

기상 레이더를 이용한 실시간 강수산정 기법 적용성 분석

Analysis of the Applicability of Realtime Rainfall Estimation Methods Using Weather Radar

김광섭*, 최규현**, 김종필***
Gwangseob Kim, KyuHyun Choi, JongPil Kim

요 지

기상 레이더와 지상강우계를 이용한 실시간 강수산정기법은 전형적인 Marshall-Palmer(M-P) 방법, geostatistic 접근법을 이용한 방법, 회귀분석에 의한 방법, Kalman filter를 이용한 방법 및 실시간 weight mask를 이용한 보정 등 여러 형태가 존재한다. 본 연구에서는 실시간 강수산정을 위한 각 방법의 장단점 및 적용성을 분석하였다. 전형적인 M-P 방법은 잘 알려진 바와 같이 호우사상을 과소 추정하는 단점을 가졌으며 기존 연구자들이 제시한 바와 같이 층운형, 대류형과 같은 강우형태에 따라 다른 Z-R관계식을 가지므로 단일 Z-R관계식으로 강수를 산정함에 있어 한계를 가진다. Geostatistic 기법을 이용한 실시간 강수 산정의 경우, 지상 강우계 정보를 활용하여 강우공간분포를 개선하는 여러 기법 즉 cokriging, external drift 기법 등이 존재함에도 불구하고 과다한 계산시간, 실시간 variogram 산정과 적용상의 문제 등을 내포하고 있다. 실시간 회귀분석을 이용한 강수산정은 실제 적용에 있어 지상 강우계와 레이더 반사도사이의 선형 상관관계에 대한 결정계수가 매우 낮아 기법 적용이 간단한 장점에도 불구하고 적용에 한계를 가진다. Kalman filter기법을 이용한 실시간 레이더 강수산정은 계산시간이 여타 기법보다 많이 소요되어 실시간성을 유지하는데 한계를 가진다. 실시간 weight mask를 이용한 보정기법은 지상강우계 강우강도와 기상레이더 강우강도가 선형상관관계를 가진다는 가정이 대상지역 전체에 균일하게 적용될 수 없음에도 불구하고 기법의 적용이 간편하며 실시간 강우 공간분포를 실제 강우 관측인 지상 강우계 공간 분포 특성을 간접 강우 관측인 기상 레이더 반사도 분포와 결합하여 공간 변화 특성을 잘 나타낸다는 장점을 가지므로 실용적 적용에 있어 장점을 가진다.

핵심어 : 실시간 강수산정, 기상 레이더, Weight Mask

1. 서론

2차원 정량강우의 정확한 산출은 이치수와 관련하여 수문 및 기상 연구자와 여러 관련분야 실무자들과 한에게 있어 중요한 관심 분야이다. 지상 강우 관측망을 이용한 관측자료를 이용한 보정에 의한 2차원 정량 강우 산정은 전형적인 접근법으로 계속되어져 오고 있으며 우리나라의 경우 공간 분해능이 좋은 (약 16km) 자동 기상 관측망을 가지고 있음에도 불구하고 강우의 정확한 공간적 분포양상을 나타내기에는 한계를 가진다. 또한 선형회귀분석, Spline, geostatistical 방법 등의 기법을 사용한 2차원 면적강우의 산정에는 자료를 평활화한다는 단점을 내포하고 있다. 원격측정기술의 발달로 인하여 기상레이더를 이용한 2차원 강수산정에 대한 연구가 진행되고 있으며 보다 정확한 강우 공간분포 이해와 정량적 강우 산출에 새로운 가능성을 제시하고 있다. 국내의 안정된 강우 지상관측망 자료와 기상레이더를 연계한 2차원 정량강우 산정은 강우-유출해석의 정도 향상 및 다양한 분야에서 장점을 제공할 것이다. 그럼에도 불구하고 여전히 정확한 2차원 정량강우산정과 적용에 있어 해결해야할 문제점이 많이 남아 있다. 강우계 관측망으로부터 획득하는 강우량과 기상

