

# 실시간 Z-R관계식을 이용한 레이더 강우산정기법의 문제점 개선에 관한 연구

## A Study on the Improvement of Quantitative Precipitation Estimation with Real-time Z-R Relationships

김광섭\*, 김종필\*\*, 임태경\*\*\*

Gwangseob Kim, Jong Pil Kim, Tae Kyung Yim

### 요 지

면적강우량은 수치예보모형(NWP; Numerical Weather Prediction)이나 분포형 강우유출모형 등에서 가장 중요한 입력변수이다. 기상레이더는 광범위한 시공간분해능을 지닌 강우관측기기로서 널리 이용되고 있다. 레이더 반사도 자료를 이용한 강우추정에 대한 연구는 Z-R 관계식을 이용한 방법, 지상우량계와 연계한 통계적인 방법 등 다양하게 전개되어 왔다. 일반적으로 많이 사용되는 Marshall and Palmer(1948)가 제시한 Z-R 관계식은 층운형 강우에는 비교적 타당한 결과를 얻을 수 있지만 적운형 강우에 대해서는 그러하지 못하다. 또한 지상우량계와 연계한 방법은 주로 geostatistic 기법(ordinary kriging, co-kriging, kriging with external drift 등)을 사용하지만, 배리오그램(variogram)을 작성해야 되는 등 계산절차가 복잡하고 시간이 많이 걸려 실무에 적용하여 실시간으로 강우정보를 제공하기에는 다소 무리가 따른다. 따라서 본 연구에서는 지상우량계로 관측된 강우량과 레이더 추정강우 사이의 보정계수를 이용한 실시간 Z-R 관계식으로 레이더강우를 추정할 경우 발생할 수 있는 문제점들을 제시하고 개선방안을 모색하여 보다 정확한 레이더 강우를 추정하고자 하였다. 연구 대상지역은 부산레이더 반경 240km 이내 지역이며, 강우사상으로는 2002년 8월 31일(태풍 "루사")의 레이더 반사도 자료를 이용하였다. 또한, 지상관측 강우량자료는 AWS(Auto Weathering System) 중에서 부산레이더 관측범위 내에 존재하는 68곳의 1시간 누적강우량을 사용하였다. 연구 결과, 기존의 실시간 Z-R 관계식을 이용할 경우 단순히 지상우량계와 레이더 강우 사이의 보정계수를 사용하면서 물리적인 범위를 벗어나 과대 추정되는 결과를 발생시켰다. 본 연구에서는 이렇게 과대 추정되는 부분을 제한함으로써 보다 현실적이고 타당한 면적강우량을 산정할 수 있었다.

**핵심용어 : Z-R 관계식, 레이더, 강우량, 보정계수**

### 1. 서 론

면적강우량은 수치예보모형(NWP; Numerical Weather Prediction)이나 분포형 강우유출모형 등에서 유출생성의 근원이 되는 가장 중요한 입력변수이다. 기상레이더 1대가 관측할 수 있는 반경이 240km 이상이나 되며 시간적으로 10분 간격으로 자료를 생성하고 공간적으로 최근 250m 간격으로 자료를 생산하고 있는 광범위한 시공간분해능을 지닌 강우관측기기로서 널리 이용되고 있다. 레이더 반사도 자료를 이용한 강우추정에 대한 연구는 Z-R 관계식을 이용한 방법, 지상우량계와 연계한 통계적인 방법 등 다양하게 전개되어 왔다. 일반적으로 많이 사용되는 Marshall and Palmer(1948)가 제시한 Z-R 관계식은 층운형 강우에는 비교적 타당한 결과를 얻을 수 있지만 적운형 강우에 대해서는 과소 추정하는 경향이 있다는 평가를 받고 있다. 또한 지

\* 정회원-경북대학교 건축토목공학부 교수E-mail : [kimgs@knu.ac.kr](mailto:kimgs@knu.ac.kr)

\*\* 경북대학교 건축토목공학부 박사과정E-mail : [jpkim@knu.ac.kr](mailto:jpkim@knu.ac.kr)

\*\*\* (주) 삼안 대리공학사E-mail : [kkyung1122@msn.com](mailto:kkyung1122@msn.com)

상우량계와 연계한 방법은 주로 geostatistic 기법(ordinary kriging, co-kriging, kriging with external drift 등)을 사용하지만, 배리오그램(variogram)을 작성해야 되는 등 계산절차가 복잡하고 시간이 오래 걸려서 실무에 적용하여 실시간으로 강우정보를 제공하기에는 다소 무리가 따른다. 현업 보정을 이용한 실시간 Z-R 관계식은 레이더 강우강도와 지상 우량계 강우강도 사이의 보정계수를 이용하여 레이더 강우를 산정하는 방법으로 레이더와 우량계 자료만을 이용하여 적용할 수 있으며 계산이 간단하여 적용성이 높다. 하지만 단지 두 자료간의 수치비를 이용하는 방법이기 때문에 강우강도를 과대추정하게 되는 경우가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하여 보다 정확하게 레이더 강우를 추정하고자 하였다.

