



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년05월18일  
 (11) 등록번호 10-1846294  
 (24) 등록일자 2018년04월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01W 1/14 (2006.01) G01S 13/95 (2006.01)  
 G01W 1/10 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 G01W 1/14 (2013.01)  
 G01S 13/958 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0046812  
 (22) 출원일자 2017년04월11일  
 심사청구일자 2017년04월11일
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP10288674 A\*  
 김태정 외 2인, ‘초단기 강우예측을 위한 기상레이더 강우장 추적기법 개발’, 한국수자원학회논문집, 제48권, 제12호, 2015.12., pp.995-1009.\*  
 네이버 블로그(Proj4를 활용한 Converting 작업 (X/Y 좌표 → 위도/경도), 2016.12.25. 공지, <http://windingroad.tistory.com/27>)\*  
 김민재 외 1인, ‘K-최근방 이웃 보간법을 이용한 초해상도 영상 복원 알고리즘’, 대한전자공학회 학술대회, 2010.11., pp.393-394.\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 대한민국
- (72) 발명자  
**박영진**  
 울산광역시 중구 중가로 245, 303동 1802호 (유곡동, 에일린의뜰3차)  
**김진영**  
 울산광역시 남구 문수로410번길 10, 101동 102호 (신정동, 신정현대아파트)  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**박희규**

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 김홍래

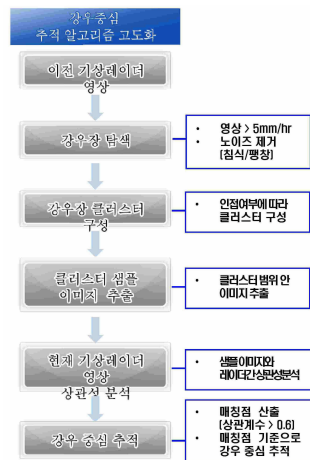
(54) 발명의 명칭 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법

**(57) 요약**

본 발명은 기상 레이더 기반 강우중심 추적 알고리즘을 고도화하여 강우장 이동경로를 보다 정확히 파악할 수 있도록 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,

운영 컴퓨터에 설치된 스마트 재난상황관리시스템(이는 컴퓨터 프로그램임)을 사용하여 각종 재난 관련 데이터를 (뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



업로드하여 표출하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,

먼저 이전 기상 레이더 영상에서, 임의 설정한 강우강도 기준을 초과한 에코를 추출하여 이전영상을 생성하고, 침식 알고리즘을 이용하여 노이즈 제거로 인해 소실된 영역을 보완하기 위해 팽창 알고리즘을 이용하여 영역을 확장시키는 강우장 탐색과정과;

픽셀간 인접여부에 따라 군집 번호가 구성되어지는 강우장 클러스터 구성과정과;

각각의 군집을 이루는 강우장의 형상만 추출하여 샘플 영상을 생성하는 클러스터 샘플 이미지 추출과정과;

새로운 기상레이더 영상이 수신되면 각각의 샘플데이터와 최신 기상레이더 영상간의 Cross-Correlation을 수행하는 현재 기상레이더 영상 상관성 분석과정과;

매칭점을 산출하고, 상기 매칭점을 중심으로 해당 샘플영상크기의 영상을 추출하고 추출영상을 기반으로 강우중심 좌표를 산출하는 강우 중심 추적과정으로 구성된 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

**G01W 1/10** (2013.01)

(72) 발명자

**표경수**

울산광역시 중구 종가4길 10, 206동 1301호 (유곡동, 우정혁신도시2차동원로알듀크)

**박형성**

울산광역시 중구 종가로 668-10, 208호 (서동, 우정혁신도시KCC스위첸)

**정인규**

울산광역시 중구 장춘로 136, 1204호 (옥교동, 어반펠리체)

**임정탁**

울산광역시 중구 우정3길 9, 106동 1202호 (우정동, 선경1차아파트)

**김민호**

울산광역시 중구 중앙길 105-1, 403호 (성남동)

**박진이**

울산광역시 중구 성안7길 18-2, 305호 (성안동, 청수원톱)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

운영 컴퓨터에 설치된 스마트 재난상황관리시스템(이는 컴퓨터 프로그램임)을 사용하여 각종 재난 관련 데이터를 업로드하여 표출하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,

기상 레이더 영상은 기반 통합 상황관리에 적용하기 위해 기준 좌표계 변환모듈에 의해 기준 좌표계와 동일 좌표계로 변환하되, 좌표 변환모듈로서는 GDAL을 기반으로하여 다양한 포맷의 레스터 데이터도 좌표변환이 가능하며, 다만 재난정보의 기준 좌표계가 다를 수 있으므로 기준 좌표계의 PROJ.4 인자를 수정해야하는데, Geotiff 포맷과 같이 이미 좌표계 정보가 있는 포맷의 경우에는 기준 좌표계 설정 처리과정을 생략할 수 있게되는 좌표계 변환과정과;

먼저 이전 기상 레이더 영상에서, 임의 설정한 강우강도 기준을 초과한 에코를 추출하여 이진영상을 생성하되, 이진영상은 클러스터를 구성하기에 많은 노이즈를 포함하므로 형태학적 영상처리에 사용되는 침식 알고리즘을 이용하여 노이즈를 제거하고, 노이즈 제거로 인해 소실된 영역을 보완하기 위해 팽창 알고리즘을 이용하여 영역을 확장시키는 강우장 탐색과정과;

노이즈가 제거된 이진영상에서 1의 값을 가진 픽셀에 일련의 군집번호를 부여함으로써 해당픽셀마다 고유의 일련번호(1,2,...,n)가 만들어지고 이를 다시 군집하는 작업이 수행되는데, 군집방법은 일련번호가 있는 픽셀을 중심으로 일정 크기의 영역을 추출하고 해당 영역에 포함된 일련번호에서 최소값을 산출하여 영역 중심 픽셀에 다시 부여하고, 이러한 작업을 반복적으로 수행함으로써 최종적으로 픽셀간 인접여부에 따라 군집 번호가 구성되어지는 강우장 클러스터 구성과정과;

