

1. 서론

1970년도 코닝의 저손실 광섬유 개발로 광섬유가 광통신의 획기적인 발전을 가져오면서 광통신 시장은 다양한 변화와 비약적 발전을 이루어 왔고 동시에 광섬유의 장점에 주목하여, 지속적으로 센서로의 응용도 많은 연구가 있어 왔다. 과거 한국을 방문한 앨빈 토플러가 한국의 미래는 “융합기술”에 달려 있다고 주장했던 것처럼, 광섬유 산업은 광섬유를 이용한 간단한 액세서리 판매 시장부터 요즘은 바이오 산업처럼 보다 고부가가치의 스마트한 산업과 접목된 새로운 광·IT 융합 센서 시장이 대두되고 있다. 이 중에서도 광섬유 센서를 이용한 조선, 건설, 에너지, 군사, 철도, 보안, 의료 등의 다양한 분야에서 광섬유의 장점을 활용하여 보다 빠르고 정확하게

성장으로 2017년에는 33억 달러 이상에 이를 것으로 전망하고 있다.

초기에는 광섬유 센서는 유럽이나 미국 등의 센서 강국에서 들어오는 주요 기술과 제품으로 국내 센서 시장이 발전될 수밖에 없었지만 국내에서도 자체적인 기술개발로 광센서 계측 장비 개발 및 연계 기술 상용화 등으로 더욱 관련 연구가 활성화되고 있다. 그 중심에 국방과학연구소, 에너지기술연구소, 항공우주연구원, 한국과학기술원 등 연구기관들과 파이버프로와 같은 민간 기업의 많은 노력이 있어 왔다.

이 글에서는 이러한 광센서 시장에서 다른 산업군과의 융합으로 발전된 스마트한 광·IT 융합 센서 시장으로 무엇이 존재하고 어떤 장점이 있는지에 대해서 알아보고자 한다.

특집 1 ■ 2017 OFS-25 국내유치 기념

스마트한 광·IT 융합 센서 시장

이미진*

측정할 수 있는 수 많은 광·IT 융합 센서에 대한 연구 및 실제 적용 사례들이 붐을 이루고 있다. 단순기술로 인한 한계를 넘어서서 광센서 기술이 접목되어 보다 스마트한 세상으로의 진입은 기술의 확대 및 상승 이외에 실질적으로 윤락하고 안전한 삶의 지평을 열고 있다는 점에서 큰 기대를 받고 있다.

시장 전문 조사기관인 Frost & Sullivan에 따르면 광섬유 센서 세계 시장은 2010년에 6억 5,640만에 달한 것으로 예측하고 있다.² 이것은 모든 광섬유 센서 시장을 수용하고 있는 것으로 2017년까지 연평균 26.0%의 높은

2. 광·IT 융합 센서 관련 시장

일반 광섬유 자체를 센서로 이용하는 Distributed Temperature Sensing solution(DTS)이나 포인트 센서로 Fiber Bragg Grating(FBG), (광섬유 브래그 격자)을 이용한 방법 등 같은 광섬유 센서라 하더라도 상황에 따라 패키징 기술 및 노하우를 이용하면서 다양한 솔루션들이 중요한 기술로 대두되며 실제 현장에서 사용되고 있다. 사용분야의 목적에 따라 위치별로 특정 지점의 정확도가 필요한 경우는 FBG 센서를, 광역의 분포를 측정

