



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년03월07일
 (11) 등록번호 10-1019521
 (24) 등록일자 2011년02월25일

(51) Int. Cl.
 H04B 7/005 (2006.01) H04B 7/02 (2006.01)
 H04B 7/155 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-7013271
 (22) 출원일자(국제출원일자) 2003년12월31일
 심사청구일자 2008년10월16일
 (85) 번역문제출일자 2006년06월30일
 (65) 공개번호 10-2006-0129241
 (43) 공개일자 2006년12월15일
 (86) 국제출원번호 PCT/CN2003/001149
 (87) 국제공개번호 WO 2005/067166
 국제공개일자 2005년07월21일
 (56) 선행기술조사문헌
 W02002061970 A1

(73) 특허권자
지티이 코퍼레이션
 중화인민공화국 광둥 프로방스 518057, 난산 디스트릭트 쉐젠, 하이테크 인더스트리얼 파크, 케지 로드 사우스, 지티이 플라자
 (72) 발명자
왕 웬지에
 중국인민공화국 광둥 프로방스 518057 난산 디스트릭트 쉐젠하이테크 인더스트리얼 파크 케지 로드 사우스 지티이 플라자
구오 티안셴
 중국인민공화국 광둥 프로방스 518057 난산 디스트릭트 쉐젠하이테크 인더스트리얼 파크 케지 로드 사우스 지티이 플라자
 (74) 대리인
김용인

전체 청구항 수 : 총 22 항

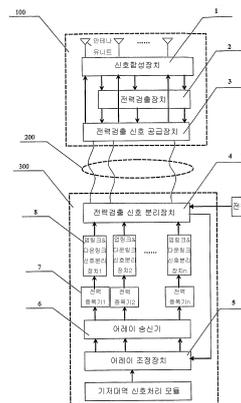
심사관 : 하은주

(54) 어레이 안테나 전송링크의 조정장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 어레이 안테나 전송링크의 조정장치에 관한 것으로 전력 검출신호 분리장치, 전력 검출신호 공급장치, 전력 검출장치, 신호 합성장치와 어레이 조정장치를 포함하고, 전송링크의 다운링크 신호는 전력 검출신호 분리장치의 처리를 거친 후 전력 검출신호 공급장치로 전송되고 다시 신호 합성장치로 전송되며, 신호 합성장치는 우선 각 전송링크로부터 일부분의 RF 신호를 분리하고 분리해낸 RF 신호를 합성시켜 전력 검출장치로 출력하고 전력을 검출하며, 상기 전력 검출장치는 전력 검출신호를 전력 검출신호 공급장치로 출력하고, 전력 검출신호 공급장치에서 전력 검출신호와 RF 신호 합성되며, 상기 전력 검출신호 분리장치는 상기 합성신호로부터 전력 검출신호를 추출하고 상기 신호의 크기에 따라 조정 웨이트를 조절하고 조절 후의 조정 웨이트는 어레이 조정장치로 전송되어 전송링크를 조정한다. 본 발명은 전용 어레이 안테나 조정에 사용되는 조정 신호 송수신 장치와 표지 안테나를 이용하지 않고 신호 전력을 검출하는 방법으로 전송 이득 조정 웨이트와 전송 위상 조정 웨이트를 계산한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

어레이 송신기, n개의 전력 증폭기, n개의 업링크 및 다운링크 신호 분리장치 및 n개의 안테나 유닛을 구비하고, 여기서 상기 어레이 송신기, 상기 전력 증폭기 및 상기 업링크 및 다운링크 신호 분리장치는 기지국에 구성되고, 상기 어레이 송신기에 기저대역 신호 처리모듈의 출력이 입력되며, 상기 어레이 송신기는 n개의 신호 채널을 출력하고, 상기 신호 채널은 상기 전력 증폭기와 상기 업링크 및 다운링크 신호 분리장치를 통과한 후 안테나 유닛을 통해 전송되는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치로서,

상기 조정장치는 전력 검출신호 분리장치, 전력 검출신호 공급장치, 전력 검출장치, 신호 합성장치 및 어레이 조정장치를 포함하고,

여기서, 상기 전력 검출신호 분리장치는 상기 업링크 및 다운링크 신호 분리장치로부터 오는 신호를 수신하여, RF 신호 중 DC 신호를 필터링하고, 고주파 RF 신호를 상기 전력 검출신호 공급장치로 전송하며, 이와 동시에 상기 전력 검출신호 공급장치로부터 전송된 신호로부터 전력 검출신호를 추출하고 상기 전력 검출신호의 크기에 따라 조정 웨이트를 조절하며 조절 후 상기 조정 웨이트를 상기 어레이 조정장치로 전송하며,

상기 전력 검출신호 공급장치는 한편으로는 상기 전력 검출신호 분리장치로부터 출력되는 고주파 RF 신호를 상기 신호 합성장치로 전송하고 다른 한편으로는 상기 전력 검출장치로부터 출력된 전력 검출신호를 RF 신호와 합성시키고 상기 합성신호를 상기 전력 검출신호 분리장치로 전송하며,

상기 전력 검출장치는 상기 신호 합성장치로부터 출력되는 RF 신호의 전력을 검출하는데 사용되고 전력신호를 상기 전력 검출신호 공급장치로 전송하며,

상기 신호 합성장치는 n개의 안테나 유닛과 연결되고 RF 신호를 합성하여 상기 전력 검출장치로 출력하며,

상기 어레이 조정장치는 상기 기저대역 신호 처리모듈과 상기 어레이 송신기 사이에 구성되고, 조절된 상기 조정 웨이트에 의하여 어레이 안테나 전송링크를 조정하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 신호 합성장치, 상기 전력 검출장치 및 상기 전력 검출신호 공급장치는 n개의 안테나 유닛과 하나의 외부 유닛을 구성할 수 있으며, 상기 외부 유닛은 RF 케이블을 통하여 기지국과 연결되는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 신호 합성장치는 버틀러 행렬(Bulter matrix), n-1개의 커플러(couplers), n-1개의 필터와 n-1개의 가변 감쇠기(adjustable attenuators)를 포함하고, 여기서 상기 커플러와, 상기 필터와 상기 가변 감쇠기는 n-1개의 전송링크들에만 구성되고, 상기 커플러는 버틀러 행렬로 형성된 RF 빔 신호로부터 소수의 RF 신호를 분리해 내며, 분리된 RF 신호는 필터의 필터링 및 가변 감쇠기의 감쇠를 거쳐 전력 검출장치로 출력되는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 분리된 소수의 RF 신호가 소스 RF 신호에 대한 감쇠가 1dB를 초과하지 않은 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 전력 검출장치는 앞에서 n-1개의 전송링크에 대응하는 n-1개의 검파기와 n-1개의 증폭기로 구성되며, 앞의 n-1개 전송링크의 RF 신호는 상기 검파기와 상기 증폭기의 처리를 거친 후 전력신호를 형성하여, 상기 전력 검출신호 공급장치로 출력되는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 전력 검출신호 공급장치는 n개의 전송링크에 각각 대응하는 n개의 신호 공급장치를 포함하고, 상기 신호 공급장치 각각은 유도성 회로(L), 용량성 회로(C1) 및 용량성 회로(C2)를 포함하며,

제 1 번 전송링크 내지 제 n-1번 전송링크 상의 상기 신호 공급장치에 있어서, 유도성 회로(L)는 전력신호 중 저주파 신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C2)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C1)는 전력 검출신호 중 저주파 신호를 안테나 유니트로 출력하는 것을 방지하고,

제 n 번 전송링크 상의 유도성 회로(L)는 전원신호를 고주파 RF 신호로부터 분리해내고, 용량성 회로(C2)는 전원신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C1)는 전원신호를 안테나 유니트로 출력하는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 전력 검출신호 분리장치는 n개의 유도성 회로(L)와, n개의 용량성 회로(C3)와, n개의 용량성 회로(C4)와, n-1개 A/D 변환기와 조정 웨이트 계산장치를 포함하고, 그 중 제 n 번 전송링크에는 A/D 변환기가 구성되어 있지 않으며,

제 1 번 전송링크 내지 제 n-1번 전송링크에 있어서, 유도성 회로(L)는 전력신호를 합성신호로부터 분리해내고, 용량성 회로(C4)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전력신호를 전송링크에 대응하는 업링크 및 다운링크 신호 분리장치로 출력하는 것을 방지하고,

제 n 번 전송링크에 있어서, 유도성 회로(L)는 전원신호를 고주파수의 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C4)는 전원신호 중 고주파 신호를 추출하며, 용량성 회로(C3)는 전원신호를 제 n 번 업링크 및 다운링크 신호 분리장치로 출력하는 것을 방지하고,

상기 A/D 변환기는 저주파 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 조정 웨이트 계산장치로 전송하고,

상기 조정 웨이트 계산장치는 수신한 전력신호의 크기에 따라 상기 조정 웨이트를 조절하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 신호 합성장치는 n개의 커플러, n개의 필터 및 n개의 채널을 갖는 하나의 신호 합성기로 구성되고, 상기 커플러는 상기 전력 검출신호 공급장치로부터 출력되는 고주파 RF 신호로부터 소수의 RF 신호를 분리해 내며, 분리된 RF 신호는 상기 필터의 처리를 거쳐 상기 합성기에 입력되고, 합성 후 RF 신호를 상기 전력 검출장치로 출력하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 전력 검출장치는 하나의 검파기와 하나의 증폭기로 구성되고, 합성 후의 상기 RF 신호는 상기 검파기와 상기 증폭기의 처리를 거쳐 전력신호를 형성하여 상기 전력 검출신호 공급장치로 보내지는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 전력 검출신호 공급장치는 상기 어레이 안테나 전송링크에 포함된 n개의 전송링크에서 앞의 n-1개 전송링크 중 임의의 한 전송링크와 제 n 번째 전송링크 상의 유도성 회로(L), 용량성 회로(C1) 및 용량성 회로(C2)를 포함하고, 상기 앞 n-1개 전송링크 중 임의의 한 전송링크 상의 유도성 회로(L)는 전력신호 중 저주파 신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 합성 후의 합성신호를 기지국의 전력 검출신호 분리장치로 전송하며, 용량성 회로(C2)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하고, 용량성 회로(C1)는 전력신호 중 저주파 신호를 안테나 유니트로 전송하는 것을 방지하며,

제 n 번째 전송링크 상의 유도성 회로(L)는 전원신호를 고주파 RF 신호로부터 분리해내고, 용량성 회로(C2)는 전원신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C1)는 전원신호를 안테나 유니트로 전송하는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 전력 검출신호 분리장치는 상기 전력 검출신호 공급장치에서 선택된 전송링크에 대응하는 어느 하나의 링크와 제 n 번째 전송링크에 유도성 회로(L), 용량성 회로(C3), 용량성 회로(C4), 및 A/D 변환기와 조정 웨이트 계산장치를 포함하고,

상기 어느 하나의 링크에서, 유도성 회로(L)는 전력신호를 합성신호로부터 분리해내고, 용량성 회로(C4)는 전력신호중의 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전력신호를 업링크 및 다운링크 신호 분리장치로 출력하는 것을 방지하고,

제 n 번째 전송링크 상의 유도성 회로(L)는 전원신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C4)는 전원신호중의 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전원신호를 제 n 번째 업링크 및 다운링크 신호 분리장치로 출력하는 것을 방지하고,

상기 A/D 변환기는 저주파 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 조정 웨이트 계산장치로 전송하고,

상기 조정 웨이트 계산장치는 수신된 전력신호의 크기에 따라 조정 웨이트를 조절하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치.

