

광섬유 센서를 이용한 실시간 온도 감시 시스템

이창근*, 김영수**, 구명모***, 김봉기***

Real Time Temperature Monitoring System Using Optic Fiber Sensor

Chang-Kun Lee*, Young-Su Kim**, Myeong-Mo Gu***, Bong-Gi Kim***

요약

본 광 분포 온도 측정 시스템은 광섬유 자체를 온도 측정용 센서로 이용하는 시스템으로, 한 가닥의 광섬유만을 포설하여 포설된 주변 전체 온도를 수 천 점으로 측정이 가능한 시스템이다. 분포 측정의 경우 측정 점의 수를 많이 할 경우 측정점당 비용을 기존 센서의 비용 수준으로 절감 할 수 있으며 동시에 한 두 가닥의 광섬유로 전체 센서를 연결 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 일반적으로 통신용으로 사용하는 광케이블 자체를 센서 (optical sensor cable)로 활용하여 최소한 매 1m 간격으로 센서 기능을 할 수 있는 특성을 이용함으로써 각 센서와 수많은 연결선들을 줄이고 시스템은 컴퓨터를 이용하여 데이터저장, 제어나 보관 등 데이터 관리가 용이하며, 실시간 온도 변화에 따른 온도 이력정보를 이용한 실시간 온도 모니터링 시스템을 구축한다.

Abstract

Optical Temperature Distribution Sensor Measurement System uses fiber optic sensors itself for temperature measurement is a system which can be measured the Installed surrounding entire temperature as a thousand points by laying a single strand of fiber optic. If there are a lot of measuring points in the distribution Measurement, the cost of each measuring point can be reduced the cost level of existing sensors and at the same time this has the advantage of connecting all sensors as one or two strands of fiber. Generally Optical Fiber is used for communication but Optical Fiber itself can be used for sensor and it has the characteristic of sensor function which can be measured Temperature in the at least each one meter distance. By using these characteristics each sensor and the number of Connection Lines can be reduced. In this paper, we implement a real time temperature monitoring system, which is easy to manage and control for data storage, data management, data storage using a computer and which has the functions of monitoring and correction according to Real-time temperature changes using historical temperature data.

• 제1저자 : 이창근 교신저자 : 김봉기

• 투고일 : 2010. 11. 03, 심사일 : 2010. 11. 16, 게재확정일 : 2010. 11. 24.

* 거제대학 조선정보기술학부 부교수 ** (주)지인정보 ***진주산업대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

***진주산업대학교 컴퓨터공학과 교수

▶ Keyword : 실시간 온도 모니터링 시스템(Real Time Temperature Monitoring System), 광섬유센서케이블(Optic Fiber Sensor), 광 분포 온도 측정(Optical Temperature Distribution Sensor Measurement)

I. 서론

1970년 Corning Glass 회사의 20dB/km 이하의 저손실 광섬유 생산은 오늘날 광통신으로 일상화를 이루었으며 새로운 센서인 광섬유 센서에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 고가의 시스템에서 가격보다는 성능과 안전성 등이 우선되는 군사용, 항공 산업, 자원탐사 등의 분야에서는 기존 온도감지센서 보다는 광섬유 자이로스코프, 선박, 비행기 등에서의 스트레스 모니터링, 수중음향센서배열, 화재감지 등이 이용되고 있다[1-3]. 의료용 센서는 주사기 내부에 들어갈 정도의 소형이어야 하며 인체에 무해하며, 실시간 측정이 가능하고 또한 일회용의 조건을 만족시키기 위하여 센서부만 교체 가능한 경제적인 센서이어야 한다. 그러나 기존의 감지센서에서 발생할 수 있는 주변 전자파 간섭과 신호의 안정성 등의 취약점이 있기 때문에 광섬유 센서 연구는 광섬유가 가지는 전자파 간섭에 대한 내성, 센서부에서 전기를 사용하지 않기 때문에 폭발성이 강한 환경에서도 사용이 가능하다. 또한 고감도와 가느다란 광섬유에서 오는 소형, 경량, 고속측정 및 유연성, 그리고 다중화와 분포측정 능력 등의 장점이 있다. 그러나 기존 감지센서를 이용하였을 경우 전자파 및 외적인 간섭요소 외 발생할 수 있는 광범위한 온도센서의 배치와 구성문제, 그리고 실시간으로 안정적인 온도측정과 문제발생에 대한 대처에 어려움이 있다. 이러한 요건을 만족하는 센서로는 광섬유 센서가 있다.

