

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
G01S 7/24

(11) 공개번호 특2000-0069480
(43) 공개일자 2000년11월25일

(21) 출원번호	10-1999-7005324	(87) 국제공개번호	WO 1999/19744
(22) 출원일자	1999년06월14일	(87) 국제공개일자	1999년04월22일
번역문제출일자	1999년06월14일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1998/21908	(87) 국제공개번호	WO 1999/19744
(86) 국제출원출원일자	1998년10월16일	(87) 국제공개일자	1999년04월22일
(81) 지정국	EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 프랑스 영국 그리스 아일랜드 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투 갈 스웨덴 핀란드		
	국내특허 : 캐나다 일본 대한민국		
(30) 우선권주장	60/066,025 1997년10월16일 미국(US)		
	60/071,964 1998년01월20일 미국(US)		
	9/173,322 1998년10월16일 미국(US)		
(71) 출원인	오토모티브 시스템즈 라보라토리, 인코포레이티드 진 에이. 테넌트		
	미국 미시간 48331 파밍톤 힐스 스위트 비-12 하거티 로드 27200		
(72) 발명자	파머,마이클이.		
	미국,미시간48331,웨스트볼룸필드,레이크블러프로드5119		
	제이콥스,크레이그에스.		
	미국,미시간48335,파밍톤힐즈,루스벨트코트24762		
(74) 대리인	박경재		

심사청구 : 없음

(54) 레이다 시스템

요약

누설의 조절 및 제거 시스템과 그 방법은 레이다 시스템(10)의 표본화된 하향 변환 레이다 신호의 각 빔의 위치에 대해 누설신호의 복소수 정위상(in-phase)과 직각위상(quadrature phase)(I/Q) 성분을 평가한다. 디지털 실시예에서, 저장된 누설 조절 신호(264)는 표본화된 레이다 신호로부터 감산(206)되고, 그 결과 신호는 목표물 검출을 위해 처리(208, 210, 212)된다. 누설 조절 처리(250)는 누설 신호 검사(214)가 충분한 수의 연속적인 스캔(216)들 동안 문제를 지적한다면 활성화된다. 여기서 각 빔 위치에 대해, M 연속 I/Q 파형은 평균화(252)되어, 주지된 목표물들은 제거(254, 256, 258)되고, 그리고 그 결과 신호는 스케일링(262)되어, 변동이 허용 한계 범위(262) 이내라면 새로운 누설 조절 신호로서 저장(264)된다. 하이브리드 실시예에서, 저장된 누설 신호(364)는 아날로그 형태로 변환(366)되고, 아날로그 하향 변환된 레이다 신호(300)로부터 감산(301)되고, 그리고 가 변이득(303)에 의해 스케일링된 후 복소수 I/Q 성분들은 그것으로부터 표본추출(302, 304)된다. 누설 조절 처리(350)는 매 N 번째 스캔을 활성화(316)시키고, 여기서 각 빔 위치 M 처프 파형은 평균화(352)되어 변동을 검사(354)한다. 만약 변동이 허용한도 이내라면, 누설 신호는 칼만 필터에 의해 갱신(356)되고, 새로운 누설 조절 신호로서 저장(364)되며, 그리고 칼만 이득행렬이 갱신(358)된다.

대표도

도3

명세서

본 출원관련 참고문헌

본 출원은 1997년 10월 16일 제출된 미국 가특허출원 제 60/066,025 호의 우선권 혜택을 청구한다.

또한, 본 출원은 1998년 1월 20일 제출된 미국 가특허출원 제 60/071,964 호의 우선권 혜택을 청구한다.

기술분야

본 발명은 일반적으로 레이다 시스템에 관한 것이며, 보다 상세하게는 연속파 레이다 시스템(continuous wave radar system)에서 송신기로부터 수신기까지의 레이다 에너지의 누설(leakage) 효과를 완화시키기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

발명의 배경

레이다 시스템은 연속 또는 펄스 전자기 에너지 빔과 목표물의 상호작용 결과들을 감지함으로써 목표물의 속도 및/또는 거리를 측정한다. 선형 주파수 변조 연속파(linear frequency modulated continuous wave, LFM CW) 레이다 시스템에서 목표물은 지나가 에너지로 계속해서 비추어지고, 이 전자기 에너지의 주파수는 주기적 형태로 선형 변조된다. 레이다 수신기는 송신된 신호와 수신된 신호간의 주파수 차이로 목표물까지의 거리를 측정한다. LFM CW 레이다 시스템의 한가지 문제점은 정지된 근처 범위의 목표물로 엘리머싱시킴으로써 먼저 목표물과 상호작용없이 수신기에 직접 결합되는 송신 에너지 일부의 누설로 인해 발생된다. 이 누설신호의 강도는 부엽(side lobe)이 목표물 회신신호를 가로막을 정도로 충분히 클 수 있다. 송신과 수신 겸용의 단일 안테나를 탑재한 레이다 시스템은 그러한 누설문제에 특히 민감하다.

많은 자동차 CW 응용을 포함하는 몇 가지 선행기술인 선형 주파수 변조 연속파 (LFM CW) 레이다 시스템은 레이다 신호를 송신 및 수신하기 위해 별개의 안테나들을 사용한다. 별개의 안테나들은 본질적으로 누설문제를 감소시키지만, 이 방법에 따른 주요 문제점은 송신과 수신 안테나를 분리 배치해서 사용하기 때문에 시스템의 크기와 가격이 과충하게 상승하는 것이다.

다른 선행 CW 레이다 시스템은 고정 아날로그 지연선(delay line)에 의해 위상이 변화된 송신신호의 일부를 수신된 신호에 혼합시킴으로써 수신된 신호에서 누설성분을 제거한다. 아날로그 지연선은 누설 성분에 정확하게 정합되어야 한다. 이와 같은 접근방법은 고정된 아날로그 지연선의 지연이 온도변화 등에서 기인될 수 있는 누설의 변화에 반응하지 않는 문제가 있다. 아날로그 지연선에 따른 문제는 다중 빔 구경(multiple beam aperture, MBA) 구조의 레이다 시스템에서 더욱 문제가 되며, MBA 레이다 시스템에서 각각의 빔은 독립적인 누설 경로를 갖으며 이와 대응하여 관련된 누설을 보상하기 위해서는 각각의 지연된 신호를 필요로 할 수 있다. 빔의 수가 증가함에 따라서, 해당 지연선 수와 소정 빔의 수에 대한 정확한 지연선에 스위칭하는 데 관련하는 고속 스위치를 때문에 부당히 값비싸지고 불편진다.

다른 선행 레이다 시스템은 최종 신호처리 단계에서 누설신호의 영향을 감소시키기 위해서 푸리에 변환(Fourier transform) 처리 이전에 데이터에 많은 가중치를 주거나 푸리에 변환시 데이터의 제 1 N 영역 셀을 무시하는 시도를 하고 있다. 부엽을 감소시키기 위해 푸리에 변환시 진폭 가중치를 많이 주는 것은 진폭의 최대치를 상당히 넓어지게 하여 밀접하게 이격된 목표물을 인식하는 레이다 시스템의 능력을 감소시킬 수 있고 그 결과 목표물이 레이다 시스템(및 자동차)에 접근하는 문제점이 있다. 제 1 N 영역 셀을 무시하는 것은 분명히 자동차의 충돌 예측과 레이다의 충돌 방지에 있어서 근영역 정보가 충돌 및 유사충돌 시간을 평가하는 데 치명적이라는 문제가 있다.

더욱 다른 시스템들은 CW 레이다를 사용하기 보다는 오히려 펄스 레이다를 사용하여, 누설신호를 무시하도록 게이트된다. 자동차 충돌 예측에 적용될 때, 펄스 레이다 시스템은 매우 근접한 영역에 있는 목표물을 감지하기 위해서 초단 레이다 펄스($<6 \times 10^{-9}$ 초)를 요구한다. 그러나, 단 펄스(short pulse)는 원영역(far range)의 목표물을 감지하도록 충분한 고전력으로 송신하는 것이 어렵다. 따라서, 펄스 레이다 시스템은 현재 자동차 충돌 예측에 필요한 근영역과 원영역 상의 목표물을 감지하는 데 부적합하다.

본 발명의 요약

본 발명은 선형 주파수 변조(LFM) 연속파(CW) 레이다의 누설신호 조절과 제거를 위한 실시간 시스템 및 방법을 제공함으로써, 특히 다중 빔 안테나 구경을 필요로 하는 자동차 적용 예에서 상기 문제들을 극복한다. 시스템에 사용되는 실제 파형은 LFM의 계단형 주파수 합성으로써 모든 입력 데이터 포인트가 환경의 반응에 대해 특정 주파수 값으로 대응한다. 조절(calibration)은 주로 일반 안테나 구경이 레이다 에너지를 송신하는데 사용되기 때문에 누설 신호를 평가하도록 그리고 목표물 검출도(target detectability)를 개선하기 위해 누설 신호를 제거하는 수단을 제공하도록 설계된다. 누설신호는 대체적으로 레이다 내부 성분과 불완전성에 기인하는 반사 및 송신 때문에 발생한다. 누설신호는 이동경로가 매우 짧기 때문에, 실제 목표물보다 거의 항상 상당히 높은 진폭(예를 들어, 40-80dB)을 갖을 수 있다. 이 때문에, 누설신호가 더 작은 목표물을 실질적으로 가로막는 역효과를 갖는데 이는 목표물의 진폭과 유사한 누설신호의 부엽에 의해 신호의 푸리에 변환처리가 주도되기 때문이다. 조절 처리의 결과로써 평가된 누설신호가 부정확하다면, 측정된 누설신호의 진폭은 증가할 것이고, 신호 또한 영역내에서 이동을 일으킬 주파수의 드리프트가 발생하여 만일 최대치라기 보다는 오히려 인접위치에 이격된 두개가 존재할 수 있다. 게다가, 레이다 송신기 하부 시스템 내의 다양한 믹서(mixer) 단계에서 발생된 고조파(harmonics)에 의해서 오인 목표물(false target)이 영역에서 훨씬 더 벗어나 나타날 수 있다.