* 정회원경북대학교 공과대학 건축토목공학부 토목공학전공 부교수E-mail : kimgs@knu.ac.kr

** 국토해양부 낙동강홍수통제소 조사과 E-mail : khchoi@mltm.go.kr

*** 경북대학교 공과대학 건축토목공학부 토목공학전공E-mail : gangster97@naver.com

레이더 자료를 이용한 정량강우산정을 위한 연구는 여러 형태로 수행되어 왔다. 레이더 강우와 강우계 강우의 확률분포를 이용한 산정에 관한 연구(Rosenfeld et al., 1993), 다변량 회귀분석에 기초한 통계적 접근법(Hevesi et al., 1992), geostatistical interpolation 기법을 이용한 연구(Krajewski, 1987, Cassiraga and Gomez-Hernandez, 1996, Sun et al., 2000, Velasco et al., 2004, 최규현 등, 2006) 등이 있다. 또한 현업보정에 의한 실시간 Z-R관계 기법을 제시하였다. 실시간 강우산정기법은 전형적 레이더 강우산정 기법인 Marshall-Palmer(M-P) 방법과 기상 레이더와 지상강우계를 이용한 geostatistic 접근법을 이용한 방법, 회귀분석에 의한 방법, Kalman filter를 이용한 방법 및 실시간 weight mask를 이용한 보정 등 여러 형태가 존재한다. 전형적인 M-P 방법은 잘 알려진 바와 같이 호우사상을 과소 추정하는 단점을 가졌으며 기존 연구자들이 제시한 바와 같이 층운형, 대류형과 같은 강우형태에 따라 다른 Z-R관계식을 가지므로 단일 Z-R관계식으로 강우를 산정함에 있어 한계를 가진다. Geostatistic 기법을 이용한 실시간 강우 산정의 경우, 지상 강우계 정보를 활용하여 강우공간분포를 개선하는 여러 기법 즉 cokriging, external drift 기법 등이 존재함에도 불구하고 과도한 계산시간, 실시간 variogram 산정과 적용상의 문제 등을 내포하고 있다. 실시간 회귀분석을 이용한 강우산정은 실제 적용에 있어 지상 강우계와 레이더 반사도사이의 선형 상관관계에 대한 결정계수가 매우 낮아 기법 적용이 간단한 장점에도 불구하고 적용에 한계를 가진다. Kalman filter 기법을 이용한 실시간 레이더 강우산정은 계산시간이 여타 기법보다 많이 소요되어 실시간성을 유지하는데 한계를 가진다. 실시간 weight mask를 이용한 보정기법은 지상강우계 강우강도와 기상레이더 강우강도가 선형상관관계를 가진다는 가정이 대상지역 전체에 균일하게 적용될 수 없음에도 불구하고 기법의 적용이 간편하며 실시간 강우 공간분포를 실제 강우 관측인 지상 강우계 공간 분포 특성을 간접 강우 관측인 기상 레이더 반사도 분포와 결합하여 공간 변화 특성을 잘 나타낸다는 장점을 가지므로 실용적 적용에 있어 장점을 가진다. 본 연구에서는 실시간 강우산정을 위한 각 방법의 장단점 및 적용성을 분석하였다.

2. 2차원 강우 산정

2차원 강수량을 산출하기 위한 방법으로 국내 주된 기상 관측 레이더인 C-band 레이더에 의한 강우산출에 있어서는 특히 호우 시 여러 가지 원인에 의하여 실제 강수량보다 적은 강우량이 산출되는 문제점을 내포하고 있다. 그리하여 국내에서 기상레이더에 의하여 산출되는 면적강우를 실무에 적용함에 있어 문제점을 내포하고 있다. 그러므로 여러 기기에 의하여 획득된 정보를 사용하여 최적의 강우를 환산하는 것이 중요한 극복 과제인 것이다. 기상레이더는 광역에 대하여 아주 정확한 강우분포양상과 시간적 강우 진행과정을 제시함에도 불구하고 제시된 강수량은 간접적인 관측치로 레이더 반사도로부터 측정된 값이다. 그러므로 지상보정을 통하여 내포된 에러를 교정하는 것이 필요하다.