본 논문에서는 기존 센서가 가지는 문제점을 해결하고 광센서가 가지는 장점을 이용하여 주변온도를 측정할 수 있는 온도 이력정보 자동분석시스템을 구축하였다. 광섬유 자체를 온도 측정용 센서로 이용하였으며, 한 가닥의 광섬유만을 포설하여 포설된 주변 전체 온도를 수 천 점으로 측정이 가능하도록 하였다. 분포 측정의 경우 측정 점의 수를 크게 할 경우 측정점당 비용을 기존 센서의 비용 수준으로 절감 할 수 있으며 동시에 한 두 가닥의 광섬유로 전체 센서를 연결 할 수 있는 장점이 있다. 온도를 감지할 수 있는 센서는 일반적으로 통신용으로 사용하는 광케이블 자체를 센서(optical sensor cable)로 활용하도록 한다. 광센서 구성은 최소 매1m 간격으로 센서 기능을 할 수 있는 특성을 이용하고 각 센서와 수많은 연결선들을 줄이고 시스템은 컴퓨터를 이용하여 데이터저장, 제어나 보관 등 데이터 관리가 용이하도록 하고 실시간

온도 변화를 감지하고, 온도 값의 차이가 발생하였을 경우에는 데이터베이스에 저장된 온도이력정보를 이용하여 비교, 분석, 감시 및 보정 기능을 자동으로 처리하는 실시간 온도 모니터링 시스템을 구축하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 광센서를 이용한 측정에 관련된 기술에 대하여 알아보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 실시간 온도 모니터링 시스템에 대하여 알아본다. 4장에서는 실험으로 통하여 시스템을 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 광섬유센서 계측기술의 기본원리

광섬유 케이블을 통하여 아주 폭이 좁은 레이저파 신호를 보내면 케이블 안에서 산란 현상이 발생한다. 그 중 일부는 반사되며 광다이오드에 의하여 수신되는 진폭은 입사광의 진폭보다 대단히 작다. 만일 광섬유의 주변 환경(온도, 변형, 압력 등)이 변화하면 세 가지 종류의 산란현상(Rayleigh Scattering, Raman Scattering, Brillouin Scattering)이 나타난다.

그림 1에서 Rayleigh 산란은 큰 진폭을 가지며 대체로 케이블 주위 밀도 변화와 연관되며 파장 변위는 없다. Raman 산란은 레이저파의 진행 방향의 전후방에서 케이블 주변의 온도 변화에 따라 영향을 받으며 나타난다. Stokes 범위에 속한 후방 Raman 산란은 온도변화에 무관하게 나타난다.

anti-stokes 범위의 전방 Raman 산란은 온도 변화에 따라 진폭에서 예민한 반응을 나타낸다. 그러므로 온도 측정은 Stokes와 anti-stokes의 Raman 산란 조도(intensities)를 분석함으로써 이루어진 온도 변화 Raman 산란은 파장 변위 폭이 크기 때문에 분석 측면에 있어 파장 변위 폭을 분리가 비교적 용이하며 이는 온도측정 분해능(Angular Resolution)을 높이는데 유리하다.

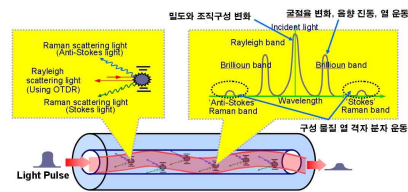


그림 1. 광섬유를 이용한 온도 측정 원리
Fig. 1. Principles of temperature measurement using the optical sensor cable