* (주)파이버프로

스마트한 광·IT 융합 센서 시장

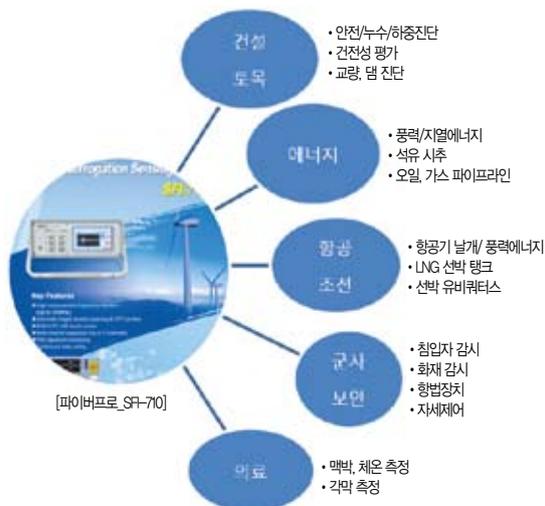


그림 1. 광·IT 융합 센서 응용 시장

하고자 하는 경우는 분포형(Distributed) 센서를 이용할 수 있다. 또한 그 효율 가치를 보다 더 극대화시키고자 두 가지 방식의 센서를 혼용하여 적절하게 배치하는 방식도 최근 들어서 사용 빈도수가 증가되고 있다. 광센서 시장은 경쟁이 심한 시장이기 때문에 자체적인 기술 및 제품 확보가 중요하다. 하지만 내수시장에서는 근접성과 즉각성의 요구에 의해 전체 솔루션에 대한 유지, 보수 관리 등도 중요한 요소로 작용하고 있다.

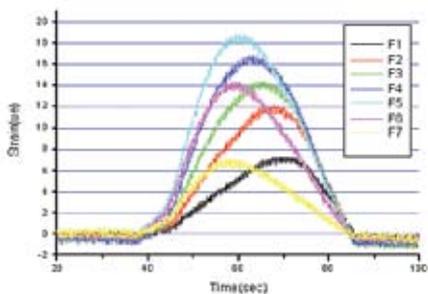


그림 2. 광섬유 센서: 잡음 0.5ue

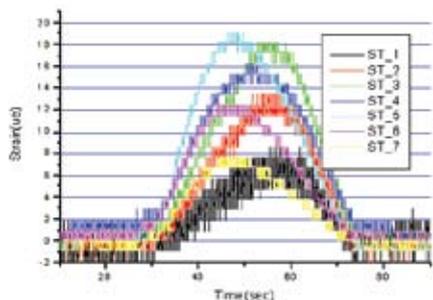


그림 3. 전기센서: 잡음 1~2ue

가. 건설, 토목, 보안

전체 센서 시장에서 현재 20~21% 정도를 차지하고 있는 부분으로 건물, 구조물 등이 점차 대형화되고 안전도의 문제가 대두되면서 측정에 대한 필요성이 지속적으로 커지고 있다. 교량, 댐, 터널, 대형구조물 등을 보다 효과적이고 빠르게 진단하기 위해서는 기존의 전기센서들이 가지고 있던 한계들을 극복할 필요가 있다.

이에 광섬유 센서는 전기적 잡음에 무관하고, 화재 및 누수에 민감하지 않으며 가느다란 광섬유 케이블에 수백 포인트 이상의 센서를 새길 수 있어서 포인트 별로 구리 연결선이 필요하던 전기 센서에 비해서 정밀하고 쉽게 네트워크화를 통한 멀티 포인트를 측정할 수 있고 수명이 긴 반영구적이라는 장점이 있다. 또한 잡음 측면에서 광섬유 센서는 전기 센서에 비해서 노이즈가 적어 정밀 관측에 유리하다.

기존 전기 센서와 광섬유 센서를 이용하여 교량을 지나는 차량의 하중 변화를 계속하여 획득한 데이터를 그림 2, 3에 제시하였다. 실험 결과에서 보듯이 광섬유 센서의 잡음이 0.5ue 이하로 3~4배 정도 전기 센서보다 잡음 영향력이 적고 정확한 계측 값을 얻어낼 수 있음을 알 수 있다.³

센서 설치 후 정기적으로 실시간 모니터링하는 Smart



그림 4. 철로 변형 구간 감시



그림 5. 교량 하중구간 감시

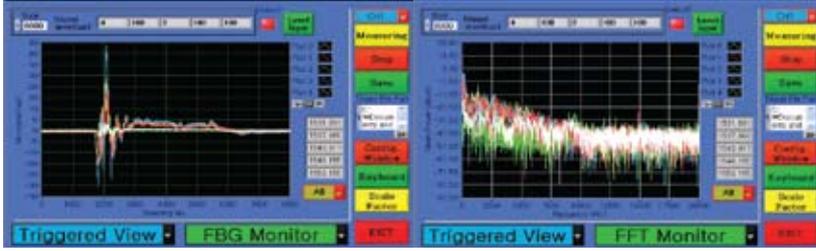
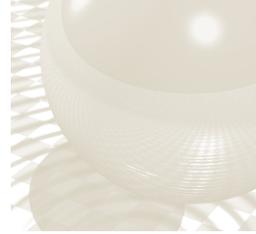