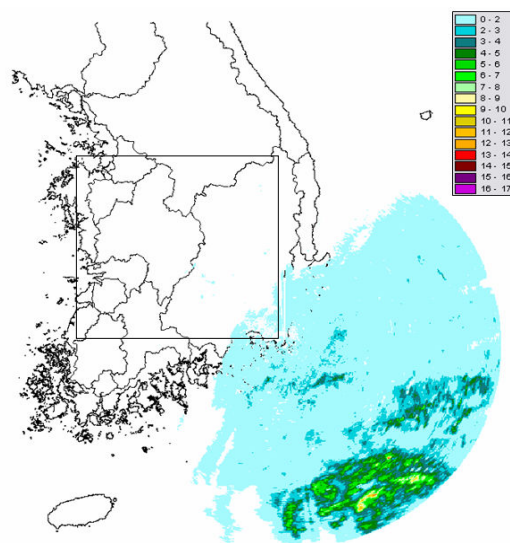


그림 1 부산레이더 강우관측 샘플과 기법 비교분석에 사용된 대상지역 경계

본 연구에서는 2차원 정량강우산정에 있어 우량계 관측망을 통하여서는 획득하는 강우량은 관측지점에 대한 정확한 강우량이라고 가정하고 기상레이더로부터 획득되는 반사도값은 정확한 강우의 공간분포와 강도 분포를 나타낸다는 가정 하에 두 정보를 결합하여 보다 개선된 2차원 정량강우를 산출하여 기존의 M-P식에 의하여 산정된 강우량과 비교 분석하고자 한다. 그림 1은 본 연구에서 적용한 부산레이더 샘플 반사도 자료와 분석에 사용된 대상지역 경계를 나타낸다. 강수산정 기법들은 2002년 8월말 발생한 태풍 루사 사상에 대하여 적용하였다. 일반가정인 강우시스템의 균질성 및 반사도와 지상강우량과의 비례가정 하에 지상강우계 지점 반사도와 지상강수량 사이의 회귀분석을 통한 실시간 Z-R관계식 산정이 가능하나 적용결과 결정계수가 매우 낮은 것으로 나타났다. 그리하여 현업보정 기법과 동일한 각 지상관측 지점에 대응하는 적정 윈도우 내의 반사도 사이에 실시간 Z-R관계를 확립하고 이에 대응하는 weight mask를 작성하여 적용한 결과 그림 2,3에서 제시하는 바와 같이 호우 시 강우량을 과소 추정하는 (대상시간에 대하여 최고 강우강도 약 20mm/hr 이하) M-P식에 의한 산정에 비하여 지상 강우계로 보정한 결과 강우강도면에서는 매우 타당한 결과(최고 강우강도 약 80mm/hr 이상) 보였다. 그럼에도 불구하고 레이더 반사도 값의 공간분포와 비례하지 않는 강수장을