청구항 12

우선 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값과 위상 조정 웨이트의 초기값을 얻는 단계와, 상기 전송링크의 이득 조정 웨이트와 상기 위상 조정 웨이트를 계산하는 단계와, 상기 계산에서 얻은 조정 웨이트를 이용하여 어레이 전송링크의 이득과 위상을 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값과 위상 조정 웨이트의 초기값을 얻는 단계는,

기저대역 신호를 제어하여 기지국이 신호를 전송하는 단 하나의 링크만을 갖게 하고; 상기 링크의 이득 조정 웨이트를 조절하여 상기 링크의 전송전력이 정격값을 충족하게 하며, 이 때 상기 이득 조정 웨이트를 상기 링크의 이득 조정 웨이트의 초기값으로 하는 동작들을 수행하는 단계; 및

각 전송링크에 대한 이득 조정 웨이트의 초기값을 얻기 위하여, 상기 기지국의 모든 전송링크에 대해 상기 동작들을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값과 위상 조정 웨이트의 초기값을 얻는 단계는 우선 기저대역에서 모든 전송링크로부터 동일한 위상의 신호를 전송하도록 제어하고, 제 1 번 전송링크를 기준 채널로 다른 전송링크를 피조정 채널로 선택하여, 제 1 번 안테나 유니트의 신호 전력이 최대이고 다른 안테나 유니트의 신호 전력이 최소이도록 피조정 채널의 전송신호의 위상을 조절하며, 전송링크의 위상조절 계수를 저장하고, 이때 상기 위상

조정 계수는 벡터 $[0 \ \phi_{1,2} \ \dots \ \phi_{adjn}]$ 로 표시되며, 버틀러 행렬의 등가 전송계수 행렬의 역행렬(W_{but}^H 혹은 W_{but}^{-1})을 계산하고, 상기 역행렬의 제 1 행 벡터를 선택하여 $V_{버틀러,1} = [\phi_{1,1} \ \phi_{1,2} \ \dots \ \phi_{1,n}]$ 로 표시하면 전송링크의 위상

조정 웨이트의 초기값은
$$\begin{bmatrix} 0 & \phi_{adj2} & \dots & \phi_{adjn} \\ \phi_{1,1} & \phi_{1,2} & \dots & \phi_{1,n} \end{bmatrix}$$
인 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값과 위상 조정 웨이트의 초기값을 얻는 단계는,

우선 하나의 전송링크를 기준 채널로 다른 전송링크를 피조정 채널로 선택하고, 기저대역에서 상기 기준 채널과 하나의 피조정 채널이 동시에 신호를 전송하도록 제어하며, 상기 두 채널에 의해 전송된 신호의 합성신호의 전력이 최소가 되도록 상기 피조정 채널의 기저대역 신호의 위상을 조절하며, 이때 상기 피조정 채널의 위상 조절 계수의 공액을 상기 채널의 위상 조정 웨이트의 초기값으로 하는 동작들을 수행하는 단계; 및

모든 전송링크의 위상 조정 웨이트의 초기값을 얻을 때까지 다른 하나의 피조정 채널을 선택하여 상기 동작들을 반복하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 전송링크의 이득 조정 웨이트를 계산하고 이득을 조절하는 단계는 정격 전송전력을 조정의 기준 전력값으로 하고, 이분법으로 각 전송링크의 전신 이득 조정 웨이트를 계산하며, 계산한 이득 조정 웨이트에 따라 각 전송링크의 전송전력이 규정한 전송전력을 충족할 때까지 상기 전송링크의 이득을 조절하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 전송링크의 이득 조정 웨이트를 계산하고 이득을 조절하는 단계는 보다 상세하게

- 1) 전송링크 번호(NumCh=1)를 설정하는 단계와,
- 2) 상기 링크 번호(NumCh)가 어레이 안테나의 전송링크 수보다 큰가를 판단하고 상기 링크 번호가 전송링크 수보다 클 경우 이득 조정을 종료하는 단계와,
- 3) 링크 번호가 전송링크 수보다 작거나 같은 경우 제 NumCh 번째 전송링크로부터 신호를 전송하도록 기저대역에서 제어하는 단계와,
- 4) 전송신호의 전력을 검출하고 전력신호를 생성하는 단계와,
- 5) 상기 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 전송신호의 전력을 얻는 단계와,
- 6) 상기 전력과 정격전력의 차의 절대치가 허용오차보다 작은가를 판단하고 작을 경우 현재 전송링크 번호에 1을 더하여 단계 2)로 돌아가는 단계와,
- 7) 허용오차보다 크거나 같을 경우 조정을 계속할 것인가를 판단하고 조정을 계속할 수 있는 경우 이분법으로 상기 전송링크의 이득 조정 웨이트를 조절하며 갱신한 이득 조정 웨이트에 따라 제 NumCh 번째 전송링크를 조정하고 단계 2)로 돌아가는 단계와,
- 8) 조정을 계속하여서는 안 될 경우, 제 NumCh 번째 전송링크 이득 조정의 실패를 제시하고, 이득 조정을 종료하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 단계 7)의 조정을 계속할 것인가를 판단하는 단계는 이분법의 반복 회수가 설정한 회수를 초과하는 지를 판단하고 초과하였을 경우 조정을 계속해서는 안된다고 판단하고, 초과하지 않았을 경우 순차적으로 이득 조정 웨이트가 최대인지 혹은 연속한 두번째 이분법 반복의 웨이트 값과 같은가를 판단하고, 상기 이득 조정 웨이트가 이미 최대인 경우 혹은 연속한 두번째 이분법 반복의 웨이트 값과 같은 경우 조정을 계속할 수 없다고 판단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 19

제 14 항에 있어서,

상기 전송링크의 위상 조정 웨이트를 계산하고 위상을 조절하는 단계는 버틀러 행렬에 대한 전송링크의 등가 웨이트 계수 행렬의 켈레행렬(conjugate matrix) 혹은 역행렬 중 임의의 한 행벡터 $V_{butter,i} = \{\phi_{i,1} \ \phi_{i,2} \ \dots \ \phi_{i,n}\}$ 를 한 세트의 빔 웨이트로 선택하고, 각 채널 신호에 웨이트를 실행한 후, 버틀러 행렬로 RF 빔을 형성하고, 버틀러 행렬 빔을 형성한 후의 신호가 제 i 번째 안테나 유니트 포트로부터만 출력되고 다른 안테나 유니트 포트로부터는 신호를 출력하지 않을 때까지, 직접 검색방법으로 이 세트의 빔 웨이트를 조절하며, 이 때 전송링크의 빔 웨이트를 $\{w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n\}$ 로 하면 최종 전송링크의 이득 조정 웨이트는

$$W_{phase} = \left\{ \begin{matrix} w_1 & w_2 & \dots & w_n \\ \phi_{i,1} & \phi_{i,2} & \dots & \phi_{i,n} \end{matrix} \right\}$$

인 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 전송링크의 이득 조정 웨이트를 계산하고 이득을 조절하는 단계는 보다 상세하게

- 1) 전송링크 번호 NumCh=1을 설정하고 위상 조정 웨이트의 초기값 $W_{phase}(0)=[0, 0, \dots, 0]$ 을 설정하며 최대 루프 회수는 M이며, 순환변량(loop variation) 루프의 초기값을 0으로 설정하는 단계와,,
- 2) 모든 전송링크의 전송신호를 기저대역에서 제어하는 단계와,
- 3) 전송신호의 파워를 검출하고 전력신호를 형성하는 단계와,
- 4) 상기 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 전송신호의 전력값을 얻고 상기 전력값을 저장하는 단계와,
- 5) 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트에 1을 더하고 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트가 위상 조정 웨이트의 값 범위를 초과하였는가를 판단하고, 초과하지 않았을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상을 조정하며 단계 3)으로 돌아가는 단계와,
- 6) 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트가 위상 조정 웨이트의 값 범위를 초과하였을 경우 전송신호 전력의 변화 범위가 요건을 충족하는가를 판단하고, 충족하지 않을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정의 실패를 제시하는 단계와,
- 7) 전송신호 전력의 변화 범위가 요건을 충족할 경우 전송신호 전력의 최대치에 대응하는 위상 조정 웨이트를 기록하고 전송링크 번호에 1을 더하여 전송링크 번호가 어레이 안테나 전송링크 수를 초과하였는가를 판단하고 초과하지 않았을 경우 단계 3)으로 돌아가는 단계와,
- 8) 전송링크 수를 초과하였을 경우 전송링크 번호 NumCh를 1로 설정하고 순환변량에 1을 더하면 위상 조정 웨이트 $W_{phase}(\text{loop})=[w(1), w(2), \dots, w(n)]$ 는 전송신호 전력의 최대값에 대응하는 위상 조정 웨이트가 되는 단계와,
- 9) 현재 위상 조정 웨이트 $W_{phase}(\text{loop})$ 가 지난번 위상 조정 웨이트 $W_{phase}(\text{loop}-1)$ 와 같은가를 판단하여 같을 경우 전송링크 위상 조정의 성공을 표시하고, 계산한 위상 조정 웨이트를 버틀러 행렬의 전송링크의 등가 웨이트 계수 행렬의 역행렬의 제 1 행벡터 $V_{butter,1}$ 로 수정하여(즉, $W_{phase} = W_{phase}(\text{loop})/V_{butter,1}$), 위상 조정을 종료하는