샘플영상과 새로운 기상레이더 간 상관성을 분석하여 매칭점을 찾기 위해, 각각의 군집을 이루는 강우장의 형상만 추출하여 샘플 영상을 생성하는 클러스터 샘플 이미지 추출과정과;

새로운 기상레이더 영상이 수신되면 각각의 샘플데이터와 최신 기상레이더 영상간의 Cross-Correlation을 수행하는 현재 기상레이더 영상 상관성 분석과정과;

Cross-Correlation 수행 후, 가장 높은 상관계수가 0.6 이상이면 매칭점으로 저장하고 0.6보다 작을 경우에는 상관계수가 0.6보다 작지만 0.57보다 크고 매칭점이 10분 후 기상레이더 영상을 군집화한 결과에서 강우장이 있는 경우에는 매칭점을 저장하고 소멸되지 않은 것으로 가정하며, 상기 매칭점을 중심으로 해당 샘플영상 크기의 영상을 추출하고 추출영상을 기반으로 강우중심 좌표를 산출하되, 매칭점을 포함한 강우장은 매칭점을 중심으로 한 강우중심 좌표에 종속시키고 포함하지 않은 경우에만 새로운 강우장으로 간주하여 강우중심 좌표를 산출하는 강우 중심 추적과정으로 구성된 것을 특징으로 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 기준 좌표계는 WMS(Web Map Service) 지도를 활용한 경위도(WGS84 타원체) 좌표계인 것을 특징으로 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법.

**청구항 5**

제 1항에 있어서,

기존 좌표계에서 도 단위의 등간격으로 변환하면 소실점이 발생하는데, 이를 보간하기 위해 최근린보간법을 사용한 것을 특징으로 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 강우장 탐색과정에서, 태풍과 같이 강우장의 크기가 넓은 경우에는 침식 횟수를 2~3회 이상 증가시킬 수 있지만, 국지성 집중호우와 같이 국지적인 크기인 경우에는 침식횟수를 제한하는 것을 특징으로 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 기상 레이더 기반 강우중심 추적 알고리즘을 고도화하여 강우장 이동경로를 보다 정확히 파악할 수 있도록 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,

[0002] 기존의 알고리즘보다 추적경로의 오차가 현저히 줄어들도록 하고, 강우장의 진행방향과 경로 등을 보다 직관적으로 판단할 수 있도록 함으로서, 향후 강우중심 경로를 활용하여 강우장의 진행방향, 이동속도, 예측경로 등을 수치적으로 산출하고 가시화하여 상황관리에 활용할 수 있도록 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0004] 최근 지속적인 도시화와 산업화로 인한 재난환경 변화와 이상기후로 인한 국지적 집중호우 및 태풍으로 인해 도심지의 인명피해 및 재산손실이 증가하고 있는 추세이다.

[0006] 우리나라에서는 최근 2010년 태풍 "곶파스", 2011년 7월 "집중호우", 2011년 태풍 "무이파" 등의 재해가 발생하였으며, 특히 2014년 8월 25일에는 부산시 기장군에 시간당 117.5mm의 기록적인 폭우가 발생하여 특별재난지역으로 선포되는 등 대형 재해가 빈발하고 있다.

[0008] 지난 5년간(2009년 ~ 2013년) 태풍 및 호우로 인한 피해액은 약 2조 2,600억 원으로 집계되었으며, 기후모형 예측결과 21세기말 강수량은 약 17%, 집중호우(1일 100mm 이상) 발생빈도는 현재의 약 1.7배 증가가 예상되어, 미래의 침수피해발생 가능성은 점차적으로 높아지고 있는 실정이다. 과거에는 우리나라의 침수피해발생의 주요 원인이 하천 범람에 의한 외수 침수가 주요 원인이었으나, 최근에는 우수를 자연적으로 배제하기 어려운 저지대까지 도시화가 진행됨에 따라 도심지의 주요 침수발생 원인이 외수침수에서 내수침수로 변화하고 있으며, 내수침수로 인해 도심지의 고자본 사유시설과 사회기반시설 등에 많은 피해가 발생하고 있는 실정이다.

[0010] 이와 같은 이상기후와 재난환경 변화에 의한 도심지의 피해에 대비하기 위해서는 도시공간의 복잡한 배수체계를 반영하여 빠르고 정확한 침수예측 및 예,경보를 실시할 수 있는 침수예측모형의 개발이 반드시 필요하다. 하지

만 현재 국내외 도심지의 침수예측기법 및 기존의 연구 성과들은 도심지의 주요 배수체계인 지상공간, 우수관망, 지하공간을 상호 통합 연계하여 해석하지 못하고 있기 때문에 정확한 침수예측 및 홍수 예,경보에는 한계가 있는 실정이다.

[0012] 상호 통합실시간 기반의 침수 예,경보에 스마트 재난상황관리시스템을 활용하기 위해 연계하여 해석하지 못하고 있기 때문에 정확한 침수 및 홍수 예측을 위해서는 레이더 기반의 강우자료와 같은 실시간 강우자료를 입력받아 모형을 구동할 필요가 있다. 하지만 선경보에는 한계가 있는 실정이다.

[0014] 실시간 기반의 침수 예,경보에 본 발명자에 의해 개발된 스마트 재난상황관리시스템을 활용하기 위해서는, 레이더 기반의 강우자료와 같은 실시간 강우자료를 입력받아 모형을 구동할 필요가 있다. 하지만 선행연구를 통해 개발된 강우입력모듈의 경우, 기왕에 측정된 단일 지점의 강우자료만 적용 가능하며, 레이더 기반의 강우자료와 같은 실시간 강우자료는 적용할 수 없는 문제점이 있으므로 실시간 레이더 기반 강우자료 입력모듈을 개발하여 문제점을 개선하고자 한다.