## 2. 자료수집 및 연구방법

### 2.1 자료수집

본 연구에서는 강우사상으로 2002년 8월 31일 태풍 “루사”에 대하여 선정하였다. 태풍 “루사”는 2002년 8월 23일 괌섬 동북동쪽 약 1800km 부근 해상에서 발생하여 31일 오전 3시 30분경에 고흥반도에 상륙했다. 상륙 당시 중심기압 960hPa, 최대풍속 35m/s의 강도 “강”, 크기 “대형”의 태풍이었다. 그 다음날인 9월 1일 오전 9시경 열대저압부로 약화되었다. 태풍 “루사”로 인하여 발생한 호우는 일최다강수량이 강릉 870.5mm, 대관령 712.5mm, 고흥 404.0mm, 시간당강수량은 강릉 100.5mm, 고흥 85.5mm, 대관령 67.5mm을 기록했다.

대상지역은 부산광역시 서구 구덕산(129°00′07″E, 35°06′56″N)에 위치한 부산레이더 관측범위이다. 연구에 사용된 레이더자료는 2002년 8월 31일 15시에서 16시까지 부산레이더로 관측된 자료이다. 또한, 보정계수를 산정하기 위하여 부산레이더 관측범위 내에 위치한 AWS 68개소의 같은 기간의 강우량자료를 수집하였다. <표 1>는 부산레이더 관측범위 내의 AWS 위치정보를 나타낸 것이다.

### 2.2 연구방법

현업 보정을 이용한 실시간 Z-R 관계식은 지상의 우량계로 관측된 강우량을 이용하여 레이더 강우강도를 보정하는 기법으로 Kotarou 등(1995)이 일본 건설성에서 운영하는 레이더 시스템을 위하여 제안하였다. 임의의 시간  $t_1$ 와 임의의 지상 우량계의 지점  $i$ 에 대하여 지상 우량계의 강우강도  $G_i(t_1)$ 와 레이더 반사도로 산정된 강우강도  $R_i(t_1)$  사이의 보정계수를  $f_i(t_1)$ 라 하면 보정된 강우강도  $C_i(t_2)$ 는 다음과 같은 두 식으로 구할 수 있다.

$$f_i(t_1) = G_i(t_1)/R_i(t_1) \quad (1)$$

$$C_i(t_2) = f_i(t_1)R_i(t_2) \quad (2)$$

이러한 실시간 Z-R 관계식을 이용한 레이더 강우 산정방법은 지상 우량계가 존재하는 지점에서는 상당히 높은 정확도를 보여준다. 하지만 지상 우량계가 존재하는 않는 격자점들로 보정계수를 확장하여 레이더 강우를 산정할 경우 물리적인 범위를 벗어나는 결과가 나타나기도 한다. 예를 들면, 임의의 지점에서 레이더 반사도가 낮게 나타났음에도 불구하고 그 지점의 지상 우량계로 기록된 강우량이 상대적으로 높게 기록되었다면 보정계수가 상당히 높게 나타나게 될 것이다. 이렇게 되면 이 지점에 인접한 격자점들에 대해서는 매우 높은 보정계수를 적용하게 되어 강우량이 실제보다 높게 나타나게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위하여 보정계수의 범위를 제한하였다.

## 3. 결 론

본 연구에서는 지상우량계로 관측된 강우량과 레이더 추정강우 사이의 보정계수를 이용한 실시간 Z-R 관

계식으로 레이더강우를 추정시 발생하는 문제점을 개선하여 보다 정확한 레이더 강우를 추정하고자 하였다. 연구 대상지역은 진도 기상레이더 관측범위 내 지역이며, 강우사상으로는 2007년 9월 16일 태풍 "나리"의 레이더 반사도 자료를 이용하였다. 또한, 지상관측 강우량자료는 기상청에서 운영하는 76개 기상관측소 중에서 진도레이더 범위 내에 속하는 33개 기상관측소의 1시간 누적강우량을 사용하였다. 연구 결과, 기존의 실시간 Z-R 관계식을 이용할 경우 단순히 지상우량계와 레이더 강우 사이의 보정계수를 사용하면서 물리적인 범위를 벗어나 과대 추정되는 결과를 발생시켰다(그림 1(a)). 또한 Marshall and Palmer(1948)의 Z-R 관계식을 태풍사상에 적용할 경우는 과소 추정되는 결과를 낳는다(그림 1(c)). 본 연구에서는 이렇게 과대·과소 추정되는 부분을 제한함으로써 보다 현실적이고 타당한 면적강우량을 산정할 수 있었다.