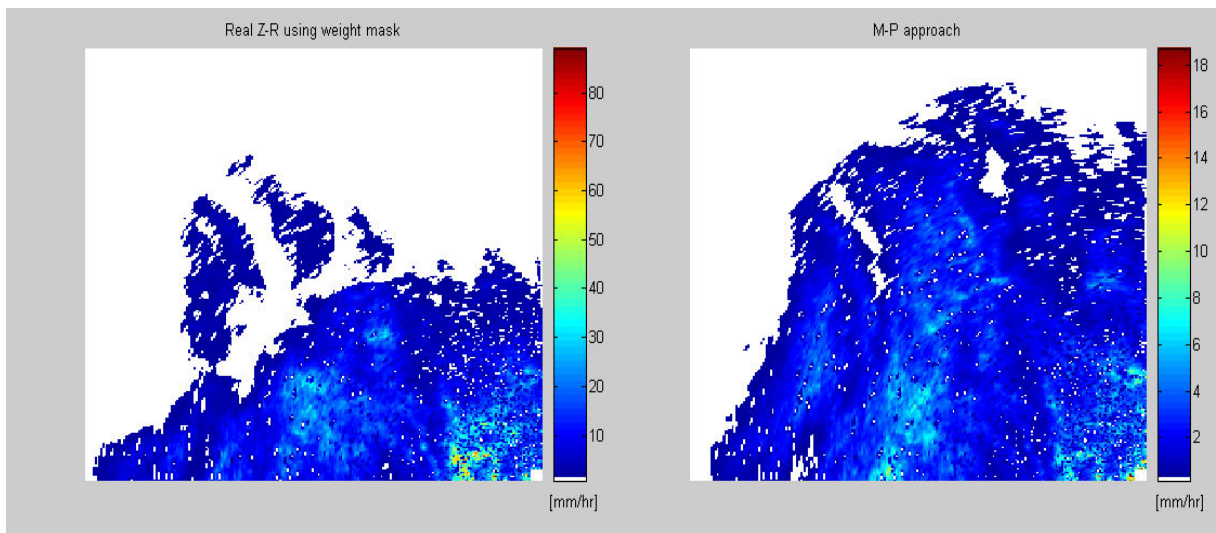


그림 2 (a) weight mask를 활용한 실시간 Z-R에 의한 강우강도 산정치, (b) M-P 식을 사용한 강우강도 산정치 (2002/08/31/08:40)

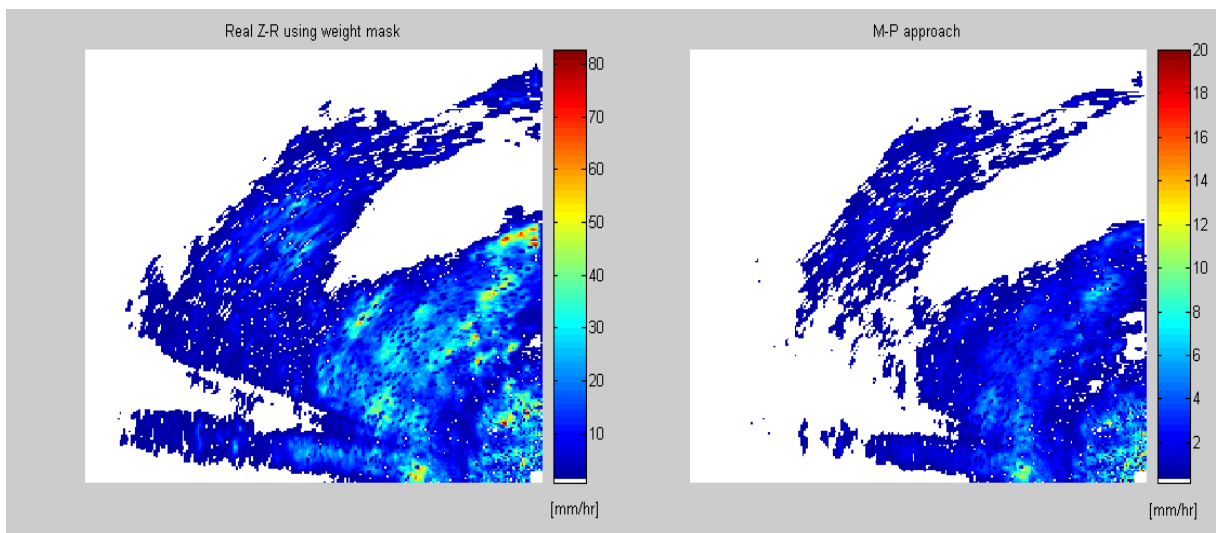


그림 3 (a) weight mask를 활용한 실시간 Z-R에 의한 강우강도 산정치, (b) M-P 식을 사용한 강우강도 산정치 (2002/08/31/13:00)