그림 6. 항공기 날개의 충격파형 포획 및 FFT 스펙트럼_SFI-710(파이버프로)

structural health monitoring system(SHM)의 최적의 방안으로 광섬유 센서는 현재 철도 일부 구간 노선, 고층 건물 하중 침하 측정 등에 다양하게 기존 기술과 융합되어 광섬유 센서 기술이 사용되고 있다. 지하철이나 터널 등의 왕래가 많지 않는 곳에서도 시공 및 전생애주기로 지속적인 모니터링할 수 있는 광센서 융합 솔루션은 안전 강화에 큰 힘이 되고 있다.

나. 에너지, 항공, 조선

2012년을 기준으로 센서 시장의 대략 45%를 차지하는 해당 산업은 2017년에는 57.4% 이상 그 중요도 및 가치가 상승할 것으로 예상하고 있다.⁴ 제일 큰 부분은 Oil & Gas 시장으로 여기에 많이 사용되는 센서로는 분포형 센서, Distributed Temperature Sensor(DTS)가 있다.

현재 그린에너지 정책으로 이슈가 되고 있는 풍력 에너지 산업에도 블레이드나 내부 제너레이터 등의 모니터링을 위해서 화재나 낙뢰의 위험성이 없고 초고속으로 온도와 응력 등의 변화량을 잴 수 있는 광섬유 센서가 사용되고 있다. 또한, 항공기 날개 부분이나 기체변형⁵, 해양 플랜트 산업의 기구 구조물 안전진단⁶ LNG 탱크 수압 모니터링⁷, LNG Carrier platform 모니터링⁸ 등의 스마트한 구조물의 변화 측정에도 광섬유 센서 솔루션이 융합되어 사용되고 있다. 특히 로켓 발사체나⁹ 요트 안전성 확보 등의 레저 산업¹⁰ 등 특화된 시장 내에서의 광 센서 적용은 다양한 기술 방식으로 구현되어 현재 가장 각광 받고 있는 주요 기술 과제의 핵심으로 대두되고 있다.

선박 산업 관련해서도 장비와 전체 통합 시스템의 효율적인 관리를 위해서 선박 장비 네트워크와 광센서가 도입된 선박 관리 네트워크의 구조화된 유비쿼터스 해상 정보망에는 광 솔루션과의 융합 기술이 핵심이라고 볼 수 있다.¹¹ 이 또한 기존 전기 방식을 대체하는 광섬유 센

서가 감지도가 높고 소금기나 전자기 간섭 등의 영향을 받지 않는 안전용 센서이기 때문에 해당 산업에도 그 응용 분야가 확대되고 있다. 쇠빙선이나 LNG 캐리어 선박의 경우에는 선체의 부식이나 유동에 의한 변위발생을

실시간으로 모니터링하는 센서 기술과¹² 함께 IT 기술이 접목되어 실제로 대기업의 중공업 분야에서는 많은 적용 사례들이 보이고 있다.

특히 Oil & Gas, 시추 산업 분야는 광섬유 센서와의 융합 기술에 적극적인 관심을 보이고 있다. 아래 그림 7은 해상구조물 고정 케이블 모니터링에 적용한 예이다.

