



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월11일
(11) 등록번호 10-1952552
(24) 등록일자 2019년02월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/50 (2006.01) G01S 13/89 (2006.01)
G01S 7/35 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01S 13/505 (2013.01)
G01S 13/89 (2019.05)
- (21) 출원번호 10-2018-0170420
- (22) 출원일자 2018년12월27일
심사청구일자 2018년12월27일
- (56) 선행기술조사문헌
JP2006330009 A
KR1020180122966 A
JP2010020294 A
JP2003084799 A

- (73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
- (72) 발명자
이성주
서울특별시 광진구 뚝섬로35길 32, 308동 1110호
김나래
서울특별시 동작구 동작대로13길 39-3, 201호
- (74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 변영석

(54) 발명의 명칭 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은, 도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 수집하는 신호 수집부와, 상기 레이더 신호를 STFT 처리하여 각 시간구간 별로 FFT 결과를 획득하고 획득한 FFT 결과를 기초로 STFT 결과값을 연산하는 STFT 연산부와, 설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i번째 시간구간의 STFT 결과값을 과 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하고 상기 타겟 시간구간을 중심으로 연속된 P개의 시간구간을 선정하는 신호 처리부, 및 상기 타겟 시간구간의 FFT 결과가 스펙트로그램의 중심에 위치하도록, 상기 선정된 P개 시간구간 각각의 상기 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여 상기 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성하는 스펙트로그램 생성부를 포함하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치를 제공한다.

본 발명에 따르면, 대상물로부터 반사된 도플러 레이더 신호로부터 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 효과적으로 생성할 수 있다. 또한, 생성된 스펙트로그램 이미지를 동작 인식을 위한 머신 러닝의 입력 이미지로 사용할 경우 최대 강도의 신호가 스펙트로그램 이미지의 중심 위치에 존재하므로 머신 러닝에서의 동작 인식 및 분류 성능을 더욱 높일 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01S 2007/356 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711075702
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	정보통신기술진흥센터
연구사업명	정보통신기술인력양성(정보화)
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	1/1
주관기관	세종대학교 산학협력단
연구기간	2018.06.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 수집하는 신호 수집부;

상기 레이더 신호를 STFT 처리하여 각 시간구간 별로 FFT 결과를 획득하고 획득한 FFT 결과를 기초로 STFT 결과값을 연산하는 STFT 연산부;

설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i 번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하고 상기 타겟 시간구간을 중심으로 연속된 P 개의 시간구간을 선정하는 신호 처리부; 및

상기 타겟 시간구간의 FFT 결과가 스펙트로그램의 중심에 위치하도록, 상기 선정된 P 개 시간구간 각각의 상기 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여 상기 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성하는 스펙트로그램 생성부를 포함하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 i 번째 시간구간의 STFT 결과값은,

상기 i 번째 시간 구간에서 획득한 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 모두 합산하여 연산된 값인 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 STFT 결과값은 아래 수학식으로 표현되는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치:

$$STFT_{result}[i] = \sum_{m=-N/2+1}^{N/2-1} (X[m, i])$$

여기서, $STFT_{result}[i]$ 는 i 번째 시간구간의 STFT 결과값, N 은 사용된 FFT 포인트의 개수, $X[m, i]$ 는 상기 i 번째 시간구간의 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 나타낸다.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 신호 처리부는,

1 내지 $P/2$ 번째를 포함한 총 $P/2$ 개의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 현재의 i 번째 시간구간의 STFT 결과값($STFT_{result}[i]$)을 과거 시간구간에 대한 최대 STFT 결과값($STFT_{max}$)과 비교하는 동작을 반복하되,

$STFT_{result}[i] \leq STFT_{max}$ 인 경우 상기 $STFT_{max}$ 값을 유지하고, $STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우 상기 $STFT_{max}$ 값을 상기 $STFT_{result}[i]$ 값으로 갱신하여 다음 시간구간에서 사용하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 신호 처리부는,

$STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우 현재의 $STFT_{result}[i]$ 값에 대응하여 1의 플래그값($T=1$)을 부여하고, $STFT_{result}[i]$

$\leq STFT_{max}$ 인 경우 현재의 $STFT_{result}[i]$ 값에 대응하여 직전 시간구간의 T 값에서 1 증가시킨 플래그값($T=T+1$)을 부여하되,

상기 플래그 값이 최종적으로 P/2 값에 도달할 때까지 상기 STFT 결과값의 비교를 수행하여, 가장 마지막에 T=1이 부여된 시간구간을 상기 타겟 시간구간으로 하여 상기 P개의 시간구간을 선정하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 신호 처리부는,

$STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우, 아래 수학적식에 정의된 비율을 기 설정된 기준값(thre)과 비교하여 상기 $STFT_{result}[i]$ 값의 노이즈 여부를 판단하되,

상기 비율이 상기 기준값 미만인 경우 현재까지의 수집 데이터를 노이즈 처리하여, 다음 시간구간부터 새롭게 신호 처리하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치:

$$STFT_{max} / STFT_{result}[i - thre_{range}] > thre$$

여기서, $STFT_{max}$ 는 상기 $STFT_{result}[i]$ 값으로 갱신된 $STFT_{max}$, $STFT_{result}[i - thre_{range}]$ 는 과거의 $i - P/2$ 번째 시간구간의 STFT 결과값, $thre_{range} = P/2$, thre는 상기 기준값을 나타낸다.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

P개의 메모리 번지를 포함하며, 상기 시간구간 별 획득되는 FFT 결과를 순차로 입력받아 1번 메모리 번지부터 시간 순으로 일대일 저장하는 저장부를 더 포함하며,

상기 저장부는,

상기 P개의 메모리 번지가 모두 점유 중이면, 현재 입력되는 FFT 결과를 상기 1번 메모리 번지부터 다시 순차로 덮어쓰우는 방식으로 저장하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치.