표 1. 부산레이더 관측범위 내 AWS 위치정보.

Station Number	Station Name	Longitude (°E)	Latitude (°N)	Station Number	Station Name	Longitude (°E)	Latitude (°N)
311	가야산	128.08	35.77	834	화서	127.95	36.45
314	덕유봉	127.75	35.87	836	현서	128.90	36.27
315	성삼재	127.48	35.28	839	길안	128.90	36.45
604	옥천	127.58	36.28	840	하양	128.82	35.92
605	영동	127.77	36.17	841	화북	128.92	36.10
626	청산	127.78	36.35	845	남구	128.60	35.85
642	문화	127.40	36.30	846	서구	128.55	35.87
643	세천	127.50	36.35	847	소보	128.78	36.47
647	가곡	127.67	36.12	848	금천	128.90	35.68
648	구죽	127.38	36.43	853	팔공산	128.62	36.00
678	남원RDA	127.43	35.42	872	지리산	127.72	35.33
701	무주	127.67	36.00	902	중산리	127.75	35.28
703	진안	127.43	35.78	903	남지	128.90	35.23
709	구례	127.43	35.18	904	의창	128.68	35.32
757	주양	127.43	35.97	906	화개	127.63	35.28
758	동향	127.57	35.83	912	함양	127.72	35.53
759	뱀사골	127.60	35.37	914	서하	127.68	35.63
768	곡성	127.45	35.28	915	삼가	128.15	35.42
791	피아골	127.58	35.18	916	신안	127.97	35.32
806	선산	128.30	36.23	919	창녕	128.47	35.55
807	의흥	128.73	36.17	920	함안	128.40	35.30
809	대덕	127.97	35.92	922	원동	128.98	35.48
810	성주	128.27	35.90	925	생림	128.85	35.32
812	고령	128.27	35.73	927	송백	128.88	35.58
813	청도	128.73	35.65	934	수곡	127.93	35.20
821	옥산	128.10	36.28	935	청덕	128.32	35.55
822	김천	128.13	36.13	936	의령	128.28	35.32
823	군위	128.57	36.23	941	북구	129.00	35.20
824	가산	128.55	36.08	944	길곡	128.67	35.38
825	약목	128.40	36.03	945	대병	128.03	35.85
826	신령	128.80	36.03	946	복상	127.82	35.78
827	경산	128.73	35.82	948	삼장	127.85	35.28
828	현풍	128.45	35.70	974	진주AGR	128.10	35.20
832	안계	128.43	36.38				

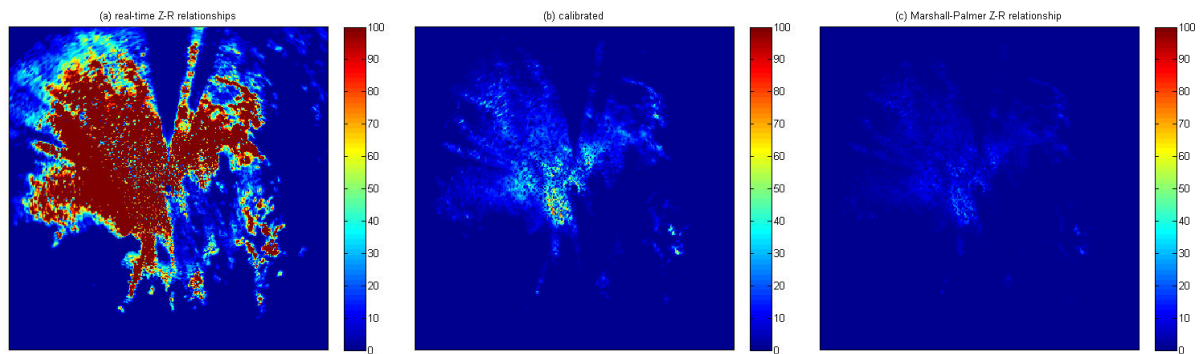


그림 1. 면적강우량 산정결과 비교 (단위 : mm/hr).

### 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08 기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. Kotarou, T., Takumi, N. and Takaaki, Y. (1995). "Operational calibration of raingauge radar by 10-minute telemeter rainfall." *3rd International Symposium on Weather Radars*, Sao Paulo, Brazil, pp.75-81.
2. Marshall, J.S. and Palmer, W.Mck. (1948). "The distribution of raindrops with size." *Journal of Atmospheric Science*, vol.5, 4, pp.165-166.
3. Sauvageot, H. (1992). *Radar Meteorology*. Artech House, p.117.