단계와,

10) 현재 위상 조정 웨이트 $W_{\text{phase}}(\text{loop})$ 가 지난번 위상 조정 웨이트 $W_{\text{phase}}(\text{loop}-1)$ 와 같지 않을 경우 순환변량 루프(loop)가 최대 순환회수 M을 초과하는가를 판단하여 초과한다고 판단되는 경우 전송링크 위상의 조정 실패를 제시하고 위상 조정을 종료하며, 초과하지 않았을 경우 단계 3)으로 돌아가는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 21

제 15 항에 있어서,

상기 전송링크의 위상 조정 웨이트를 계산하고 위상을 조절하는 단계는 어레이 안테나의 전송링크의 어느 하나를 기준으로 취해 알고리즘을 이용해 다른 전송링크의 위상을 조절하여, 합성신호의 강도가 최대가 되게 하면, 대응하는 벡터 $W_{\text{phase}} = [1 e^{j\beta_2} \dots e^{j\beta_n}]^T = [1 e^{j(\phi_1-\phi_2)} \dots e^{j(\phi_n-\phi_1)}]^T$ 가 어레이 안테나 전송링크의 조정 웨이트인 것을 더 포함하고, 여기서 ϕ_n 은 제 n 번째 전송링크의 위상을 나타내고, T는 전치연산을 나타내는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 전송링크의 위상 조정 웨이트를 계산하고 위상을 조절하는 단계는 보다 상세하게

- 1) 전송링크 번호 NumCh=2를 설정하고 모든 전송링크의 위상 조정 웨이트 초기값을 0(즉, $W_{\text{phase}}=[0, 0, \dots, 0]$)으로 설정하는 단계와,
- 2) 전송링크 번호 NumCh가 어레이의 전송링크 수보다 작거나 같은 가를 판단하여 전송링크 수보다 클 경우 전송링크 위상의 조정을 종료하는 단계와,
- 3) 전송링크 수보다 작거나 같을 경우, 제 1 번째 전송링크와 제 NumCh 번째 전송링크의 전송신호를 기저대역에서 제어하는 단계와,
- 4) 전송신호의 전력을 검출하여 전력신호를 형성하는 단계와,
- 5) 상기 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 전송신호의 전력값을 얻고 상기 전력값을 저장하는 단계와,
- 6) 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트에 1을 더하고, 상기 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트가 위상 조정 웨이트의 값 범위보다 작거나 같은 가를 판단하고, 상기 값 범위보다 작거나 같을 경우 제 NumCh 번째 전송링크 위상 조정을 실행하고 단계 2)로 돌아가는 단계와,
- 7) 상기 값 범위보다 클 경우, 전송신호 전력의 변화 범위가 요건을 충족하는가를 판단하여, 요건을 충족시키지 않을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정의 실패를 제시하는 단계와,
- 8) 전송신호 전력의 변화 범위가 요건을 충족시킬 경우, 전송신호 전력 P의 최대치에 대응하는 조정 웨이트를 기록하고, 전송링크 번호에 1을 더하여 단계 2)로 돌아가는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 어레이 안테나 전송링크의 조정 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 이동통신 기술 분야의 어레이 안테나의 조정 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 어레이 안테나의 전송링크를 조정하는 장치와 그 방법에 관한 것으로, 위상 제어 어레이 레이더(radar) 시스템의 전송링크 폭과 위상의 일치성 조정에 적합할뿐 만 아니라 이동통신 시스템에서 어레이 안테나를 이용한 지능 안테나 기지국의 전송링크의 온라인 조정에도 적합한다.

배경기술

[0002] 이동통신 시스템에 있어서 사용자 수가 증가됨에 따라 주파수 스펙트럼(spectrum)의 단절과 동일 채널(channe

1)의 방해가 심각하여 이런 문제점을 해결하기 위하여 지능 안테나 기술 및 어레이 신호 처리 기술을 이용하여 이동통신 시스템의 통신 품질을 향상시키고 기지국의 커버 범위를 확대함과 동시에 시스템의 용량을 확대하는 것이 바람직하다.

[0003] 이동통신 네트워크 내의 한 기지국에서 수신된 업링크(uplink) 신호에는 로컬 셀(local cell)의 이동 단말기에서 보내는 신호 외에 다른 셀에서 보낸 같은 주파수의 신호도 있다. 이동통신 네트워크 내의 셀이 많을수록 같은 주파수 신호의 방해가 심해지고, 이로써 같은 주파수 신호의 방해는 기지국과 이동 단말기의 수신 효과에 직접 영향을 끼치게 되어 기지국의 유효 커버 반경을 감소시키고 통신 품질을 악화시킨다. 같은 주파수 신호의 방해에 따른 문제를 해결하기 위하여 기지국에서 업링크 신호를 선택적으로 수신함으로써 방해를 억제하고 다운링크(downlink) 신호를 지향 전송(directional transmission)하나, 즉, 다운링크 빔의 메인 로브(main lobe)를 지정한 사용자에게로 지향하여 보내나, 다른 사용자 방향에서는 영점(zero) 혹은 강도가 약한 빔의 사이드 로브(side lobe)를 형성하여, 이런 식으로, 셀간의 동일 채널 방해를 감소시키고 셀의 커버 범위를 확대하며 통신 품질을 향상시킬 수 있다.

[0004] 기지국의 송수신을 일정한 방향에서 진행하기 위하여 종래 빔형성 기술, 예를 들어, 자동 적응형 빔형성 기술(adaptive beam forming technology)을 이용할 수 있다. 자동 적응형 빔형성 기술을 이용할 경우 빔의 메인 로브는 처음부터 끝까지 일정한 지정한 사용자 방향으로 지향되어 사용자가 이동에 따라 갈 수 있다. TDD(time division duplex) 모드(mode)에서 업링크 신호와 다운링크 신호의 전파경로는 대칭이므로, 즉, 업링크 신호와 다운링크 신호의 전파경로는 동일하나 방향이 반대이므로, 자동 적응 알고리즘을 통해 산출된 업링크 신호의 빔 웨이트(beam weight)를 다운링크 방향에 이용하면 지향 전송할 수 있게 된다. 그러나, 수신 채널과 전송링크 간에 폭과 위상 오차가 있어, 업링크 빔 웨이트를 직접 이용하면 다운링크 신호의 지향 정확도에 영향을 끼치게 되므로, 업링크 및 다운링크 채널과 피더 케이블(feeder cable)을 조정하여 폭과 위상 오차를 보상하여야 한다. FDD(frequency division duplex) 모드에서는 업링크와 다운링크의 주파수대가 달라 업링크와 다운링크의 채널도 다르기 때문에 업링크 웨이트를 직접 다운링크에 이용할 수 없다. 그러나, 업링크에 의해 신호의 도착(Direction of Arrival, DOA)을 짐작할 수 있고, DOA 정보는 다운링크 지향 전송에 이용될 수 있으나, 소정 방향의 빔을 형성하기 위하여서는 반드시 전송링크와 피더 케이블의 조정이 필요하다.

[0005] 자동 적응형 빔형성 방법외에 상대적으로 간단한 고정 멀티빔 방법으로 지향성 송수신을 구현할 수 있다. 고정 멀티빔의 형성은 다수의 고정된 지향성 업링크 빔과 다운링크 빔을 이용해 전 섹터(sector)의 송수신을 커버한다. 고정 멀티빔을 형성하기 위한 빔 웨이트가 시뮬레이션(simulation) 방법으로 결정될 수 있으나, 시뮬레이션 중 실제 시스템의 업링크 및 다운링크 채널의 폭과 위상 특성을 결정할 수 없기 때문에, 업링크와 다운링크 통로의 폭과 위상 특성이 일치한다고 가정하여 자동 적응형 빔형성 방법과 마찬가지로 다운링크 빔을 정확히 형성하려면 반드시 전송링크와 피더 케이블을 조정하여야 한다.

[0006] 이동통신 시스템에 있어서 다운링크 공통 채널은 방송에 의해 전송된다. 디지털 빔으로 형성하면 시뮬레이션 계산으로 한 세트의 옴니-빔 웨이트(omni-beam weight)를 얻어 섹터를 커버하게 전방향으로 방송될 수 있거나, 그렇지 않으면 계산을 통해 넓은 빔 웨이트를 얻어 다운링크 섹터를 커버하게 방송될 수 있다. 버틀러 행렬(Butler matrix)을 이용하여 빔을 형성하려면, 사전에 버틀러 행렬의 등가 빔 웨이트를 계산하거나 측정하여 기저대역(base band)에 2차 빔 형성을 진행함으로써 다운링크 공통 채널의 전송 문제를 해결하여야 한다. 동일한 방식으로, 상술한 방법으로 형성된 넓은 빔을 정확히 형성하려면 전송링크와 피더 케이블을 조정하여야 한다.

[0007] 이하에서 일반적으로 사용되는 현재 존재하는 다양한 어레이 안테나 및 전송링크의 조정 방법을 소개한다.

[0008] (1) 미국 특허 4,488,155 "Method and apparatus for self-calibration and phasing of array antenna"와 중국 특허 출원 01800020.7 "어레이 안테나 이동통신 장치 및 이의 조정 방법"에는 어레이 안테나와 전송링크의 조정 방법이 기재되어 있는데, 이 방법은 공정 현장에서 계측기를 이용하여 각종 전송링크의 이득(gain)과 위상(phase)을 측정하고 측정 결과에 따라 어레이를 조정하는 방법으로서, 오프라인(off-line) 조정 방식으로는 시간에 따라 변화하는 어레이 오차를 조정할 수 없는 문제가 있어, 공정 사용과 유지에 불리하고 특히 이미 운영을 시작한 통신 시스템에 적합하지 않다.