다중 안테나 빔을 필요로 하는 광역 주사(broad area scanning) 레이다 시스템에서, 레이다 에너지가 다중 빔을 발생시키기 위해서 이동하는 각 유입 경로에 대한 누설신호는 계산되어야 한다. 추가해서, 신호는 커다란 온도 변화와 같은 환경적 차이로 인해 변화될 수 있기 때문에 누설신호는 각 빔 사용동안 계산되어야 한다. 추가적으로, 진흙과 같은 파편이 안테나 레이돔(radome)에 두껍게 쌓이면, 그것은 감쇄를 증가시킬 뿐 아니라 추가적인 반사를 일으킬 수 있어 이 회신신호는 누설신호로서 더 많은 영향을 끼칠 것이다.

본 발명의 한 동작모드에서, 누설 조절 처리는 취해진 누설신호를 제거한 후, 잔류신호의 신호진폭을 기본으로 하여 누설신호를 요구된 실시간으로 수집한다. 다른 동작모드에서, 누설처리는 연속적이긴 하지만 실제로 매 50-100 스캔 마다의 감소된 데이터 비율로 누설신호를 수집한다. 또 다른 동작모드에서, 안테나 빔 내의 누설보다 신호의 진폭이 크지 않은 누설신호가 수집되는 경우, 신호가 없을 때마다 처리기가 보고를 처리하고 있지 않기 때문에 처리기는 조절을 수행하지 않아도 되는 장점이 있다. 조절처리는 많은 경우의 누설신호를 수집하여 누설조절 신호로 사용되는 평균신호를 발생시키는 단계를 포함한다. 한 실시예로, 수집된 누설신호는 LFM 파형의 각 데이터 점에서 칼만 필터(Kalman filter)로 분리되는 반복적인 선형 평가기의 사용을 통해 선 누설 주형(previous leakage template)과 최적으로 조합된다.

본 발명의 복합형(hybrid) 아날로그/디지털 실시예에서, 누설신호는 아날로그 형태로 재전환된 후 누설과 목표물 정보를 포함한 유입 레이다 신호에서 감해진다. 유입 레이다 신호에서 누설신호를 제거한 차이신호는 가변 이득에 따라 스케일되며, 선행 시스템보다 훨씬 큰 시스템 다이내믹 영역(dynamic range)을 제

공한다.

따라서, 본 발명의 목적은 MBA 구조 레이더 시스템의 각 빔에 대한 누설신호를 저장 및 제거하는 개선된 수단을 제공하는 것이다.

본 발명의 목적은 오랜 기간 수행하지 않은 레이더 시스템을 작동하는 능력에 대한 개선된 수단을 제공하고, 시스템 작동 특성을 약간 변화시킬 수 있어 누설 제거를 부분적으로 최적화되게 하는 환경변화, 시스템 피로 또는 비치명적인 부품 파손으로 인한 레이더 시스템의 동작 특성 변화를 극복하는 것이다.

본 발명의 목적은 충돌예측의 필수 기능을 수행하지 못하는 특별 동작모드에 레이더를 위치시키지 않고서도 누설신호에 대한 정보를 수집할 수 있는 개선된 수단을 제공하는 것이다.

본 발명의 목적은 누설신호를 조절하고 제거하는 최적의 수단을 제공하는 것이다.

본 발명의 목적은 개선된 목표물 검출도(detectability)를 제공하는 것이다.

이런 목적에 따라서, 본 발명의 특징은 누설신호가 비파괴 메모리에 디지털 형식으로 사전에 계산되어 저장되는 것이다.

본 발명은 각각의 개별 레이더 빔에 해당하는 누설신호가 개별적으로 저장되는 다른 특징이 있다.

본 발명은 각각의 레이더 빔이 개별적으로 조절되는 특징이 있다.

본 발명은 레이더 시스템에 대한 재조절 필요성을 진단하기 위해서 누설 제거 처리가 연속적으로 모니터 되는 특징이 있다.

본 발명의 또다른 특징은 누설 제거 처리가 레이더 시스템의 처리기 내에서 배경 임무(background task)로써 계속해서 동작하는 것이다.

본 발명의 또다른 특징은 누설과 관련된 미리 알려진 주파수 범위내의 누설이 제거된 신호의 진폭을 기준으로 필요한 만큼 다이내믹 조절(dynamic calibration)을 수행하는 것이다.

본 발명의 특징은 재조절이 요구될 때 또는 요구되는 경우, 시스템의 기본동작모드의 중단 없이 재조절 기능을 수행하는 것이다.

본 발명의 특징은 새롭게 인지된 누설 데이터는 특수 레이더의 잡음통계와 다양한 성분들의 안정성에 기인하는 누설 안정성과 관계있는 사전에 양식화된 시스템 동작을 기본으로 하여, 칼만 필터링으로 불리우는 최적 선형 평가기술을 통해 저장된 누설 데이터와 최적으로 조합되는 것이다.

본 발명은 가변 이득 증폭기를 도입하여 MBA 안테나 배치의 각 빔의 신호강도를 최대화하는 특징이 있다.

본 발명은 동일 혹은 개선된 시스템 성능을 얻기 위해 시스템이 낮은 해상도의 아날로그/디지털 변환기를 사용할 수 있는 특징을 가지고 있다.

본 발명은 누설 시간 변화를 디지털 방법으로 추적하고 이를 아날로그 형태로 변환하여 이를 유입 신호로부터 제거하는 특징이 있다.

본 발명의 특징은 누설을 개별적으로 각 빔에서 제거하고 각 빔의 신호를 동일 진폭으로 스케일링하여 각 빔에 대한 다이내믹 영역을 최대화함으로써, 전체 목표물 검출도를 개선하는 것이다.

본 발명은 수많은 관련 장점을 제공하는 특별한 특징을 가진다. 선행기술에 비해 본 발명이 갖는 장점은 디지털 방법으로 저장된 누설신호를 포함시킴으로써 각 빔에 대해 고가의 육중한 지연선이 필요없고, 각 지연선을 활성화시키기 위한 고속 RF 스위치 역시 필요없다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 관련된 조절 처리에 레이더 동작을 변화시킬 필요가 없고 동작기 중재도 요구하지 않는다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 적절하게 조절된 누설신호없이도, 약간의 열화모드에서조차도 조절이 완료되고 누설이 완전히 제거될 때까지 시스템은 계속해서 동작한다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 누설 성능의 다이내믹 진단을 통해서, 시스템은 레이더의 환경적, 동작특성의 변화에 곧바로 자체적응할 수 있다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 계속적인 누설 추적 및 최신정보화를 통해서, 시스템은 레이더의 환경적, 동작특성의 변화에 바로 자체적응할 수 있다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 아날로그 형태로의 전환, 아날로그 감산, 그리고 아날로그 이득을 통해서, 양자화 오차(Quantization Error)에 의해 잡음이 감소한다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 디지털/아날로그 변환기에 사용된 비트 수를 증가시켜 시스템 다이내믹 영역이 개선될 수 있다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 양자화 오차로 인한 잡음 변화없이 아날로그/디지털 변환기에 사용된 비트수를 감소시켜 시스템 비용을 감소시킬 수 있다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 시스템의 정상 동작 모드를 중단시키지 않고도, 충돌 예측 레이더 감지기는 자동차와 승객을 연속으로 보호할 수 있다.

본 발명의 또다른 장점은 유입 데이터를 이미 존재하는 데이터와 최적 조합시킴으로써, 누설제거처리는 최적의 목표물 신호 검출도를 제공하고 전체 시스템 특성을 개선시킨다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 온도, 기후, 그리고 레이더 상의 진흙 파편 등과 같은 환경적 영향에 관련 레이더 시스템은 상대적으로 면역성이 있다는 것이다.

본 발명의 또다른 장점은 목표물이 존재하는 상황에서도 본 시스템은 누설 데이터를 수집할 수 있다는 것이다.

누설신호의 디지털 저장은 누설신호의 특성 변화를 야기할 수 있는 데이터 장비(hardware) 환경에서의 변화에 자체적응할 수 있는 고도의 가요성과 조율성 능력을 갖춘 시스템을 제공한다. 더욱이, 누설을 연속적으로 변화시킬 수 있는 능력과, 시스템의 정상처리를 중단시킴이 없이 누설신호를 재처리할 수 있는 능력은 자동차 충돌 예측에 필요한 매우 튼튼하고 신뢰성 있는 시스템을 제공한다.

본 발명의 상기와 같은 내용과 그 밖의 목적, 특성, 및 장점은 다음의 첨부된 도면을 참고해서 바람직한 실시예의 자세한 설명과 첨부된 청구항들의 설명을 읽은 뒤에 보다 더 명확히 이해될 것이다. 본 설명은 본 발명을 자동차 충돌 예측에 적용할 수 있음을 보여줄지라도, 이 분야의 통상적인 기술을 가진 사람이라면 본 발명이 CW모드로 동작하는 다중 빔 구경의 다른 레이더 응용 예들에도 적용될 수 있음을 이해할 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 블록 다이어그램.

도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 신호처리 블록 다이어그램.

도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 신호처리 블록 다이어그램.

도 4는 누설신호의 시간영역 특성을 나타내는 도면.

도 5는 시간상에서 칼만 이득행렬(Kalman gain matrix)의 값을 나타내는 도면.

도 6은 누설에 의해 원형이 손상된 레이더 회신 진폭 스캔을 나타내는 도면.

도 7은 본 발명을 통해 누설성분을 제거한 후 레이더 회신 신호를 나타내는 도면.

