

Development Methodology of Rainfall Information Using Optical Sensors

- Applicability Test of Car Rain Sensors Using Observed Rainfall Data -

Byung Hyun Lee[#], Byung Sik Kim⁺, Sung Jin Hwang

Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University, 346 Joogang-ro, Samcheok-si, Gangwon-do, Korea

Abstract

Due to climate change and various environmental factors, localized torrential rains and weather-related road accidents have been increasing around the world. The estimated precipitation of torrential rains is substantially inaccurate in areas where the rainfall data are not directly observed but estimated based on neighboring observations. Much attention is focused on rainfall observation technologies such as radar and AWS, but these facilities are too expensive to install and therefore lack the spatial resolution. We developed a technology to produce rain information using sensor signal features generated from rain sensors for vehicles. The W-S-R relationship formula, which was developed to utilize rain sensor signals to obtain rain information, was applied to the average signal values for five minutes, but found inaccurate due to insufficient consideration of the wiper effects. To solve this problem, the rain information was generated by the method of using the difference between the values before and after wipers were operated on the rain sensor signal, and evaluated by comparing the ground rainfall with that from W-S-R method.

Key words: rain sensor, W-S-R relationship, road weather information, big data

1. 서론

최근 들어 기후변화로 인해 강우 패턴과 강우 형태가 급속도로 변화함에 따라 국지성 호우로 인한 도로상의 교통체증과 도로재해의 증가가 사회적으로 큰 이슈가 되고 있다. 실제로 2020년 장마 및 태풍으로 인해 전국적인 인명피해를 발생시키기도 했다. 이에 우리나라에서는 호우로 인한 피해를 막기 위해 많은 연구와 노력을 기울이지 않고 하고 있다.

강우를 직접 측정하는 방식으로는 우량계를 사용한 강우 관측과 ASOS(Automated Synoptic Observing System)라 불리는 방재기상관측장비와 AWS(Automatic Weather Station)가 있다. 우량계를 이용한 연구로서 Woo(2001)는 전도형 우량계를 이용하여 분해능별 강우강도에 따른 오차특성을 검토하였고, Kim(2002)은 사계절 우량계 개발에 관한 연구로서 기존에 개발된 0.1mm이하로 측정이 가능한 Lee Type의 우량계를 개선하여 1분단위의 강우량을 측정하고 강우강도계로

[#] The 1st author: Byung Hyun Lee, Tel. +82-33-570-6459, Fax. +82-33-570-6458, e-mail. hydrobh2@kangwon.ac.kr

⁺ Corresponding author: Byung Sik Kim, Tel. +82-33-570-6819, e-mail. hydrokbs@kangwon.ac.kr

사용 가능성을 증명 하였다.

강우를 간접적으로 측정하는 방식으로는 기상레이더, 센서, 위성기상관측 등이 있다. 기상레이더는 1969년 11월 국내 최초의 기상레이더를 서울 관악산에 설치하여 관측을 시작하였고 이후 백령도에서 제주도에 이르기까지 전국에 25대의 레이더를 추가로 도입하여 현재 기상청 11대, 환경부 6대, 국방부 9대로 총 26대로 구성된 레이더 관측망을 운영하고 있으며 이 중 기상청에서 운영중인 11대는 기상레이더로서 운영 중이다(Korea Meteorological Administration, 2013).

이러한 강우를 관측에 관한 대부분의 연구는 시공간적으로 높은 해상도가 요구되는 도로기상 분야의 적용에 있어 한계점이 있다. 하여 최근 4차산업혁명으로 인해 IOT기술과 빅데이터 관련 기술이 급속히 발전함에 따라 차량용 레인센서에서 생산되는 빅데이터를 통해 강우정보 생산에 관한 연구가 수행되고 있다. 라이프니츠 하노버 대학의 연구자들이 강우량을 측정하기 위한 장치로 GPS가 장착된 이동하는 자동차를 이용하는 것을 목적으로 하는 프로젝트인 ‘레인카즈(Rain Cars)’를 착안한 바 있으며 우베 하버랜드 교수가 이끄는 연구진은 자동차 와이퍼의 속도가 강우 강도와 어떻게 연관되는지를 정확하게 알기 위해 다양한 강우 형태를 재현하는 강우 기계를 제작, 연구를 진행하여 이동차량을 강우량 측정의 정확도가 아니라 훨씬 더 높은 측정 지점의 수를 사용할 수 있다는 것을 강조 하였다(Habarlandt & Sester, 2010).

