



# WebRTC를 활용한 열화상 통신 시스템

글 Tepei Baba / Infinitegra, Inc. 개발부 부장  
 번역 유정훈/ 그린광학 사업개발그룹장

## 1. 처음

소형이고 고성능인 적외선 센서를 입수하기 쉽게 되어 열 기능을 갖춘 시스템 개발이 가까워졌다. 그래서 당사에서는 원격 작업 지원에 특화된 열/가시광화상의 통신 시스템을 개발했다. 이 개발에서는 이하를 중요 항목으로 했다.

- 착용할 수 있는(웨어러블) 사이즈
- 동영상/음성의 쌍방향 커뮤니케이션
- 간편하게/간단히 사용할 수 있을 것
- 저비용

본고에서는 본 시스템에 대한 열 카메라와 통신 시스템의 기술면 및 비즈니스 응용의 개요를 소개하겠다.

## 2. 소형 열 카메라 OWLIFT

### 2.1 OWLIFT의 개요

OWLIFT은 당사 개발의 USB 접속의 열 카메라이다. 소형·경량인 것과 복수의 플랫폼에서 동작하는 소프트웨어 개발 키트를 이용할 수 있는 것이 특징이다. OWLIFT Type-F의 외관을 그림1, 열화상을 표시한 화면을 그림2에 나타냈다.

### 2.2 하드웨어 구성

OWLIFT Type-F는 마이크로 보로메타식의 적외선 센서인 FLIR Systems의 적외선 센서(그림3)가 탑재되어있다. 주요 사양을 표1에 나타냈다.

그림4에 나타낸 OWLIFT 내부의 기판은 케이스의 일부인 금속판에 설치되어있다. 금속판은 마이컴과 레귤레이터에서 발생하는 열을 케이스 밖으로 배출하기 쉽게 하고, OWLIFT 내부에서 발생하는 열이 적외선 센서에 미치는 영향을 최대한 억제하는 작용을 한다.

적외선 센서는 온도 정보를 출력하는 기능이 있어 출력된 온도 정보는 PIC 마이컴에 의해 USB로 송출된다. 적외선 센서 자체에는 온도 정보를 화상으로 변환해서 출력하는 기능이 있지만, OWLIFT에서는 USB 호스트 측(PC 등)의 라이브러리에서 화상으로 변환하는 구조이므로 굳이 이용하지 않는다.

### 2.3 소프트웨어 구성

OWLIFT는 Windows/Linux/Android에 대응하고 있고, Raspberry Pi에서도 동작한다. 또 소프트웨어 개발 키트는 C/.NET Framework/Python/Java(Android)에 대응하고 있다.

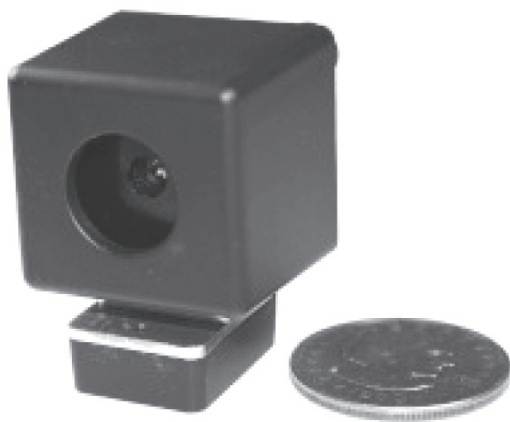


그림1. OWLIFT Type-F



그림2. 열화상 표시

소프트웨어 구성 요소 관계를 그림5에 나타냈다. OWLIFT는 UVC 카메라(USB 비디오 클래스 카메라)이므로, Windows 나 Linux에서 추가 디바이스 드라이버를 인스톨할 필요가 없다. UVC 카메라이지만 디바이스에서 출력되는 데이터는 온도 정보이므로 라이브러리를 통해 화상으로 변환한다. 또한 OWLIFT Type-A를 사용하는 경우, 디바이스에서 온도정보가 아니라 적외선 강도에 대한 정보가 출력되기 때문에 라이브러리에서 적외선 강도에서 온도로의 변환도 실시하고 있다.