Brillouin 산란은 프랑스 물리학자 Lon Brillouin에 의하여 발견되었으며, 분포 온도와 변형감지 시스템의 핵심이며, 분포 온도와 변형을 측정기법인 DTSS(Distributed Temperature and Strain Sensing) 이다. 소리가 매질을 따라 진행할 때 매질의 밀도를 변화시키면서 진동하듯이 진행하여 일정한 주기의 매질 밀도 변화를 야기하게 되는데 빛도 마찬가지로 매질을 통과할 때 매질에 일정한 주기의 굴절률 변화를 야기하게 되고 이 굴절률 변화에 의하여 일부의 빛이 Scattering 되는 현상을 Brillouin Scattering이라 한다. 양자역학적으로는 Photons과 Phonons, Magnons 또는 Low frequency quasiparticles과의 상호작용이라고 합니다. 그리고 광섬유와 같은 매질 내부에 아주 강한 세기의 광을 입사시키면 빛만 진행되는 것이 아니라 음파(Acoustic vibrations)도 발생하게 되며 발생된 음파와 빛의 상호작용을 Stimulated Brillouin Scattering (SBS)이라 한다. Brillouin 반사도 마찬가지로 두 개의 성분, 즉 stokes(후방 산란)와 anti-stokes(전방 산란) 범위의 파장으로 분리되므로 광섬유를 통해 보낸 빛의 색과 다른 색을 가진다. 이러한 Brillouin 산란은 온도, 변형을 및 압력과 같은 외부 영향에 따라 민감하게 반응한다[3].

표 1. DTSS Strain 측정 방법
Table 1. Strain measurement methods of DTSS

Measurement Type	Strain Resolution	Estimated Measurement Time	Measurement Range
Distributed strain (non-compensated)	10 $\mu\epsilon$	20 minutes	10 km
Temperature compensated Distributed strain	20 $\mu\epsilon$	20 minutes	10 km
Dynamic Distributed strain	30 $\mu\epsilon$	10 Hz	5 km

그림 1에서 나타난 것과 마찬가지로 Brillouin 산란의 stokes 및 anti-stokes 신호는 주파수에 대해 Raman 산란의 주파수보다 Rayleigh 산란 지점과 훨씬 인접하고 있기 때문에 Brillouin 산란에 대한 분석이 상대적으로 어렵다. 그러므로 광섬유 주변의 온도가 변하게 되면 stokes 및 anti-stokes 신호의 진폭이 변하며 변형율의 변화가 있는 경우는 주파수 특성이 변하게 된다[4]. 표 1에서 분포 온도 측정 기법은 크게 세 가지 유형으로 구분된다. 변형률에 대한 온도 교정 여부에 따라 분해능이 약 10 $\mu\epsilon$ (0.01 mm /

100m)으로 차별화된다. dynamic distributed strain은 비록 측정거리가 최대 5km로 짧고 분해능이 상대적으로 낮으나 (30 $\mu\epsilon$) 대단히 짧은 시간(0.1초)에 측정 할 수 있는 장점을 가진다. 광섬유센서케이블의 온도 감시 성능은 0.01°C의 해상도와 -150°C~600°C 범위 온도를 측정 할 수 있으며 이는 광케이블 피복물질의 개발과 다양한 모델의 광섬유센서 케이블을 적용으로 가능하다.

2 광섬유센서 기술

광섬유 센서(Optical Fiber Sensor)는 광섬유를 지나가는 빛의 세기로 광섬유의 굴절률, 길이, 모드, 편광 상태의 변화를 이용하여 피측정량을 추정하는 센서이다. 광섬유 센서는 이용되는 효과에 따라 세기형, 위상형, 회절격자형(diffraction-grating type), 모드 변조형, 편광형, 분포측정형 등으로 구분된다. 측정량으로는 전압, 전류, 온도, 압력, 스트레인, 회전율, 음향, 가스 농도 등 다양하다[5]. 광섬유 센서는 센서부에서 전기를 사용하지 않으며 초정밀 광대역 측정이 가능하며 전자파의 영향을 받지 않으며 원격 측정이 용이하다. 세기형(Intensity-modulated) 광섬유 센서는 microbending 또는 접촉 손실의 변화에 의하여 광섬유를 통과하는 빛의 세기 변화를 이용하는 센서로 광원으로는 LED가 주로 사용되며 광섬유로는 플라스틱 광섬유(POF) 또는 다중모드 실리카 광섬유가 사용된다. 정밀도는 그리 높지 않지만 비교적 값싸게 구현 할 수 있어 거리, 진동, 압력 등의 물리적 측정에 많이 사용되고 있다[6]. 위상변조형 광섬유 센서는 피측정량이 광섬유의 굴절률 변화 또는 길이의 변화가 일어날 때 발생된 광섬유를 통과하는 빛의 위상 변화를 간섭계를 이용하여 측정하는 센서이다. 광섬유로는 단일모드 광섬유 또는 편광유지 광섬유를 사용하며 광원으로는 단색성이 우수한 레이저를 주로 사용한다. 간섭계로는 Fabry-Perot, Michelson, Mach-Zehnder, 또는 Sagnac 광섬유가 사용된다. 위상변조형 광섬유 센서는 현재까지 개발된 센서 중 가장 감도가 높고 센서의 감도가 광섬유의 길이에 비례함으로 감도조절이 용이하다[7]. 음향, 회전율, 자기장, 가속도, 스트레인, 온도, 전류 등 다양한 종류의 측정 변수를 위한 센서가 개발되었다. 하지만 센서를 구성하는 부품의 가격 및 복잡한 신호처리는 센서의 비용이 다른 일반 센서에 비하여 매우 높다[8]. 회절격자형(Fiber Bragg grating : FBG) 광섬유 센서는 강한 자외선 홀로그래를 이용하여 광섬유 코어에 회절격자를 형성하는 방법으로 피측정량에 의한 회절격자 부위의 굴절률 변화와 길이 변화에 의한 Bragg 파장의 변화를 광학필터로 측정하여 동작하는 센서이다. 다중점 센서로 확장이 용이하며 가