청구항 8

레이더 신호 처리 장치를 이용한 레이더 신호 처리 방법에 있어서,

도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 수집하는 단계;

상기 레이더 신호를 STFT 처리하여 각 시간구간 별로 FFT 결과를 획득하고 획득한 FFT 결과를 기초로 STFT 결과값을 연산하는 단계;

설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하고 상기 타겟 시간구간을 중심으로 연속된 P개의 시간구간을 선정하는 단계; 및

상기 타겟 시간구간의 FFT 결과가 스펙트로그램의 중심에 위치하도록, 상기 선정된 P개 시간구간 각각의 상기 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여 상기 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성하는 단계를 포함하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 i번째 시간구간의 STFT 결과값은,

상기 i번째 시간 구간에서 획득한 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 모두 합산하여 연산된 값인 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 STFT 결과값은 아래 수학적식으로 표현되는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법:

$$STFT_{result}[i] = \sum_{m=-N/2+1}^{N/2-1} (X[m, i])$$

여기서, $STFT_{result}[i]$ 는 i 번째 시간구간의 STFT 결과값, N 은 사용된 FFT 포인트의 개수, $X[m, i]$ 는 상기 i 번째 시간구간의 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 나타낸다.

청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 P 개의 시간구간을 선정하는 단계는,

1 내지 $P/2$ 번째를 포함한 총 $P/2$ 개의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 현재의 i 번째 시간구간의 STFT 결과값($STFT_{result}[i]$)을 과거 시간구간에 대한 최대 STFT 결과값($STFT_{max}$)과 비교하는 동작을 반복하되,

$STFT_{result}[i] \leq STFT_{max}$ 인 경우 상기 $STFT_{max}$ 값을 유지하고, $STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우 상기 $STFT_{max}$ 값을 상기 $STFT_{result}[i]$ 값으로 갱신하여 다음 시간구간에서 사용하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 P 개의 시간구간을 선정하는 단계는,

$STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우 현재의 $STFT_{result}[i]$ 값에 대응하여 1의 플래그값($T=0$)을 부여하고, $STFT_{result}[i] \leq STFT_{max}$ 인 경우 현재의 $STFT_{result}[i]$ 값에 대응하여 직전 시간구간의 T 값에서 1 증가시킨 플래그값($T=T+1$)을 부여하되,

상기 플래그 값이 최종적으로 $P/2$ 값에 도달할 때까지 상기 STFT 결과값의 비교를 수행하여, 가장 마지막에 $T=1$ 이 부여된 시간구간을 상기 타겟 시간구간으로 하여 상기 P 개의 시간구간을 선정하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 P 개의 시간구간을 선정하는 단계는,

$STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우, 아래 수학적식에 정의된 비율을 기 설정된 기준값($thre$)과 비교하여 상기 $STFT_{result}[i]$ 값의 노이즈 여부를 판단하되,

상기 비율이 상기 기준값 미만인 경우 현재까지의 수집 데이터를 노이즈 처리하여, 다음 시간구간부터 새롭게 신호 처리하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법:

$$STFT_{max} / STFT_{result}[i - thre_{range}] > thre$$

여기서, $STFT_{max}$ 는 상기 $STFT_{result}[i]$ 값으로 갱신된 $STFT_{max}$, $STFT_{result}[i - thre_{range}]$ 는 과거의 $i - P/2$ 번째 시간구간의 STFT 결과값, $thre_{range} = P/2$, $thre$ 는 상기 기준값을 나타낸다.

청구항 14

청구항 8에 있어서,

상기 시간구간 별 획득되는 FFT 결과를 P개의 메모리 번지를 포함한 저장부를 통해 순차로 입력받아 1번 메모리 번지부터 시간 순으로 일대일 저장하는 단계를 더 포함하며,

상기 P개의 메모리 번지가 모두 점유 중이면, 현재 입력되는 FFT 결과를 상기 1번 메모리 번지부터 다시 순차로 덮어씌우는 방식으로 저장하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 대상물로부터 반사된 도플러 레이더 신호로부터 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 효과적으로 추출할 수 있는 레이더 신호 처리 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마이크로 도플러 레이더는 레이더가 반사되는 물체의 움직이는 구성 요소에 의해 후방 산란 되어 전달되는 신호에 대한 복잡한 주파수 변조를 사용한다. 움직이는 대상물의 경우 시간에 따라 주파수가 변하게 된다. 예를 들어, 걷는 사람의 경우 각 신체 부위의 속도는 시간의 흐름에 따라 일정한 주파수의 변화가 생긴다.

[0003] 이때 대상물이 다른 물체과 구별되는 독특한 특성을 얻기 위해서는 물체의 특징을 추출해야 한다. 이를 위해 주로 도플러 레이더 신호를 처리하여 스펙트로그램(spectrogram)을 얻고 이로부터 물체의 특징을 추출한다.

[0004] 일반적으로 도플러 레이더 신호에 STFT(Short-Time Fourier Transform) 기법을 적용하면 스펙트로그램을 얻을 수 있다. 기존의 일반적인 FFT 기법은 시간 흐름에 따라 신호의 주파수가 변했을 경우 어느 시간대에 주파수가 어떻게 변했는지 알수 없다.