## 2.4 도구

OWLIFT 전용의 캡처 소프트웨어는 열화상의 표시·녹화·온도 표시 등을 할 수 있다. 녹화 방식은 화상으로서의 녹화와는 별도로 온도정보로서의 녹화(Raw 녹화)가 있다. Raw 녹화는 OWLIFT가 출력한 데이터를 모두

기록하고 기록한 파일에서 온도 정보를 꺼내거나 열화상을 표시할 수 있다.

다른 코멘트 라인의 도구에서 전화소의 온도정보를 텍스트로서 출력하는 기능, 임의 범위의 평균 온도를 출력하는 기능 등이 있다.

## 2.5 소프트웨어 개발 키트

OWLIFT의 소프트웨어 개발 키트는 당사의 공식 사이트에서 무료 공개되어있다. 소프트웨어 개발 키트를 사용하는 것에서 OWLIFT를 사용하는 사용자 자신의 프로그램이 작성 가능하다. 앞서 언급했듯이 복수 언어에 대응하고 있는 가운데, 여기에서는 Python용의 라이브러리에 대해 소개하겠다. Python은 특히 최근에는 컴퓨터 비전, 기계학습 분야에서 널리 이용되고 있으며, Raspberry Pi와 같은 소형의 싱글 보드 컴퓨터에서도 동작하기 때문에 OWLIFT와