[0016] 레이더 기반 강우자료의 경우, 레이더의 종류에 따라 격자크기의 차이는 있지만 별도의 과정을 거쳐 최종적으로는 격자 형태로 출력된다. 하지만 출력된 격자형태의 강우자료는 스마트 재난상황관리시스템의 격자와 크기 및 좌표원점의 위치가 서로 상이하므로 별도의 적용모듈 없이 스마트 재난상황관리시스템에 적용할 수 없는 문제점이 있었다.

[0018] 따라서 종래 기술에서는 추적경로의 오차가 상당하고 강우장의 진행방향과 경로 등을 정확히 판단할 수 없으므로, 강우중심 경로를 활용하여 강우장의 진행방향, 이동속도, 예측경로 등을 예측하기 어렵게되는 문제점이 있었다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0020] 본 발명은 상기와 같은 제반 사정을 감안하여 발명한 것으로,

[0021] 레이더 기반 강우자료로부터 기존 좌표계 정의에 따른 기상레이더 영상을 입수한 다음, 이를 기준좌표계와 동일한 좌표계로 변환해줌으로서, 지도 기반 통합 상황관리에 적용하여 지상우량계의 관측망에서 관측할 수 없는 국지적 호우현상과 강우장의 경로 등을 파악할 수 있도록 하는데 그 목적이 있는 것이다.

[0023] 또한 본 발명에서는, 스마트 재난상황관리시스템의 레이더 강수 에코 표출 알고리즘을 고도화하여 경로추적의 오차를 최소화하고 상황관리를 위한 활용성을 평가하는 한편,

[0024] 기존 알고리즘에서는 에코 위치간의 거리에 따라 강우장 중심을 결정하고 이를 추적했으므로 에코간의 관계를 거리로 한정하기 때문에 과대오차가 발생하는 문제가 있었으나,

[0025] 본 발명에서는 에코간의 관계를 거리뿐만 아니라, 강우장의 형상 및 강우 강도에 따라 관계성을 부여해줌으로써 추적경로의 정확도가 크게 향상되도록 함에 또 다른 목적이 있는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0027] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은,

[0028] 운영 컴퓨터에 설치된 스마트 재난상황관리시스템(이는 컴퓨터 프로그램임)을 사용하여 각종 재난 관련 데이터를 업로드하여 표출하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,

[0029] 먼저 이전 기상 레이더 영상에서, 임의 설정한 강우강도 기준을 초과한 에코를 추출하여 이진영상을 생성하고, 침식 알고리즘을 이용하여 노이즈 제거로 인해 소실된 영역을 보완하기 위해 팽창 알고리즘을 이용하여 영역을 확장시키는 강우장 탐색과정과;

[0030] 픽셀간 인접여부에 따라 군집 번호가 구성되어지는 강우장 클러스터 구성과정과;

[0031] 각각의 군집을 이루는 강우장의 형상만 추출하여 샘플 영상을 생성하는 클러스터 샘플 이미지 추출과정과;

[0032] 새로운 기상레이더 영상이 수신되면 각각의 샘플데이터와 최신 기상레이더 영상간의 Cross-Correlation을 수행하는 현재 기상레이더 영상 상관성 분석과정과;

[0033] 매칭점을 산출하고, 상기 매칭점을 중심으로 해당 샘플영상크기의 영상을 추출하고 추출영상을 기반으로 강우중

심 좌표를 산출하는 강우 중심 추적과정으로 구성될 수 있다.

- [0035] 또한, 상기 기상 레이더 영상은 기반 통합 상황관리에 적용하기 위해 기준 좌표계 변환모듈에 의해 기준 좌표계와 동일 좌표계로 변환될 수 있는데, 상기 기준 좌표계 변환모듈에서 좌표계 변환에 사용된 인자는, GDAL에 내장된 좌표계 변환 오픈소스 라이브러리인 PROJ.4 를 기준으로 설정되며, 상기 기준 좌표계는 WMS(Web Map Service) 지도를 활용한 경위도(WGS84 타원체) 좌표계인 것을 특징으로 한다.
- [0037] 상기 기준 좌표계에서 도 단위의 등간격으로 변환하면 소실점이 발생하는데, 이를 보간하기 위해 최근린보간법을 사용할 수 있다.
- [0039] 상기 강우장 탐색과정에서, 태풍과 같이 강우장의 크기가 넓은 경우에는 침식 횟수를 2~3회 이상 증가시킬 수 있지만, 국지성 집중호우와 같이 국지적인 크기인 경우에는 침식횟수를 제한하게된다.
- [0041] 상기 강우장 클러스터 구성과정에서, 노이즈가 제거된 이진영상에서 1의 값을 가진 픽셀에 일련의 군집 번호를 부여함으로써 해당 픽셀마다 고유의 일련번호(1,2,...,n)들이 형성되고, 이를 다시 군집하기 위하여 일련번호가 있는 픽셀을 중심으로 일정 크기의 영역을 추출하고 해당 영역에 포함된 일련번호에서 최소값을 산출하여 영역 중심 픽셀에 다시 부여하게되는데, 이러한 작업을 반복 수행해줌으로써 최종적으로 픽셀간 인접여부에 따라 군집 번호가 구성된다.
- [0043] 상기 강우 중심 추적과정에서, Cross-Correlation 수행 후, 가장 높은 상관계수가 0.6보다 이상이면 매칭점으로 저장하고 0.6보다 작을 경우에는 상관계수가 0.6보다 작지만 0.57보다 크고 매칭점이 10분 후 기상레이더 영상을 군집화한 결과에서 강우장이 있는 경우에는 매칭점을 저장하고 소멸되지 않은 것으로 가정할 수 있다.
- [0045] 새로운 기상레이더 영상에서 군집을 이루는 강우장을 중심으로 샘플영상을 추출하고 샘플영상을 기반으로 강우 중심 좌표를 산출하되, 매칭점을 포함한 강우장은 매칭점을 중심으로 한 강우중심 좌표에 중속시키고 포함하지 않는 경우에만 새로운 강우장으로 간주하여 강우중심 좌표를 산출하게될 것이다.