[0005] 하지만, STFT 기법의 경우 분석하고자 하는 신호에 윈도우 함수를 적용하여 일정 구간의 짧은 시간에 대해서 푸리에 변환을 수행하는 방법으로, 시간-주파수 축의 그래프로 나타내어 신호의 시간대 별 주파수 정보를 동시에 분석할 수 있다.

[0006] 기존의 연구 중에서 도플러 레이더의 스펙트로그램을 활용하여 대상물을 인식 또는 분별하는 기술이 다수 존재한다. 예를 들어 여러 가지 손동작을 구별하기 위하여 손동작에 대한 레이더 신호를 STFT 처리하여 스펙트로그램을 획득하고, 스펙트로그램 이미지를 머신러닝에 입력시켜 현재 취한 손동작이 어떠한 종류의 손동작인지 판단한다.

[0007] 이러한 연구들은 스펙트로그램 이미지를 머신러닝의 입력 벡터로 활용하는데, 이미지 머신러닝의 경우 분별하고자 하는 물체가 이미지 상의 어느 곳에 위치하느냐에 따라 성능에 큰 영향을 미친다.

[0008] 하지만, 기존 연구들은 실시간 레이더 신호를 활용하지 않으며 레이더 신호를 캡처 후, 원하는 이미지를 생성하여 머신러닝을 실행한다. 이러한 방식은 분별하고자 하는 물체가 언제 입력으로 들어올지 모르기 때문에, 실시간으로 레이더 신호가 들어오는 실제 환경에 적용하기에는 무리가 있다.

[0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제1348512호(2014.01.10 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은, 대상물로부터 반사된 도플러 레이더 신호로부터 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 효과적으로 생성할 수 있는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치 및 그 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은, 도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 수집하는 신호 수집부와, 상기 레이더 신호를 STFT 처리하여 각 시간구간 별로 FFT 결과를 획득하고 획득한 FFT 결과를 기초로 STFT 결과값을 연산하는 STFT 연산부와, 설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하고 상기 타겟 시간구간을 중심으로 연속된 P개의 시간구간을 선정하는 신호 처리부, 및 상기 타겟 시간구간의 FFT 결과

가 스펙트로그램의 중심에 위치하도록, 상기 선정된 P개 시간구간 각각의 상기 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여 상기 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성하는 스펙트로그램 생성부를 포함하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치를 제공한다.

[0012] 또한, 상기 i번째 시간구간의 STFT 결과값은, 상기 i번째 시간 구간에서 획득한 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 모두 합산하여 연산된 값일 수 있다.

[0013] 또한, 상기 STFT 결과값은 아래 수학적식으로 표현될 수 있다.

$$STFT_{result}[i] = \sum_{m=-N/2+1}^{N/2-1} (X[m, i])$$

[0014] 여기서, $STFT_{result}[i]$ 는 i번째 시간구간의 STFT 결과값, N은 사용된 FFT 포인트의 개수, $X[m, i]$ 는 상기 i번째 시간구간의 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 나타낸다.

[0015] 또한, 상기 신호 처리부는, 1 내지 P/2번째를 포함한 총 P/2개의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 현재의 i번째 시간구간의 STFT 결과값($STFT_{result}[i]$)을 과거 시간구간에 대한 최대 STFT 결과값($STFT_{max}$)과 비교하는 동작을 반복하되, $STFT_{result}[i] \leq STFT_{max}$ 인 경우 상기 $STFT_{max}$ 값을 유지하고, $STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우 상기 $STFT_{max}$ 값을 상기 $STFT_{result}[i]$ 값으로 갱신하여 다음 시간구간에서 사용할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 신호 처리부는, $STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우 현재의 $STFT_{result}[i]$ 값에 대응하여 1의 플래그값(T=1)을 부여하고, $STFT_{result}[i] \leq STFT_{max}$ 인 경우 현재의 $STFT_{result}[i]$ 값에 대응하여 직전 시간구간의 T 값에서 1 증가시킨 플래그값(T=T+1)을 부여하되, 상기 플래그 값이 최종적으로 P/2 값에 도달할 때까지 상기 STFT 결과값의 비교를 수행하여, 가장 마지막에 T=1이 부여된 시간구간을 상기 타겟 시간구간으로 하여 상기 P개의 시간구간을 선정할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 신호처리부는, $STFT_{result}[i] > STFT_{max}$ 인 경우, 아래 수학적식에 정의된 비율을 기 설정된 기준값(thre)과 비교하여 상기 $STFT_{result}[i]$ 값의 노이즈 여부를 판단하되, 상기 비율이 상기 기준값 미만인 경우 현재까지의 수집 데이터를 노이즈 처리하여, 다음 시간구간부터 새롭게 신호 처리할 수 있다.

$$STFT_{max} / STFT_{result}[i - thre_{range}] > thre$$

[0018] 여기서, $STFT_{max}$ 는 상기 $STFT_{result}[i]$ 값으로 갱신된 $STFT_{max}$, $STFT_{result}[i - thre_{range}]$ 는 과거의 i-P/2번째 시간구간의 STFT 결과값, $thre_{range}=P/2$, thre는 상기 기준값을 나타낸다.

[0019] 또한, 상기 레이더 신호 처리 장치는, P개의 메모리 번지를 포함하며, 상기 시간구간 별 획득되는 FFT 결과를 순차로 입력받아 1번 메모리 번지부터 시간 순으로 일대일 저장하는 저장부를 더 포함하며, 상기 저장부는, 상기 P개의 메모리 번지가 모두 점유 중이면 현재 입력되는 FFT 결과를 상기 1번 메모리 번지부터 다시 순차로 덮어씌우는 방식으로 저장할 수 있다.