표1. OWLIFT의 주요 사양

해상도	160×120	적외선파장	8~14μm
화각	수평57도	크기	31×31×40mm
측정온도범위	-5~430℃	중량	45g

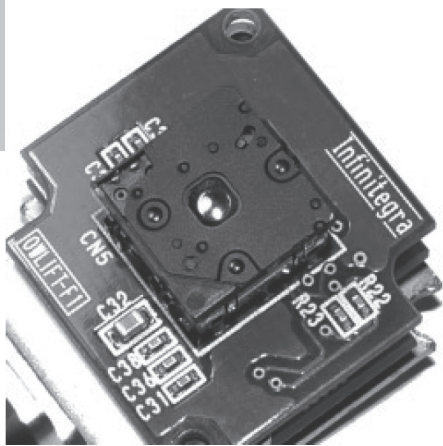


그림3. 적외선 센서

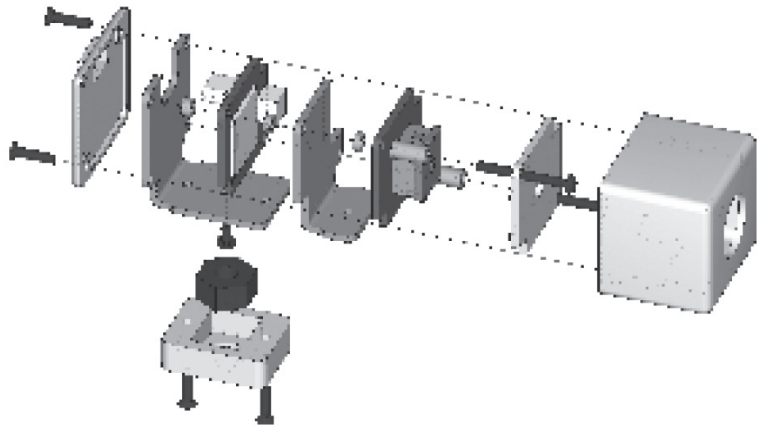


그림4. OWLIFT의 내부

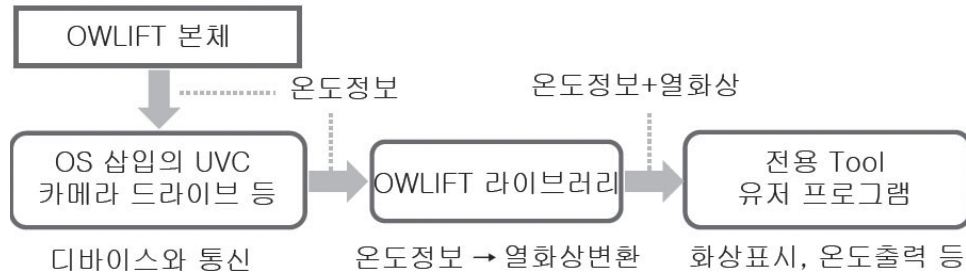


그림5. 소프트웨어 컴포넌트의 관계

```

import owlift
import cv2

ow = owlift.devices()[0]
wx, wy = ow.frame_size
winName = 'Thermography'
cv2.namedWindow(winName,
                 cv2.WINDOW_NORMAL)
cv2.resizeWindow(winName,
                 wx * 4, wy * 4)
fc0 = 0

ow.capture_start()
while ow.alive:
    fc = ow.frame_counter
    if fc != fc0:
        fc0 = fc
        temp, img, meta = ow.frame
        cv2.imshow(winName, img)
    else:
        c = cv2.waitKey(10)
        if c == 27:
            break
    
```

리스트1. 열화상을 표시하는 Python의 프로그램

궁합이 좋다. 예를 들어 리스트1에 열화상을 표시하는 완전한 프로그램을 나타낸다. 이와 같이 비교적 짧은 프로그램에서 동작한다.

### 3. 통신 시스템 RazVision WR

#### 3.1 RazVision WR 개요

RazVision WR은 당사 개발의 양방향 비디오 통신 시스템이고, 웨어러블 카메라를 이용해서 실시간으로 영상과 음성으로 커뮤니케이션 할 수 있다. 원격 작업 지원을 목적으로 하고 있으며, 전형적인 사용 케이스(use case)

는 그림6에 나타낸 바와 같이, 하나는 Android 단말과 웨어러블 카메라를 장착한 현장 작업자이고, 다른 하나는 사무실 내에서 PC나 태블릿에 의해 현장의 영상을 확인하고 음성으로 교환할 작업 지원자이다.

본 시스템의 서비스로의 특징은 OWLIFT 등의 당사 판매의 카메라를 구입하면 클라우드 상의 RazVision WR 서비스를 무료로 이용할 수 있기 때문에 운용비용을 매우 낮게 억제 할 수 있다는 점이다. 또한, 폐역 망에서의 이용을 희망하는 고객 대상으로는 유상의 on-premises판을 제공하고 있다.

다음으로 기술적인 특징으로서서는 후술의 WebRTC를 사용하고 있으며, 기본적으로는 통신 중의 화상·음성은 당사의 서버를 통하지 않고 직접 단말 사이(즉 P2P)에서 암호화된 상에서 송수신된다. 단, 후술하는 바와 같이 P2P

통신을 할 수 없는 환경에서는 서버를 경유한다.

### 3.2 WebRTC는

WebRTC(Web Real-Time Communication)는 Web 브라우저 기능을 가진 응용 프로그램 간에 실시간으로 커뮤니케이션하기 위한 개방형 프레임 워크이고, Firefox/Chrome/Safari 등의 주요한 브라우저가 대응하고 있다. P2P에서의 접속 확립과 스트리밍 등의 복잡한 처리를 간단히 이용할 수 있도록 고안되어있다. 당사에서는 WebRTC를 채용하는 것에서 서비스의 시작이나 유지에 드는 비용을 비교적 저가로 억제 할 수 있었다.