**발명의 효과**

- [0047] 이상 설명한 바와 같이 본 발명은, 레이더 기반 강우자료로부터 기준 좌표계 정의에 따른 기상레이더 영상을 입수한 다음, 이를 기준좌표계와 동일한 좌표계로 변환해줌으로서, 지도 기반 통합 상황관리에 적용하여 지상우량계의 관측망에서 관측할 수 없는 국지적 호우현상과 강우장의 경로 등을 파악할 수 있는 효과가 있는 것이다.
- [0049] 또한 본 발명에서는, 스마트 재난상황관리시스템의 레이더 강수 에코 표출 알고리즘을 고도화하여 경로추적의 오차를 최소화하고 상황관리를 위한 활용성을 평가하는 한편,
- [0050] 기존 알고리즘에서는 에코 위치간의 거리에 따라 강우장 중심을 결정하고 이를 추적했으므로 에코간의 관계를 거리로 한정하기 때문에 과대오차가 발생하는 문제가 있었으나,
- [0051] 본 발명에서는 에코간의 관계를 거리뿐만 아니라, 강우장의 형상 및 강우 강도에 따라 관계성을 부여해줌으로써 추적경로의 정확도가 크게 향상되도록 하는 효과도 있는 것이다.

**도면의 간단한 설명**

- [0053] 도 1은 본 발명에 따른 기상레이더 기반 강우 중심 추적방법을 개략적으로 설명한 흐름도,
- 도 2는 본 발명에서 GDAL 기반 기준 좌표계 변환 데이터 처리과정을 설명한 흐름도,
- 도 3은 본 발명에서 일반적으로 사용하는 PROJ.4 인자를 정리한 도표,
- 도 4는 본 발명에서 좌표변환 전,후 기상레이더 영상을 도시한 화면,
- 도 5는 본 발명에서 1차 이진 영상 처리결과를 도시한 화면,
- 도 6은 본 발명에서 모폴로지 영상처리 결과를 도시한 화면,
- 도 7은 본 발명에서 군집 구성방법을 도시한 화면,
- 도 8은 본 발명에서 Cross-Correlation 결과를 도시한 화면,
- 도 9는 본 발명에서 강우중심 추적 알고리즘 비교분석을 도시한 화면이다.



**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0054] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이다.
- [0056] 본 명세서에서, 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 그리고 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0058] 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 구성 요소, 잘 알려진 동작 및 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다.
- [0060] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 그리고, 본 명세서에서 사용된(언급된) 용어들은 실시예를 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 결코 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, '포함(또는, 구비)한다'로 언급된 구성 요소 및 동작은 하나 이상의 다른 구성요소 및 동작의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0062] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0064] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 기술적 특징을 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0066] 도 1은 본 발명에 따른 기상레이더 기반 강우 중심 추적방법을 개략적으로 설명한 흐름도로서,
- [0067] 본원발명은 기상 레이더 기반 강우중심 추적 알고리즘을 고도화하여 강우장 이동경로를 보다 정확히 파악할 수 있도록 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,
- [0068] 기존의 알고리즘보다 추적경로의 오차가 현저히 줄어들도록 하고, 강우장의 진행방향과 경로 등을 보다 직관적으로 판단할 수 있도록 함으로서, 향후 강우중심 경로를 활용하여 강우장의 진행방향, 이동속도, 예측경로 등을 수치적으로 산출하고 가시화하여 상황관리에 활용할 수 있도록 하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것인데, 운영 컴퓨터에 설치된 스마트 재난상황관리시스템(이는 컴퓨터 프로그램임)에서 제공되어진다.
- [0070] 즉, 본원발명은 운영 컴퓨터에 설치된 스마트 재난상황관리시스템(이는 컴퓨터 프로그램임)을 사용하여 각종 재난 관련 데이터를 업로드하여 표출하는 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법에 관한 것으로,
- [0071] 먼저 "제목, 작성자, 소속기관, 사용목적, 표출방식"과 같은 기본정보가 권역별 재난정보와 함께 입력되어지되, 시간을 기준으로한 데이터셋이 입력되고 각 지역별로 목적 수치값 뿐만 아니라 비고값이 추가 입력되어지는 업로드 과정과;
- [0072] 등록된 데이터셋 목록을 화면에 띄워 그 내용을 수정 및 삭제하거나, 선택된 데이터에 대해 공유설정해줌으로써 타인과 정보 공유할 수 있도록 하는 관리 과정과;
- [0073] 등록된 사용자 등록정보를 수치값과 범례와 함께 지도상에 권역별로 표출되어지는 맵핑 과정과;
- [0074] 작성된 권역별 데이터셋을 선택해서 연속 보기해줌으로써 하단의 시물레이션 기능을 통해 진행바가 이동되면서 화면이 변화됨을 확인할 수가 있게되는 시물레이션 표출과정으로 구성된 것을 특징으로 한다.
- [0076] 이에 대해 보다 상세히 설명드리자면 다음과 같다.
- [0078] 기상레이더 영상은 준실시간으로 전국범위의 강우분포를 알 수 있으며, 높은 공간 해상도의 격자 형태로 나타낼 수 있다. 이러한 장점은 지상우량계의 관측망에서 관측할 수 없는 국지적 호우현상과 강우장의 경로 등을 파악할 수 있다. 그러나 지도 기반 통합 상황관리에 적용하기 위해서는 기준 좌표계와 동일한 좌표계로 변환해야한다.
- [0080] 즉, 모든 공간적 정보를 지도 기반 통합 상황관리에 활용하기 위해서는 기준 좌표계로 변환해야하며, 각각의 재난정보 좌표계 정보를 기준 좌표계로 변환할 수 있는 모듈이 필요하다. 또한 모듈을 개발하기 위해서는 좌표계마다 기준 좌표계로 변환할 수 있는 세부 모듈이 필요하며, 데이터 포맷(geotiff, arc-ascii 등)에 따라 디코딩 모듈을 추가해야한다. 따라서 좌표변환에 필요한 전문적 기술과 많은 공수가 필요하다.