[0009] (2) 미국 특허 6,615,024 "Method and apparatus for determining signatures for calibrating a communication station having an antenna array", 중국 특허 출원 00815528.3 "지능형 안테나 어레이 조정 방법 및 그 장치"와 중국 특허 출원 02142694.5 "어레이 안테나를 조정하는 장치 및 그 방법"에서도 어레이 안테나의 조정 방법을 기재하고 있다. 이런 기술 방식에 있어서 안테나 어레이의 먼 구역 혹은 가까운 구역에 표지 안테나(beacon antenna) 및 대응하는 조정 신호 송수신기(transceiver)를 구성하여야 한다. 업링크 조정간, 표

지 안테나로부터 조정 신호를 전송하고 기지국에서 그 조정 신호를 수신한다. 다운링크 조정간, 기지국에서 조정 신호를 전송하고 표지 안테나에서 조정 신호를 수신한 후 기지국의 업링크 및 다운링크의 조정 웨이트를 계산한다. 이와 같은 조정 방법의 장점은 전반적인 송수신 링크의 폭과 위상의 균일성을 조정할 수 있다는 것이다. 하지만 조정 신호 송수신기, 표지 안테나 등 장치가 필요하기 때문에 기지국 구현이 복잡하고 비용이 증가다. 또한, 표지 안테나를 먼 구역에 구성하였을 경우 심각한 멀티패스(multi-path) 신호의 영향을 일으키게 되고, 가까운 구역에 구성하면 안테나 어레이에 도달하는 조정 신호는 비평면파로 조정 웨이트의 계산이 매우 복잡해진다.

[0010] (3) 미국 특허 6,600,445 "Method and device for calibrating smart antenna array", 6,236,839 "Method and apparatus for calibrating a smart antenna array", 6,157,340 "Adaptive antenna array subsystem calibration", 중국 특허 출원 01112987.5 "지능형 안테나 채널 어레이 교정 방법 및 장치", 01122536.x "폐회로 교정의 쌍극 지능형 안테나 어레이 시스템", 01809947.5 "어레이 안테나 수신 장치의 교정 시스템" 및 03102791.1 "어레이 안테나 조정장치와 어레이 안테나 조정 방법"에서는 어레이 안테나의 조정 방법이 기재되었다. 이런 방법에 있어서 각 안테나 유니트(unit)와 대응하는 안테나 피더 케이블(antenna feeder cable)의 이득과 위상의 불균일 오차는 시간에 따라 불변인 것으로 보며, 우선 계측기를 이용하여 이 부분의 이득과 위상을 측정하고 측정 결과를 저장한 후, 각 링크의 무선 주파수(radio frequency) 앞부분에 커플러(coupler) 및 그 커플러에 연결되는 조정 신호 송수신기를 구성한다. 상기 조정 방법은 (2)번의 조정 방법과 기본적으로 유사하며 계산된 조정 웨이트는 전 링크에 대한 조정 웨이트가 아니므로 측량 결과를 이용해 수정해야 한다. (2)번 방법에 비해, (3)번 방법의 장점은 표지 안테나와 대응하는 안테나 피더 케이블을 사용하지 않는다는 점이나, 여전히 조정 신호 송수신기가 필요하고 안테나 유니트와 안테나 피더 케이블의 폭과 위상 특성을 측정할 필요가 있음으로 조정장치를 복잡하게 하고 생산비용을 증가시킨다.

발명의 상세한 설명

[0011] 따라서 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 어레이 안테나 전송링크의 조정장치 및 그 방법을 제공하는 것으로, 현재 어레이 조정 기술에 있어서 조정장치가 복잡하고, 전용 조정 신호 송수신 장치가 필요하며, 안테나 피더 케이블의 폭과 위상 특성을 측정할 필요가 있고, 공정에 적용하기 어려운 등의 문제점을 극복하여 시스템의 복잡성 및 구현 난이도를 간소화하였다.

[0012] 본 발명에 기술된 어레이 안테나 전송링크의 조정장치에 있어서 상기 어레이 안테나 전송링크는 어레이 송신기와, n개의 전력 증폭기와, n개의 업링크 및 다운링크 신호 분리장치와, n개의 안테나 유니트를 포함한다. 그 중 어레이 송신기와, n개의 전력 증폭기와, n개의 업링크 및 다운링크 신호 분리장치는 기지국에 구성되고, 기저대역 신호 처리모듈의 출력은 어레이 송신기에 입력되며, 어레이 송신기는 n개의 신호를 출력하고 전력 증폭기와 업링크 및 다운링크 신호 분리장치를 통과한 후 안테나 유니트를 통해 전송된다.

[0013] 상기 조정장치는 전력 검출신호 분리장치, 전력 검출신호 공급(feeder)장치, 전력 검출장치, 신호 합성장치와 어레이 조정장치를 포함한다.

[0014] 상기 전력 검출신호 분리장치는 업링크 및 다운링크 신호 분리장치로부터 오는 신호를 수신하고 무선 주파수(RF) 신호 중 DC 신호를 제거하는 동시에 고주파수의 RF 신호를 상기 전력 검출신호 공급장치로 출력한다. 동시에 상기 전력 검출신호 공급장치로부터 전송되는 신호 중에서 전력신호를 추출하고 동 신호의 크기에 따라 조정 웨이트를 조절하며, 조절 후의 상기 조정 웨이트를 상기 어레이 조정장치에 출력한다.

[0015] 상기 전력 검출신호 공급장치는 한편으로는 상기 전력 검출신호 분리장치에 의해 출력된 고주파 RF 신호를 상기 신호 합성장치로 전송하고, 다른 한편으로는 상기 전력 검출장치로부터 출력된 전력 검출신호와 RF 신호를 합성하여 상기 합성신호를 상기 전력 검출신호 분리장치로 전송한다.

[0016] 상기 전력 검출장치는 상기 신호 합성장치에서 나온 RF 신호의 전력을 검출하고 상기 전력 검출신호 공급장치로 출력한다.

[0017] 상기 신호 합성장치는 n개의 안테나 유니트와 연결되어 RF 신호를 합성하고 상기 전력 검출장치로 출력한다.

[0018] 상기 어레이 조정장치는 기저대역 신호 처리모듈과 어레이 송신기 사이에 구성되고 조절된 상기 조정 웨이트를 기초로 어레이 안테나 전송링크를 조정한다.

[0019] 본 발명의 조정장치에 있어서, 신호 합성장치, 전력 검출장치 및 전력 검출신호 공급장치는 n개의 안테나 유니트와 한 개의 외부 유니트를 구성할 수 있으며 상기 외부 유니트는 한 세트의 RF 케이블을 통하여 기지국과 연

결된다.

[0020] 본 발명의 어레이 안테나 전송링크의 조정방법은 이하의 단계를 포함한다: 우선 전송링크의 이득 조정 웨이트 초기값과 위상 조정 웨이트 초기값을 구하고, 그 후 전송링크의 이득 조정 웨이트와 위상 조정 웨이트를 계산하며, 상기 계산에서 얻은 조정 웨이트를 이용하여 어레이 전송링크의 이득과 위상을 조정한다.

[0021] 종래의 어레이 조정 기술에 비해 본 발명의 장치 및 방법은 전용 어레이 안테나 조정에 사용되는 조정 신호 송수신 장치와 표지 안테나를 이용하지 않고 신호 전력을 검출하는 방법을 이용해 전송 이득 조정 웨이트와 전송 위상 조정 웨이트를 계산한다. 따라서 알고리즘이 간단하고 수렴 속도가 빠르다. 또한 조정 동안 전용 조정 신호를 끌어들이는 시스템을 필요로 하지 않으므로 시스템의 정상적인 통신에 영향을 미치지 않는다. 본 발명은 또한 시스템의 복잡성을 대폭 감소시켜 공정 응용에 적합하게 하였다.

실시예

[0030] 첨부한 도면과 실시예를 참고하여 본 발명의 기술 방안에 대하여 상세히 설명한다.

[0031] 본 발명 기술 방안의 핵심은 전송신호의 전력값을 측정하여 전송링크의 조정 웨이트를 계산하고 어레이 안테나의 전송링크의 조정을 구현하는데 있다.

[0032] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 조정장치는 외부 유니트(100)에 위치한 신호 합성장치(1)와, 전력 검출장치(2)와 전력 검출신호 공급장치(3) 및 기지국(300) 내에 위치한 전력 검출신호 분리장치(4)와 어레이 조정장치(5)를 구비하고, 상기 외부 유니트(100)와 상기 기지국(300) 사이에서는 RF 케이블(200)을 통하여 통신한다. 어레이 안테나 전송링크는 일반적으로 기저대역 신호 처리모듈, 어레이 송신기(6), n개의 전력 증폭기(7), n개의 업링크 및 다운링크 신호 분리장치(8) 및 n개의 안테나 유니트로 구성되며, 상기 안테나 유니트는 상기 외부 유니트(100)에 구성되고 다른 장치는 기지국(300)에 구성된다.