다. 보안, 의료

의학 기술이 발달하면서 고령화 인구가 증가되고 이제 는 60대도 청춘이라는 말이 어색하지 않은 사회가 되었다. 주치의의 가까이 두고 진료를 받는 것처럼 광·IT 융합 센서 솔루션이 의료산업에도 영향을 미치고 있다. 특히 보수적으로 인식되는 한의학에서도 맥을 짚는 기술을 한의사의 진맥 대신에 광섬유 센서를 이용하여 정확하고 인체에 무관한 맥진기 개발 등에 관심을 보이고 있다.¹⁴ 그리고 광센서 기술을 가장 유용하게 접목할 수 있

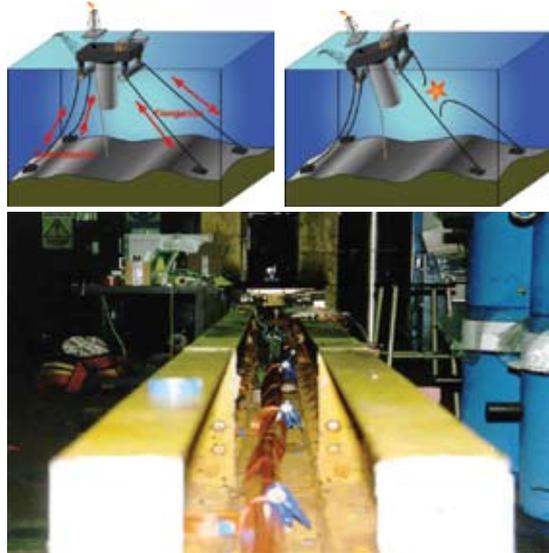


그림 7. 해양 플랜트 안전진단 Smart Ropes³

스마트한 광·IT 융합 센서 시장

는 보안 시장은 침입자 감시, 철책선 감시, 석유 및 가스 파이프 라인 등의 Oil & Gas 산업 모니터링, 제조 공정의 전력선 감시, 반도체 공정의 DUCT 감시 등 안전과 보안에 대한 기존 감시 방식에 광섬유 센서 융합 기술을 접목하여 그 활용도의 폭을 넓혀 많은 사용 목적에 맞게 응용되어 사용되고 있다.

광섬유 센서가 갖는 장점과 유용성이 이제는 이미 현장에서 검증이 되었기 때문에 이에 대한 도입이 활발하고 관련 기술을 보유한 회사와의 협력을 통한 전문 융합 기술 확보에도 박차를 가하고 있다. 해외 시장에서의 이런 경향성에 대해서 국내 관련 협회나 회사, 국가 공인

연구소에서도 컨소시엄 구성 등을 통하여 유수의 관련 기술 및 솔루션 확보 등이 필요하다고 보인다.

광섬유 센서를 이용한 침입자 및 철책 감시 등의 보안 사업 분야에서는 단순한 움직임에 대한 계측활용이 있어 왔다. 최근에는 파이버프로의 음향 센서 기술(Acoustic Fiber Sensing Solution)을 이용한 장비를 활용하여 실제로 침입 현장에서 일어나는 소리 감지 및 도청에 대한 가능성이 더해지면서 더욱 효과적으로 보안사업 분야에서 광섬유 센서가 사용되고 있다.