[0020] 그리고, 본 발명은, 레이더 신호 처리 장치를 이용한 레이더 신호 처리 방법에 있어서, 도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 수집하는 단계와, 상기 레이더 신호를 STFT 처리하여 각 시간구간 별로 FFT 결과를 획득하고 획득한 FFT 결과를 기초로 STFT 결과값을 연산하는 단계와, 설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하고 상기 타겟 시간구간을 중심으로 연속된 P개의 시간구간을 선정하는 단계, 및 상기 타겟 시간구간의 FFT 결과가 스펙트로그램의 중심에 위치하도록, 상기 선정된 P개 시간구간 각각의 상기 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여 상기 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성하는 단계를 포함하는 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0021] 본 발명에 따르면, 대상물로부터 반사된 도플러 레이더 신호로부터 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 효과적으로 생성할 수 있다. 또한, 생성된 스펙트로그램 이미지를 동작 인식을 위한 머신 러닝의 입력 이미지로 사용할 경우 최대 강도의 신호가 스펙트로그램 이미지의 중심 위치에 존재하므로 머신 러닝에서의 동작 인식 및

분류 성능을 더욱 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 도 1의 장치를 이용한 레이더 신호 처리 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 시간에 따라 입력되는 각 시간구간 별 STFT 결과값으로부터 유의미한 시점을 탐색하는 모습을 설명하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 스펙트로그램 이미지 생성을 위한 시간구간을 선정하는 원리를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0027] 도 1에 나타낸 것과 같이, 본 발명의 실시예에 따른 스펙트로그램 추출을 위한 레이더 신호 처리 장치(100)는 신호 수집부(110), STFT 연산부(120), 신호 처리부(130), 스펙트로그램 생성부(140) 및 저장부(150)를 포함한다.
- [0028] 신호 수집부(110)는 도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 시간에 따라 수집한다.
- [0029] STFT 연산부(120)는 수집된 레이더 신호를 STFT(Short-Time Fourier Transform) 처리하여 각 시간구간 별로 FFT(Fast Fourier Transform) 결과를 획득하고, 획득한 FFT 결과를 기초로 STFT 결과값을 연산한다. 이에 따라, 각 시간구간 별로 STFT 결과값이 획득된다.
- [0030] 신호 처리부(130)는 설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하며, 탐색된 타겟 시간구간을 중심으로 하는 연속된 P개의 시간구간을 선정한다.
- [0031] 여기서, P는 한 장의 스펙트로그램 이미지 생성에 필요한 시간구간의 개수로서 미리 설정될 수 있으며, 이미지 스펙, 해상도 등에 따라 달라질 수 있다. 이러한 P 값은 상황에 따라 변경 가능하다.
- [0032] 스펙트로그램 생성부(140)는 선정된 P개 시간구간 각각의 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여, 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성한다. 이에 따라, 가장 높은 주파수 스펙트럼 강도를 가진 타겟 시간구간의 FFT 결과가 스펙트로그램의 중심에 위치하게 된다.
- [0033] 가장 움직임이 많고 강한 시점은 물체의 움직임이 가장 많은 시점이므로 움직임을 주파수로 나타낸 FFT 결과값도 가장 센 값을 나타내게 된다. 따라서 스펙트로그램에서 해당 시점의 데이터를 이미지의 중앙에서 취득할수록 물체의 검출이나 분류 등의 성능을 높일 수 있다.
- [0034] 저장부(150)는 P개의 메모리 번지를 포함하며, STFT 연산부(120)에서 시간구간 별 획득한 FFT 결과를 순차로 입력받아 1번 메모리 번지부터 시간 순으로 일대일 저장한다. 이러한 저장부(150)는 P개의 메모리 번지가 모두 점유 중이면, 현재 입력되는 FFT 결과를 1번 메모리 번지부터 다시 순차로 덮어쓰우는 방식으로 저장할 수 있으며 이를 통해 최소한의 메모리로 운용 가능하다.
- [0035] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 레이더 신호 처리 방법에 관하여 더욱 상세히 설명한다.
- [0036] 도 2는 도 1의 장치를 이용한 레이더 신호 처리 방법을 설명하는 도면이다.
- [0037] 먼저, 신호 수집부(110)는 도플러 레이더로부터 대상물에 대해 측정된 레이더 신호를 시간 흐름에 따라 수신한다(S210).
- [0038] STFT 연산부(120)는 수신한 레이더 신호를 STFT(Short-Time Fourier Transform) 처리하여 각 시간구간 별로 FFT(Fast Fourier Transform) 결과를 획득한다(S220).
- [0039] STFT 연산부(120)는 STFT 처리를 통해 각 시간구간 별로 FFT 결과를 도출하며, 저장부(150)는 시간구간 별 획득

되는 FFT 결과를 순차로 입력받아 각 메모리 번지에 시간 순으로 일대일 저장할 수 있다.

[0040] STFT 기법은 아래의 수학적 식 1과 같이 분석하고자 하는 신호에 윈도우(Window) 함수를 적용하고 이동시켜 일정 구간의 짧은 시간(Short Time) 구간에 대해서 푸리에 변환(FFT)을 수행하는 방법으로서, 분석하고자 하는 신호에 대한 시간-주파수 특성의 그래프를 획득하고 이를 통해 신호의 시간대별 주파수 정보를 분석할 수 있다.

수학적 식 1

$$X[k, i] = \sum_{m=0}^{L-1} w[m] x[i + m] e^{-j(2\pi k/N)m}$$

[0042] 수학적 식 1은 입력 신호 x에 대한 STFT 처리 수식으로, k는 주파수 축, i는 시간 축, w는 윈도우 함수(해밍 윈도우 함수), m={0,1,...,L-1}, L은 사용된 FFT 포인트의 개수, N은 윈도우 길이(크기)를 나타낸다.