격이 비교적 저렴하고 센서의 감도도 비교적 높다. 모드 변조형 광섬유 센서는 다중모드 광섬유를 통과하는 도파모드의 분포가 광섬유의 진동 또는 비틀림에 의하여 변하는 것을 이용하며 편광형 광섬유 센서는 피측정량에 의하여 광섬유 도파모드의 편광상태 변화를 이용한다. 분포측정형 광섬유 센서는 광섬유를 통과하는 빛의 손실 또는 산란이 피측정량에 의해 변하는 것을 Optical Time Domain Reflectometry(OTDR)를 이용하여 광섬유의 길이를 따라 측정함으로써 광섬유의 길이방향에 따라 피측정량의 분포를 측정하며 LED와 다중모드 광섬유를 이용하며 비용은 비교적 낮으며 진동, 온도 등의 물리적 측정에 사용되고 있다.

III. 온도 이력정보 자동분석

3.1 특징점 추출 과정

자온도 이력 자동 분석 시스템은 특정한 지점에서 시간에 온도 변화율을 분석하고, 알람 설정은 온도 감시 정용 대상물의 위험 범위 임계치 범위 안에서 이루어진다. 온도 차이가 발생하였을 때 광센서를 통하여 수집된 정보를 데이터베이스에 저장하여 실시간으로 온도를 측정하고 측정된 온도 정보와 데이터베이스에 저장된 온도 정보를 비교하여 분석하는 시스템이다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 온도 감시 시스템의 구성을 나타낸다. 전체구성은 계측 모듈, 제어모듈, 디스플레이 모듈로 되어 있으며, 디스플레이 모듈은 온도 감시 모듈, 광케이블 손상 감시모듈, 레이저 레벨 감시모듈, 장비온전 감시모듈, 경보 모듈, 이력 조회 모듈로 구성되어 있다. 이력 조회 모듈에서 실시간으로 수집된 온도 값과 비교하기 위한 이력 온도 값을 조회한다.

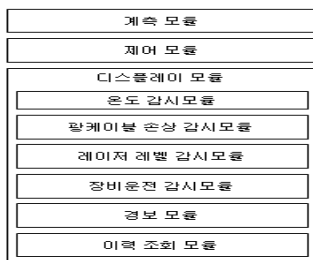


그림 2. 온도 감시 시스템 구성
Fig. 2. Architecture of temperature monitoring system

그림 3은 온도 감시 모니터링 시나리오를 나타낸다. 광센서를 통하여 수집된 정보를 데이터베이스에 저장하고 실시간

측정 온도가 임계치(평균온도 또는 설정 온도)보다 크면 알람이 작동한다. 이때 광센서 및 주변 기기의 고장 또는 주변의 화재 등으로 인하여 온도의 변화가 발생할 수 있기 때문에 신속한 대처가 필요하다. 그래서 알람이 발생하면 자동으로 알람 발생 위치 도면을 화면에 나타내어 주어야 하고 문제점을 찾을 수 있도록 한다. 알람 발생 후 임계치를 초과한 온도에 대한 정보와 데이터베이스에 저장된 이력온도정보를 자동으로 비교 분석한다. 실시간 측정된 온도정보와 이력온도정보와 비교 분석 후에 알람이 발생한 위치를 확인한다.