[0033] 어레이 안테나의 전송링크의 조정 동안, 어레이 송신기(6)로부터 단일 채널 혹은 복수개 채널의 다운링크 신호를 출력하고 각 링크의 전력 증폭기(7)를 이용해 전력을 증폭시킨 후 업링크 및 다운링크 신호 분리장치(8)를 통과하여 전력 검출신호 분리장치(4)에 도달한다. 전력 검출신호 분리장치(4)에 있어서 RF 신호 중 DC 신호는 걸러내고 고주파 RF 신호는 바로 통과할 수 있으며 RF 케이블(200)을 통하여 외부 유니트(100)의 전력 검출신호 공급장치(3)로 전송된다. 고주파수 RF 신호는 전력 검출신호 장치(3)를 통하여 신호 합성장치(1)에 도달하고, RF 신호의 일부는 신호 합성장치(1)에서 분리되며, 남은 RF 신호는 n개의 안테나 유니트를 통하여 전송된다. 분리된 RF 신호는 전력 검출장치(2)로 전송되어 전력이 검출되고, 전력 검출장치(2)로부터 전력신호를 전력 검출신호 공급장치(3)로 출력된다. 전력 검출신호 공급장치(3)는 전력 검출신호와 고주파 RF 신호를 합성시키고 RF 케이블(200)을 통하여 상기 합성신호를 전력 검출신호 분리장치(4)로 전송한다. 전력 검출신호 분리장치(4)는 상기 합성신호에서 전력신호를 추출하여 조정 웨이트를 조절하고, 조절된 조정 웨이트를 어레이 조정장치(5)로 전송한다. 어레이 조정장치(5)는 기저대역 신호 처리모듈과 어레이 송신기(6) 사이에 구성되고, 조절된 조정 웨이트를 수신한 후 어레이 안테나의 전송링크를 조정하고 어레이 송신기(6)의 출력을 제어한다.

[0034] 도 2에 신호 합성장치(1)와, 전력 검출장치(2)와 전력 검출신호 공급장치(3)의 일실시예를 도시하였고 기지국의 다운링크(RF) 빔을 버틀러 행렬로 형성하기 위하여 적용된다.

[0035] 실시예에 있어서, 신호 합성장치(1)는 버틀러 행렬, n-1개의 커플러(9), n-1개의 필터(10) 및 n-1개의 가변 감쇠기(adjustable attenuator)(11)를 포함하고, 그 중 커플러(9), 필터(10) 및 가변 감쇠기(11)는 앞 n-1개의 전송링크에만 형성되어 있다. 고주파 RF 신호는 전력 검출신호 공급장치(3)를 직접 통과하여 신호 합성장치(1)에 도달하고 신호 합성장치(1)에서 RF 빔을 형성하며, 상기 빔을 형성한 후 각 경로의 RF 신호 중 소수의 RF 신호는 커플러(9)를 통하여 분리된다. RF 신호의 분리시 소스(source) RF 신호의 감쇠는 1dB를 초과하지 않아야 한다. 예를 들어, 분리된 RF 신호의 전력을 소스 신호 전력의 1/1000로 선택할 수 있다. 남은 대부분의 RF 신호는 안테나 유니트를 통하여 전송된다. 분리된 RF 신호는 필터(10)의 필터링과 가변 감쇠기(11)의 감쇠를 거쳐 전력 검출장치(2) 들어간다.

[0036] 버틀러 행렬의 다운링크 빔 형성 링크는 하나의 파워 세퍼레이터(power separator)와 몇몇의 위상 시프터(phase shifters)로 구성된 네트워크와 같아서, 단 하나의 전송링크로부터 신호를 전송할 경우, 버틀러 행렬 및 각 안테나 유니트의 각 포트(port)로부터 신호를 출력할 뿐만 아니라 각 포트에서 출력된 신호의 전력은 동일하고 다만 신호의 위상만이 다른 것으로, 이는 전력 분배기와 같다. 모든 다운링크로부터 신호를 전송할 경우, 버틀러 행렬과 각 안테나 유니트 간의 포트로부터 모두 신호를 출력하고, 상기 출력 포트 중 어느 하나에서 신호를 취

하면 그 특성은 모든 다운링크의 전송링크에 의해 전송된 신호의 합성으로, 이는 신호 합성기(synthesizer)와 같다. 따라서 전송링크를 조정할 경우 버틀러 행렬의 신호 합성과 신호 전력 분할(dividing)의 특성을 직접 이용하여 전용 신호 합성기가 필요없어도 메인 링크에서 신호 합성을 완성한다. 고주파 RF 신호의 송수신에 영향을 미치지 않기 위하여, 전력을 검출하기 전에 반드시 커플러(9)를 통해 일부 신호를 연결하여 전력 검출에 이용하여야 한다.

[0037] 전력 검출장치(2)는 제 1 전송링크 내지 제 n-1 전송링크에 대응하는 n-1개의 검파기(12)와 n-1개의 증폭기(13)를 포함하고, 제 n 전송링크는 전원신호를 전송하고 외부 유니트(100)에 전기를 공급하는 데에만 이용된다. 신호 합성장치(1)로부터 출력된 신호는 검파와 증폭 처리를 거쳐 전력신호를 형성하고 전력 검출신호 공급장치(3)로 출력된다. 버틀러 행렬을 신호 합성장치(1)로 사용함으로써 제 n 전송링크만이 신호를 전송할 경우, 같은 전송링크의 신호 전력을 버틀러 행렬의 다른 안테나 유니트의 출력 포트에서 검출할 수 있다. 따라서, 이 전송링크의 검파기와 증폭기 등의 장치를 생략할 수 있다.

[0038] 전력 검출신호 공급장치(3)는 n개의 신호 공급장치를 포함하는데 상기 신호 공급장치는 각 n개의 전송링크에 대응된다. 각각의 신호 공급장치는 유도성(inductive) 회로(L), 용량성(capacitive) 회로(C1) 및 용량성 회로(C2)를 포함한다. 제 1 전송링크 내지 제 n-1 전송링크의 신호 공급장치에 있어서 유도성 회로(L)는 전력 검출장치(2)로부터 출력되는 신호 중 저주파 신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C2)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C1)는 전력 검출신호 중 저주파 신호를 안테나 유니트로 출력하는 것을 방지한다. 하지만 제 n 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 고주파 RF 신호로부터 전원신호를 분리해 내고 용량성 회로(C2)는 전원신호 중 고주파 신호를 필터링하며 용량성 회로(C1)는 전원신호를 안테나 유니트로 출력하는 것을 방지한다. 앞 n-1 채널의 저주파 신호는 유도성 회로(L)와 용량성 회로(C2)를 통하여 고주파 RF 신호와 합성되고, 상기 합성된 합성신호는 대응하는 RF 케이블(200)을 통하여 전력 검출신호 분리장치(4)로 출력된다.

[0039] 도 3에 있어서 전력 검출신호 분리장치(4)는 n개의 유도성 회로(L), n개의 용량성 회로(C3), n개의 용량성 회로(C4), n-1개의 A/D 변환기와 조정 웨이트 계산장치(14)를 포함하고, 그 중 제 n 전송링크에는 A/D 변환기가 없다. 제 1 전송링크 내지 제 n-1 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 합성신호로부터 전력신호를 분리해 내고, 용량성 회로(C4)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전력신호를 전송링크에 대응하는 업링크 및 다운링크 신호 분리장치(8)로 출력하는 것을 방지한다. 한편, 제 n 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 전원신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C4)는 전원신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전원신호를 제 n 업링크 및 다운링크 신호 분리장치(8)로 출력하는 것을 방지한다. 합성신호를 입력한 후, 제 1 전송링크 내지 제 n-1 전송링크의 유도성 회로(L)와 용량성 회로(C4)를 이용하여 저주파 전력신호를 추출하며 용량성 회로(C3)를 이용하여 전력신호를 합성신호로부터 제거한다. 그 다음 저주파 전력신호는 A/D 변환기의 A/D 변환을 거치고 변환 후의 전력신호는 조정 웨이트 계산장치(14)로 전송되며 조정 웨이트 계산장치(14)는 수신한 전력신호의 크기에 의하여 조정 웨이트를 조절한다. 조절된 조정 웨이트는 어레이 조정장치(5)로 전송되어 각 전송링크의 조정에 이용된다.

[0040] 도 2와 도 3에 도시한 장치에 의하면 전송링크가 타겟의 일치를 만족시킬 수 있을 때까지 어레이 안테나의 전송링크를 계속하여 조정할 수 있다.

[0041] 도 4에는 신호 합성장치(1), 전력 검출장치(2) 및 전력 검출신호 공급장치(3)의 다른 일 실시예를 도시하였고 기지국의 기저대역에서 다운링크 빔을 형성하는 데에 적용된다.

[0042] 본 실시예에 있어서 신호 합성장치(1)는 n개의 커플러(15), n개의 필터(16) 및 n개의 채널을 갖는 한 개의 신호 합성기(17)로 구성되었다. 고주파 RF 신호는 직접 전력 검출신호 공급장치(3)를 통과한 후 신호 합성장치(1)에 도달한다. 각 채널 RF 신호 중 적은 일부분 RF 신호는 커플러(15)에 의해 분리되고, 남은 대부분 RF 신호는 n개의 안테나 유니트를 통하여 전송된다. 분리된 RF 신호는 필터(16)의 처리를 거쳐 합성기(17)로 보내지며 합성된 후 상기 RF 신호는 전력 검출장치(2)로 출력된다.

[0043] 전력 검출장치(2)는 검파기(18)와 증폭기(19)로 구성되었다. 합성된 RF 신호는 검파기(18)와 증폭기(19)의 처리를 거쳐 전력신호를 형성하고 전력 검출신호 공급장치(3)로 보내진다.

[0044] 전력 검출신호 공급장치(3)는 제 1 전송링크와 제 n 전송링크에 있어서 유도성 회로(L), 용량성 회로(C1) 및 용량성 회로(C2)를 포함하고, 그 중 제 1 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 전력신호 중 저주파 신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C2)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C1)는 전력신호 중의 저주파 신호를 안테나 유니트로 출력하는 것을 방지한다. 제 n 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 고주

과 RF 신호로부터 전원신호를 분리해내고, 용량성 회로(C2)는 전원신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C1)는 전원신호를 안테나 유니트로 출력하는 것을 방지한다. 제 1 전송링크의 용량성 회로(C2)의 필터링을 거친 전력신호는 유도성 회로(L)를 통하여 제 1 전송링크의 고주파 RF 신호와 합성된다. 단 한 개 채널의 전력 신호만이 있기 때문에, 동 채널의 전력신호는 임의의 링크의 고주파 신호와 합성된 후 기지국에 전송될 수 있으나, 대응하는 링크에 유도성 회로(L), 용량성 회로(C1) 및 용량성 회로(C2)를 배치하여야 한다. 본 실시예에 있어서는 제 1 전송링크의 고주파수의 RF 신호와 합성하는 경우를 선택하였다.