[0043] 시간구간의 길이는 윈도우 길이(크기)에 따라 결정되며, 수학적 식 1을 통해 각 시간구간 별로 L-point의 FFT를 수행하여, 각 시간 구간 별로 FFT 결과를 획득할 수 있다. 이러한 STFT 기법은 기 공지된 기법에 해당하므로 더욱 상세한 설명은 생략한다.

[0044] 여기서, STFT 연산부(120)는 각 시간구간 별로 획득한 FFT 결과를 기초로 각 시간구간의 STFT 결과값을 연산한다(S230).

[0045] 이를 위해, STFT 연산부(120)는 소정 시간구간에 대한 FFT 결과로부터 FFT 포인트별 FFT 결과값을 모두 합산하는 것을 통하여 소정 시간구간에 대한 STFT 결과값을 획득한다. 일반적으로 소정 시간구간에 대해 FFT 처리를 수행하면 FFT 포인트(샘플 주파수) 별로 FFT 결과값을 획득할 수 있으며 이는 기 공지된 것에 해당한다.

[0046] 본 발명의 실시예는 해당 시간구간에서 처리된 FFT 포인트별 FFT 결과값을 모두 합산하는 것을 통하여, 해당 시간구간의 STFT 결과값을 얻는다. 이에 따라 시간구간 하나당 하나의 STFT 결과값이 얻어진다.

[0047] 본 발명의 실시예에서 i번째 시간구간의 STFT 결과값은 i번째 시간 구간에서 획득한 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 모두 합산하여 연산된 값으로 정의되며, 이는 아래 수학적 식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 2

$$STFT_{result}[i] = \sum_{m=-N/2+1}^{N/2-1} (X[m, i])$$

[0049] 여기서, STFT_{result}[i]는 i번째 시간구간의 STFT 결과값, N은 사용된 FFT 포인트의 개수, X[m, i]는 i번째 시간구간의 FFT 결과에 대한 FFT 포인트 별 FFT 결과값을 나타낸다. 이와 같은 방법으로 STFT 연산부(120)는 각 시간구간 별로 STFT 결과값들을 얻는다.

[0050] 그러면, 신호 처리부(130)는 설정 개수의 시간구간이 경과한 이후부터, 매 시간구간마다 i번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색하여, 타겟 시간구간을 중심으로 연속된 P개의 시간구간을 선정한다(S240).

[0051] 이러한 동작은 추후 스펙트로그램 이미지 생성 시에 스펙트로그램 이미지의 전체 영역 중 중심 영역에 대상물의 특징이 표현될 수 있게 하기 위한 것으로, 복수의 시간구간 중에서 가장 피크치의 스펙트럼 강도를 가진 시간을 포착하고 해당 시간의 데이터를 중심에 배치하는 것을 통해 구현할 수 있다.

[0052] 이후, 스펙트로그램 생성부(130)는 P개 시간구간 각각의 FFT 결과를 저장부(150)로부터 도출하고 시간 순으로 결합하는 것을 통해 대상물에 대한 스펙트로그램 이미지를 생성한다(S250).

[0053] 이러한 동작에 따르면, 가장 스펙트럼 강도가 높게 도출된 타겟 시간구간의 FFT 결과가 스펙트로그램 상의 중심부에 위치하게 되며, 이는 곧 대상물의 특징이 스펙트로그램 이미지의 중심에 들어온다는 것을 의미한다.

[0054] 대상물의 특징이 이미지의 가장자리가 아닌 중심부에 위치하도록 스펙트로그램 이미지를 생성할 경우 이를 기반

으로 대상물을 인식하거나 분류하는 장치에서의 분석(분류, 인식 등) 성능을 높일 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따라 획득한 스펙트로그램 이미지를 손동작 인식을 위한 머신 러닝의 입력 데이터로 사용할 경우 분류 성능을 더욱 높일 수 있다.