Kim(2018)은 차량에 부착되어 와이퍼의 속도를 제어하는 기능을 가진 우적센서를 개량하여 강우관측에 특화된 레인센서를 개발하였으며 강우의 우적량을 가지고 무차원의 센서시그널 값을 생성하는 것을 이용하여 W-S-R관계식을 개발하였다. 산정결과 추정 강우강도의 오차율이 다소 발생하였지만 71mm/hr의 높은 강우강도에서는 일정부분 실측치와 유사한 결과를 도출하였다. Kim, et. al.(2017)은 차량용 강우센서를 이용하여 차량의 이동에 따른 강우관측을 수행함에 따

라 강우센서와 인근 강우관측소의 값을 시계열 및 평균강수량을 이용하여 분석하였고, 센서 별 강우 관측 시 센서마다 상대적으로 차이가 발생하였으나 이는 강우관측소와의 거리 차이, 차량의 이동속도 등의 원인에 의해 발생하는 것을 확인하였다. Kim, et. al.(2017)은 강우량의 정확도를 높이기 위하여 검지면적과 검지 채널을 기존 강우센서에 비해 크게 확장하였고, 센서의 감지신호를 강우량으로 환산하기 위하여 실내 강우 발생 실험장치를 이용하여 와이퍼의 속도 단계에 따른 특정 강우 발생 시 센서 감지량과의 관계를 이용한 W-S-R(Wiper-Signal-Rainfall) 관계식을 개발하였다. Kwon(2019)은 신규 W-S-R관계식을 개발하여 레인센서의 타당성을 위해 수집한 레인센서의 시그널 데이터를 활용하여 t-test를 이용한 동질성 검사를 실시하였고 실측강우, W-S-R관계식의 독립표본을 통하여 동질성 검증을 하였으며 자기상관함수(ACF: Auto Correlation Function)를 활용하여 시계열 분석을 하였다.

본 논문에서는 집중호우로 인한 도로기상재해의 피해 저감을 위하여 차량용 레인센서에서 생산되는 센서 시그널을 강우정보로 생산하는 방법에 와이퍼 작동으로 인한 영향이 고려된 누적강우량 산정 방법을 적용하여 W-S-R관계식을 개발하였다. 본 논문에서 제시한 방법은 기존 연구에서 반영하지 못하는 와이퍼 작동으로 인해 발생하는 불확실성을 해결하였고 이를 이용하여 생산된 강우정보의 신뢰도 검증을 위하여 지상 관측소와 비교를 통해 신뢰도를 검증하였다.

II. 연구방법

본 논문에서는 차량용 레인센서를 이용한 강우자료 생산을 위해 적용한 방법은 크게 4가지로 구분된다.