바람직한 실시예의 상세한 설명

도 1에서, 레이더 시스템(10)은 신호 처리기(30)의 제어하에 주파수를 특별한 순서로 합성하는 직접 디지털 합성기(direct digital synthesizer, DDS)(24)를 포함한다. 직접 디지털 합성기(24)는 발생된 주파수를 $40\text{--}100\ 10^{-9}$ 초 간격 이내로 고속으로 변화시킨다. 직접 디지털 합성기(24)는 이 기술 분야에 통상적인 기술을 가진 사람은 쉽게 이해할 수 있는 바와같이 단일 맞춤 대역 소자(single custom broadband device)로부터 또는 원하는 주파수 대역 전체에 유효한 오프셋 주파수의 콤 필터(comb filter) 네트워크를 가지는 규격품(off-the-shelf) 협대역 합성기로 부터 개발되었다. 중간 주파수(intermediate frequency, IF) 원(26)은 믹서(mixer)(18.3)에 의해 직접 디지털 합성기(24)의 출력에 혼합되고, 믹서(18.3)로부터의 출력은 믹서(18.1)에 의해 대략 47MHz의 주파수를 갖는 RF 송신신호를 만들도록 직접 기준 발진기(direct reference oscillator, DRO)(20) 또는 Gunn 다이오드로 부터의 출력과 혼합됨으로써 상향 변환(up-convert)된다. RF 송신신호는 회전기(16)를 통해서 신호 처리기(30)의 제어하에 안테나 빔 지시기(antenna beam director)(14)로 보내지고, 이 신호 처리기는 자동차(3) 부근의 관심 영역을 비추도록 단일 혹은 다수의 안테나(12.1, 12.2, 12.3) 중 하나 또는 다수에 의해 신호를 송신하도록 한다. 다수의 고정 안테나들(12.1, 12.2, 12.3), 단일 이동식 안테나, 혹은 위상 배치 안테나 어느 것이라도 본 발명의 목적에 벗어나지 않다면 결합될 수 있다.

송신된 신호는 하나 이상의 고정 혹은 이동하는 목표물로부터 반사되어 안테나 시스템(12)에 의해서 수신된다. 수신된 신호는 회전기(16)에 의해 믹서(18.2)로 보내져서 직접 기준 발진기(20)로부터의 출력과 혼합됨으로써 신호를 하향 변환(down-convert)시키고, 하향 변환된 신호는 믹서(18.4)에 의해 직접 디지털 합성기(24)의 출력과 혼합되어 변조된 IF 레이더 신호를 형성하도록 더욱 하향 변환된다.

본 발명의 제 1 실시예는 누설을 완전히 디지털 수단에 의해 조절 및 제거하는 것으로써, 변조된 IF 레이더 신호는 경로(25)를 따라 직각 위상 이동기(quadrature phase shifter)(28)에 의해 위상이 이동되고, 변조된 IF 레이더 신호와 직각 위상 이동된 형태의 신호는 각각의 아날로그/디지털 변환기(analog to digital converter, ADC)(26.1, 26.2)에 의해 표본이 추출되어 변조된 IF 레이더 신호의 진폭(A)과 위상(ϕ)을 포함하는 복소수 측정값을 신호 처리기(30)에 제공한다.

본 발명의 제 2 실시예는 하이브리드 아날로그/디지털 수단을 통해 누설을 보상하고, 신호처리기(30)로부터의 누설신호의 디지털 형태는 디지털/아날로그 변환기(digital to analog converter, DAC)(34)에 의해 아날로그 형태로 변환되고, 변조된 IF 레이더 신호에서 감산된다. 결과신호는 증폭기(38)에 의해 스케일링되고, 증폭기의 이득은 신호처리기(30)의 제어하에 결정된다. 스케일링된 신호는 직각 위상 이동기(28)에 의해 위상이 이동되고, 스케일링된 신호와 직각 위상 이동된 형태의 신호는 각각의 아날로그/디지털 변환기(26.1, 26.2)에 의해 표본화되어, 변조된 IF 레이더 신호의 진폭(A)과 위상(ϕ)을 포함하는 복소수 측정값을 신호처리기(30)에 제공한다.

양 실시예에서, 신호처리기는 레이더 시스템(10)의 관측시야 내 목표물들의 영역과 속도를 감지하여 충돌 발생여부를 예측하고, 만약 충돌 가능성이 있다면, 착석자의 손상을 경감시키기 위해 안전 억제시스템(safety restraint system)(32)의 활성화를 제어하기 위해서 적절한 시간 신호를 보낸다.

도 2는 LFM-CW 자동차 레이더 시스템에서 완전 디지털 방식의 다이내믹 누설조절 및 제거 시스템인 제 1 실시예에 따르는 신호처리 블록 다이어그램을 도시하고, 제 2 믹서(18.4)로부터 하향 변환된 레이더 신호(200)와 위상 이동된 형태의 신호는 각각의 ADC(26.1, 26.2)에 의해 단계(202)에서 정위상(in-phase, I) 신호와 직각위상(quadrature-phase, Q)신호를 형성하도록 변환된다. 단계(204)는, DC 바이어스와 I/Q 불균형을 제거하여, 도 4에서 도시된 것처럼 하향 변환된 레이더 신호(200)에 해당하는 I와 Q 파형을 제공한다.

하향 변환된 레이더 신호는 수신된 레이더 회신 신호와 누설신호의 합을 포함한다. 수신된 레이더 회신

신호는 움직이는 목표물에 의해 도플러(Doppler)이동된다. 그러나 정지 목표물로부터의 레이더 회신에 관하여, 누설신호는 송신 주파수와 동일한 일정 주파수를 가지나, 일반적으로 레이더 회신 신호보다 훨씬 강한 크기를 갖는다.

다중 빔 레이더 시스템의 각 빔 위치에 대해 전처리된 누설신호들은 각 빔 위치에 대해 개별 누설신호를 관련된 I와 Q 파형 형태의 프로그램 코드로 EPROM안에 초기에 저장된다. 누설신호는 직접 디지털 합성에 의해 코히어런스(coherency) 되기 때문에 관련 레이더 반송자 및 처프신호(Chirp signal)와 본질적으로 동기화된다. 신호 처리기(30)는 단계(206)에서 누설신호의 복소수 I/Q 파형을 유입 정위상과 직각 표본화된 복소수 I/Q 레이더 신호로부터 감산하고, 단계(208)의 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)과 단계(210)의 상시 오인 경보율(constant false alarm rate, CFAR) 검출처리로 구성된 전통적인 LFM 파형처리를 수행한다. CFAR 검출처리는 이 기술분야의 통상적인 기술로 알려져 있다. 예를 들어, 참고문헌-Hermann Rhohling, "Radar CFAR Thresholding in Clutter and Multiple Target Situations," IEEE Transactions on Aerospace and Electronic systems, Vol. AES-19, No. 4, July 1983-에 포함되어 있다. CFAR 검출기는 다음 내용을 포함한 목표물 보고 목록을 출력한다.

1. 영역 셀 위치
2. 관련된 다중 빔 시스템의 활성 빔의 빔 수
3. 신호의 진폭
4. 배경의 진폭.

누설신호는 누설신호의 가능 영역 셀 위치를 인지하도록 미리 정해진 누설 진단기를 통해서 단계(214)에서 진단된다. 이것은 특수 레이더 장비 구성인 경우 누설위치는 1-2영역 셀 이내로, 대략 일정하다는 사실을 기본으로 한다. 진단기는 누설신호의 진폭과 형식 모두를 분석한다. 실제로, FFT이후 영역안에서 누설신호의 진폭은 대략 5dB의 임계값과 비교되고, 임계값보다 더 큰 값은 부정확한 누설신호를 나타낸다. 예를 들어 누설신호의 형식은 FFT 진폭상에서 제 3 차수 성분(moments)들을 사용해서 진단된다. 사용되는 누설신호가 부정확하다면, 누설의 진폭은 증가되고, 신호는 주파수에서 드리프트가 발생할 수 있어서 신호가 영역내에서 이동되어 단일 최대치가 아닌 서로 근접한 두개의 이격된 최대치가 나타난다.

결과 누설 보고가 허용한도이내라면, 시스템은 계속 정상동작되고 아무것도 행해지지 않는다. 누설보고가 허용한도를 벗어나면, 누설 허용한도 플래그(leakage tolerance flag)가 지정된다. 이 플래그가 다음 N 회에 N중 m 회로 지정되면, 레이더는 특정 빔을 사용하고 단계(216)에서 시스템은 새로운 빔 조절을 시작하도록 플래그가 설정된다. 통상적으로 N 중 m의 값은 4 중 3으로 선택된다. 가변적으로, 조절은 매 100 스캔마다 자동적으로 재설정될 수 있다. 시스템은 가장 최근의 유효한 누설신호를 사용해서 유입 레이더 신호를 처리한다.

시스템이 새로운 조절이 시작되도록 플래그가 설정되는 경우에, 특정 빔에 대한 레이더의 다음 경로 상에서, I/Q 레이더의 원래 데이터는 연속 정상 체인을 통해서 뿐만 아니라 누설조절 처리(250)로 보내진다. 단계(252)에서, 진행가산 필터(running sum filter)는 계단형 LFM 레이더 신호의 연속 주파수에서 각 계단마다 동작중 가산을 함으로써 가능한 열 가우시안 잡음을 평균한다. 안테나가 특정 빔 위치를 회신받을 때 M회 동안 각 빔 위치에서 이 가산처리는 계속되고, 실제로, 25에서 100 사이의 M값은 우수한 잡음 제거를 제공한다. 진행가산은 결과 누설신호의 위상을 유지하기 위해서 복소수 데이터의 I와 Q채널 상에서 독립적으로 수행된다. 이 진행 가산은 연속 파형 사이클의 M-복수개 이상으로 반복 LFM 파형 커널(처프)의 각 시간 표본에서 수행된다. 실제로, 유입파형의 시간 표본 1에 대하여, 그 값의 25-100 인스턴스(instance)가 함께 가산된다. 그 후 이 처리단계는 각 LFM 데이터 수집 간격 동안 유입데이터 순서에 해당하는 평균화된 파형을 만든다.