라. 기타

Schematic representation of Omnisens DITEST-AIM Solution

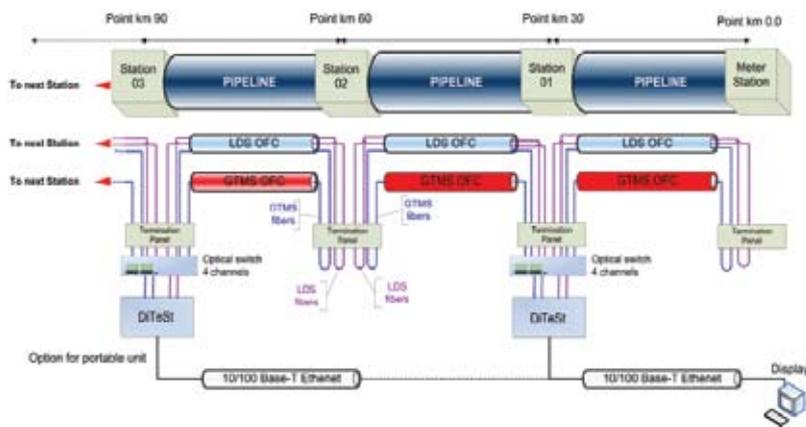


그림 8. 가스 파이프 라인 누출 모니터링¹⁵

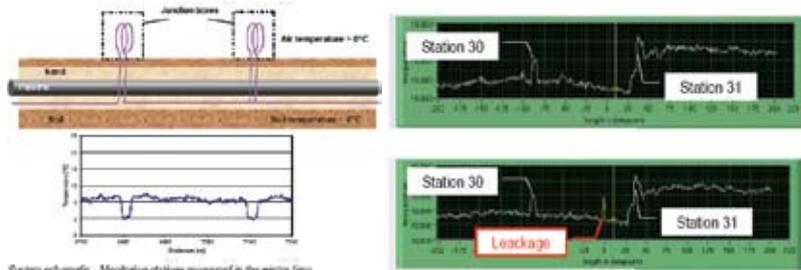


그림 9. 염수 파이프 라인 누수 모니터링¹⁶



그림 10. 침입자 감시 모니터링¹⁷

위에서 언급한 시장 외에도 광섬유 센서 기술과 융합하여 현장에서 응용하여 적용된 사례들이 많다. 공동 시설 등의 쓰레기 자동 집하클린넷 시스템도¹⁸ 지속적인 배관의 유지, 관리를 위해 광섬유 센서 기술을 도입하였다.

또한, 음향 센서로서 광섬유를 사용하여 도청 및 탐지 기능을 접목한 응용사례들이 나오고 있고, 자동차 산업과의 융합을 통해서 지능형 자동차 센서 시스템 개발이 이루어지고 있다.¹⁹ 직접적인 현장 적용을 위한 운전면허 시험장의 노선 변경센서나 주유소의 유량체크 센서 등에도 광솔루션이 접목된 융합기술이 상용화를 위해서 실험되고 있다.²⁰ 이외에도, 군수산업에서도 광섬유 센서를 사용하여 군사적인 기술을 한층 더 끌어올리는 많은 연구들이 행해지고 있다.

구조적인 센서 모니터링 이외에도 극 저온에서의 온도 변화 감지에 대한 광섬유 센서 이용²¹ 및 환경 변화에 따른 복합

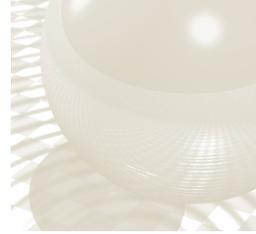
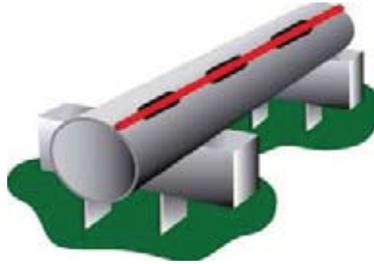


그림 11. 쓰레기 자동 집하 클린넷 시스템 모니터링



지는 초고속 측정 장비(SFI-710), 85nm 이상의 광 대역 파장 영역으로 멀티 포인트 센서를 측정할 수 있는 장비 (IFIS 100), 광 센서 기반 확대와 기초 연구를 위한 가격 경쟁력이 높은 장비(SFI-700) 등을 시장에 선보여서 풍력에너지 산업에서의 블

재료 성분 분석 등의 연구 분야에도²² 광섬유 센서 기술이 융합되어 좋은 결과물을 만들어 내고 있다.

이 외에도 문화재 관리를 위해서 실시간으로 광섬유 센서를 이용하여 화재 감시나 역사적 공간 및 건축 구조물 침해에 대한 연구가 이루어지고 있다.²³

레이드 측정, 항공기 날개 관련 프로젝트, 기초 토목 대학연구 활용, 조선 및 선박 응용 프로젝트, 군수 산업 등에 다양하게 사용되고 있다.

이외에도 각 분야의 용도에 맞도록 광섬유를 패키징하여 거친 환경에 설치할 수 있고 재사용이 가능하도록 제작된 광 센서들을 함께 공급하며, (주)파이버프로는 장기간 축적된 노하우를 이용하여 센서 제작 및 부착 용역 등을 기술과 함께 전반적인 솔루션을 시장에 제공하고 있다.