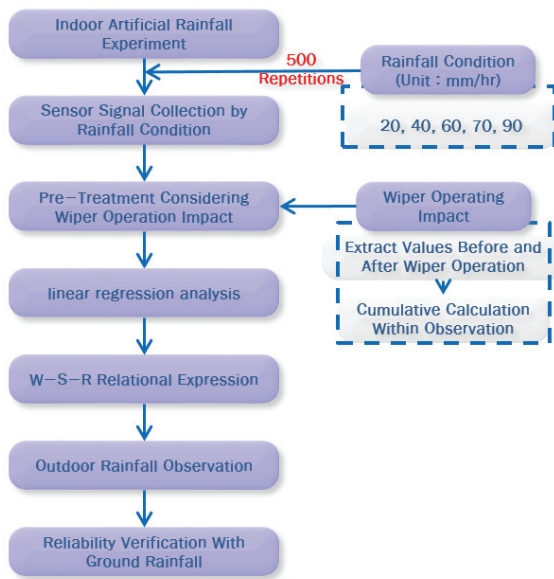


Figure 1. Flow chart of W-S-R equation expression

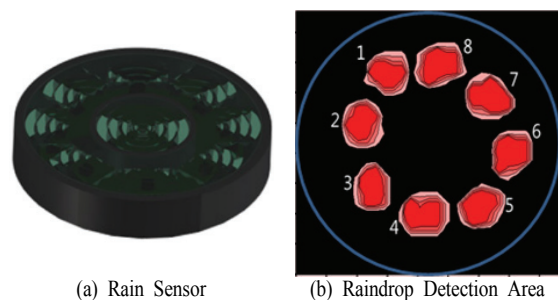
첫 번째는 실내 실험단계로 인공강우실험장치와 (Kim, *et. al.*, 2016)이 개발한 차량용 레인센서를 이용하여 5가지의 강우 조건(20, 40, 60, 70, 90mm/hr)별로 500회 반복하여 실험한다. 두번째로 센서정보 전처리 단계로 실내실험을 통해 수집된 5분단위 레인센서 정보에서 와이퍼가 작동한 전·후의 값을 추출하고 누적 값을 계산하는 단계이며, 이 단계는 기존 W-S-R관계식에서 와이퍼 작동에 의한 영향을 고려하기위해 적용된 방법이다. 세 번째는 W-S-R관계식 적용 단계로 전처리된 레인센서 자료와 실내실험 강우분사조건을 변수로 설정하여 선형회귀분석 한다. 마지막으로 W-S-R관계식 검증 단계로 강우시 실외에 레인센서를 부착한 실외실험 후 W-S-R관계식을 이용하여 강우자료로 변환하고 지상강우와 비교하여 검증을 수행한다. 이러한 연구 방법의 흐름도는 <Figure 1>과 같다.

1. 레인센서의 작동원리

레인센서는 실제 차량에서 자동와이퍼 기능(Auto Wiping) 작동을 위하여 차량유리 전면부에 부착된 센서로써 우적의 유무 및 정도(2~3단계)를 계측하기 위한 목적이 있다. 이러한 차량에 부착된 레인센서에서 직접적으로 정보를 수집하기에 구조적으로 제한이

있는 관계로 연구를 목적으로 한 레인센서가 필요하다. 기존 레인센서의 Auto Wiping 기능에서 더 나아가 빗방울의 크기 및 정도를 감지하여 강우 정보를 생산할 수 있도록 기존 레인센서를 개선하였다(Kim, *et. al.*, 2016). 이렇게 개선된 레인센서(<Figure 2>)를 실험차량에 부착하여 레인센서 정보수집을 위해 활용하였다.

레인센서는 광을 이용하여 빗물의 강도를 측정하는 광학센서이며, 감지면적은 400mm²이고 총 8개의 채널로 구성되어 8개 방향으로 배치되어 있다(<Figure 2>). 각각의 센서에서 초당 250개의 센서시그널을 생산하고 레인센서를 이용한 강우량 측정방법은 광신호를 보내는 발광부와 차량의 전면유리창에 반사되는 광신호를 받는 수광부의 반사율을 이용한다. 수광부로 들어온 광량은 제어부로 전송되고, 제어부에서는 광량을 센서시그널로 변화하여 출력한다(Kim, *et. al.*, 2016)



※ Source: Kim, *et. al.*(2016).

Figure 2. Car rain sensor

레인센서의 원리는 비강우 시 차량 전면유리창에 감지되는 물방울이 없기 때문에 송광부에서 발산한 광신호가 차량 전면유리창에 전반사가 이루어진다(<Figure 3> (a)). 이와 반대로 강우 시 차량 전면유리창에 물방울이 감지되고 송광부에서 발산한 광신호가 산란되어 감지 신호가 변하게 된다(<Figure3> (b)). 강우량 변화에 따라 물방울 감지면적의 증감에 따라 수광부로 수광되는 광신호의 관계를 이용하면 레인센서 정보를 이용하여 강우강도정보 환산이 가능하다.

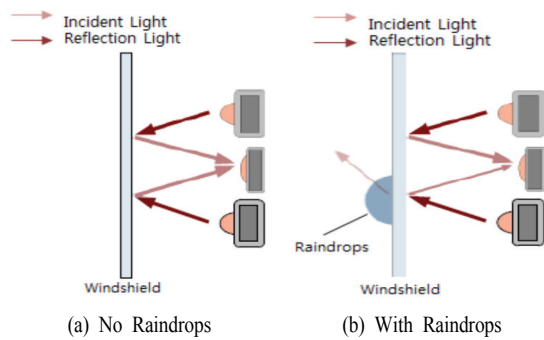
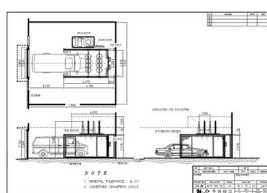