그 후 평균화된 파형은 단계(254, 256, 및 258)에서 주지된 목표물들을 제거하도록 필터링되는 데 반해, 시스템 내 여러 믹서들의 제한된 이미지 거부능력 때문에 존재할 수 있는 주요한 누설신호와 누설신호의 이미지들을 보존한다. 이것은 가능하다. 상기 필터링기능은 다음의 단계를 통해 수행된다. 먼저, 단계(254)에서는 우선 FFT를 사용해서 평균화된 파형을 영역공간(range space)으로 변환하고, 단계(256)에서는 노치필터(notch filter)로 관련 목표물들을 제거하고, 단계(258)에서는 역 FFT를 사용해서 필터링된 신호를 다시 시간영역으로 변환한다. 단계(256)에서 노치필터는 평균화된 파형으로부터 제거하기 위해서 CFAR 검출단계(210)로부터의 보고목록을 이용하여 목표물을 식별한다. 변형적으로, 이 필터링처리는 시간영역에서 수행될 수 있다.

일반적으로 목표물은 영역내에서 누설보다 멀리있기 때문에 목표물은 누설신호보다 LFM 파형에서 더 고주파수 신호로 나타난다. 만약 목표물이 상기한 바와 같이 평균화된 파형으로부터 제거되지 않는 경우, 만약 시스템이 고정된 상태에서 레이더 관측시야에 다른 물체가 있다면, 그때 이들 물체들은 결과적으로 원형이 손상된 누설신호에 포함되게 되므로 시스템에 의해 누설에 따라 조절되게 될 것이다. 그러나, 시스템이 다시 작동을 시작하면, 원형이 손상된 누설신호를 사용하는 조절은 이후 모든 스캔동안 동일 위치에 오인 목표물이 출현한 것으로 만들 것이다. 원형이 손상된 누설신호가 감산될 때, 감산처리는 그 내부에 신호 성분들이 없는 존재하지 않는 경우 신호성분들을 유입파형에 효과적으로 덧붙인다.

필터링된 신호는 누설 감산 논리 단계(206)에서 용이한 스케일링을 제공하도록, 단계(260)에서 단일진폭으로 구성되게 스케일링되고 저장된 누설신호는 감산전 유입 I/Q 신호의 최대값과 정합되도록 스케일링된다.

단계(252)에서 평균 파형의 조절과 더불어, I와 Q채널의 변동 파형은 진단 측정값으로 사용하기 위해서 계산되어 누설신호의 품질을 확인한다. I와 Q채널의 변동 파형은 단계(264)에서 단계(260)로부터의 계산된 누설신호로서 저장하기 전에 단계(262)에서 검사되어, 시스템에 레이더 프론트-엔드(front-end) 장비 문제가 발생할 때, 매우 열악한 품질의 누설 기준 신호가 발생되는 것을 방지한다. 실제로 변동 파형의 어느 점의 변동이 인접점 보다 5배이상 파형의 변동이 있어 그 변동검사가 실패한다면, 단계(260)에서 계

산된 누설 신호는 무효화되고 누설 조절 처리(250)가 반복된다. 두 번째 시도 후에도 변동신호가 여전히 허용한도를 벗어나는 경우, 진단 플래그가 지정되어 시스템은 예를 들어, 레이더 시스템이 내부 누설을 측정만 하도록 MBA를 비방사모드(non-radiative mode)로 전환하여 자체검사모드에 들어간다. 단계(262)에서 누설신호의 변동이 허용한도 이내라면, 계산된 누설신호는 유입 레이더 신호로부터 누설을 제거할 때 연속적인 사용을 위한 누설 기준 신호로 단계(264)에서 저장된다.

도 3은 LFM-CW 자동차 레이더 시스템 내 하이브리드 아날로그/디지털 다이내믹 누설 조절과 제거 시스템의 제 2 실시예에 따른 신호처리 블록 다이어그램을 도시하며, 단계(364)로부터 저장된 디지털 누설신호가 단계(366)에서 DAC(34)를 통해 아날로그 형태로 변환된다. 시스템은 EPROM 내에 프로그램 코드 형식으로 저장되어 있는 예비 계산된 누설신호를 가지고 정상동작을 시작하며, 여기서 개별누설신호는 각 빔 위치와 결합되어 저장된다. 단계(366)로부터의 저장된 누설신호는 단계(301)에서 하향 변환된 레이더 신호(300)로부터 감산되어 그 결과 신호는 단계(303)에서 가변 이득 증폭기에 의해 스케일된다. 여기서 이득은 이하에 기술 될 신호 처리기(30)에 의해 제어된다. 스케일된 신호와 직각위상 이동된 형태의 신호는 단계(302) 및 단계(304)에서 표본화되어 관련된 디지털, 복소수 I/Q 신호로 변환된다. 신호 처리기(30)는 단계(308)의 FFT, 단계(310)의 CFAR 검출처리, 및 검출을 보고하는 각 영역 셀에 대한 N 세트의 완전한 LFM 파형을 통하는 단계(314)의 도플러 처리로 구성되어 전형적인 LFM 파형처리를 수행한다. CFAR 검출기는 다음 성분을 포함하는 가능한 목표물 보고목록(312)을 출력한다.

1. 영역 셀 위치
2. 빔 수
3. 신호의 진폭
4. 배경의 진폭
5. 목표물의 도플러(속도)

단계(316)에서는 실제로 N의 값이 약 100인 경우, 유입 레이더 데이터의 매 N번째 스캔마다 누설조절처리(350)는 정상 레이더 신호처리에 덧붙여 누설신호의 추적 및 갱신 작업을 수행한다. 단계(352)에서, 특정 빔 위치에서의 완전한 레이더 위치(dwell)를 포함하는 M 처프는 열 가우시안 잡음을 감소시키기 위해 평균화된다. 정상 레이더 처리에서 충분한 잡음 감소, 도플러 감도와 정확도를 위해 각 빔 위치에서 M은 예를 들어 8에서 16 처프 사이이다. 통상 64~128 점들의 유입 처프 길이와 동일한 길이를 갖는 누설신호 파형을 만들기 위해, 평균은 누설신호의 위상을 유지하기 위해서 복소수 데이터의 I와 Q채널 상에서 독립적으로 계산된다. 평균은 평균파형을 만들도록 서로 평균화된 각 파형과의 각각의 점들을 각각의 처프 파형들을 통해서 계산한다.

상기 평균 처리에 추가로, I와 Q 채널들의 관련 변동 파형들이 역시 계산되며, 그로부터 시스템은 단계(354)에서 칼만 필터 단계에서 사용되는 I와 Q 채널들에 대한 관련 저장된 변동들과 측정된 변동들을 비교하여 누설신호의 품질을 인증하도록 진단을 이행한다. 이 변동검사는 예를 들어 레이더 시스템 내 프론트-엔드 장비문제의 결과로 저 품질 누설 기준 신호들의 발생을 방지한다. 부적합한 변동은 시스템에 계산된 누설 기준 신호를 무시하고 다른것을 계산하도록 한다. 두 번째 시도후에도 변동신호가 여전히 허용한도를 벗어날 경우, 진단플래그가 지정되고 시스템은 자체검사 모드에 들어간다.

평균화된 I/Q 파형은 도 4에 도시된 것과 같이 정현파(sinewave)의 형태를 갖는다. 누설신호의 드리프트가 시간 상에서 관련된 파형의 작은 요동을 일으키는 경향이 있다. 본 발명은 독립적으로 이 파형의 각 점을 처리하고 새로운 유입 데이터를 사용해서 각 점을 시간 상에서 칼만 필터를 시간에 대해 파형의 각 점 상에서 동작시켜 단계(358)에서 관련 칼만 이득행렬을 갱신시킨 후에 단계(356)에서 존재하는 데이터에 정확성을 제공한다. 상기 필터의 형태는 당업자들에게 잘 알려져있다.

$$est_leak(i) = pred_old_leak(i) + Gain * (signal(i) - pred_old_leak(i)) \quad - (1)$$

$$pred_old_leak(i) = S * est_leak(i-1) \quad - (2)$$

여기서, est_leak 는 평가된 새로운 누설값, $signal$ 은 새로운 유입신호 데이터, $pred_old_leak$ 는 새로운 시점 i 에서 누설 존재여부를 그 필터로부터 예측한 값이다. 상태변화행렬(S)는

$$S = \begin{pmatrix} 1 & \Delta T \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad - (3)$$

여기서 ΔT 는 갱신 시간 간격이다.

$est_leak(i)$ 는 두 성분 벡터이다. 그것의 첫번째 성분은 신호의 정위상에 공현하고 두번째 성분은 신호의 직각위상에 공현한다. 이러한 형태는 정위상은 $\cos(t)$ 에 비례하고, 직각위상부분은 단순히 시간 미분(또는, 본 응용에서는 속도)인 $\sin(t)$ 에 비례한다는 사실을 이용한다.

이득행렬(Gain matrix)은 2×2 행렬로 다음과 같이 정의된다.

$$Gain = P_{pred} * M^T * (M * P_{pred} * M^T + N_M)^{-1} \quad - (4)$$

$$P_{pred} = S * P_{est} * S^T + N_S \quad - (5)$$

여기서,

$$P_{est} = (I = Gain * M) P_{pred} \quad - (6)$$

여기서, P_{pred} 는 예측된 누설값의 협변동(covariance)이고, P_{est} 는 평가된 누설에 대한 협변동 행렬이다. 그리고 M 은 이 적용에서 I 와 같은 항등 행렬(identity matrix)인 측정 행렬이다.