### 3.3 양방향으로 통신하는 방법과 과제

RazVision WR 시스템 구성을 그림7에 나타냈다. 시스템의 핵심으로 되는 Web 서버, 이용자의 단말(PC 및 Android) 외, WebRTC에서 통신하기 위한 4종류 서버로 구성된다. 서비스 이용자는 Web 브라우저 또는 Android 앱에서 Web 서버로 접속해서 룸이라고 하는 가상적인 방에 들어가면 같은 룸 내의 이용자와 통화가 개시한다. 그 때, 통상은 Signaling 서버, STUN 서버를 통해 UDP hole punching 수법에 의해 P2P 통신이 확립한다. 그러나 기업 사내 LAN에서의

인터넷으로의 접속은 강력한 방화벽에 의해 WebRTC 관련 포트가 닫혀 있거나, UDP hole punching을 이용하지 못할 수 있다. 그런 경우는 주로 세 가지 해결 방법이 있다. 첫 번째는 방화벽 설정을 변경하는 것인데 이 방법은 기업 보안 정책에 의해 받아들여지지 않을 수 있다. 두 번째는 방화벽 설정은 그대로이고 TURN 서버를 통해 통화하는 방법이다. 그러나 TURN 서버를 사용하면 서버 측의 운영비용이 높아진다는 단점이 있다. 그리고 세 번째는 통화용으로 전용 인터넷 회선을 설치하는 방법이지만 이 방법도 비용이 든다. 이상과 같이 어느 방법도 장단점이 있어 양방향 통신을 위한 통신 경로 확보가 시스템 도입시의 큰 과제이다.

### 3.4 열화상 송수신 및 녹화

WebRTC에서는 화상을 H.264과 VP8/VP9 등의 형식으로 압축하고 나서 전송한다. 가시광 카메라의 경우는 카메라가 출력하는 화상이 원본 데이터가 되고, OWLIFT을 사용할 때는 온도 정보로부터 생성한 열화상이 원본 데이터가 된다. 어디까지나 화상이므로 온도 정보를 전하는 것에는 화상에 그려 표시한다. 실시간으로 열화상을 확인하는 것만의 사용 방법이라면 이것으로 충분할 것이지만, 녹화해서 나중에 임의 화소의 온도 정보를 얻고 싶은 경우, 화상만으로는 부족하다는 점이 가시광 카메라와 비교했을 때의 열 카메라

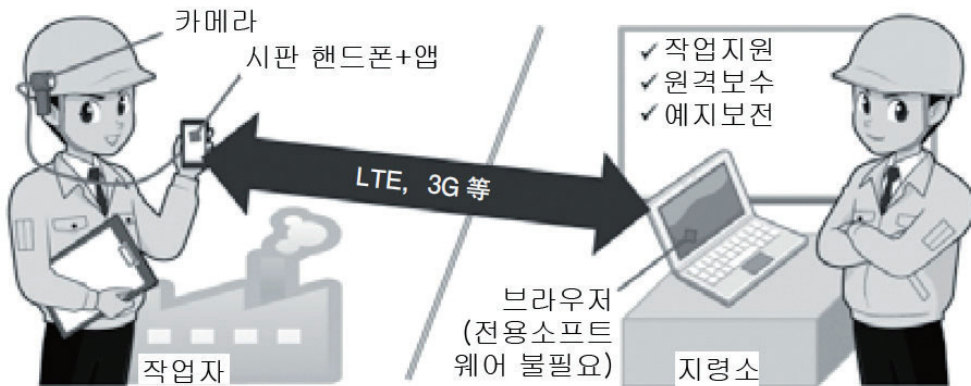


그림6. RazVision WR의 전형적인 사용 케이스



특유의 문제이다. RazVision WR에서는 현상 화상·음성의 송수신에만 대응하고 있지만, 이 문제에 대해서는 연구 중인 내용을 소개하겠다.

RazVision WR에는 웨어러블 카메라를 Android 단말에 접속해서 핸드프리로 사용할 수 있도록 하기 위한 시스템 설계 상의 요건이 몇 가지 존재한다. 그 중에서 대표적인 요건은 ① 사용자가 Android 단말을 조작할 필요성을 줄이는 것, ② 단말 처리를 가볍게(전력절약) 해서 배터리 수명을 연장하기 위한 것이다. 이러한 요건을 만족하기 위해 녹화 개시·종료의 조작이나 녹화라는 무거운 처리는 통신 상대인 사무실 내에서의 사용을 상정한 PC에서 수행하도록 하고 있다. 녹화 파일을 공유 스토리지에 신속하게 이동하는 것이 쉽다는 점에서도 사무실 측에서 행하는 쪽이 적합하다. 이상의 것에서 Android 단말에 접속된 열 카메라에서 얻은 온도 정보를 기록하는 것에는 통신 상대에 전체 프레임의 온도 정보 그대로 전송하고 나서 PC에서 저장하는 것이 본 시스템에서는 최적이다 생각한다.