Figure 3. Change of reflected light according to existence of raindrops

2. 인공강우를 이용한 실내실험

본 논문에서 강우량 변화에 따른 차량용 레인센서의 변화를 확인 하기위하여 차량이 진입이 가능한 인공강우실험장치를 제작 후 활용하였다. 인공강우 실험장치는 노즐은 상부에만 배치가 되어 있고 노즐은 손쉽게 별도의 도구가 없이 교환이 가능하도록 하였으며 노즐은 4개 2열로 제작이 되며, 4개의 간격은 임으로 조절이 가능하도록 하였다. 강우분사노즐 전동 조절장치를 설치하여 강우시험시 분사되는 노즐프레임을 전진·후진을 할 수 있고 압력 조절밸브를 통해 분사량을 조절할 수 있도록 하였다. 이러한 인공강우 실험장치의 4개의 토출구와 노즐 종류 및 압력을 조절하여 20mm/hr부터 40mm/hr, 60mm/hr, 70mm/hr 마지막 90mm/hr까지 총 다섯 개의 강우조건을 재현하도록 설정하였다(<Figure 4>). 앞서 언급한 레인센서를 부착한 차량을 인공강우실험장치 내부에 진입하여 5개의 강우 조건별로 500회 반복 실험을 통해 레인센서 시그널 데이터를 수집하였다.



(a) Rainfall Experimental Unit(Drawing)



(b) Rainfall Experimental Unit(Image)

Figure 4. Rainfall experimental laboratory

3. 와이퍼 작동 영향을 고려한 레인센서 자료 전처리

기존 Kim(2018)이 개발한 W-S-R 관계식은 5분동안 추출된 센서 시그널 데이터의 평균인 대표 값 1개만을 추출하고 관계식의 변수로 적용하였다. 이는 8개의 채널에서 5분동안 생성되는 데이터는 약 152,000개이며 그중 하나의 대표 값을 추출하여 사용한 결과가 다소 정확도가 낮으며 이에 원인이 와이퍼 작동 시 유리창 전면부에 상태가 초기화되는 영향을 충분히 고려하지 못하기 때문이라 판단하였다.

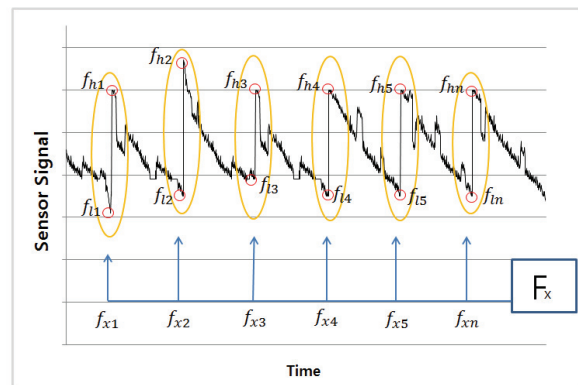


Figure 5. Concepts of rain sensor signal

이에 대한 대안으로 자기우량계의 티핑 버킷이 0.2mm마다 강우를 누적한 다음 초기화하여 강우량을 측정한다는 점의 아이디어를 착안하여 5분 동안 수집된 센서 시그널 중 와이퍼가 작동한 전·후의 값을 추출하고 관측시간(5분) 동안 누적하여 관계식의 변수로 적용하는 개념을 <Figure 5>와 같이 정리하고 (Eq.(1))과 같이 식으로 정리하였다.

$$\sum_{i=1}^n F_{Xi} = (f_{h1} - f_{l2}) + (f_{h2} - f_{l3}) + \dots + (f_{hn} - f_{l(n+1)}) \quad (1)$$

여기서, $\sum_{i=1}^n F_{Xi}$ 은 와이퍼 작동 영향을 고려한 누적 시그널 값, f_h 은 와이퍼 작동 후 레인센서 시그널 값, f_l 은 와이퍼 작동 전 레인센서 시그널 값을 의미한다.

III. 적용 및 결과

1. 실내실험을 통한 W-S-R 관계식 개발

레인센서의 실험을 위해 앞서 2.1~2장에서 언급한 차량용 레인센서 및 인공강우실험장과 실내실험 방법을 이용하여 실내실험을 각각의 강우 조건 별로 5분 단위로 500회 총 2,500회 실험을 수행하였다. 이후 2.3장에서 언급한 와이퍼 작동 영향을 고려한 레인센서 자료 전처리 방법을 이용하여 2,500개의 데이터를 전처리하였다(Figure 6> (a)).