- [0055] 시간에 따라 수집된 입력 신호에 대한 STFT 처리를 기반으로 각 시간구간의 FFT 결과를 획득하고 결합하여 하나의 스펙트로그램을 생성하는 기술은 기 공지된 것에 해당한다. 다만, 본 발명의 실시예에는 입력된 도플러 레이더 신호를 STFT 처리한 결과로부터 스펙트로그램 영상을 생성하되, 대상물에 대응된 특징 정보가 스펙트로그램 영상의 중심부에 위치하도록 하기 위한 최적의 시간 범위를 선정하고 이를 기초로 스펙트로그램 이미지를 생성하는 기법을 제안한다.
- [0056] 이하에서는 상술한 S240 단계에서의 신호 처리부(130)의 동작 원리를 도 3을 참조로 더욱 상세히 설명한다.
- [0057] 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 시간에 따라 입력되는 각 시간구간 별 STFT 결과값으로부터 유의미한 시점을 탐색하는 모습을 설명하는 도면이다.
- [0058] 도 3의 상단 그래프에서 세로축은 시간축, 가로축은 STFT 결과값을 나타낸다. 여기서 시간축에 기재된 숫자는 초 단위일 수 있다. 물론, 도 3의 그래프는 STFT 처리에 따라 획득한 각 시간구간별 STFT 결과값을 그래프 도메인 상에 찍어 하나의 선으로 연결하여 도시한 것이다.
- [0059] 상단의 각 그래프는 시간에 따라 STFT 결과값이 시간에 따라 우측에서 좌측으로 입력되는 것을 예시하므로, 예를 들어 좌측 상단 그림에서 가장 오른쪽의 $i=161$ 일 때의 값은 가장 최근에 해당하는 현재 시점의 데이터에 해당한다. 본 발명의 실시예에 따른 방법을 반복하면, 오른쪽 그림과 같이 가장 피크치의 161번째 시간을 중심으로 하는 11번째 내지 310번째를 포함한 300개의 유의미한 시간구간을 선정할 수 있다.
- [0060] 하단 그림은 우측 상단 그림의 음영 영역의 시간구간들에서 각각 기 획득한 FFT 결과를 시간 순으로 결합하여 생성한 스펙트로그램을 나타낸다. 이러한 스펙트로그램에서, 가로축은 시간, 세로축은 주파수를 나타내며, FFT의 세기(강도)는 색상으로 표현된다. 붉은색에 가까울수록 신호 크기가 크고 파란색에 가까울수록 신호 크기가 작은 것을 나타낸다.
- [0061] 도 3의 하단 그림으로부터 스펙트로그램의 중심부 영역에서 높은 신호강도의 특성이 도출된 것을 알 수 있다. 이와 같이 스펙트로그램을 이용하면 움직임의 강약을 색으로 표현할 수 있는데, 제안한 방법에 따르면 강도가 가장 큰 시점이 항상 이미지의 중간에 위치할 수 있어 머신러닝을 위한 이미지로 적합하다.
- [0062] 상술한 도 3의 내용을 토대로 신호 처리 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0063] 먼저, 신호 처리부(130)는 설정 개수의 시간구간이 경과할 때까지는 각 시간구간별 STFT 결과값을 계속하여 수집한다. 예를 들어, 최초 1번째 시간구간부터 P/2번째 시간구간까지는 STFT 결과값을 계속 수집한다.
- [0064] 도 3의 상단 그림에서 처럼, 만일 $P=300$ 인 경우, 1~150번째 시간구간을 포함한 150개의 시간구간까지 STFT 결과값을 수집하며, 151번째 시간구간부터는 매 시간구간 마다 i 번째 시간구간의 STFT 결과값을 과거의 최대 STFT 결과값과 비교한 결과를 기초로 피크치의 STFT 결과값을 가진 타겟 시간구간을 탐색한다.
- [0065] 구체적으로, $i=151$ 인 151번째 시간부터 매 시간구간마다 현재의 i 번째 시간구간의 STFT 결과값($STFT_{result}[i]$)을 과거 시간구간에 대한 최대 STFT 결과값($STFT_{max}$)과 비교하는 동작을 반복한다.
- [0066] 만일, 현재의 i 번째 시간구간의 STFT 결과값이 과거의 최대 STFT 결과값 이하인 경우, 즉 $STFT_{result}[i] \leq STFT_{max}$ 인 경우에는 $STFT_{max}$ 값을 그대로 유지한다.
- [0067] 하지만, 현재의 i 번째 시간구간의 STFT 결과값이 과거의 최대 STFT 결과값보다 큰 경우에는 STFT 결과값이 새롭게 갱신되어야 한다.

수학식 3

[0068]
$$STFT_{max}[i] = \max(STFT_{result}[i], STFT_{max})$$

[0069] 수학식 3을 통해, 현재 값과 과거 최대 값 중 큰 값이 $STFT_{max}[i]$ 로 설정되는 것을 알 수 있다. 즉, $STFT_{result}[i]$

> STFT_{max}인 경우에는 STFT_{max} 값을 현재의 STFT 결과값인 STFT_{result}[i] 값으로 갱신하게 되고, 이를 다음 시간구간에서의 비교 동작에 사용하도록 한다.

[0070] 예를 들어, 161번째 시간구간의 STFT 결과값이 현재까지의 최대값이었고, 이를 포함한 150개의 시간동안 즉, 310번째 시간구간까지 그보다 높은 STFT 결과값이 나오지 않았다면, 161번째 시간구간을 기준으로 좌우의 300개 시간구간(예를 들어, i=11~310)을 스펙트로그램 이미지 생성을 위한 시간 구간으로 선정할 수 있다.

[0071] 물론, P개의 시간구간 선정 시에는 아래와 같은 알고리즘을 사용할 수 있다.

[0072] 만일, STFT_{result}[i] > STFT_{max} 인 경우 현재의 STFT_{result}[i] 값에 대응하여 1의 플래그값(T=1)을 부여하고, STFT_{result}[i] ≤ STFT_{max}인 경우 현재의 STFT_{result}[i] 값에 대응하여 직전 시간구간의 T 값에서 1 증가시킨 플래그 값(T=T+1)을 부여한다. 이때, 플래그 값이 최종적으로 P/2 값(예를 들어, 150)에 도달할 때까지 STFT 결과값의 비교를 수행하여, 가장 마지막에 T=1이 부여된 시간구간을 타겟 시간구간으로 하여 P개의 시간구간을 선정한다.

[0073] 즉, 앞서 설명한 예시에서, 161번째 시간구간의 STFT 결과값인 STFT_{result}[161] > STFT_{max} 인 경우, STFT_{max} 값이 STFT_{result} [161]로 갱신되며, 독립적인 변수로 T=1이 부여된다. T=1은 최대치를 의미하는 플래그에 해당한다.

[0074] 다음 162번째 시간구간의 STFT 결과값인 STFT_{result}[162]를 앞서 갱신된 STFT_{max} 값과 비교한 결과, STFT_{result}[162] > STFT_{max} 이면, I=162인 시점에서 T=1로 갱신된다. 이는 최대치의 데이터가 갱신되었음을 의미한다.