최근에는 DTS 기술을 이용한 화재 감시, 음향 센서 (Acoustic Fiber Cable Identifier)를 이용한 보안 감시 등 다양한 광 센서 기술을 가지고 다른 분야와 융합할 수 있는 제품 및 기술 분야로 개발이 이루어지고 있다.

3. 광·IT 융합 센서 솔루션

시장에 관련 회사는 많지만 다양한 솔루션이라는 측면에서 (주)파이버프로 제품 위주로 알아보기로 한다. 국내 유일의 광·IT 융합 센서 솔루션을 제공할 수 있는 업체로서 이미 십여 년 전부터 해당 기술로 제품화 및 기술 노하우를 통한 많은 프로젝트를 진행해 왔다. 특히 자체 특허를 보유한 다양한 광섬유 브래그 격자 센서 시스템을 개발하여 국내·외 판매를 지속해 왔고 이와 함께 각 분야에 적합한 센서들을 함께 공급함으로써 집적된 노하우로 해당 분야에 종합적인 대표 솔루션을 제공해 왔다. 특히 최근에는 100KHz sampling frequency를 가

4. 결론

작은 구멍가게나 식당에서도 메뉴 개발이나 지속적인 노력이 없이는 단 한 개의 상품도 판매하기가 쉽지 않다. 마찬가지로 광섬유 센서와 측정기 등을 응용분야에 실제 적용하는 측정용 소프트웨어를 포함한 지속적이고 종합적인 접근이 광 융합 센서 시장에서 중요하다고 볼 수 있다.

많은 분야에서 기존 센서의 단점을 극복하고 광섬유 센서가 가질 수 있는 장점을 극대화하여 다양한 기술과 광·IT 센서 기술을 융합한 새로운 기술이 다방면에서 응용되어 사용되고 있다. 균열이나 파손을 실시간으로 모니터링하여 안전 감시 시스템 기술을 확보하거나 구조 안전성 평가가 상대적으로 미흡한 선박에 적용하여 경제적인 효과와 안전 예방을 거둘 수 있기도 한다. 이처럼 단순하고



그림 12. Multi-channel type_IFIS 100



그림 13. High speed type_SFI-710



그림 14. Cost effective type_SFI-700



그림 15. Multi-channel high speed type_SFI-710M

스마트한 광·IT 융합 센서 시장

폐쇄적으로 기존 기술 방식만을 고집하기보다는 혁신적인 광·IT 센서 기술을 융합하여 각 분야별 경쟁력을 강화하고, 틈새 기술을 확보하여 발전해나가는 광섬유 센서 산업 활성화에 기여할 수 있도록 해야 한다.

이와 더불어 광 센서 관련 산업에 대한 다양한 기술교류와 관련 신규 제품들을 만나볼 수 있는 가장 큰 행사 중의 하나인 OFS-25가 2017년 국내에서 개최되기로 확정되었다. 전 세계를 돌며 2년마다 열리는 중요한 센서 학회로, 해외에서도 수 많은 방문자 및 발표자들이 참여한다. 국내에 OFS-25가 유치되는 좋은 기회를 발판 삼아 국내 유수의 기업과 관련 연구기관들이 협력하여 국내보유의 핵심 기술들을 선보일 수 있도록 다양한 솔루션들을 만들어 내야 할 것이다.

물론 이를 위해서는 단순한 업체의 장비개발이나 연구소의 실험적인 일회성 프로젝트가 아니라 향후 환경 기술 경쟁력까지 갖출 수 있는 선진화된 산업 발전 및 고도화를 위해서 첨단 연구 및 인프라 조성을 위한 국가적 중소기업 개발지원 및 다양한 기술 교류 등이 이루어질 수 있도록 정부 차원에서의 많은 노력과 협조가 있어야 할 것이다. 무엇보다 안전이나 예방에 대한 실사용자의 인식 제고, 제도 정비는 시급하다고 할 수 있다.