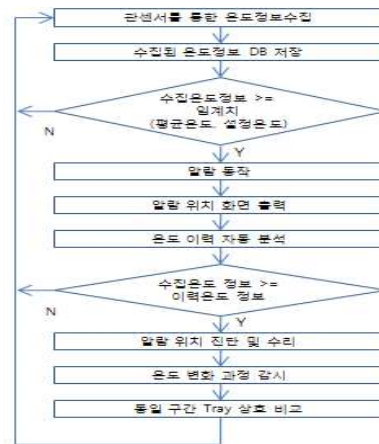


그림 3. 온도 감시 시스템 시나리오
Fig. 3. Scenario of temperature monitoring system

그림 3에서 만일 문제가 발생한 경우에는 고장을 진단하고 즉시 고장 부위를 수리한다. 수리 후 온도 변화 과정을 감시하고 동일한 구간의 Tray를 상호 비교한다. 만일 아무런 문제가 없는 경우에는 측정된 온도정보를 이력 온도 데이터베이스에 저장한다. 만약 일정 기간 광센서에서 수집된 온도정보가 임계치를 초과하지만 현장에서 아무런 문제가 발생하지 않았을 경우에는 외부 환경의 영향으로 인한 온도 변화로 판단하여 정상적인 온도변화로 감지한다.



그림 4. 알람 발생지역 화면 표시
Fig. 4. Display of alarm area

그림 4는 알람 발생 구역과 알람 발생 원인을 화면에 나타낸다. 그림에서 중앙에 표시한 지점에 온도가 상승하여 문제가 발생한 지점을 실시간으로 화면에 나타냄으로써 빠른 조치를 취할 수 있도록 하였다.

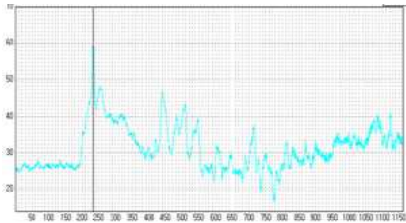


그림 5. 온도 이력정보 자동분석
Fig 5. Automatic analysis of temperature historical data

그림 5는 온도 이력정보 자동분석 시스템에서 측정된 온도 변화 그래프를 나타내었다. 그림에서와 같이 온도 변화율이 높게 발생할 경우에는 문제가 발생했을 가능성이 높기 때문에 정확한 진단이 필요하다. 따라서 본 시스템에서 제안하는 온도 이력정보 자동분석이 필요하다. 그림에서와 같이 약250분이전 구간에 온도상승이 발생하였는데 이 온도정보 값이 온도 이력정보와 차이가 많이 발생할 경우에는 시스템에서 문제가 발생한 것으로 진단한다. 그렇지만 온도이력정보와 비슷한 구간으로 나타난다면 정상으로 판단한다.

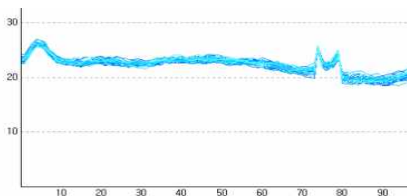


그림 6. 알람 발생 지점 점검 후 온도 변화 그래프
Fig. 6. Graph of temperature changes after the inspection of alarm area

그림 6은 온도이력정보 자동분석 시스템에서 수행하는 마지막 단계로써 알람 발생 지점에서 문제 수정 후 거리에 따른 온도 변화에 대하여 나타내었다. 그림 7과 같이 동일구간 Tray에 있어 온도 변화 데이터에 대한 상호비교 그래프를 나타내도록 하였다. 그림 5에서와 같이 문제가 발생하였을 경우에는 온도의 큰 폭으로 상승 또는 하강이 발생하게 되는데 디스플레이된 도면 위치에 문제를 해결하고 온도변화를 감지하도록 하고 이력정보와 문제발생 시 온도를 상호 비교하여 정

상적인 동작이 나타날 수 있도록 한다.