[0045] 합성된 후의 합성신호는 대응하는 RF 케이블(200)을 통하여 기지국(300) 내의 전력 검출신호 분리장치(4)로 전송된다.

[0046] 도 5에 있어서 전력 검출신호 분리장치(4)는 제 1 전송링크와 제 n 전송링크에 있어서 유도성 회로(L), 용량성 회로(C3) 및 용량성 회로(C4)를 포함하고 A/D 변환기와 조정 웨이트 계산장치(20)를 더 포함한다. 그 중 제 1 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 합성신호로부터 전력신호를 분리해내고, 용량성 회로(C4)는 전력신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전력신호를 제 1 업링크 및 다운링크 신호 분리장치(8)로 출력하는 것을 방지한다. 한편, 제 n 전송링크에 있어서 유도성 회로(L)는 전원신호를 고주파 RF 신호와 합성시키고, 용량성 회로(C4)는 전원신호 중 고주파 신호를 필터링하며, 용량성 회로(C3)는 전원신호를 제 n 업링크 및 다운링크 신호 분리장치(8)로 출력하는 것을 방지한다. 합성신호는 전력 검출신호 분리장치(4)에서 제 1 전송링크상의 유도성 회로(L)와 용량성 회로(C4)를 이용하여 저주파 전력신호를 추출하고, 용량성 회로(C3)를 이용하여 합성신호중의 전력신호를 필터링하며, 그 다음 상기 저주파 전력신호는 A/D 변환기에 입력되어 A/D변환을 진행하여 변환된 후 상기 전력신호는 조정 웨이트 계산장치(20)로 전송된다. 조정 웨이트 계산장치(20)는 전력신호의 크기에 따라 조정 웨이트를 조절하고 조절된 조정 웨이트는 어레이 조정장치(5)로 전송되어 각 전송링크의 조정에 이용된다.

[0047] 도 4와 도 5에 도시된 장치를 이용하면 전송링크가 일치 요구를 만족시킬 때까지 끊임없이 어레이 안테나의 전송링크를 조정할 수 있다.

[0048] 본 발명에 있어서 신호 합성장치(1)를 이용하여 각 안테나 유니트(혹은 기지국의 각 안테나 포트로부터)로부터 일정한 에너지(energy)의 다운링크 신호를 연결하고, 연결된 다운링크 신호를 전력 검출장치(2)로 출력하여 신호 전력을 검출하기 때문에 본 발명은 아웃 필드(out field) 표지 안테나를 이용하여 합성신호 전력을 검출할 필요가 없다.

[0049] 본 발명에 의해 제공된 어레이 안테나의 전송링크의 조정 방법은 이하 단계를 갖는다. 우선 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값과 위상 조정 웨이트의 초기값을 얻는다. 다음 전송링크의 이득 조정 웨이트와 위상 조정 웨이트를 계산한다. 상기 계산한 조정 웨이트를 이용하여 배열 전송링크의 이득과 위상을 조정한다. 이하 본 발명 방법의 각 단계를 상세하게 소개한다.

[0050] 조정 웨이트의 초기값의 계산은 기지국의 운영을 시작하기 전에 완성할 수 있다.

[0051] 기저대역 신호를 제어하여 기지국에서 단 한 개의 링크로부터 신호를 전송하도록 하고, 상기 링크에 대한 이득 조정 웨이트를 조절하여 링크의 전송신호의 전력이 일정한 값(rating value)에 이르면, 이때의 이득 조정 웨이트가 동 링크의 이득 조정 웨이트의 초기값에 해당한다. 기지국의 모든 전송링크에 상기 조작을 실행하여 각 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값을 얻는다.

[0052] 전송링크 위상 조정 웨이트의 초기값을 구하는 방법은 다운링크 빔을 형성하는 방식이 달라짐에 따라 조금씩 차이가 있다.

[0053] 버틀러 행렬을 이용하여 다운링크 빔을 형성하는 제 1 실시예에 있어서, 기저대역에서 모든 전송링크로부터 위상이 동일한 신호를 출력하는 것을 제어하고 제 1 전송링크를 기준 채널로, 다른 전송링크를 피조정 채널로 선택하며, 제 1 안테나 유니트의 신호 전력이 가장 높고 다른 안테나 유니트의 신호 전력이 가장 낮도록 피조정 채널의 전송신호의 위상을 조절하며, 이때의 전송링크 위상 조절 계수를 저장하고 벡터(vector) $[0 \ \phi_{1,2} \ \dots \ \phi_{adj,n}]$ 로 표시한다. 그 후 버틀러 행렬의 등가 전송계수 행렬의 역행렬(W_{but}^H 혹은 W_{but}^{-1})을 계산하고, 상기 역행렬의 제 1 행 벡터를 선택하여 $V_{but1er,1} = [\phi_{1,1} \ \phi_{1,2} \ \dots \ \phi_{1,n}]$ 로 표시하면 전송링크의 위상 조정 웨이트의 초기값은 다음과 같다:

$$\begin{bmatrix} 0 & \phi_{adj2} & \dots & \phi_{adjn} \\ \phi_{1,1} & \phi_{1,2} & & \phi_{1,n} \end{bmatrix}$$

- [0054] 기저대역에서 다운링크 빔을 형성하는 제 2 실시예에 있어서 우선 한 전송링크를 기준 채널로, 다른 전송링크를 피조정 채널로 선택하고, 동시에 신호를 전송하도록 기준 채널과 한 피조정 채널을 기저대역에서 제어하여, 상기 두 채널로부터 전송되는 신호의 합성신호의 전력이 가장 낮게 되도록 상기 피조정 채널의 기저대역 신호의 위상을 조절하면 상기 피조정 채널의 위상 조절 계수의 공액(conjugate)이 동 채널의 위상 조정 웨이트의 초기값이 된다. 만약 합성신호의 전력이 가장 높으면, 상기 피조정 채널의 위상 조절 계수가 바로 상기 채널의 위상 조정 웨이트의 초기값이다. 다른 한 피조정 채널을 선택하여 모든 전송링크의 위상 조정 웨이트의 초기값을 구할 때까지 상기 조작을 반복한다.
- [0055] 모든 전송링크의 이득 조정 웨이트의 초기값과 위상 조정 웨이트의 초기값을 구한 후 기지국은 정상적인 운영을 시작하는데 전송링크의 조정 웨이트를 계산하는 단계가 본 발명 방법의 핵심이다. 조정 웨이트의 계산은 이득 조정 웨이트의 계산과 위상 조정 웨이트의 계산을 포함한다.
- [0056] 우선 전송링크의 이득 조정 웨이트를 계산하고 전송링크의 이득을 조정한다.
- [0057] 지능형 기지국에 있어서 각 전송링크의 정격 전송전력(rating transmission power)은 확정된 이미 알고 있는 전력값(P_{TX})이지만, 각 전송링크의 전송 이득이 다르기 때문에, 전송링크의 전송신호 전력은 정격 전력값(P_{TX})에 도달하지 못할 수 있다. 전송링크 이득의 조정시, 각 전송링크의 전송신호 전력값을 정격 전력값(P_{TX})으로 조절해야 하며 그런 후 전송링크의 이득 조정이 완료된다.
- [0058] 도 2와 도 3에 도시한 제 1 실시예 및 도 4와 도 5에서 도시한 제 2 실시예의 전송링크 이득 조정 웨이트의 계산 방법은 동일하다.
- [0059] 제 1 실시예에 있어서 빔 형성장치는 버틀러 행렬을 이용하였다. 버틀러 행렬의 다운링크 빔 형성 링크는 한 전력 분배기와 일정한 위상 시프터로 구성된 네트워크와 같으며, 단 하나의 전송링크로부터 신호를 전송할 경우 버틀러 행렬 및 각 안테나 유니트의 포트로부터 신호를 출력한다. 만약 동 전송링크로부터 전송되는 신호 전력을 P(dBm)라고 하면, 버틀러 행렬의 각 안테나 유니트의 포트로부터 출력되는 신호 전력은 $(P-20\log_{10}N-P_{LOSS})(dBm)$ 로, 여기서 N은 안테나 유니트의 수량을 표시하고 P_{LOSS} 는 버틀러 행렬의 링크 소비전력을 말한다.
- [0060] 제 2 실시예에 있어서 신호 합성장치(1)는 하나의 신호 합성기(17), 복수의 커플러(15) 및 복수의 필터(16)로 구성되어 있다. 한 전송링크만이 신호를 전송할 경우, 커플러(15)가 동 전송링크로부터 분리해낸 신호 전력을 P(dBm)라고 하면, 신호 합성장치(1)가 출력하는 신호의 전력은 $(P-P_{LOSS})(dBm)$ 이고, 여기서 P_{LOSS} 는 신호 합성장치(1)의 링크 소비전력이다.
- [0061] 지능형 기지국 시스템에 있어서 각 전송링크의 이득 조정 웨이트는 고정 디지털 메모리에 저장된 정점수(fixed point number)이며, 전송링크의 이득 조정 웨이트의 값 범위는 알고 있고 또한 각 전송링크의 전송전력은 전신 이득 조정 웨이트에 따라 단조롭게 변화하는 것으로, 전송 이득을 조정할 경우 정격 전송전력(P_{TX})을 조정 기준 전력값으로 하고, 최적화 알고리즘을 이용하여 각 전송링크의 전송전력이 규정된 전송전력(P_{TX})을 만족시킬 때까지 각 전송링크의 전송 이득 조정 웨이트를 조절한다. 본 발명에 있어서 전송링크의 이득 조정 웨이트는 한 세트가 8비트(bit)인 정점수로 그 값 범위는 [0, 255]이고, 따라서 전송링크의 이득 조정 웨이트를 조절하는 방법은 이분법(dichotomy)을 이용할 수 있다. 전송링크의 이득 조정의 구체적인 실행 단계는 도 6에 도시한 바와 같다.
- [0062] 우선, 전송링크 번호 NumCh=1를 설정하고(단계 601), 링크 번호 NumCh가 어레이 안테나의 전송링크 수 n보다 큰가를 판단하며(단계 602), 만약 링크 번호가 전송링크 수 n을 초과하였을 경우 이득 조정은 종료된다(단계 611). 만약 링크 번호가 전송링크 수 n 보다 작거나 같을 경우 기저대역에서 제 NumCh 번째 전송링크로부터 신호를 전송하는 것을 제어한다(단계 603). 그 다음 전송신호의 전력을 검출하여 전력신호를 생성한다(단계 604). 상기 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 전송신호의 전력(P)을 얻고 그 전력(P)과 정격전력(P_{TX}) 간의 차의 절대값이 허용오차, 예를 들어, 1dB보다 작은가를 판단하고(단계 605), 만약 허용오차보다 작을 경우 현재 전송링크 번호에 1을 더하여(단계 606) 단계 602로 돌아간다. 만약 허용오차보다 크거나 혹은 같을 경우 조정을 계