[0075] 하지만, 도 3과 같이 STFT_{result}[162] ≤ STFT_{max} 이면, I=161 시점에서 부여된 T=1의 플래그값은 그대로 유지하고 STFT_{result}[162]의 값에 대응해서는 그보다 1이 증가된 T=2를 부여한다. 이후에, STFT_{result}[163] 값도 과거 최대치보다 작다면 STFT_{result}[163]의 값에 대응하여 T=3이 부여된다. 이와 같은 방법으로 STFT_{result}[310] 값 까지도 최대치가 갱신되지 않았다면 STFT_{result}[310]의 값에 대응하여 T=150가 부여된다.

[0076] 이때, STFT_{result}[161]에 T=1이 부가된 상태이므로 i=161을 중심으로 300개의 시간구간을 선정할 수 있다. 예를 들면, i=11~310을 포함한 300개의 시간구간을 선정할 수 있다. 여기서, 중심이라는 것은 시간구간의 정중앙일 수도 있지만 계산 편의 등의 이유로 1개 시간 정도의 어긋남은 존재할 수 있음은 물론이다.

[0077] 한편, 본 발명의 실시예에서는 STFT_{result}[i] > STFT_{max}인 경우에, 아래 수학적 식 4에 정의된 비율을 기 설정된 기준 값(thre)과 비교하여 STFT_{result}[i] 값의 노이즈 여부를 판단한다.

수학적 식 4

[0078]
$$STFT_{max} / STFT_{result}[i - thre_{range}] > thre$$

[0079] 여기서, STFT_{max}는 STFT_{result}[i] 값으로 갱신된 STFT_{max}, STFT_{result}[i-thre_{range}]는 과거의 i-(P/2)번째 시간구간의 STFT 결과값, thre_{range}=P/2, thre는 기준값을 나타낸다.

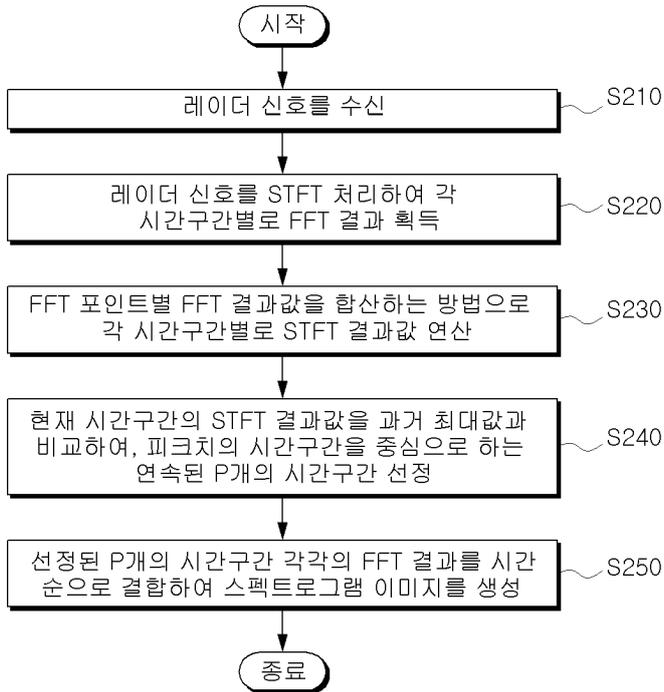
[0080] 수학적 식 4의 좌항에 정의한 비율 값이 기준값(thre) 미만인 경우, 현재까지의 수집 데이터를 노이즈 처리하여, 다음 시간구간부터 새롭게 신호 처리한다.

[0081] 예를 들어, 161번째 시간구간의 STFT 값인 STFT_{result}[161]이 과거 최대값보다 크더라도, 그보다 150번 앞서 계산된 STFT_{result}[11]을 기준으로 비율(STFT_{result}[161]/STFT_{result}[11]) 을 연산한 결과, 미리 설정된 임계값(thre)보다 작다면, 단순 잡음이나 노이즈 신호에 의한 max 값으로 판단하여, 이를 무시하고 처음으로 돌아갈 수 있다. 따라서, 수학적 식 4의 방법을 이용하면, 노이즈 또는 원하지 않은 움직임에 의한 물체에 의한 감지 결과를 제외시킬 수 있다.