[0082] 본 연구에서는 효과적으로 공간적 재난정보를 관리 및 지도 기반 통합 상황관리에 적용하기 위한 기준 좌표계 변환 모듈을 개발하였다. 모듈개발을 위해 오픈라이브러리인 GDAL(Geospatial Data Abstraction Library)을 기반으로 모듈을 개발하였으며, 시범적으로 기상레이더 영상에 개발모듈을 적용하였다.

[0084] GDAL은 ArcGIS, QGIS 등의 전문 공간분석시스템의 공간분석 모듈로 활용하고 있으며, 다양한 공간정보 데이터 포맷을 지원하기 때문에 재난정보를 디코딩하기 위한 모듈을 따로 구축할 필요가 없고 연산속도 또한 우수하다. 뿐만 아니라 EPSG(European Petroleum Survey Group) 코드 등 다양한 좌표계 정보를 지원하며 사용자가 임의의 좌표계를 설정할 수 있다.

[0086] 스마트 재난상황관리시스템은 구글, Vworld, 다음 등 다양한 WMS(Web Map Service) 지도를 활용하고 있으며, 경위도(WGS84 타원체) 좌표계를 기준좌표계로 활용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 재난 레스터 정보를 기준 좌표계로 변환하기 위한 모듈을 개발하였으며, 모듈 데이터 처리 흐름은 도 2에서와 같다.

[0088] 좌표계 변환에 사용되는 인자는 PROJ.4 기준으로 설정하였으며, PROJ.4는 GDAL에 내장된 좌표계 변환 오픈소스 라이브러리로써 임의의 인자 설정이 가능하며, 많은 공간분석 프로그램에서 보편적으로 사용하고 있다. 도 3은 일반적으로 사용하는 PROJ.4 인자를 정리한 것이다.

[0090] 이를 토대로, 기상레이더 좌표계와 기준 좌표계를 PROJ.4 인자로 아래 표와 같이 정의할 수 있다.

좌표계	PROJ.4 정의
기상레이더 좌표계	+proj=lcc +lat_1=30 +lat_2=60 +lat_0=38 +lon_0=126 +x_0=0 +y_0=0 +ellps=WGS84 +units=m +no_defs
기준 좌표계 (WGS84)	+proj=longlat +ellps=WGS84 +datum=WGS84 +no_defs

[0091]

[0093] 도 4는 본 발명에서 좌표변환 전, 후 기상레이더 영상을 도시한 화면으로서 (a)는 기준 좌표계 정의에 따른 기상레이더 영상을 나타내고, (b)는 기준좌표계로 변환한 기상레이더 영상이다.

[0095] 기존 기상레이더 영상은 1051(행)x901(열) 크기를 가지며, 기준 좌표계를 적용하면 972x1084 크기로 변환된다. 좌우가 넓어지고 위아래가 좁아지는 이유는 기준 좌표계는 Lambert conformal conic 투영법을 사용하여 픽셀 간격을 미터 단위로 환산한 반면, 기준 좌표계는 3차원 좌표(경위도, 높이)에서 높이를 제외한 경위도를 기준으로 도(Degree) 단위의 등간격으로 나타내기 때문이다. 또한 기준 좌표계에서 도 단위의 등간격으로 변환하면 소실점이 발생하는데, 이를 보간하기 위해 최근린보간법을 사용하게 된다.

[0097] 앞서 설명하였듯이, 본 연구에서 개발한 좌표변환 모듈은 GDAL을 기반으로 하였기 때문에 다양한 포맷의 레스터 데이터도 좌표변환이 가능하다. 다만 재난정보의 기준 좌표계가 다를 수 있으므로 기준 좌표계의 PROJ.4 인자를 수정해야한다. 그러나 Geotiff 포맷과 같이 이미 좌표계 정보가 있는 포맷의 경우에는 기준 좌표계 설정 처리과정을 생략할 수 있다.

[0099] 향후계획은 재난 벡터 데이터 정보의 좌표변환 모듈 개발 및 레스터데이터와 벡터데이터간의 공간분석(clip, intersection 등)과 위성영상간 밴드조합 등 다양한 공간분석이 가능한 공간 전처리/분석 모듈을 개발할 계획에 있다.

[0101] 한편, 기상청 기상레이더 영상은 10분 주기로 1km의 공간해상도로 제공되며, 시공간적 분석이 가능하다. 특히, 강우장을 추적하여 강우장의 경로 등을 파악할 수 있으며 상황관리 정보로 유용하게 활용할 수 있다. 본 연구는 스마트 재난상황관리시스템의 레이다 강수 에코 표출 알고리즘을 고도화하여 경로추적의 오차를 최소화하고 상황관리를 위한 활용성을 평가하였다.

[0103] 기존의 알고리즘은 에코 위치간의 거리에 따라 강우장 중심을 결정하고 이를 추적하였으나, 에코간의 관계를 거리로 한정하기 때문에 과대오차가 발생할 수 있다. 따라서 에코간의 관계를 거리뿐만 아니라, 강우장의 형상 및 강우강도에 따라 관계성을 부여하여 추적경로의 정확도를 향상시켰다.

[0105] 먼저, 임의로 설정한 강우강도 기준을 초과하는 강우장을 추적할 수 있는 탐색 모듈이 필요하며, 본 연구에서는 5mm/hr 이상을 가진 특정 에코만을 추출하여 이진 영상을 생성한다(도 5 참조). 강우강도 기준을 낮게 설정한 이유는 강우장의 형상을 넓은 범위에서 찾고 강우장 샘플데이터와 레이다 영상간의 매칭점 추출 정확도를 향상시키기 위함이다.