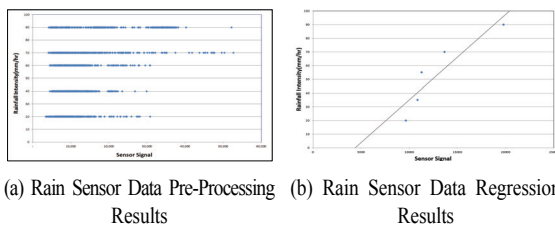


Figure 6. Rain sensor experiment results

전처리를 통해 도출된 강우 조건별 레인센서 자료와 강우 조건을 변수로 한 회귀분석을 위하여 강우조건별 500개의 평균을 적용하여 변수로 적용하여 회귀분석 후 도출된 선형회귀식을 W-S-R관계식에 적용하였다. 회귀분석 방법은 R^2 (결정계수) 값이 0.83으로 가장 높게 분석된 1차 선형회귀식 <Figure 6> (b)을 채택하고 회귀분석을 통해 도출된 W-S-R관계식을 아래 <Eq.(2)>로 정리하였다.

$$R = 0.0062 \cdot S_A - 27.4 \quad (2)$$

여기서, R 은 Rainfall Intensity(mm/hr)이고, S_A 는 $\sum_{i=1}^n F_{x_i}$ 로써 <Eq.(1)>에서 도출된 와이퍼 작동 영향을 고려한 누적 시그널 값을 의미한다.

2. 실외 강우 관측을 통한 W-S-R 관계식 검증

W-S-R관계식의 검증을 위해 실내실험에 적용한 레인센서 및 실험차량을 이용하여 2018년도의 6개 강우

발생사상을 관측하고 레인센서 데이터를 수집하였다. 각각의 관측 사상별 강우 지속시간과 누적강우량을 비교하여 <Table 1>에 제시하였고 각 사상별 침두시간에 해당하는 레이더 이미지를 <Figure 7>로 정리하였다.

Table 1. The duration and rainfall intensity of each event

Event	Date	Time	Rainfall Duration(min)	Accumulated Rainfall(mm)
E1	18.08.28	16:35 ~ 17:35	60	29
E2	18.09.19	20:40 ~ 22:00	80	6
E3	18.10.16	20:50 ~ 22:10	80	5
E4		22:35 ~ 24:15	110	9
E5	18.10.17	07:25 ~ 08:55	90	6
E6	18.10.18	15:45 ~ 18:05	140	14

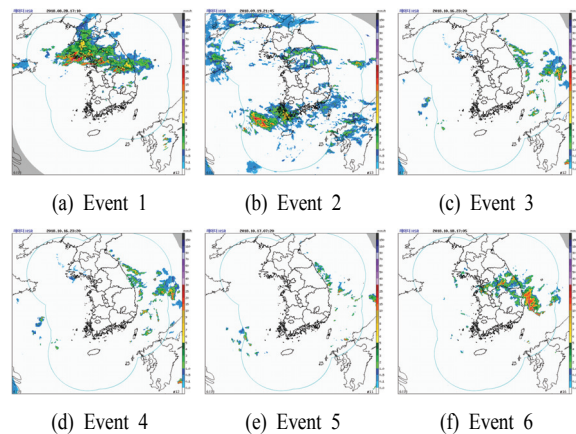


Figure 7. Observation radar image

레인센서를 이용한 실외 강우 관측 후 실내실험자료와 마찬가지로 2.3장에서 제시한 와이퍼 작동 영향을 고려한 전처리를 하고 신규 W-S-R 관계식(New W-S-R)에 적용하여 강우정보로 환산하였다. 또한 Kim(2017)이 제시한 5분동안 시그널의 평균을 적용 후 기존 W-S-R 관계식(Old W-S-R)을 적용하여 강우정보로 환산하였다. 각각의 신규 W-S-R 관계식(New W-S-R)은 빨간색, 기존 W-S-R 관계식(Old W-S-R)은 파란색, 지상강우는 초록색으로 <Table 2>에서 우량주상도를 비교하였고 우량주상도는 10분 강우량(막대 그래프)과 누적 강우량(꺼은선 그래프)을 비교하였다.

Table 2. Verification results for new W-S-R and old W-S-R

Event	New W-S-R and OBS		Old W-S-R and OBS	
	R^2	Error Rate(%)	R^2	Error Rate(%)
E1	0.95	0.10	0.54	0.98
E2	0.98	1.01	0.95	2.02
E3	0.99	0.57	0.97	0.78
E4	0.99	0.37	0.87	0.79
E5	0.99	0.20	0.93	0.75
E6	0.96	0.07	0.91	0.76
Average	0.98	0.39	0.86	1.01

또한 신규 W-S-R 관계식(New W-S-R)과 기존 W-S-R 관계식(Old W-S-R)을 각각 지상강우(OBS)비교하여 Q-Q Plot로 검증하였다(<Table 2>).