속 진행할 것인가를 판단하는데(단계 607), 이하 방법으로 판단할 수 있다: 이분법의 반복 회수가 설정된 회수를 초과하였는가를 판단하고, 초과하였을 경우 조정을 계속할 수 없다고 인정한다. 설정한 회수를 초과하지 않았을 경우 다음으로 이득 조정 웨이트가 최대로 큰 것인가 혹은 연속한 두번째 이분법의 웨이트 값이 동일한가를 판단하고, 이득 조정 웨이트가 최대로 크거나 혹은 연속한 두번째 이분법 반복의 웨이트가 동일할 경우 조정을 계속할 수 없다고 판단한다. 단계 607을 실행한 후 조정을 계속하여 진행하여도 되는 경우 이분법으로 동 전송링크의 이득 조정 웨이트를 조절하고(단계 608), 업데이트(update) 후의 이득 조정 웨이트를 기초로 제 NumCh 번째 전송링크를 조정하고 단계 602로 돌아간다. 조정을 계속할 수 없을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 조정 실패를 나타내고(단계 610) 전송링크 이득의 조정을 종료한다.

[0063] 전송링크의 이득 웨이트를 조정한 후 전송링크의 위상 조정 웨이트를 계산하고 전송링크의 위상을 조정한다. 다운링크 빔을 다른 방식으로 형성하는 경우에 있어서 전송링크 위상의 조정 방법에는 약간의 차이가 있다.

[0064] 도 2와 도 3에 도시한 제 1 실시예에 있어서 다운링크 빔은 버틀러 행렬을 이용하여 형성되었다.

[0065] 이론적 계산 또는 실제 측정을 통하여 전송신호에 대한 버틀러 행렬의 웨이트 계수를 얻을 수 있다. 이론적 계산에 의하면 버틀러 행렬의 전송링크의 등가 웨이트 계수 행렬은 유니터리 행렬(unitary matrix)이며 W_{but} 라고 하고, 동 단위행렬의 공액전치행렬을 W_{but}^H 라 하면 유니터리 행렬의 특성에 의하여 $W_{but}W_{but}^H = E$ 이다. 실제로 측정된 버틀러 행렬에 대한 전송링크의 등가 웨이트 계수 행렬인 경우, 버틀러 행렬 자체의 오차로 인하여 등가 웨이트 계수 행렬은 유니터리 행렬이 아니지만 $W_{but}W_{but}^{-1} = E$ 가 성립되고, 여기서 E는 단위행렬(unit matrix)이다.

[0066] 만일 각 전송링크의 폭 차이의 오차가 아주 작고 위상 차이도 아주 작아 폭 차이와 위상 차이의 오차가 빔 형성 효과에 대한 영향을 무시할 수 있을 경우, 등가 웨이트 계수 행렬의 컬레행렬 W_{but}^H 혹은 역행렬 W_{but}^{-1} 중 하나로부터 행 벡터 $V_{butler,i} = \{\phi_{i,1} \ \phi_{i,2} \ \dots \ \phi_{i,n}\}$ 중 어느 하나를 한 세트의 빔 웨이트로 선택하고, 각 전송링크의 기저대역 신호 폭과 위상 특성이 동일할 경우 상기 빔 웨이트를 이용하여 각 채널의 신호에 웨이트를 실행한다. 그 후 버틀러 행렬로 전송하여 무선 주파수 빔을 형성하면 예상되는 빔의 형성효과는: 버틀러 행렬의 안테나 유니트 포트 중 단 하나의 안테나 유니트 포트로부터 출력하는 반면에 다른 안테나 유니트 포트로부터는 신호를 출력하지 않는다.

[0067] 하지만 실제의 배열 전송링크에 있어서는 각 링크의 이득 차이와 위상 차이로 인하여 상기 빔을 형성한 후의 신호가 어레이 전송링크를 통과할 경우 전송링크에 의해 빔에 다시 웨이트가 실행된 것과 같고, 또한 각 전송링크에 대한 이런 폭과 위상의 웨이트가 다르기 때문에 버틀러 행렬을 이용하여 신호에 빔을 다시 형성하였지만 예상되는 빔 형성 효과를 이룰 수 없다.

[0068] 전송링크의 위상을 조정할 경우 이론적으로 계산한 빔 웨이트 $V_{butler,i} = \{\phi_{i,1} \ \phi_{i,2} \ \dots \ \phi_{i,n}\}$ 를 전송링크의 위상 조정 웨이트의 초기값으로 하고, 여기서 $i \leq n$ 이며, 전송링크의 이득과 위상이 조정된 후, 빔 웨이트 $V_{butler,i} = \{\phi_{i,1} \ \phi_{i,2} \ \dots \ \phi_{i,n}\}$ 는 버틀러 행렬 빔을 형성한 후 제 i 번째 안테나 유니트 포트로부터만 신호를 출력하게 하고 다른 안테나 유니트 포트로부터는 신호를 출력하지 않게 한다. 전송링크 위상 조정 과정에서 있어서 버틀러 행렬 빔 형성 후의 신호가 제 i 번째 안테나 유니트 포트로부터 신호를 출력하고 다른 안테나 유니트 포트로부터는 신호를 출력하지 않을 때까지 계속하여 상기 세트의 빔 웨이트를 조절한다. 이 때 전송링크의 빔 웨이트를 $\{w_1 \ w_2 \ \dots \ w_n\}$ 로 하면 최종 전송링크의 위상 조정 웨이트는 다음과 같다:

$$W_{phase} = \left\{ \begin{array}{ccc} w_1 & w_2 & \dots w_n \\ \phi_{i,1} & \phi_{i,2} & \phi_{i,n} \end{array} \right\}$$

[0069] 본 발명에 있어서 전송링크의 위상 조정 웨이트는 한 세트의 8비트 정점수를 선택하고 그 값 범위는 [0, 255]로 직접 검색방법을 이용하여 위상 조정 웨이트를 계산한다. 전송링크의 위상을 조정하는 구체적인 실행 단계는 도 7에 도시한 바와 같다.

[0070] 우선 파라미터(parameter)를 설정하는데 어레이 안테나의 전송링크는 모두 n개가 있고 전송링크 번호는 NumCh = 1로 설정하고, 위상 조정 웨이트 초기값은 $W_{phase}(0) = [0, 0, \dots, 0]$ 로 설정하며, 최대 순환회수를 M으로, 순환

변량 루프(loop) 초기값(loop variation loop's initial value)을 0으로 설정한다(단계 701). 기저대역에서 모든 전송링크의 전송신호를 제어하고(단계 702), 전송신호의 전력을 검출하며 전력신호를 형성한다(단계 703).

[0071] 그 후 상기 전력신호에 A/D 변환을 실행하고 전송신호의 전력(P)을 얻어 그 전력값을 저장한다(단계 704). 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트에 1을 더하고(단계 705), 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트가 위상 조정 웨이트의 값 범위, 예를 들어 255를 초과하였는가를 판단한다(단계 706). 만일 초과하지 않았을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상을 조정하고(단계 708) 그 후 단계 703으로 돌아간다. 만일 값 범위를 초과하였을 경우 전송신호 전력값(P)의 변화 범위가 요구를 만족시키는가를 판단하고(단계 707), 만족시키지 않을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정의 실패를 제시하고(단계 709) 이번 위상 조정 과정을 종료한다. 요구를 만족시킬 경우 전송신호 전력(P)의 최대값에 대응하는 위상 조정 웨이트(WNumCh)를 기록하고(단계 710) 전송링크 번호에 다시 1을 더하여 즉 NumCh = NumCh+1(단계 711)로 하여 전송링크 번호가 n을 초과하였는가를 판단한다(단계 712). 초과하지 않았을 경우 단계 703으로 돌아가고, 초과하였을 경우 전송링크 번호 NumCh를 1로 설정하여 루프 변수에 1을 더하면 즉 loop = loop+1, 위상 조정 웨이트 $W_{\text{phase}}(\text{loop})=[w(1), w(2), \dots, w(n)]$ 가 바로 WNumCh이다(단계 713). 현재 위상 조정 웨이트 $W_{\text{phase}}(\text{loop})$ 가 지난번 위상 조정 웨이트 $W_{\text{phase}}(\text{loop}-1)$ 과 동일한가를 판단하고(단계 714), 동일할 경우 전송링크 위상의 조정 성공을 표시하고 버틀러 행렬의 전송링크의 등가 웨이트 계수 행렬의 유니타리 행렬 W_{but}^H 혹은 역행렬 W_{but}^{-1} 중의 제 1 번째 행 벡터 $V_{\text{버틀러},1}$ 로 계산한 위상 조정 웨이트를 수정하며, 즉, $W_{\text{phase}} = W_{\text{phase}}(\text{loop})/V_{\text{버틀러},1}$ 위상 조정을 종료한다(단계 715). 만일 동일하지 않을 경우 순환변량 루프(loop)가 최대 순환회수 M보다 큰 가를 판단하여(단계 716) 크다고 판단할 경우 전송링크 위상의 조정 실패를 제시하고 위상 조정을 종료하며(단계 717) 그렇지 않을 경우 단계 703으로 돌아간다. 위상 조정이 성공된 후 새로운 위상 조정값으로 위상 조정 웨이트 초기값을 같음한다.