[0107] 두 번째로, 생성한 이진 영상은 클러스터를 구성하기에 많은 노이즈를 포함하고 있기 때문에 전처리 과정이 필

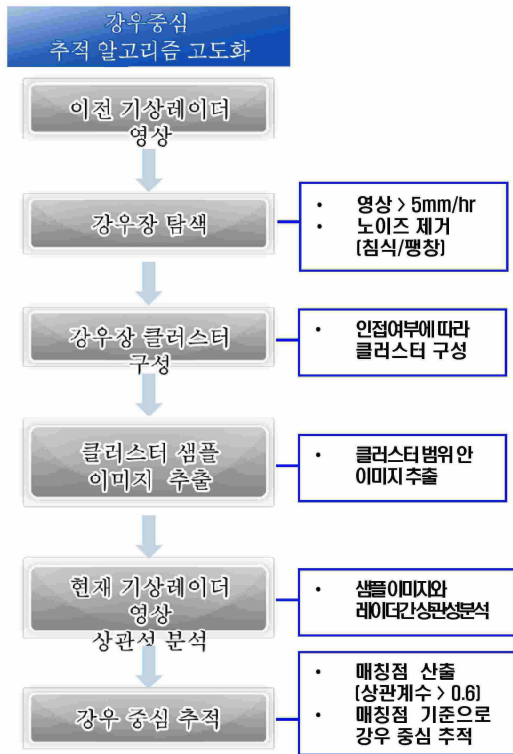


요하다. 따라서 형태학적(morphology) 영상처리에 사용하고 있는 침식 알고리즘을 이용하여 노이즈를 제거하고 노이즈 제거로 인해 소실된 영역을 보완하기 위해 팽창 알고리즘을 이용하여 영역을 확장시킨다(도 6 참조).

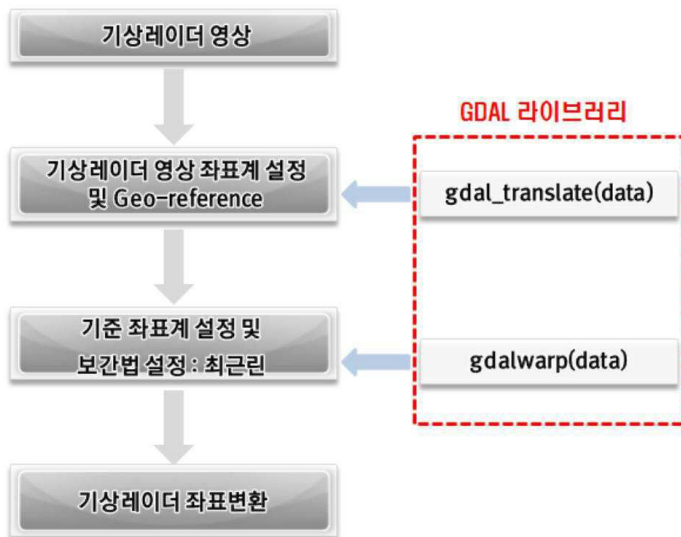
- [0109] 본 연구에서는 침식 과정을 7회 반복 수행하였는데, 이러한 이유는 5mm/hr의 강우강도를 기준으로 넓은 범위에서 에코를 추출하였기 때문에 강우장의 영역이 넓고 침식을 반복하는 횟수가 증가할수록 강우장의 중심 부분만 남기고 노이즈를 최소화시킬 수 있기 때문이다. 따라서 태풍과 같이, 강우장의 크기가 넓은 경우에는 침식 횟수를 2~3회 이상 증가시킬 수 있지만 국지성 집중호우와 같이, 국지적인 크기인 경우에는 침식횟수를 제한하여야 한다.
- [0111] 세 번째로, 노이즈가 제거된 이진영상에서 1의 값을 가진 픽셀에 일련의 군집 번호를 부여한다. 따라서 해당 픽셀마다 고유의 일련번호(1,2,...,n)가 만들어지며(도 7(a) 참조), 이를 다시 군집하는 작업을 수행한다. 군집 방법은 일련번호가 있는 픽셀을 중심으로 일정 크기의 영역을 추출하고 해당 영역에 포함되는 일련번호에서 최소값을 산출하여 영역 중심 픽셀에 다시 부여한다. 이러한 작업을 반복적으로 수행하면 최종적으로 픽셀간 인접 여부에 따라 군집 번호가 구성된다(도 7(b) 참조). 또한 군집한 강우장의 면적이 20km<sup>2</sup> 이하면 군집에서 제외하였다.
- [0113] 네 번째로, 각각의 군집을 이루는 강우장의 형상만 추출하여 샘플 영상을 생성한다(도 8(a~h) 참조). 샘플 영상을 생성하는 이유는 샘플 영상과 10분 후 기상레이더간 상관성을 분석하여 매칭 점을 찾기 위함이다. 따라서 10분 후 기상레이더 영상이 수신되면 각각의 샘플데이터와 최신 기상레이더 영상간의 Cross-Correlation을 수행한다(도 8(i~p) 참조). Cross-Correlation 수행 후, 가장 높은 상관계수가 0.6보다 이상이면 매칭점으로 저장하고 0.6보다 작을 경우에는 상관계수가 0.6보다 작지만 0.57보다 크고 매칭점이 10분 후 기상레이더 영상을 군집화한 결과에서 강우장이 있는 경우에는 매칭점을 저장하고 소멸되지 않은 것으로 가정하였다. 추후에는 다양한 우기철 환경에서 상관계수 임계값을 조정하여 보다 합리적인 조건을 설정할 계획이다.
- [0115] 마지막으로, 매칭점을 중심으로 해당 샘플영상크기의 영상을 추출하고 추출영상을 기반으로 강우중심 좌표를 산출하였다. 또한 10분 후 기상레이더 영상에서 군집을 이루는 강우장을 중심으로 샘플영상을 추출하고 샘플영상을 기반으로 강우중심좌표를 산출하였다. 단, 매칭점을 포함한 강우장은 매칭점을 중심으로 한 강우중심 좌표에 종속시키고 포함하지 않는 경우에만 새로운 강우장으로 간주하여 강우중심 좌표를 산출하였다. 또한 개발한 강우장 추적 알고리즘을 검증하기 위해, 2016년 태풍 차마를 대상으로 알고리즘을 검증하였다.
- [0117] 2016년 10월 4일 00시 00분부터 10분 간격으로 2016년 10월 5일 23시 50분까지 총 288개의 CAPPI 합성 영상을 사용하였으며, 기존 강우중심 추적 알고리즘과 비교분석하였다(도 9 참조).
- [0119] 비교결과, 기존의 알고리즘보다 추적경로의 오차가 현저히 줄어든 것을 확인할 수 있으며, 강우장의 진행방향과 경로 등을 보다 직관적으로 판단할 수 있었다. 향후계획은 강우중심 경로를 활용하여 강우장의 진행방향, 이동 속도, 예측경로 등을 수치적으로 산출하고 가시화하여 상황관리에 활용할 수 있는 요소기술을 개발할 예정이다.
- [0121] 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 레이더 기반 강우자료로부터 기존 좌표계 정의에 따른 기상레이더 영상을 입수한 다음, 이를 기준좌표계와 동일한 좌표계로 변환해줌으로서, 지도 기반 통합 상황관리에 적용하여 지상우량계의 관측망에서 관측할 수 없는 국지적 호우현상과 강우장의 경로 등을 파악할 수 있게된다.
- [0123] 또한 본 발명에서는, 스마트 재난상황관리시스템의 레이더 강수 에코 표출 알고리즘을 고도화하여 경로추적의 오차를 최소화하고 상황관리를 위한 활용성을 평가하는 한편,
- [0124] 기존 알고리즘에서는 에코 위치간의 거리에 따라 강우장 중심을 결정하고 이를 추적했으므로 에코간의 관계를 거리로 한정하기 때문에 과대오차가 발생하는 문제가 있었으나,
- [0125] 본 발명에서는 에코간의 관계를 거리뿐만 아니라, 강우장의 형상 및 강우 강도에 따라 관계성을 부여해줌으로써 추적경로의 정확도가 크게 향상되도록 한다.
- [0127] 본 발명의 기상 레이더 기반 강우중심 추적방법은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형을 할 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다.
- [0129] 따라서, 그러한 변형예 또는 수정예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 해야 할 것이다.