레인센서 강우정보 검증을 위하여 지상강우와 비교한 결과 비교 사상 중 가장 짧은 강우 지속시간인 60분 동안 가장 많은 강우량 29mm가 내린 E1에서 New W-S-R의 결정계수와 오차율이 각각 0.95와 0.1로 계산되었고, Old W-S-R의 결정계수와 오차율이 각각 0.54와

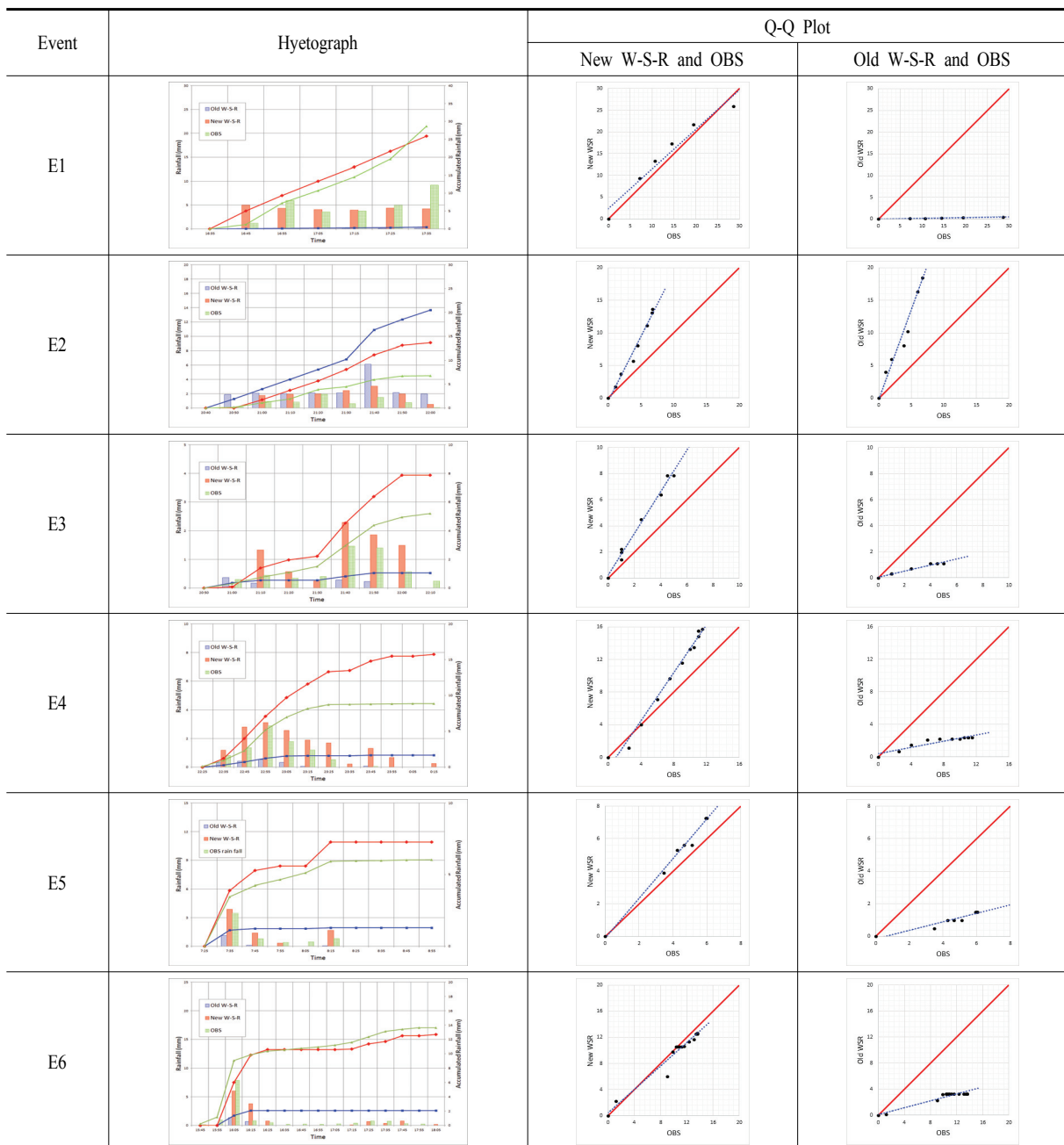


Figure 8. Verification of rain sensor rainfall data

0.98로 계산되었으며, New W-S-R이 Old W-S-R에 비해 정확한 것으로 분석되었다. 비교 사상 중 가장 긴 강우 지속시간인 140분 동안 14mm의 강우량이 내린 E6에서는 New W-S-R의 결정계수와 오차율이 각각 0.96과 0.07로 분석되었고, Old W-S-R의 결정계수와 오차율이 각각 0.91과 0.76로 분석되었으며, New W-S-R이 Old W-S-R에 비해 정확한 것으로 분석되었다.