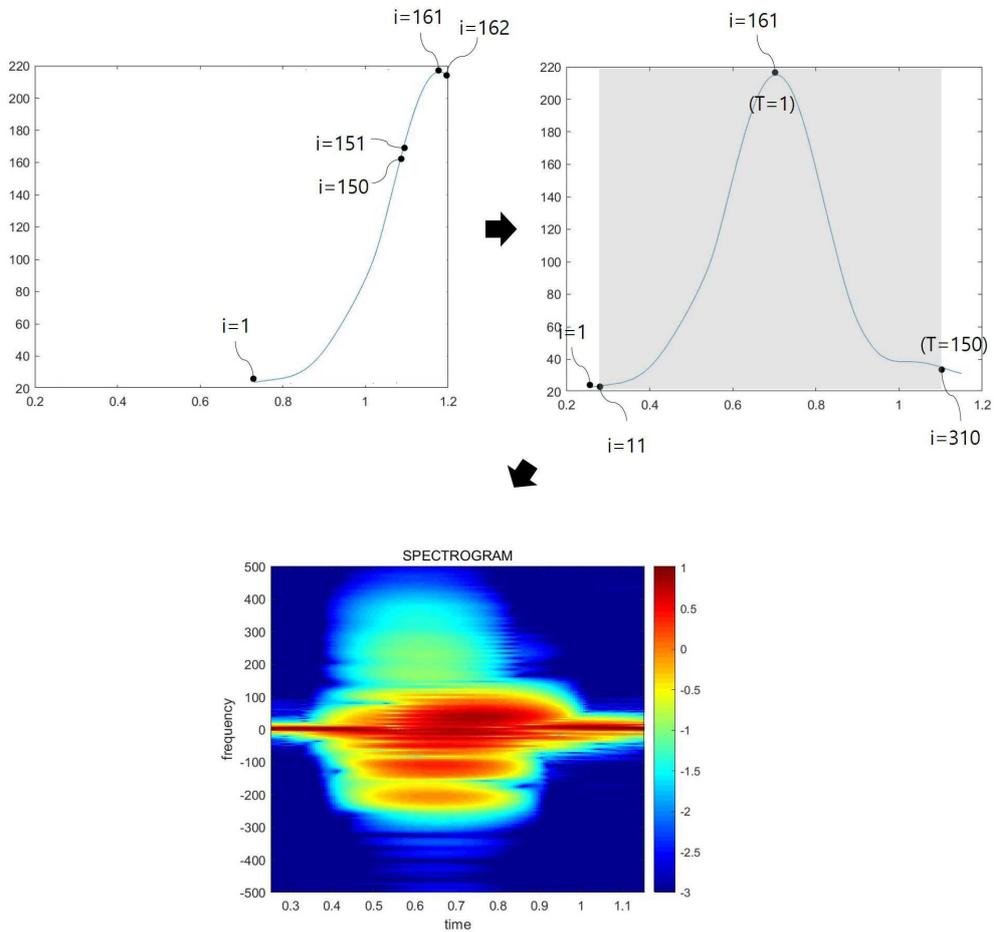
[0082] 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 스펙트로그램 이미지 생성을 위한 시간구간을 선정하는 원리를 설명하는 도면이다.

[0083] 먼저, 신호 처리부(130)는 STFT 연산부(120)의 STFT 처리 결과로부터 현재 시간구간에 대한 STFT 결과값

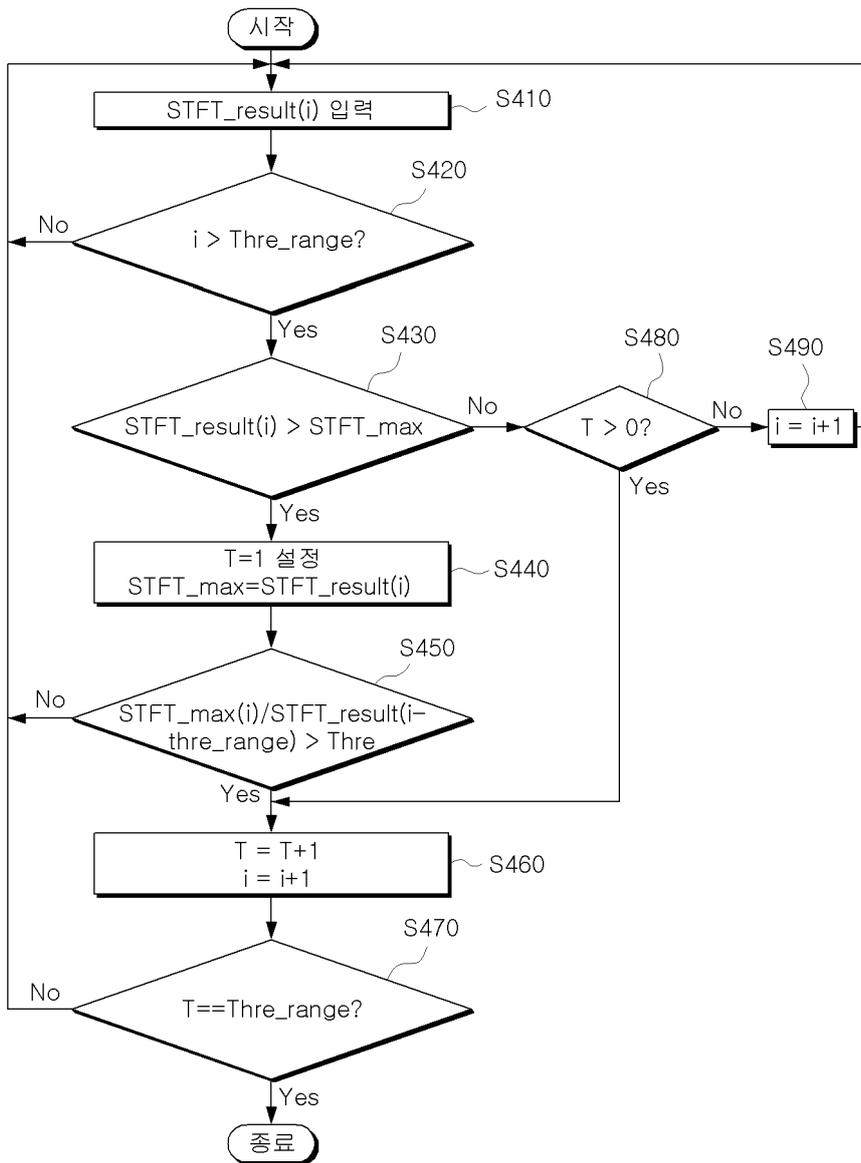
도면2



도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 7 발명

【변경전】

"펙트로그래프"

【변경후】

"스펙트로그래프"

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1 및 8 발명

【변경전】

"스펙스토히로그래프"

【변경후】

"스펙트로그램"