따라서 중소기업들은 자체적으로 신뢰성 높은 고부가치 창출을 위한 기술개발에 힘쓰고, 관련 연구 기관에서도 국내 기업 업체 기술을 우선적으로 반영하여 상호 보완할 수 있는 연구 방안이 마련되어야 한다. 단기간 내 결과 창출을 위한 인프라 조성이 아닌 산업화의 발전에 발맞추어 보다 조직적으로 전략적 우위를 다질 수 있는 광·IT 센서 기술융합을 선도 기술의 핵심전략으로 가져갈 수 있는 광 융합 기술의 인식을 고취시키고 이에 대한 정부 차원의 적극적 지식 교류와 협력, 투자의 기회 창출에 대한 문이 활짝 열려 있기를 희망한다.

참고문헌

[1] Robert Maurer, Donald Keck and Peter Schultz, "Optical Waveguide Fibers", US patent #3,711,262 (1970).
 [2] 한국광산업진흥회 전문가 POOL 위원회, 광기술융합사례 및 시장 진출전략 연구보고서, KAPID, p10 (2011).
 [3] 신주열, 광섬유 격자 안전진단 시스템의 사용화 기술개발, 한국시설안전기술공단(TS-04-R3-009) (2005).
 [4] 한국광산업진흥회 전문가 POOL 위원회, 광기술융합사례 및 시장 진출전략 연구보고서, KAPID (2011).

[5] 서민성, ICCM2010_SHM 구조건전성 모니터링 핵심기술연구개발 자료, 파이버프로 (2010).
 [6] 문성원, Offshore Anchoring Winch Health Monitoring System개발, 미래산업개발, 파이버프로 (2011).
 [7] 김용환, 수압압력계 실험 데이터 분석, 서울대 (2010).
 [8] 김명현, LNG Carrier 플랫폼 변위 측정 실험, 부산대 (2009).
 [9] 박재성, 로켓 발사체 압력 변위 실험, 항공우주연구원 (2003).
 [10] 강남선, 요트 갑판, 돛대 변위 모니터링, 중소조선연구원 (2011).
 [11] Photonics Industry News Vol.73, KAPID, p48~57 (2012).
 [12] 광섬유 센서 적용 쇄빙선 응력 변화 기술 개발, 삼성중공업, (2009).
 [13] Luc Thevenaz, Smart Ropes monitoring test, EPFL (2001).
 [14] 전영주, 광섬유 센서를 이용한 맥킨기 개발 프로젝트, 한의학연구소 (2008).
 [15] Marc Nickles, Switzerland Mero pipe line monitoring project, Omnisens (2007).
 [16] Marc Nickles, Germany Barine pipe line leakage monitoring system project, Omnisens (2008).
 [17] 박성진, 광섬유 망 경보체제 (FOM Guard) 철책 감시 자료, 경향신문 (2005).
 [18] 김포 신도시 자동 클린넷집하장 쓰레기 처리, LH공사, 2008
 [19] 한국광산업진흥회 위원회, 광융복합, 시장동향 분석 정보 (I), KAPID, p333~348 (2011).
 [20] 광섬유 센서 연구회 보고서, 주식회사사이티, p24~27 (2003).
 [21] 송명원, 고분자 필름 극저온 실험, 유한 김벌리 (2009).
 [22] 김천근, Cure monitoring of composite laminate using fiber optic sensors, 한국과학기술원, Institute of physics publishing (2002).
 [23] 윤원규, 불국사 삼층석탑 상시 계측 시스템 광섬유 센서 설치 용역 착수 제안, (재)한국건설안전기술원 (2005).

약력

이미진



- (주)파이버프로 영업부 차장
- 광섬유 센서를 이용한 불국사 석탑 보수 정비를 위한 변위 및 기울기 모니터링 프로젝트 컨설트
- 김포 한강 신도시 자동 클린넷집하장 컨소시엄 광 센서 PL
- 광섬유 분포 센서를 적용한 반도체 공정 라인 화재 감시 모니터링 PL
- 철도구조 노후도 진단 시스템 제작 Biz Development
- 광섬유 격자 센서(FBG)를 이용한 Offshore Anchor Winch(OAW) health monitoring 컨설트
- Bare fiber & Packaged Designable FBG sensor 보급 사업 추진 Biz Development
- 풍력 발전 블레이드 변위 측정, 제너레이터 온도 측정 시스템 개발 컨설트