행렬 N_M 과 N_S 는 각각 측정 잡음행렬과 시스템 잡음행렬로 다음과 같다.

$$N_M = \begin{pmatrix} \sigma_I^2 & 0 \\ 0 & \sigma_Q^2 \end{pmatrix} \quad - (7)$$

$$N_S = \begin{pmatrix} \sigma_{11}^2 & \sigma_{12}^2 \\ \sigma_{21}^2 & \sigma_{22}^2 \end{pmatrix} \quad - (8)$$

시스템 잡음행렬은 시스템이 시간을 통해 드리프트하도록 구동하는 무작위 가속도(구적미분)를 모델링한다. 변동 σ_I^2 과 σ_Q^2 은 시스템이 전개되고, 단계(354)에서 성능을 보장하기 위해 유입 데이터의 변동들을 비교할 때 평가된 I 와 Q 채널의 변동이다. 시스템 잡음행렬 변동의 제 2 세트는 전개동안 시스템 드리프트 특성을 모델링하여 결정된다. 실제로, 수 시간간격으로 데이터를 표본화함으로써, 변동의 지수 1과 2는 각각 I 와 Q 에 해당한다. 시스템 잡음행렬의 성분들은 시스템을 동조하기 위해 조절될 수 있다. 시스템은 이들 행렬과 P_{est} 에 대해 평가를 시작하여 처리를 초기화한다. P_{est} 는 소정 이득 행렬특성이 이루어질 것에 기초로된 시스템 전개동안 평가된다. 이득 행렬은 시간상에서 각 항의 전개를 나타낸 도 5에 도시된 것처럼 각 반복으로 변경된다.

충돌예측응용에 대한 전체 성능에 영향을 미치지 않는 시스템의 한 가지 특수성은 시스템이 정지상태에 있고 레이다 관측시야에 다른 물체가 있다면, 그때 시스템은 과도 조절이 될것이라는 점이다. 시스템이 다시 움직이기 시작할 때, 조절신호는 모든 후속 스캔동안 동일위치에 오인 목표물 출현을 만든다. 이것은 누설신호가 감산될 때, 해당신호가 존재하지 않는다면 감산처리는 신호를 유입파형에 효과적으로 가산하기 때문이다. 정지상태의 목표물들(호스트 차량에 대해)은 충돌할 수 없어 위협의 대상이 아니기 때문에 충돌예측에 문제를 일으키지 않는다. 이런 오인 목표물들 역시 다음 스캔세트가 통과하고 누설조절 처리(350)가 다시 실행된 후 실제적으로 조절된다.

단계(356)에서 새롭게 갱신된 누설신호는 단계(364)에서 처리기 메모리에 저장되어 이후에 자동차 레이다 시스템과 함께 공장에서부터 전해진 누설신호가 존재하는 EPROM을 대신해서 사용된다. 그러나, EPROM은 덮어쓰기가 되지는 않지만 대신에 조절이 공장 프로그램된 조절로부터 너무 멀리 벗어나는 것을 막는데 사용가능하다.

시스템 다이내믹 영역은 단계(364)에서 저장된 디지털 누설신호를 단계(366)에서 DAC를 이용해 아날로그 신호로 변환시켜 손실이 효과적으로 개선되고, 누설은 단계(301)에서 하향 변환된 레이다 신호(300)로부터 감산된다. 결과적으로 신호 차이는 단계(303)에서 ADC의 이용가능한 다이내믹 영역을 이용해서 가변 이득 증폭기(38)에 의해서 증폭된다. 이것은 양자화 오차로 기인된 잡음을 감소시키고 양자화 잡음이 시스템 잡음 바닥 이하로 떨어지는 조건에 의해 제한되므로 시스템 다이내믹 영역이 증가된다. 시스템 다이내믹 영역 증가는 시스템이 더 작은 목표물도 감지할 수 있음을 의미한다.

관련된 신호 대 양자화된 잡음의 비율로 표현되는 ADC의 다이내믹 영역은 ADC내 관련된 비트 수에 의해 결정된다.

$$SQNR_{ADC} = 20 * \log\left(\frac{P_x}{P_Q}\right) = 20 * \log\left(\frac{3}{2} * 2^{2*(b+1)}\right) \quad - (9)$$

여기서;

$$P_x = \frac{A^2}{2} \quad - (10)$$

$$P_Q = \frac{\left(\frac{A^2}{3}\right)}{2^{b+1}} \quad - (11)$$

P_x =최대신호의 전력

P_Q =양자화 단계의 전력

A =최대 신호의 진폭

b=비트 수

레이다 회신은 누설신호와 목표물 신호의 두가지 신호성분으로 구성된다. 혼합신호 $P_C = P_{Leakage} + P_{Target}$ 이다. P_C 는 ADC의 과잉(overflow)을 피하기 위해서 P_X 이하로 지정되어야 한다. 만약 P_C 가 P_X 와 동일하게 지정된다면, 목표물 검출용으로 이용가능한 SQNR은 누설 대 목표물 비율(Leakage-to-Target Ratio, LTR)에 의해 감소되고, 그것은 $10 \cdot \log(P_{Leakage}/P_{Target})$ 와 동일하며 통상적인 실례로, 40~80dB이다.

누설신호를 다시 아날로그 형태로 변환하는 것은 목표물 검출에 이용 가능한 시스템 다이내믹 영역을 증가시킬 수 있다. 누설조절 신호의 디지털 형태인 누설 템플릿 전력(leakage template power) P_{LT} 는 누설의 전력 P_L 에서 DAC의 양자화 오차를 뺀 것과 동일하다.

$$QN_{DAC} = \frac{\frac{A_{Leakage}^2}{3}}{2^{(m+1)}} \quad -(12)$$

$$P_{LT} = P_L - QN_{DAC} \quad -(13)$$

m은 DAC의 비트 수이다.

레이다 복합 신호로부터 누설 템플릿을 감산하는 것은 다음이다.

$$P_{Diff} = P_C - P_{LT} = P_{Target} + QN_{DAC} \quad -(14)$$

상기 차이 신호는 이득 G에 의해 증폭되고, 증폭된 결과 신호는 다음이다.

$$P_{Gain} = G * (P_{Target} + QN_{DAC}) \quad -(15)$$

G는 P_{Gain} 이 ADC의 P_X 와 동일하도록 지정된다.

$P_{Leakage}$ 가 감산되었음에도 불구하고, 누설 신호 값은 여전히 알려져 있으므로, 시스템 SQNR은 다음과 같다.

$$SQNR_{system} = \frac{(P_{Leak} * G + P_X)}{P_Q} = G * \frac{3}{2} * 2^{2*(b+1)} \quad -(16)$$

만약 QN_{DAC} 가 P_{Target} 보다 크다면, G는 $1/QN_{DAC}$ 와 등가가 되고

$$SQNR_{system} = 10 * \log\left(\frac{3}{2} * 2^{2*(b+m+1)}\right) \quad -(17)$$

상기 내용은 하이브리드 실시예의 ADC와 DAC의 비트 합(즉, b+m)과 이에 상응하는 디지털 실시예의 ADC의 비트 수(즉, b)가 동일하다면, 순수 디지털 실시예의 상대적으로 고가의 단일 고해상도를 갖는 ADC로 달성될 수 있는 것과 동일한 시스템 신호 대 잡음 비가 하이브리드 실시예에서는 상대적으로 저가의 저해상도 ADC와 DAC의 조합으로 달성될 수 있다.

본 발명의 두 실시예에서, 누설 조절 시스템은 누설신호 특성의 장기간 변화를 추적하도록 설계된다. 실례로, 시스템이 허용한도를 벗어날 만큼의 드리프트가 온도변화에 의해 발생한다면, 레이더 장치가 허용한도를 열적으로 확인할 목적으로 충분히 가열하는 데는 수 시간이 걸릴 수 있다. 그러나, 많은 양의 진폭이 레이더에 튀겨서 레이더의 특성에 영향을 준다면 시스템은 역시 빠르게 반응할 수 있다. LFM 파형의 원형에 손상을 줄 수 있는 비정상적 전력급증과 같은 단기간 효과는 누설계산에 영향을 주지 못한다. 단기간 효과가 누설계산에 영향 주지 못하는 이유는 다음과 같다. 단기간 효과는 지속시간이 짧거나, 지속시간이 길다고 하더라도 누설 기준 신호 계산시 변동검사에 의해 플래그될 수 있고, 즉각적인 서비스 주의를 필요로 하는 잠재적인 시스템 실패에 대한 레이더의 테스크를 처리하는 제어를 플래그할 것이기 때문이다.

본 발명의 동작실시예로서, 도 6은 보상되지 않은 원래 누설신호가 목표물 스펙트럼을 주도하는 것을 도시한다. 심지어 중간크기의 목표물이라 하더라도 배경에 비해 목표물들의 진폭이 상당히 감소되기 때문에 검출하기가 더 어렵다. 더 작은 목표물들은 누설신호의 배경에 의해 완전히 차단된다. 도 7을 참고하면, 배경 클러터(clutter) 및 잡음에 비해 목표물들이 더 용이하게 검출되도록 하는 다이내믹 누설 조절 처리에 의해 크게 감소되는 반응을 도시한 것이다.

실시예가 자세히 설명된다면, 당업자들은 게시된 모든 설명에 비추어 다양한 수정 및 변형이 개발될 수 있음을 이해할 것이다. 세부설명을 통해 다양한 변형과 대안이 개발될 수 있다고 판단할 수 있다. 따라서, 기술된 특정 배열들은 예시적으로만 의도된 것이지만 본 발명의 범위를 제한하지는 않는 것으로 본 발명의 범위는 첨부된 청구항 및 그와 등가의 모든 것들의 전범위가 해당될 것이다.