다음으로 온도 정보를 전송하는 방법에 대해서 말하겠다. WebRTC에는 통신 채널로서 미디어 채널과 데이터 채널이라는 것이 있다(표2).

미디어 채널은 화상·음성 통신에 사용되어 비가역압축·실시간 성 중시·저지연이고 전송한 데이터의 일부가 도달하지 않는 것도 있다. 데이터 채널은 텍스트와 이진 데이터 전송에 사용되고, 실시간 성은 미디어 채널보다는 낮지만 신뢰성이 높은 통신에 대응하고 있다. 온도 정보를 결손이나 압축에 의한 반올림 없는 형태로 송수신하는 것을 목표로 하는 경우라면 데이터 채널을 선택하는 것으로 된다. 단 데이터 채널은 그 실시간 성이 낮기 때문에 온도 데이터를 바탕으로 수신측에서 화상 변환해서 열화상을 표시한 경우, 미디어 채널 정도의 프레임 속도의 빠름과 균일은 기대할 수 없다. 여기의 딜레마는 WebRTC 기술에 의존하지 않는 열 카메라로 온도 정보를 실시간으로 전송할 때의 공통 과제이며, 최적인 방법을 현재 연구 중이다.

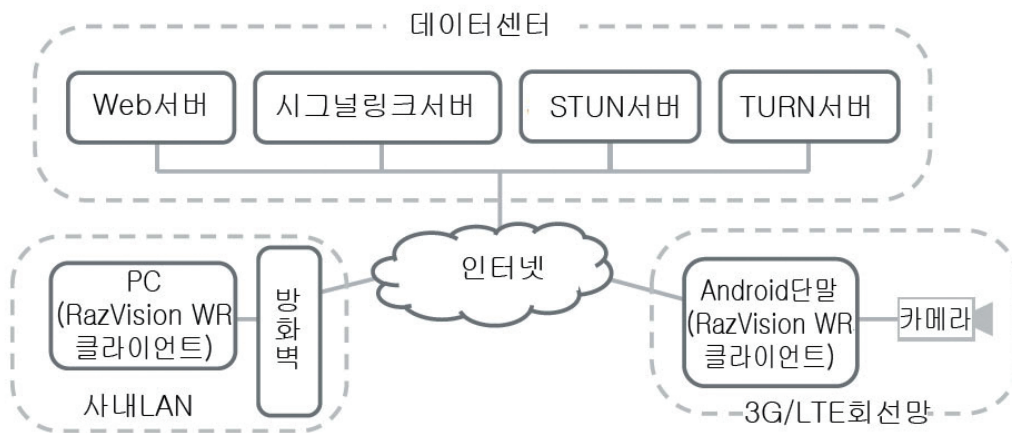


그림7. RazVision WR의 시스템구성

표2. 통신채널의 비교

비교항목	미디어채널	데이터채널
용도	화상·음성	텍스트, 2진
실시간 성	높음	낮음
수신데이터의 완전성	보증되지 않음	보증됨

## 4. 비즈니스 응용

사회 인프라의 노후화는 심각한 사회 문제이지만, 그 보수 작업에서도 일손부족이 심각화 되고 있다. 당사에서는 이와 같은 사회 인프라의 보수작업에 대한 과제를 본 시스템에 의한 원격 작업 지원으로 해결할 수 있지 않을까 모색하고 있다. 먼저 원격 지원이 요구되는 작업을 분류한다.