비교한 6개 모든 사상에서 마찬가지로 New W-S-R이 Old W-S-R에 비해 분석되었다. 이를 통해 기존에 개발한 W-S-R 관계식에 비해 본 논문에서 개발한 새로운 W-S-R 관계식을 포함한 레인센서를 이용한 강우 정보 산정기술의 높은 신뢰도를 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 최근 자동차 센서 기술과 빅데이터 처리기술의 발전으로 인해 이를 활용한 관측기술이 확보됨에 따라 사용자 맞춤형 도로기상정보에 대한 수요가 발생하고 있는 점을 고려하여, 도로에서 운행되고 있는 차량에 차량용 레인센서를 부착하여 강우 시 강우를 차량에서 직접 측정하는 방법을 개발하였다.

새로 개발한 W-S-R(Wiper-Signal-Rainfall) 관계식은 기존에 개발된 방법에 비해 와이퍼 작동에 대한 영향을 고려하였으며 5분동안 측정된 센서시그널 데이터 값을 모두 사용하여 누적강우량을 산정하는 방법이다. 연구결과의 검증을 위하여 새로 개발한 방법인 New W-S-R과 기존에 개발된 Old W-S-R을 지상강우 OBS와 비교 검증 결과 검증사상 모두 New W-S-R이 Old W-S-R에 비해 오차가 높게 분석되었다.

이를 통해 레인센서를 이용한 강우정보 산정기술 측면에서 본 논문에서 새로 개발한 방법이 기존에 개발된 방법에 비해 높은 신뢰도를 확인하였으나, 실제 강우에서 본 논문 실내실험 조건 중 최소값인 20mm/hr 이하의 강우가 대부분을 차지하고 있어 회귀 분석에서 반영하지 못하는 영역으로 정확도를 감소시키는 문제와 전처리를 위해 많은 시간이 소요되는 문

제점을 확인하였다.

향후 연구에서는 실내실험 조건 중 강우강도 20mm 미만의 강우조건을 고려한 W-S-R 관계식 개발에 대한 연구와 전처리 시간을 단축하기 위한 빅데이터 처리 방법이 고안된다면 도로망 내의 모든 차량에서 실시간으로 차량용 레인센서를 이용한 강우정보 생산이 가능할 것이다. 이를 통해 실시간으로 보다 정확한 도로위 강우정보를 운전자에게 제공이 가능해짐으로써 국민 생활에 안전을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 기상청 선진기술개발연구사업(KMI2018-03010)의 지원으로 수행되었음.

References

- Haberlandt, U. and M. Sester. 2010. Areal Rainfall Estimation Using Moving Cars as Rain Aauges: A Modelling Study. *Hydrology and Earth System Sciences*. 14(7): 1139-1151.
- Kim, Byung Sik, Young Gon Kim, and Suk Ho Lee. 2016. Development of Rainfall Information Manufacturing Technoly by Using Signal of a Vehicle Rainfall Sensor. *Advanced Science and Technology Letters*. 141(27): 133-138.
- Kim, Dae Won. 2002. A Study on the Development of a Rain Gauge in Four Seasons. Master's Thesis. University of Daegu Catholic.
- Kim, Y. G. 2018. Development of the Relationship between Rainfall Strength and Rain Sensor for Vehicle. Master's Thesis. Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University.
- Kim, Young Gon, Suk Ho Lee, and Byung Sik Kim. 2018. Measurement of Rainfall Using Sensor Signal Generated from Vehicle Rain Sensor. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 38(2): 227-235.
- Kim, Young Gon. 2018. Development of Rainfall Intensity Calculation Equation Using Rain Sensor for Vehicle. Master's Thesis. Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon

National University.

Korea Meteorological Administration. 2013. Weather Radar Center.

Kwon, Bo Ra. 2019. Study on the Development of the Rainfall Estimation Technique Using Big Data Based Automotive Rain Sensor Signal: Development of New W-S-R Relation and Verification-I. Master's Thesis. Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University.