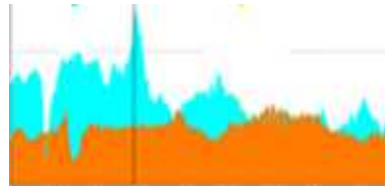


그림 7. 동일구간 Tray 상호비교
Fig. 7. Comparison with their temperature data in the same tray section

IV. 실험 및 분석

본 논문의 실험은 윈도우XP를 기반으로 구현된 실시간 온도 모니터링 시스템을 이용하였으며 측정온도 대역은 -200°C ~ +500°C이며, 상하좌우의 각 1m 범위 안에 분포 온도를 측정하며 실시간 오차범위는 0.001°C ~ 1°C의 조건을 적용하였다. 실제 특정지역에 온도 변화를 주어 자동분석 시스템의 동작의 효율성과 문제발생에 대하여 신속한 대처를 비교하도록 한다. 기존 온도센서를 이용하였을 경우는 그림 8과 그림 9에서 측정되는 온도 변화에 대한 모니터링결과만 확인할 수 있고 자동분석이 이루어지지 않아 직접적인 비교가 이루어지지 못한다. 하지만 신속한 문제점 분석과 해결에 어려움이 있기 때문에 광센서를 이용한 온도이력정보의 자동분석 시스템을 이용할 경우에는 실시간으로 문제를 해결할 수 있었다.

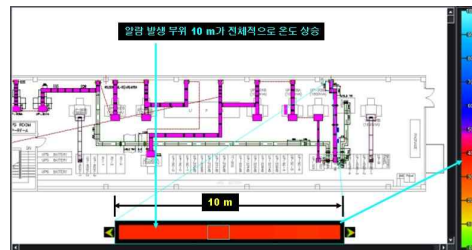


그림 8. 알람발생지역 10m 온도상승 도면
Fig. 8. Display of increasing Temperature around 10m on the Area Plan

그림 8, 그림 9는 자동분석시스템에서 온도정보를 분석하는 그림을 나타내었다. 그림 10, 그림 11, 그림 12는 다중 센서로부터 측정된 온도정보의 평균값을 나타내었다. 그림 8에서는 알람 발생 주위 지역이 10m가 전체적으로 온도가 상

승한 것을 나타내었다. 그림 9는 알람 발생 지역의 온도 상승과 온도 그래프를 나타내며 그림에서 268m ~ 277m 구간엔 전체적으로 온도가 상승했으며 온도편차는 19℃ 온도변동률은 205%를 나타내었다. 이 구간은 외부 온도의 변화가 발생한 시점으로써 주변의 고장, 화재 등으로 인한 요인이 적용될 수 있다. 따라서 화재로 인한 온도 상승에 대한 처리를 진행하였다. 그림에서와 같이 기존 이력온도와의 편차가 크기 때문에 문제를 진단하고 쉽게 해결할 수 있었다.

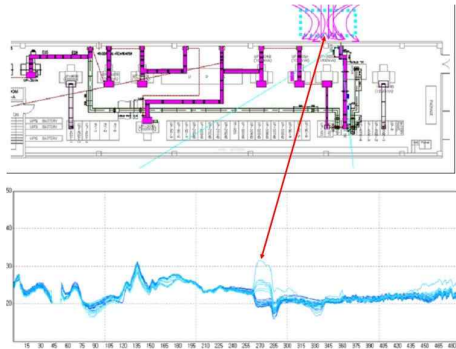


그림 9. 알람발생지역 온도상승 도면 및 그래프
Fig. 9. Graph and Plan of Alarm Area and increasing Temperature

그림 10은 본 논문에서 제안한 시스템으로 온도 이력 정보 변화를 실시간으로 모니터링 온도정보의 구간 평균값을 보여준다. 1m 간격으로 설치된 광센서들의 온도 값을 수집하여 만들어진 평균값으로써 문제가 발생한 지점의 온도 변화에 대한 부분을 더 정밀하게 측정할 수 있었으며, 온도이력정보와의 분석도 더 정확하게 이루어 질 수 있었다.