생산하여 기본 가정에 대한 적용 타당성에 의문을 제기하는 결과를 보여 주었다. 이는 매우 작은 지상 관측 측기의 공간대표성의 문제와 함께 우적의 크기와 바람 등의 영향으로 레이더 반사도가 관측되는 지점과 지상강우계의 관측치가 일대일 대응하는 관계를 가지지 못하는 사상이 발생할 수 있음에 크게 영향 받은 결과라 판단된다. 이를 개선하기 위하여 바람영향 보정 및 대표 반사도 윈도우 크기에 따른 영향 등에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 2차원 면적강우의 산정 시 레이더에 의한 강우산출에 있어서는 특히 호우 시 여러 가지 원인에 의하여 실제 강우량보다 적은 강우량이 산출되는 문제점을 극복하고 지상강우계와 기상레이더가 가지는 장점을 이용하여 2차원 면적강우 산정을 개선하고자 하였다. 또한 여러 형태의 정량강우 산정기법 적용에 있어 발생하는 한계점을 분석하였다. 지상강우계를 사용한 실시간 보정 시 호우에 대하여 강우량을 과소 추정하는 M-P식에 의한 산정에 비하여 지상 강우계로 보정한 결과 강우강도면에서는 매우 타당한 결과를 보였다. 그러나 강우 사상별로 레이더 반사도 값의 공간분포와 비례하지 않는 강수장을 생산하기도 하였다. 이는 매우 작은 지상 관측 측기의 공간대표성의 문제와 함께 우적의 크기와 바람 등의 영향으로 레이더 반사도가 관측되는 지점과 지상강우계의 관측치가 일대일 대응하는 관계를 가지지 못하는 사상이 발생할 수 있음에 크게 영향 받은 결과라 판단된다. 이를 개선하기 위하여 바람영향 보정 및 대표 반사도 윈도우 크기에 따른 영향 등에 대한 지속적인 연구가 필요하리라 판단된다. 개선된 2차원 정량강우의 산출 및 적용한계성에 대한 분석 결과는 수자원 관리 및 분포형 유출모형의 등 수자원관리 전반에 큰 도움을 줄 것으로 판단된다. 그러나 지상 강우계 관측의 공간분포와 기상 레이더 관측의 강우 공간분포의 불일치성의 원인 규명과 보정을 위한 연구가 지속되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

1. 정성화, 김경익, 하경자, 2005. 지상 우량계의 강우강도를 이용한 개선된 레이더 강우강도의 실시간 추정, 한국기상학회 논문집, 41: 751-762
2. 최규현, 한건연, 김광섭, 이창희, 2006. 레이더 정량강우와 연계한 홍수유출 및 범람해석 시스템 확립, 한국수자원 학회 논문집, 39(4): 335-346
3. Cassiraga, E. F., and J. J. Gomez-Hernandez. 1996. Improved rainfall estimation by integration of radar data: A geostatistical approach. in First European Conference on Geostatistics for Environmental Applications., Lisboa, Portugal.
4. Hevesi, J. A., A. L. Flint, and J. D. Istok. 1992. Precipitation Estimation in Mountainous Terrain Using Multivariate Geostatistics. Part II: Isohyetal Maps. Journal of Applied Meteorology 31:667-688.
5. Krajewski, W. F. 1987. Cokriging radar-rainfall and rain gage data. J. Geophys. Res. 92:9571-9580.
6. Rosenfeld, D., D. Wolff, and D. Atlas. 1993. General probability-matched relations between radar reflectivity and rain rate. J. Appl. Meteor. 32:50-72.
7. Sun, X., R. G. Mein, T. D. Keenan, and J. F. Elliot. 2000. Flood estimation using radar and raingauge data. J. Hydrol. 239:4-18.
8. Velasco-Forero, C., Sempere T.D., Sanchez-Diezma, R., Cassiraga, E.F., and Gomez-Hernandez, J.J., 2004. A non parametric methodology to merge raingauges and radar by kriging: sensitivity to errors in radar measurement, European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, ERAD Publication Series. Copernicus GmbH, Visby (Sweden), 21-25.