Lee, Chung Dae, Byung Hyun Lee, Hyeong Je Cho, and Byung Sik Kim. 2018. Comparison and Analysis of Observation Data of Rainfall Sensor for Vehicle And Rainfall Station. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 38(6): 783-791.

Lee, Seok Ho, and Young Gon Kim, and Byeong Sik Kim. 2017. Development of Relationship Equation for Vehicle Sensor Signal and Observed Rainfall. *Journal of the Korea Water Resources Association*. 50(1): 29-35.

Woo, Duk Mo. 2001. A Study on the Characteristics by the Rainfall Intensity of the Tipping-bucket Rain Gauge. Master's Thesis. Graduate School of Industry, Seoul National University of Industry.

Korean References Translated from the English

권보라. 2019. 빅데이터 기반의 차량용 레인센서 시그널을 이용한 강우산정기법 개발에 관한 연구: 신규 W-S-R관계식 개발 및 검증. 석사학위논문. 강원대학교 방재전문대학원.

기상청. 2009. 기상기술정책.

김대원. 2002. 사계절 우량계 개발에 관한 연구. 석사학위논문. 대구가톨릭대학교.

김영곤, 이석호, 김병식. 2018. 차량용 레인센서에서 생성된 센서시그널을 이용한 강우량측정. 대한토목학회논문집. 38(2): 227-235.

김영곤. 2018. 차량용 레인센서를 이용한 강우강도 산정 관계식 개발. 석사학위논문. 강원대학교 방재전문대학원.

우덕모. 2001. 전도형 우량계의 강우강도별 특성에 관한 연구. 석사학위논문. 서울산업대학교 산업대학원.

이석호, 김영곤, 김병식. 2017. 차량용 강우센서의 Signal과 관측 강우의 관계식 개발. 한국수자원학회논문집. 50(1): 29-35.

이충대, 이병현, 조형제, 김병식. 2018. 차량용 강우센서와 강우 관측소 관측자료 비교분석. 대한토목학회논문집. 38(6): 783-791.

Received: Nov. 4, 2020 / Revised: Nov. 23, 2020 / Accepted: Nov. 23, 2020

광학센서를 이용한 강우정보 생산기법 개발

- 관측강우를 이용한 차량용 레인센서 적용성 검토 -

국문초록 전 세계적으로 이상기후 등 다양한 환경 요인으로 인하여 국지성 집중호우의 빈도는 증가하고 이로 인한 도로재해 규모가 매년 증가하고 있다. 이러한 집중호우는 직접적인 강우 관측이 이루어지지 않는 미계측 지역은 인근 관측 값을 통해 추정하여 활용하기 때문에 정확도가 떨어질 수밖에 없으며, 이를 해결하기 위하여 레이더를 이용한 강우 관측, 방재기상관측소 등 강우 관측 기술에 대한 관심이 집중되고 있다. 그러나 이러한 시설들은 고비용이 소요되기 때문에 설치 수에 제한이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 차량용 레인센서에서 생산되는 센서 시그널 정보를 이용하여 강우정보를 생산하는 기술을 개발하였다. 레인센서 시그널을 강우정보로 활용하기 위하여 기존에 개발된 W-S-R 관계식은 5분 동안 생산된 값의 평균을 적용한 방법으로 와이퍼의 영향을 충분히 고려하지 못하여 정확도가 떨어지는 결과를 확인하였다. 이를 해결하기 위하여 레인센서 시그널에서 와이퍼가 동작한 전·후의 값의 차를 이용하는 방법을 적용하여 강우정보를 생산하고 지상강우량과 기존 W-S-R에 의한 강우량과 각각 비교하여 검증하였다.

주제어 : 레인센서, W-S-R관계식, 도로기상정보, big data

Profiles **Byung Hyun Lee** : He is a Doctor Student at Kangwon National University's Graduate School of Disaster Prevention; his main research field is sensor-based rainfall calculation, BigData, radar and electric vehicle charging station installation location index calculation(hydrobh2@kangwon.ac.kr).

Byung Sik Kim : He received his Ph.D. from Inha University in 2005; he is a professor at the Graduate School of Disaster Prevention at Kangwon National University, which he has lectured since 2011. His research and education fields are disaster management, BigData, weather disaster prevention, and hydrology. He has published 130 articles in journals (hydrokbs@kangwon.ac.kr).

Sung Jin Hwang : He is a Master's degree in disaster prevention at Kangwon National University(hsj95@kangwon.ac.kr).