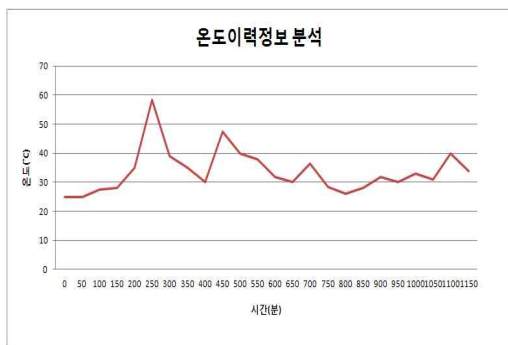


그림 10. 온도 이력정보 분석
Fig. 10. Analysis of temperature historical data

그림 11은 100m 거리에 있는 광센서 주변에 온도를 급격

하게 하강시키고 자동 이력온도 분석을 동작시키지 않았을 경우의 평균 온도정보를 나타내었다. 이력온도 정보와 분석하지 않을 경우에는 실시간 적인 현장처리가 이루어지지 않게 되고 업무 효율성 떨어지는 문제가 발생하게 된다.

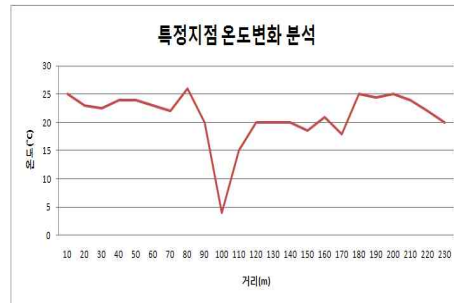


그림 11. 온도하강 시 온도 분석
Fig. 11. Analysis of Temperature Changes about rapidly decreasing Temperature

그림 12는 100m 거리에 있는 광센서에 온도 급격하게 온도를 상승시키고 자동 이력온도 분석을 동작시키지 않았을 경우의 평균 온도정보를 나타내었다.

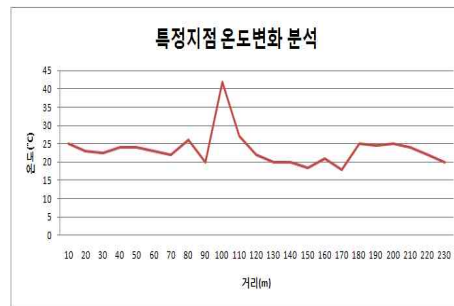


그림 12 온도상승 시 온도 분석
Fig. 12. Analysis of Temperature Changes about rapidly increasing Temperature

그림 11과 마찬가지로 이력온도 분석을 하지 않았을 경우에는 정상적인 온도 변화로 판단하는 경우가 많이 발생하였다.

그림 13은 그림 11, 그림 12에서 온도변화를 모니터링하고 고장 등 문제가 될 수 있는 부분을 자동온도 분석시스템을 통하여 수정된 평균온도정보의 결과를 나타낸다. 그림에서 자동온도 분석단계에서 온도 변화의 이력정보와 비교한 후 임계치 이상의 온도 차이를 보일 경우 신속하게 고장을 감지하고 수정할 수 있었다. 온도가 변화하는 시점에서 자동 이력온도 분석이 이루어져 실시간으로 현장에서 문제를 해결할 수 있음

을 알 수 있었다. 그 결과 온도이력정보와의 온도 차이를 임계치 이하로 유지할 수 있었다.

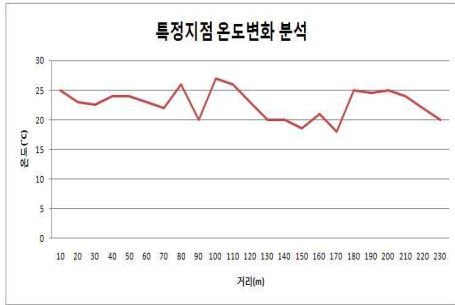


그림 13. 수정 후 정상온도 분석
Fig. 13. Analysis of Normal Temperature after Inspection of Alarm Area

표 2는 그림 11, 그림 12, 그림 13에서의 온도변화에 대한 모니터링결과를 보여준다. 실험에서 나온 특정지역에서의 측정된 정상, 상승, 하강 평균온도 값을 비교 정리하였다. 표에서 정상적인 온도는 이력온도와 비교해 볼 때 임계치 이하로 나타내었으며 이 온도 값은 이력정보의 온도 정보로 반영될 것이다. 그러나 100m 구간에 주변 온도변화가 발생하여 문제를 나타낸 부분으로써 이 위치의 문제는 즉시 해결할 수 있게 되었다. 만약 현장에서 문제가 발생하지 않은 상태였다면 이 정보는 정상적인 정보로 온도 이력정보에 반영될 수 있도록 한다.