- ① 초심자 지원
- ② 어렵지는 않지만 실수 할 수 없는 일일 작업
- ③ 고난이도의 좀처럼 발생하지 않는 작업

①③작업은 예를 들어 “작업자의 웨어러블 디스플레이에 많은 정보를 표시해야한다”와 같이 다양한 장비와 서버 환경이 필요하다. 초기/유지비용이 상승하지만 도입효과는 낮다. 그러나 ②작업은 간단한 시스템 구성으로 많은 현장에 도입 가능하고, 높은 도입 효과를 바랄 수 있다. 그래서 그림6에 나타낸 구성하고, ②작업의 원격 지원에 특화하기로 했다. 주요 용도를 열거하겠다.

### (1) 더블 체크

더블 체크는 작업 과정을 두 사람 이상으로 확인하는 절차이며, 실수가 허용되지 않는 작업에서는 필수로 되어 있다. 그러나 일손부족으로 더블 체크에 인원을 할애할 수 없어 간과에 의한 체크 누락이라고 하는 과제가 있다. 본 시스템의 도입에 의해 원격지의 지령소에서 더블 체크를 행하는 것에서 일손부족을 개선하고, 원격지에서 녹화도 하는 것에서 간과를 사후 체크할 수 있는 체제를 구축했다. 실증 실험은 막 시작했지만, 높은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 시스템에서는 시스템을 동작한 상태에서 가시광 카메라/열 카메라의 교환이 가능하다. 열원이 관련된 작업에서는 통신이 끊김 없이 열 카메라로 전환된다.

### (2) 예지 보전

장비와 설비의 장애를 예지해서 장애 발생 전에 대책을 하는 예지보전이 최근 보수의 중요한 주제다. 진동, 동작 소리

등과 함께 열은 중요한 예지 보전의 지표이다. 본 시스템에서 열화상을 송신할 수 있다.

예지보전에서는 기계 학습과 시의 활용이 기대되고 있다. 현재 본 시스템은 동영상 전송하는 것 만이지만, 미래는 동영상을 분석해서 고장 가능성을 산출하는 시스템 개발을 진행하고 싶다.

### (3) 동작 방식 개혁

일손부족 해결에는 생산성 향상 외에 외국인 노동자의 수용도 진행하지 않으면 안 된다. 본 시스템에서 외국인 노동자의 지원도 할 수 있는지 검증을 진행한다. 보일러 설비의 점검 등 열 카메라가 유용한 현장도 많다.

### (4) 안전위생 관리

열 카메라는 완전한 어둠 속에서도 작업자를 포함한 열원을 촬영할 수 있기 때문에 야간이나 어두운 직장의 안전 감시에 적합하다. 노동 재해의 방지 효과에 대해서도 검증을 진행한다.

당사는 이 사업 전개를 2018년부터 추진하고 있다. 현장 요구를 고려하는 것이 가장 중요하지만, 현장 소리를 듣는 것은 어렵다. 예를 들면 “해상도 얼마가 필요한가?”라고 물으면 Full HD와 4K라고 하는 너무 지나친 답변 밖에 얻지 못해 결국 VGA로 현장 투입해도 아무런 클레임도 없거나 한다. 의도가 좋았다고 생각한 것이 현장에서는 전혀 지지되지 않는 것과, 의식하지 않고 실장한 기능이 감사되는 것이 있어 어떻게 해야 현장의 소리없는 소리를 끌어낼지에 매일 악전고투하고 있다.

또한 열 카메라에 한정하지 않고 다양한 센서류의 입수가 쉽게 되어있다. 그와 같은 센서류가 유기적으로 연결되어, 유용한 정보를 만들어 내는 것이 근년 중요도가 높아지고 있는 IoT 기술의 하나의 활용형이며, 여기에서 소개한 당사의 WebRTC에 의한 열 카메라의 연결은 그 첫 걸음이다.

이와 같이 당사에서는 사용자의 필요에 부합한 열 카메라에 한정하지 않고 다양한 센서를 저비용/쉽게 접속할 수 있는 연구를 계속 추진하여 안심·안전한 사회 실현에 이바지하는 연구 개발을 추진해 나간다.