(57) 청구의 범위**청구항 1**

연속파 레이더 시스템의 누설 제거 방법에 있어서,

- a. 각각의 성분이 반복적 연속 주파수를 포함하는 관련 파형으로 구성되는, 하향 변환된 레이더 회신 신호(down-converted radar return signal)의 정위상(in-phase)과 직각위상(quadrature-phase) 성분을 표본화하는 단계;
 - b. 결과 신호를 형성하기 위해서 저장된 누설 신호의 정위상과 직각위상 성분들을 감산하는 단계;
 - c. 상기 결과 신호로부터의 최소 하나의 제 1 측정값을 해당하는 최소 하나의 제 1 임계값과 비교하는 단계; 및
 - d. 최소 하나의 상기 제 1 측정값이 레이더 회신 신호의 N 연속 표본 중 m에 해당하는 최소 하나의 상기 임계값을 초과하는 경우에,
 - i) 평균화된 정위상 파형을 발생시키기 위해 연속적 반복순서를 통한 상기 반복 순서의 각각의 성분들을 평균화함으로써 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호의 연속적 정위상 파형의 진행 평균을 계산하는 단계;
 - ii) 평균화된 누설 신호를 구성하는 관련 평균화된 직각위상 파형, 상기 정위상 파형과 상기 직각위상 파형을 발생시키기 위해 연속적 반복순서들을 통한 반복순서의 각각의 성분들을 평균화함으로써 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호의 연속적 상기 직각위상 파형들의 진행 평균을 계산하는 단계;
 - iii) 상기 평균화된 누설신호와 관련된 최소 하나의 변동 파형을 계산하는 단계;
 - iv) 상기 최소 하나의 변동 파형의 최소 하나의 제 2 측정값을 해당하는 최소 하나의 제 2 임계값과 비교하는 단계; 및
 - v) 상기 최소 하나의 변동 파형의 최소 하나의 제 2 측정값이 상기 해당하는 최소 하나의 제 2 임계값보다 작다면 상기 평균화된 누설 신호를 저장된 누설 신호로 저장하는 단계
- 를 포함하는 누설 조절(leakage calibration)을 수행하는 단계
- 를 포함하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 저장된 누설 신호가 예비 계산된 값으로 초기에 지정되는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호의 크기에 대응하는 상기 저장된 누설 신호를 스케일링하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 저장된 누설 신호가 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호와 동일한 최대치를 가지도록 스케일링되는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 최소 하나의 제 1 측정값이 상기 결과 신호의 누설성분의 최대 크기를 포함하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 제 1 측정값이 상기 결과 신호의 상기 누설성분에 해당하는 선정 주파수 범위 내에서 테스트되는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 최소 하나의 제 1 측정값이 상기 결과 신호의 누설성분의 형태를 포함하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 최소 하나의 제 1 임계값이 상기 결과 신호의 누설성분에서 근접 간격의 최대치들의 수를 포함하는 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서, 상기 최소 하나의 제 1 측정값이 상기 결과 신호의 상기 누설성분의 영역 도메인 내 제 3차 모멘트를 포함하는 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 상기 평균화된 누설 신호를 저장하기에 앞서 상기 평균화된 누설 신호를 스케일링하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서, 상기 연속파 레이더 시스템은 계단형 선형 주파수 변조된 경우에, 상기 레이더 회신 신호에 의해 표현되는 영(zero) 또는 그 이상의 목표물들에 대한 영역을 측정할 목적으로 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호를 처리하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서, 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호를 처리하는 단계가 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transformation, FFT)과 상시 오인 경고율(Constant False Alarm Rate, CFAR) 검출 처리 단계들을 포함하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 상시 오인 경고율 검출 처리 단계가 영역 셀 위치, 레이더 빔수, 상기 레이더 회신 신호의 진폭과 상기 레이더 회신 신호의 배경 진폭으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 최소 하나의 측정값을 제공하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 평균화된 누설 신호로부터 상기 상시 오인 경고율 검출 처리 단계에 의해 검출된 목표물들을 제거하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 목표물 제거단계가 주파수 도메인 신호를 형성하기 위해서 상기 평균화된 누설 신호를 고속 푸리에 변환하는 단계, 노치(notch) 필터링된 신호를 형성하기 위해서 상기 상시 오인 경고율 검출 처리 단계에 의해 검출된 상기 목표물에 해당하는 주파수 도메인 신호를 노치 필터링하는 단계 및 상기 평균화된 누설신호의 대체물을 형성하기 위해서 상기 노치 필터링된 신호를 역 고속 푸리에 변환하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서, 상기 누설 조절 수행 단계가 상기 상시 오인 경고율 검출 처리 단계에서 목표물이 검출되지 않을 때 수행되는 방법.

청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 연속파 레이더 시스템이 다중 빔 배열을 포함하고, 상기 저장된 누설 신호가 상기 다중 빔 배열의 각 빔 위치에 대해 분별되며, 그리고 상기 누설 조절 수행 단계가 상기 다중 빔 배열의 각 빔 위치에 대해 개별적으로 수행되는 방법.

청구항 18

연속파 레이더 시스템의 누설 제거 방법에 있어서,

- a. 결과 신호를 형성하기 위해서 주파수의 반복순서를 포함하는 하향 변환된 레이더 회신 신호로부터 저장된 누설 신호를 감산하는 단계; 및
- b. 상기 주파수의 반복순서의 매 N번째 발생마다 누설 조절을 수행하는 단계로써, 상기 누설 조절은,
 - i) 관련 평균화된 누설 신호를 발생시키기 위해서 연속적 반복순서를 통해 상기 반복순서의 각각의 성분을 평균화함으로써 연속적 결과 신호의 평균을 계산하는 단계;
 - ii) 상기 평균화된 누설 신호와 최소 하나의 관련된 변동 파형을 계산하는 단계;
 - iii) 상기 최소 하나의 변동 파형의 최소 하나의 측정값을 해당 최소 하나의 임계값과 비교하는 단계;
 - iv) 상기 최소 하나의 변동 파형의 상기 최소 하나의 측정값이 상기 해당 최소 하나의 임계값 이하인 경우, 갱신된 누설 신호를 형성하기 위해 칼만 필터(Kalman Filter)를 통해서 상기 평균화된 누설 신호를 상기 저장된 누설 신호와 결합하는 단계; 및
 - v) 상기 갱신된 누설 신호를 상기 저장된 누설 신호로 저장하는 단계

를 포함하는 누설 조절을 수행하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 칼만 필터가 레이더 시스템의 잡음통계에 반응하는 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서, 상기 칼만 필터가 레이더 시스템의 누설 안정성에 반응하는 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서, 상기 칼만 필터가 레이더 시스템의 안정성에 반응하는 방법.

청구항 22

제 18 항에 있어서, 상기 칼만 필터의 최소 하나의 이득 행렬을 갱신하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 23

연속파 레이더 시스템의 누설 제거 방법에 있어서,

- a. 아날로그 누설 신호를 형성하기 위해서 저장된 누설 신호를 디지털 형태에서 아날로그 형태로 변환하는 단계;
- b. 결과 신호를 형성하기 위해서 하향 변환된 레이더 회신 신호로부터 상기 아날로그 누설 신호를 감산하는 단계;
- c. 각각의 성분이 주파수의 반복순서를 포함하는 관련 파형을 포함하는, 상기 결과 신호의 정위상과 직각 위상 성분을 표본 추출하는 단계; 및
- d. 주파수의 상기 반복순서의 매 N 번째 발생마다 누설 조절을 수행하는 단계로써, 상기 누설 조절은,
 - i) 관련 평균화된 정위상 파형을 발생시키기 위해서 연속적 반복순서들을 통한 반복순서의 각각의 요소를 평균화함으로써 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호의 연속적 상기 정위상 파형의 평균을 계산하는 단계;
 - ii) 평균화된 누설 신호를 구성하는 상기 정위상 파형, 관련 평균화된 직각위상 파형을 발생시키기 위해서 연속적 반복순서를 통한 상기 반복순서의 각각의 성분을 평균화함으로써 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호의 연속적 상기 직각위상 파형의 평균을 계산하는 단계;
 - iii) 관련 상기 평균화된 누설 신호와 관련된 최소 하나의 변동 파형을 계산하는 단계;
 - iv) 해당 최소 하나의 임계값과 상기 최소 하나의 변동 파형의 최소 하나의 측정값을 비교하는 단계;
 - v) 상기 최소 하나의 변동 파형의 상기 최소 하나의 측정값이 상기 해당 최소 하나의 임계값 이하인 경우, 상기 저장된 누설 신호를 상기 평균화된 누설 신호로부터의 신호로 대체하는 단계를 포함하는 누설 조절을 수행하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서, 상기 결과 신호를 스케일링하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서, 상기 결과 신호의 정위상과 직각위상 성분을 표본 추출하는 단계가 최소 하나의 아날로그/디지털 변환기를 사용해서 상기 결과 신호를 아날로그에서 디지털 형태로 변환하는 단계를 포함하고, 상기 결과 신호를 스케일링하는 단계가 최소 하나의 상기 아날로그/디지털 변환기의 다이내믹 영역에 반응하는 방법.

청구항 26

제 23 항에 있어서, 상기 연속파 레이더 시스템이 계단형 선형 주파수 변조되는 경우, 상기 레이더 회신 신호에 의해 표현되는 영 또는 그 이상의 목표물들의 영역을 측정하기 위해서 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호를 처리하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 27

제 26 항에 있어서, 상기 하향 변환된 레이더 회신 신호를 처리하는 단계가 고속 푸리에 변환과 상시 오인 경고율 검출 처리 단계를 포함하고, 상기 상시 오인 경고율 검출 처리 단계가 영역 셀 위치, 레이더 빔 수, 레이더 회신 신호의 진폭 및 레이더 회신 신호의 배경진폭으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 최소 하나의 측정값을 제공하는 방법.

청구항 28

제 23 항에 있어서, N이 10과 1000 사이 값이 되는 방법.

청구항 29

제 23 항에 있어서, 상기 평균이 5 내지 50개의 표본들을 기초로 하는 방법.

청구항 30

제 23 항에 있어서, 상기 연속파 레이더 시스템이 다중 빔 배열을 포함하고, 상기 저장된 누설 신호가 상기 다중 빔 배열의 각각의 빔 위치에 대해 분별되고, 누설 조절을 수행하는 상기 단계가 상기 다중 빔 배열의 각각의 빔 위치에 대해 개별적으로 수행되는 방법.