표 2. 자동온도분석 비교
Table 2. Strain measurement methods of DTSS

거리(m) \ 동작	이력온도	정상	상승	하강
80	24	26	26	26
90	22	20	20	20
100	25	27	42	4
110	25	26	27	15
120	24	23	22	20
130	21	20	20	20

V. 결론

본 논문에서 적용된 기술은 광케이블을 따라 분포개념의 온도 측정기법을 이용하여 기존의 특정지점 측정방법과는 다르다. 기존 온도센서를 이용한 측정 방법에서 감지하지 못하

는 특정 주변의 온도도 더 밀접하게 구성할 수 있는 광센서를 이용하여 쉽게 측정할 수 있다. 또한 센서의 내구성 또한 뛰어나기 때문에 센서의 수명시간도 자연스럽게 연장될 수 있다. 본 실험에 따른 결과를 판단해 볼 때 기존의 온도센서만 이용했을 경우에는 실시간적인 온도변화에 대처하기 어려울 뿐만 아니라 뿐만 아니라 즉각적인 주변의 변화에 대응할 수 없지만 본 논문에서 적용된 광센서를 통한 온도정보와 이력정보를 비교해서 주변의 온도 변화에 실시간으로 판단하여 대응할 수 있었다. 향후에는 광센서와 무선센서[9]를 이용하여 보다 넓은 지역을 감지할 수 있고, 에너지 효율성을 현재보다 높이기 위한 시스템을 개발하도록 할 것이다.

참고문헌

- [1] B. Timble, "Fifty thousand pressure sensors per year. A successful fiber sensor for medical applications," OFS-9, pp. 457-462. 1993.
- [2] J. A. Bucaro et. al., "Optical fiber acoustic sensor," Appl. Opt., 16(7), pp. 1761-1762. 1977.
- [3] 김경수, 배대석, 고용권, 김종열, "광섬유센서케이블을 이용한 지하연구시설의 지반변위 및 온도변화 감시시스템 구축," The Journal of Engineering Geology, Vol.19, No.1, pp. 63-70, March, 2009.
- [4] Paker, T. R., Farhadiroushan, M., Handerek, V. A., and Rogers, A. J., "A Fully Distributed Simultaneous Strain and temperature Sensor using Spontaneous Brillouin Backscatter," IEEE Photonics Technology Letters, 9(7), pp. 979-981, 1997.
- [5] T. G. Giallorenzi. et. al., "Optical fiber sensor technology," IEEE J. Quantum Electron., QE-18, pp. 626-635, 1982.
- [6] B. Culshaw, "Optical fiber sensing and signal processing," Peter Peregrinus. 1984.
- [7] 예운해, "광섬유 센서기술과 개발방향," 한국전기전자재료, 제12권 제 12호, pp. 32-38, 1999.
- [8] 최상삼, "광계측 시스템 및 평판 Display 기술 개발," 한국과학기술연구원, 과학기술부, 1991.
- [9] 이기욱, 김정이, "무선 센서 네트워크를 이용한 냉동 컨테이너 모니터링 시스템 설계," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 12권, 제 5호, 321-326쪽, 2007년.

저 자 소 개



이 창근

현재 : 거제대학 조선정보기술학부 부
교수

관심분야 : 컴퓨터네트워크, 시스템설
계, 선박의장



김 영 수

(주) 지인정보 대표이사
경남 창원시 상남동 69-1번지



구 명 모

2006 : 경상대학교 공학박사
2006-현재 : 진주산업대학교 컴퓨터
공학과 겸임교수

관심분야 : 컴퓨터네트워크, 멀티캐스
트, 그리드네트워크, 시스
템설계



김 봉 기

현재 : 진주산업대학교 컴퓨터공학과
교수

관심분야 : 멀티미디어 데이터베이스,
내용기반검색, 웹 데이터
베이스, 전자도서관