도면

도면1



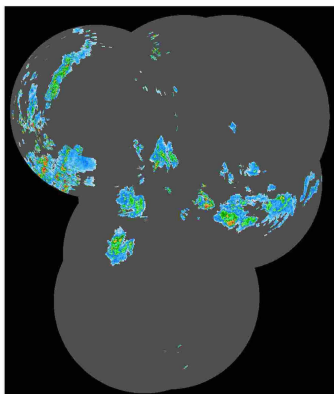
도면2



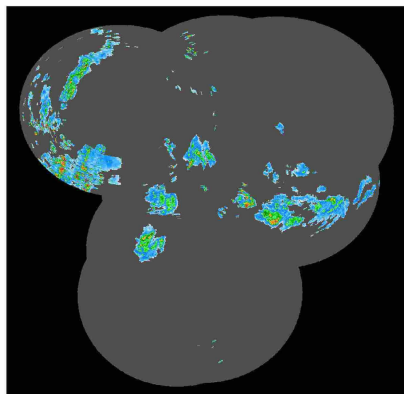
도면3

인자(Parameter)	설명(distribution)
+a	Semi-major radius of the ellipsoid axis
+alpha	Used with Oblique Mercator and possibly a few others
+axis	Axis orientation
+b	Semi-minor radius of the ellipsoid axis
+datum	Datum name
+ellps	Ellipsoid name
+k	Scaling factor
+k_0	Scaling factor
+lat_0	Latitude of origin
+lat_1	Latitude of first standard parallel
+lat_2	Latitude of second standard parallel
+lat_ts	Latitude of true scale
+lon_0	Central meridian
+lonc	Longitude used with oblique Mercator and possibly a few others
+lon_wrap	Center longitude to use for wrapping
+nadgrids	Filename of NTv2 grid file to use for datum transforms
+no_defs	Don't use the /usr/share/proj_def.dat defaults file
+over	Allow longitude output outside -180 to 180 range, disables wrapping
+pm	Alternate prime meridian
+proj	Projection name
+south	Denotes southern hemisphere UTM zone
+to_meter	Multiplier to convert map units to 1.0m
+towgs84	3 or 7 term datum transform parameters
+units	meters, US survey feet, etc.
+vto_meter	vertical conversion to meters
+vunits	vertical units.
+x_0	False easting
+y_0	False northing
+zone	UTM zone