청구항 31

연속파 레이더 시스템의 누설 제거를 위한 시스템에 있어서,

- a. 입력이 연속파 레이더 시스템 내 하향 변환된 레이더 신호와 작동되게 결합되는 차동 증폭기;
- b. 신호 처리기;
- c. 누설 신호를 저장하기 위해서 상기 신호 처리기에 작동되게 연결된 메모리;
- d. 상기 신호 처리기에 작동되게 연결된 디지털/아날로그 변환기;

e. 입력이 상기 차동 증폭기의 출력에 작동되게 결합되고, 이득 제어가 상기 신호 처리기에 작동되게 결합되는 이득 제어 증폭기;

f. 입력이 상기 이득 제어 증폭기의 출력에 작동되게 결합되고, 출력이 상기 신호 처리기에 작동되게 결합되어, 상기 신호 처리기에 정위상 신호를 제공하는 제 1 아날로그/디지털 변환기;

g. 입력이 상기 이득 제어 증폭기의 출력에 작동되게 결합되는 직각위상 이동기;

h. 입력이 상기 직각위상 이동기의 출력에 작동되게 결합되고, 출력이 상기 신호 처리기에 작동되게 결합되어, 상기 신호 처리기에 직각위상 신호를 제공하는 제 2 아날로그/디지털 변환기로서, 상기 신호 처리기가 상기 정위상 신호와 상기 직각위상 신호로부터 누설 조절 신호를 계산하여 상기 디지털/아날로그 변환기에 상기 누설 조절 신호를 출력하고, 상기 차동 증폭기는 상기 하향 변환된 레이더 신호로부터 상기 디지털/아날로그 변환기 출력의 신호를 감산하는 제 2 아날로그/디지털 변환기

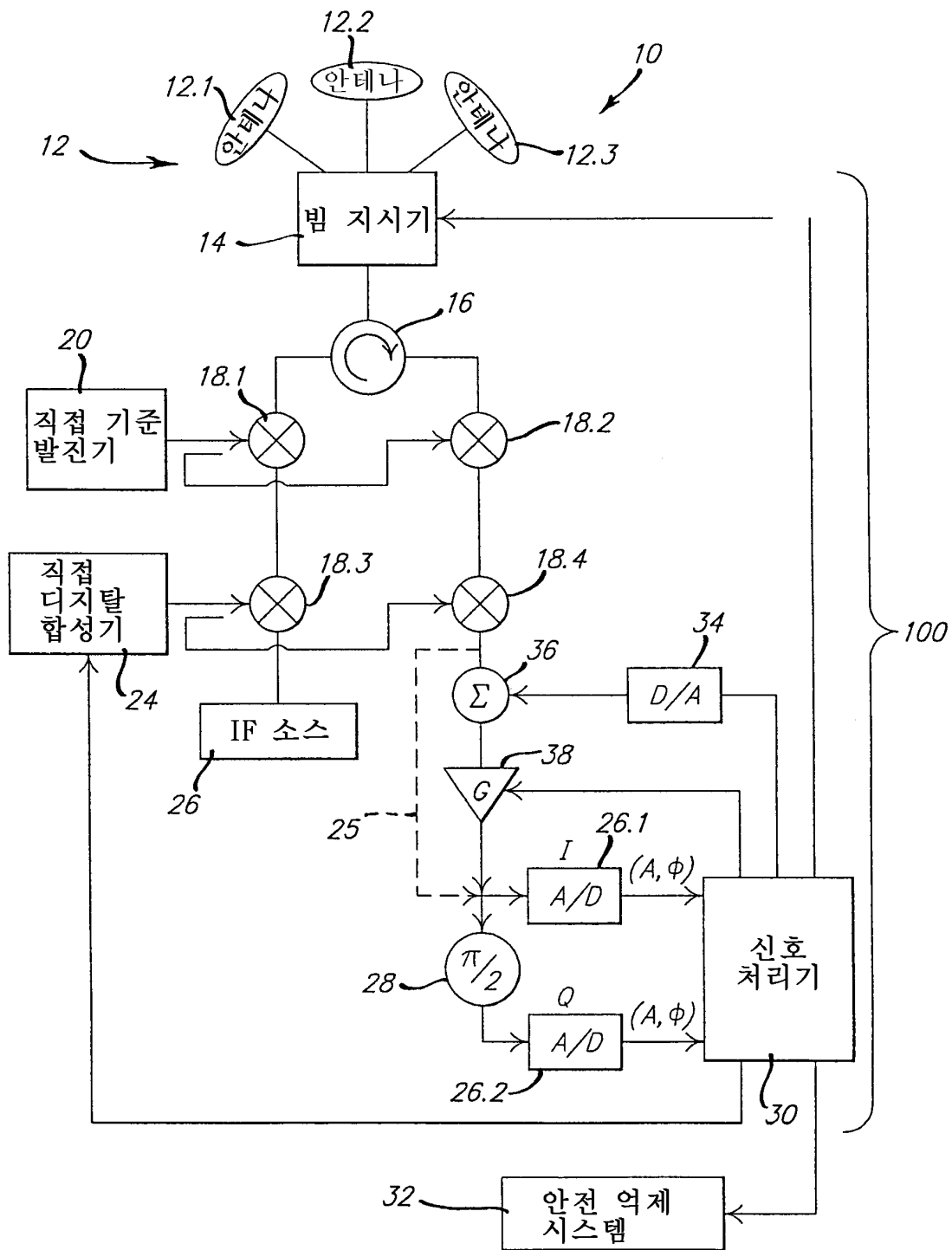
를 포함하는 시스템.

청구항 32

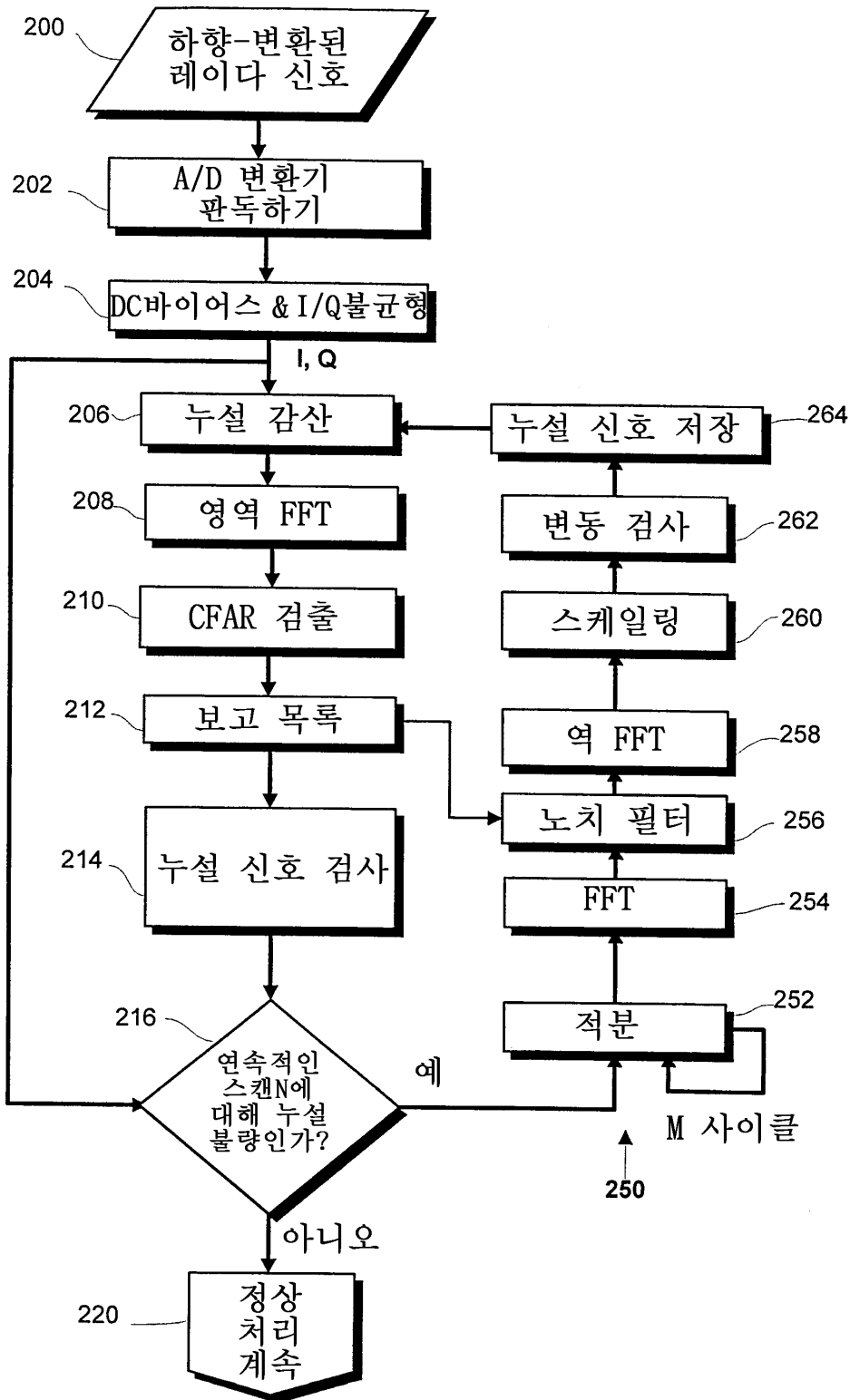
제 31 항에 있어서, 상기 이득 제어 증폭기의 이득이 제 1 및 제 2 아날로그/디지털 변환기의 다이내믹 영역에 반응하는 시스템.

