨대 대기

오염을 측정하는데 사용할 수 있다. 그런데 분자는 모두 어떤 특정한 파장의 빛을 흡수한다. 예컨대 공장굴뚝에서 나오는 한줄기 깃털같은 증기에도 빛을 쬐어 줄 때 이 증기가 흡수하는 빛으로 미루어 이 증기 속에 무엇이 포함되어 있는가를 알 수 있다. 그러나 이 증기가 어떤 빛을 흡수했는가 알기 위해서는 먼저 이 증기에도 어떤 빛을 쬐어 주었는지 정확하게 알 필요가 있다. 이런 종류의 제어할 수 있는 것은 레이저뿐이다. 그러나 대부분의 레이저는 단지 한개의 파장만으로 비친다.

따라서 특정한 오염물질을 탐지하려면 정확하게 들어맞는 파장의 빛을 내는 레이저를 가져야 한다. 여기에는 두가지의 파장이 필요하다. 그중의 하나는 흡수파장이며 다른 하나는 비교용의 약간 다른 파장이다. 그러나 오염물질마다 2가지의 레이저를 사용하자면 다루기 어려울 뿐 아니라 비용도 많이 든다. 그래서 조율이 가능한 한개의 레이저가 필요하게 된다.

그런데 종래의 레이저의 심장부는 결정체로 되어 있다. 여기에 에너지를 공

급하면 에너지는 결정체의 원자 속에 갇히게 된다. 마침내 일부의 원자가 가뒀던 에너지가 특정한 색깔(특정한 파장)의 빛의 모양으로 새어 나온다.

이 작은 섬광(閃光:번쩍하는 빛)은 다른 원자들이 빛을 방출하는 것을 부추겨 결국 하나의 농축된 빛의 펄스를 만든다. 빛의 파장은 원자의 배열(결정체의 형태)에 따라 결정되기 때문에 쉽게 변경할 수 없다. 그러나 광범위한 색깔을 방출하는 재료도 더러 있다. 따라서 조율할 수 있는 레이저를 만드는 비결은 필요한 색깔만 방출하게 제한하는 것이다.

이런 조율이 가능한 레이저는 매우 적은 양의 티타늄과 같은 금속이 섞인 사파이어(剛玉)로 만들 수 있다. 정상적인 레이저에서는 결정체에 에너지를 공급하면 약간의 원자들이 빛을 방출하지만 사파이어의 경우는 여러 가지 색상의 빛을 방출한다. 이때 다른 색깔의 빛은 모두 걸러내면 필요한 색깔을 선택할 수 있고 이것을 다시 결정체로 되돌려 주면 같은 색깔의 레이저 펄스를 부추겨 줄


수 있다. 다른 하나의 방법은 결정체가 자리한 구멍의 크기를 조절하여 선택된 색깔의 빛만 그 속에서 공명하면서 레이저 펄스를 만드는 것이다.

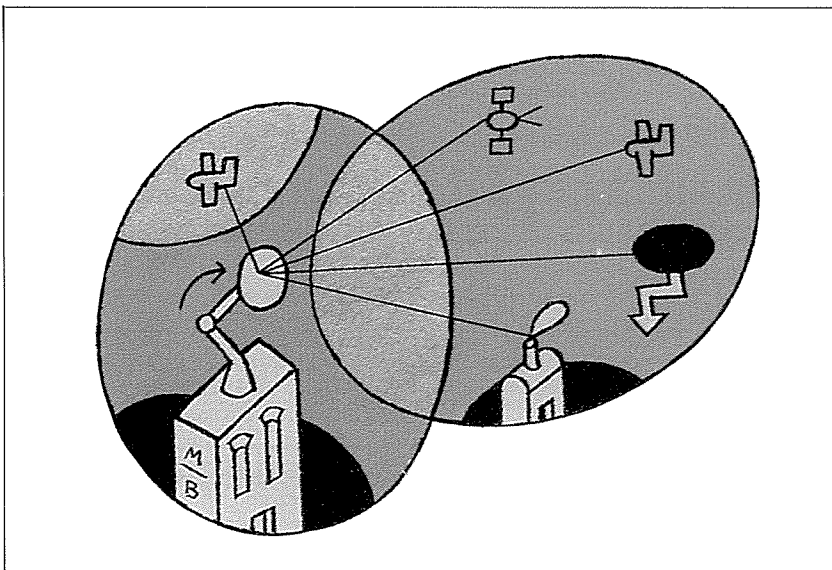
유류유출 탐지

티타늄-사파이어 레이저는 이산화황, 산화질소 그리고 오존과 같은 오염물질이 가장 강력하게 흡수하는 파장인 일부의 자외선 스펙트럼을 상당부분을 커버할 수 있다. 그러나 한번에 여러 종의 화학물질을 정확하게 탐지하자면 이리 저리 뛰어 다녀야 하는데 이 레이저에게는 그런 민첩성이 모자란다.

그래서 일부 연구자들은 다른 결정체를 찾고 있다. 예컨대 리옹 소재 크로드 베르나르대학의 장 피에르 윌프탐은 세륨을 섞은 결정체에 눈을 돌리고 있다. 아직도 상업화까지는 상당한 시일이 소요되겠지만 이 결정체는 보다 작은 파장들을 커버할 수 있는 특성을 갖고 있어 기대를 걸고 있다.

한편 이 스펙트럼의 다른 끝인 적외부 영역에서는 이보다 더 재치있는 방법으로 일을 처리하는 길이 열리고 있다. 과학자들은 레이저를 만지작거리는 대신 레이저에서 나오는 출력을 이용하는 방법을 찾고 있다. 일부의 물질은 빛이 통과하는 각도에 따라 레이저광을 서로 다른 색깔로 바꿀 수 있다.

이런 '광 파라메트릭 오실레이터(발전기)'는 에탄, 프로판 그리고 부탄과 같은 탄소화연료가 흡수하는 적외선대에서 특히 효과적이다. 런던 근처에 있는 영국 국립물리학연구소의 마틴 밀턴이 개발한 라이다는 이미 유럽 최대의 석유회사들이 석유저장소에서 증기로 새어 나가는 수백만달러 상당의 연료를 탐지하는데 사용하고 있다. 



▲ 넓어지는 레이저의 응용분야를 표현한 캐리커처