도면4

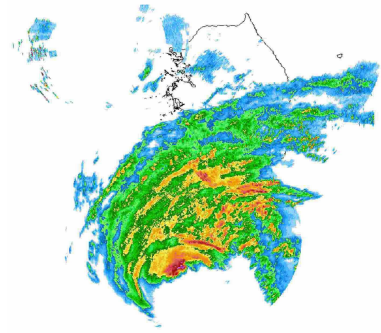


(a) 기존 좌표계 기상레이더 영상

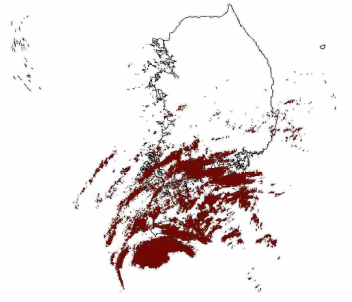


(b) 좌표변환 후 기상레이더 영상

도면5

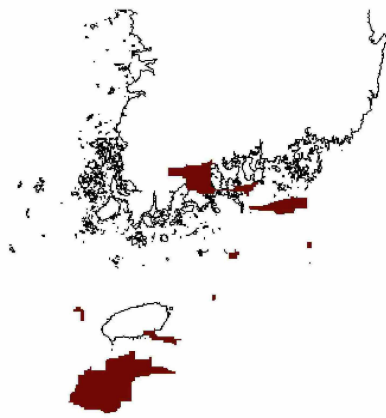


(a) 기상레이더 영상

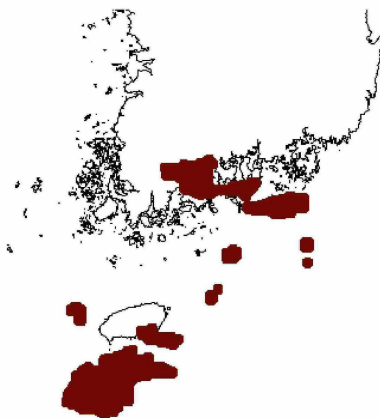


(b) 1차 이진영상

도면6

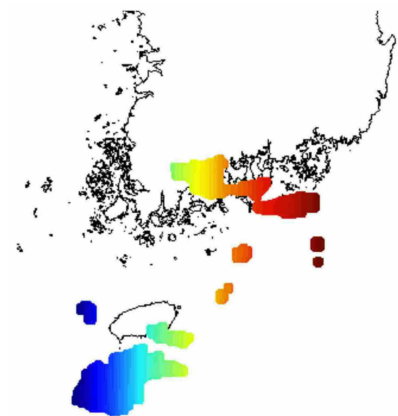


(a) 침식 알고리즘(7회)

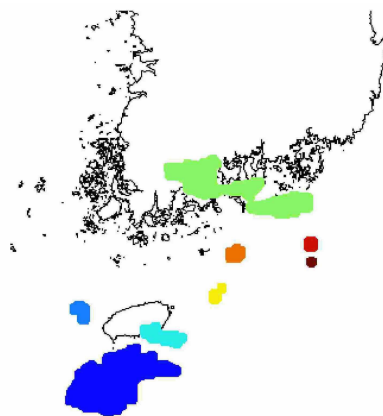


(b) 팽창 알고리즘(1회)

도면7



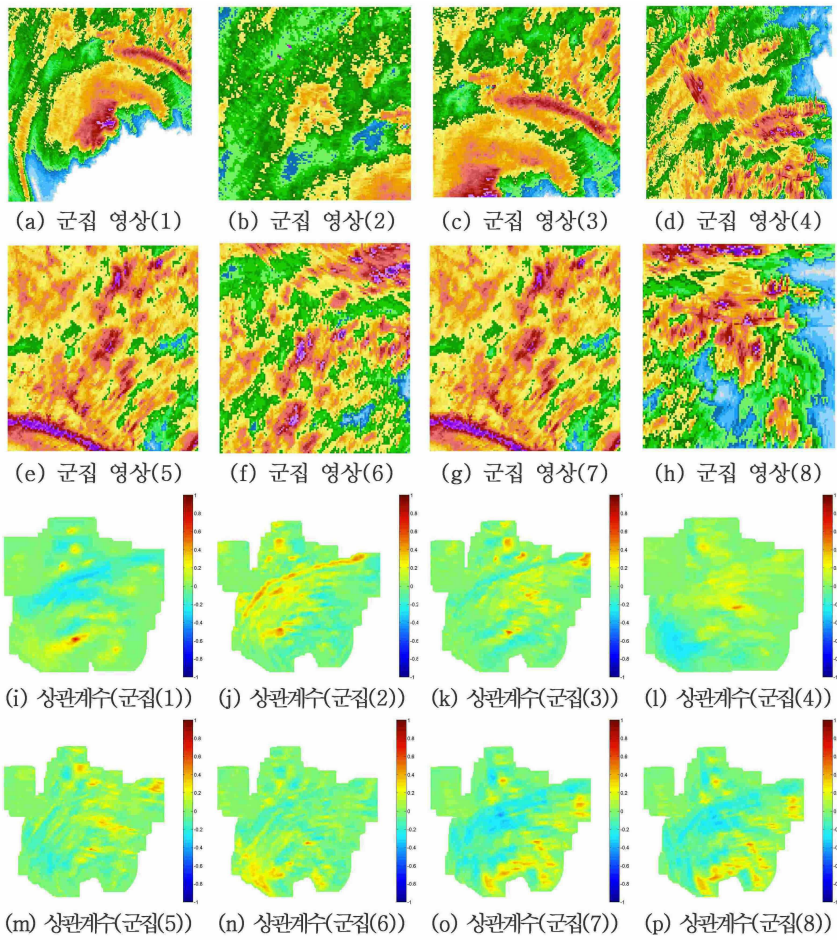
(a) 1차 군집화



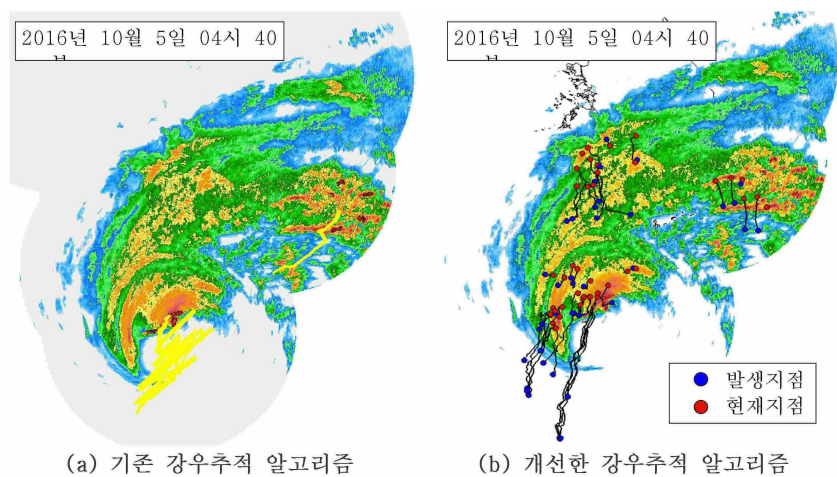
(b) 최종 군집화



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

다양한 포맷의 다양한 포맷의

【변경후】

다양한 포맷의