도면

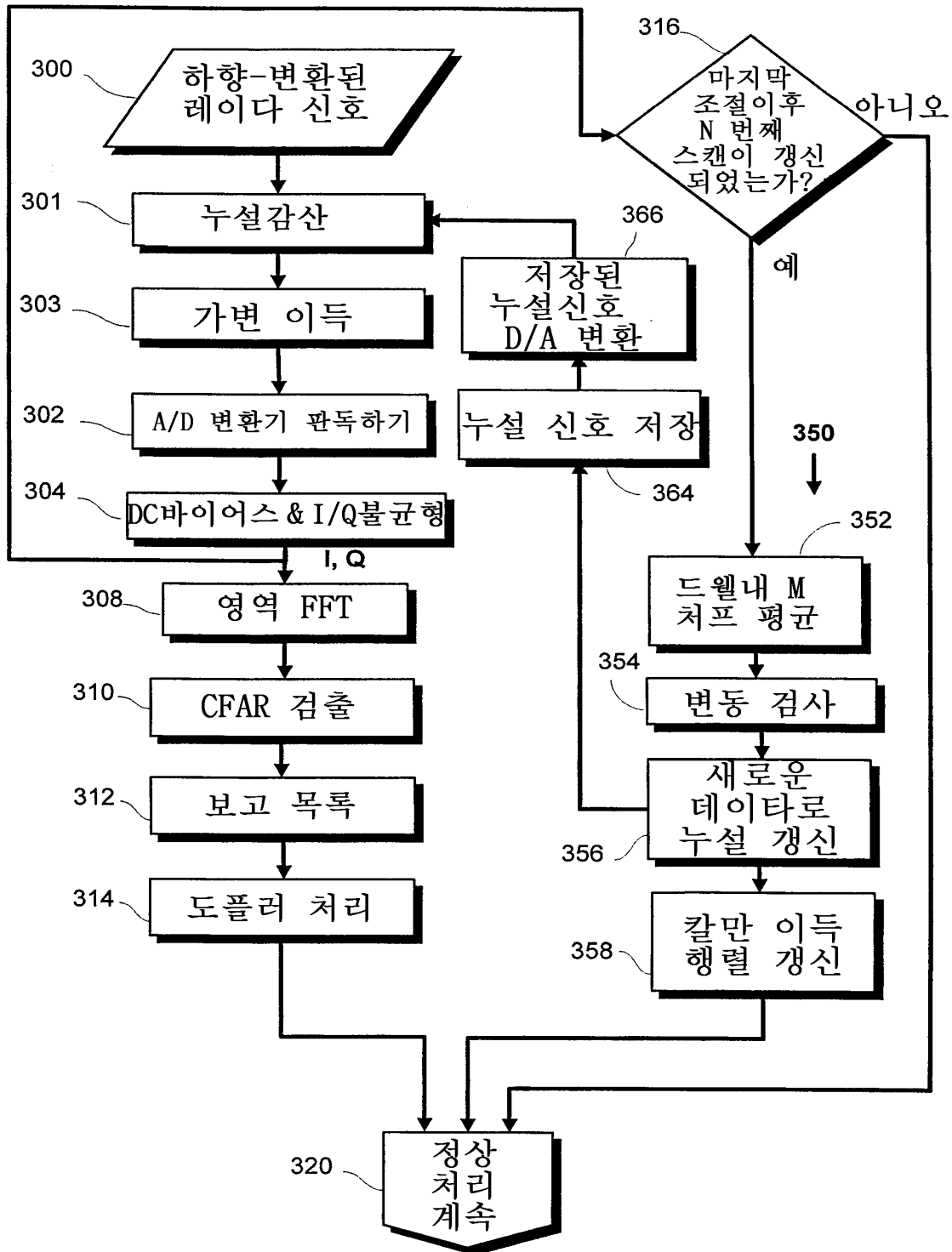
도면1



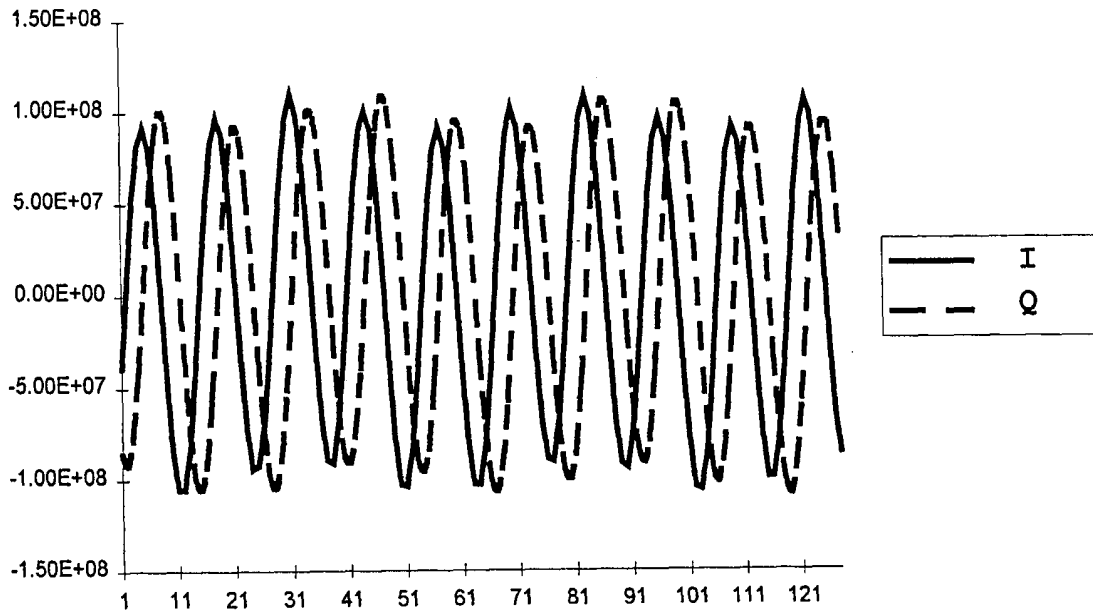
도면2



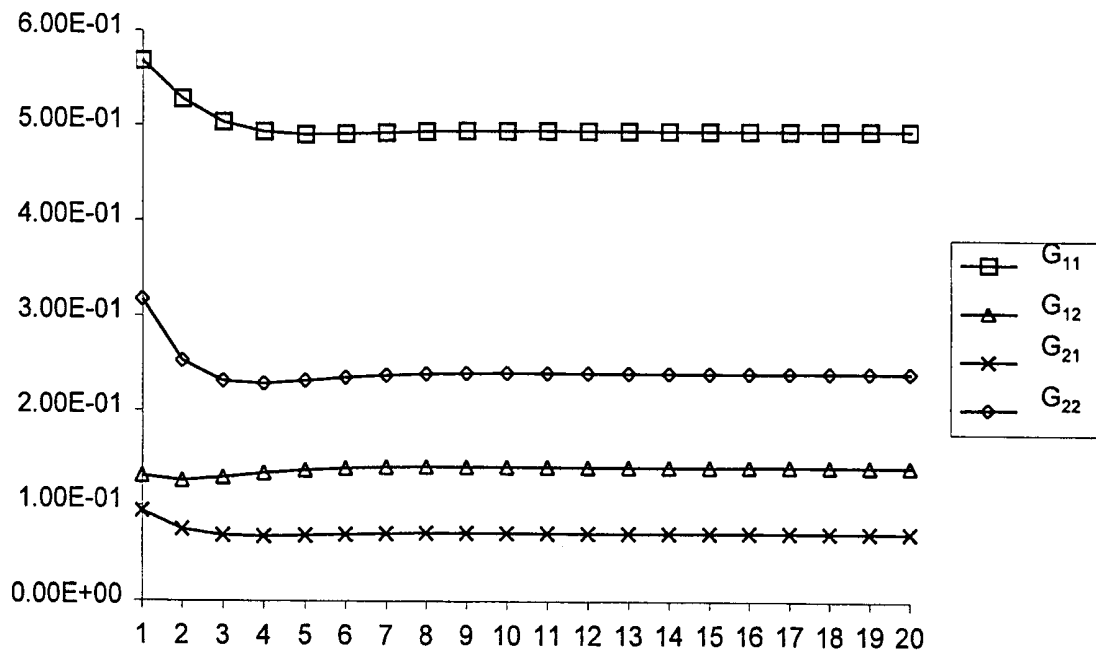
도면3



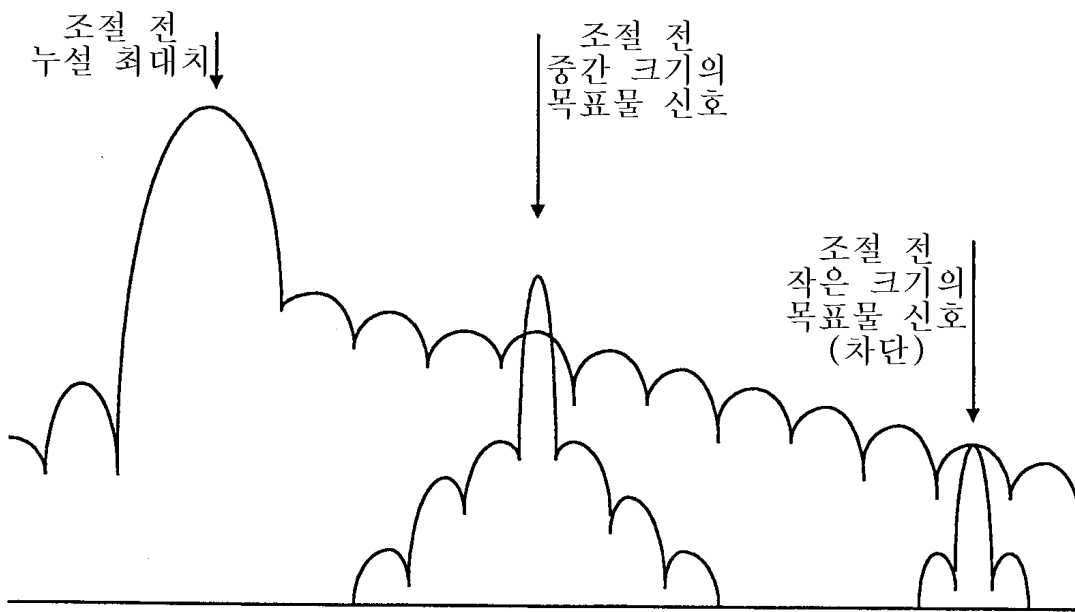
도면4



도면5



도면6



도면7