[0072] 도 4와 도 5에 도시한 제 2 실시예에 있어서 기저국의 기저대역에서 다운링크 빔을 형성한다. 이 실시예에 있어서의 전송링크 위상 조정 방법은 이하와 같다.

[0073] 어레이 안테나 중 임의의 전송링크를 기준으로 하여 계산하는 방법은 다른 전송링크의 위상을 조절하여 다른 전송링크의 위상이 이 기준 링크의 위상과 동일하도록 한다. 위상의 동일을 판단하는 규칙은 출력하는 신호의 전력값이 최대에 달하는 것이다.

[0074] 지능형 기저국의 전송링크의 전송 이득이 조정된 후 지능형 기저국 전송링크의 임펄스 응답 특성(impulsion response specialty)을 $A' = [ae^{j\phi_1} \quad ae^{j\phi_2} \quad \dots \quad ae^{j\phi_n}]^T$ 로 기술할 수 있다. 여기서, a는 전송링크의 폭(이득)을 나타내고, ϕ_n 는 제 n 번째 전송링크의 위상을 나타내며, T는 전치 연산을 나타낸다. 전송링크 위상 조정값을 $W_{\text{phase}} = [1 \quad e^{j\beta_2} \quad \dots \quad e^{j\beta_n}]^T$ 로 기술할 경우 위상 조정을 거친 전송링크의 임펄스 응답 특성은 $A = W_{\text{phase}}A' = [ae^{j\phi_1} \quad ae^{j(\phi_2+\beta_2)} \quad \dots \quad ae^{j(\phi_n+\beta_n)}]^T$ 로 기술할 수 있다. 여기서, β_n 는 위상 조정 웨이트의 위상을 나타낸다.

[0075] 다운링크 기저대역 신호가 s일 경우 다운링크 빔 형성 웨이트를 $n \times n$ 의 단위행렬(unit matrix)로 설정할 수 있고 이에 따라 어레이 안테나의 출력은 $X = e_n \cdot A \cdot s + n = A \cdot s + n$ 로 된다.

[0076] 만일 각 안테나 유닛을 선형의 배열 방식으로 어레이를 형성하면 안테나 어레이의 평면 방향과 수직되는 방향에서 이 세트 빔 웨이트가 합성되는 신호는 $S = ase^{j\phi_1} \times (1 + e^{j(\phi_2-\phi_1+\beta_2)} + \dots + e^{j(\phi_n-\phi_1+\beta_n)})$ 로 표시할 수 있고, 여기서 $|1 + e^{j(\phi_2-\phi_1+\beta_2)} + \dots + e^{j(\phi_n-\phi_1+\beta_n)}| \leq n$ 를 알 수 있다. 따라서 합성신호 S는 최대 모듈값 $|S| = nas$ 를 갖는다. 이 때 $\beta_2 = \phi_1 - \phi_2, \dots, \beta_n = \phi_1 - \phi_n$ 이다.

따라서 β_2, \dots, β_n 값의 조절을 통하여 최대 강도의 합성신호를 얻을 수 있고 합성신호의 강도가 최대일 경우 대응하는 벡터 $W_{\text{phase}} = [1 \quad e^{j\beta_2} \quad \dots \quad e^{j\beta_n}]^T = [1 \quad e^{j(\phi_1-\phi_2)} \quad \dots \quad e^{j(\phi_n-\phi_n)}]^T$ 는 어레이 안테나 전송링크의 조정 웨이트이다. 따라서 조정 후의 전송링크의 충격 응답 특성을 $A = W_{\text{phase}}A' = [ae^{j\phi_1} \quad ae^{j(\phi_2+\phi_1-\phi_2)} \quad \dots \quad ae^{j(\phi_n+\phi_1-\phi_n)}]^T = [ae^{j\phi_1} \quad ae^{j\phi_1} \quad \dots \quad ae^{j\phi_1}]^T$ 로 설명할 수 있다. 상기 식으로부터 조정 후의 각 전송링크의 위상 특성은 이미 동일하다는 것을 알 수 있다.

[0077] 삭제

[0078] 이하 전송링크 위상의 조정 웨이트를 계산하는 방법을 준다. β_2, \dots, β_n 값을 조절할 경우 $J = |n \cdot a_s - p(n)|$ 를 타겟 함수로 하고, 여기서 $p(n)$ 은 합성신호의 전력값이고 β_2, \dots, β_n 값을 변수로 하여 최적 알고리즘을 이용해 최상의 위상 조정 웨이트를 계산한다. 여기서 알 수 있는 바와 같이, 이것은 n-1차 비제한적인 비선형 프로그램 문제로 전송 위상 조정 웨이트의 계산 방법은 상당히 개선된 단순형 알고리즘 혹은 다른 최적의 알고리즘이며, 빠른 수렴 속도와 높은 수렴 정확도를 갖고 있다. 지능형 기지국 시스템에 있어서 전송 위상 조정 웨이트는 역시 고정된 디지털 메모리에 저장한 정점수로, 상기 전송 위상 조정 웨이트는 역시 고정된 값 범위를 갖는다. 본 발명에 있어서 전송링크의 위상 조정 웨이트는 한 세트의 8비트 정점수로 그 범위는 [0,255]이며 직접 검색 방법으로 위상 조정 웨이트의 계산을 진행하였고 구체적인 실행 단계는 도 8에 도시한 바와 같다.

[0079] 먼저, 전송링크 번호 NumCh=2로 설정하고 모든 전송링크의 위상 조정 웨이트 초기값을 0으로 설정한다(즉, $W_{\text{phase}}(0)=[0, 0, \dots, 0]$ (단계 801)). 전송링크 번호 NumCh가 배열 중의 전송링크 수 n보다 작거나 혹은 동일 한가를 판단하고(단계 802), 만일 크면 이번 전송링크 위상의 조정을 종료한다. 만일 n보다 작거나 혹은 동일할 경우, 기저대역에서 제 1 전송링크와 제 NumCh 번째 전송링크의 전송신호를 제어한다(단계 803). 전송신호의 전력을 검출하여 전력신호를 형성하며(단계 804) 상기 전력신호에 A/D 변환을 실행하여 전송신호의 전력(P)을 얻는 동시에 동 전력값을 저장한다(단계 805). 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트에 1을 더하여(단계 806), 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정 웨이트가 위상 조정 웨이트의 값 범위, 예를 들면 255보다 작거나 혹은 같은 가를 판단한다(단계 807). 위상 조정 웨이트의 값 범위보다 작거나 혹은 같은 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상을 조정하고(단계 809) 단계 802로 돌아간다. 만일 그 값 범위를 초과하였을 경우 전송신호 전력(P)의 변화 범위가 요구를 만족시키지 못하는가를 판단하여(단계 808) 만족시키지 않을 경우 제 NumCh 번째 전송링크의 위상 조정의 실패를 제시한다(단계 812). 요구를 만족시킬 경우 전송신호 전력(P)의 최대치에 대응하는 위상 조정 웨이트를 기록하며(단계 810) 전송링크 번호에 1을 더하고 즉 NumCh = NumCh+1(단계 811) 단계 802로 돌아간다. 위상 조정이 성공한 후 새로운 위상 조정 웨이트로 위상 조정 웨이트의 초기값을 같음한다.

[0080] 전송링크의 이득 조정과 위상 조정에 있어서 본 발명에 의하면 다른 최적화 알고리즘으로 완성할 수 있으며 성질상 본 발명의 실질을 벗어나지 않았다.

[0081] 마지막으로 설명할 것은 이상 설명은 실시예를 설명하는 것으로 본 발명의 기술 방안을 제한하는 것이 아니고 바람직한 실시예를 참조로 본 발명을 상세하게 설명하였지만 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용 가능성

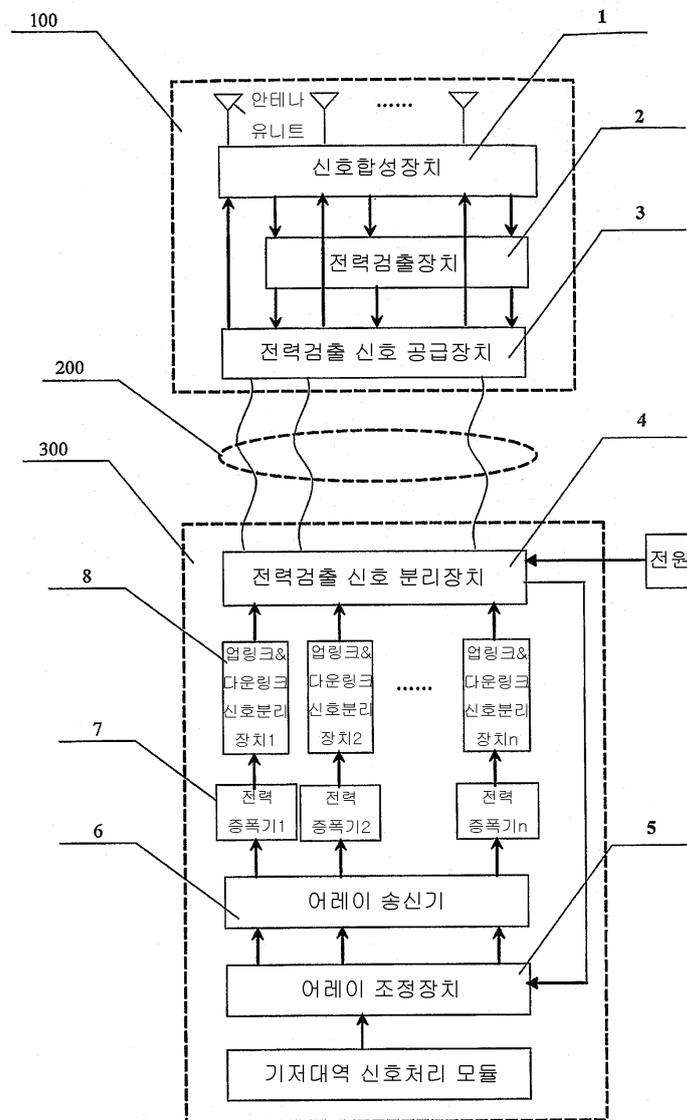
[0082] 본 명세서 내에 포함되어 있음

도면의 간단한 설명

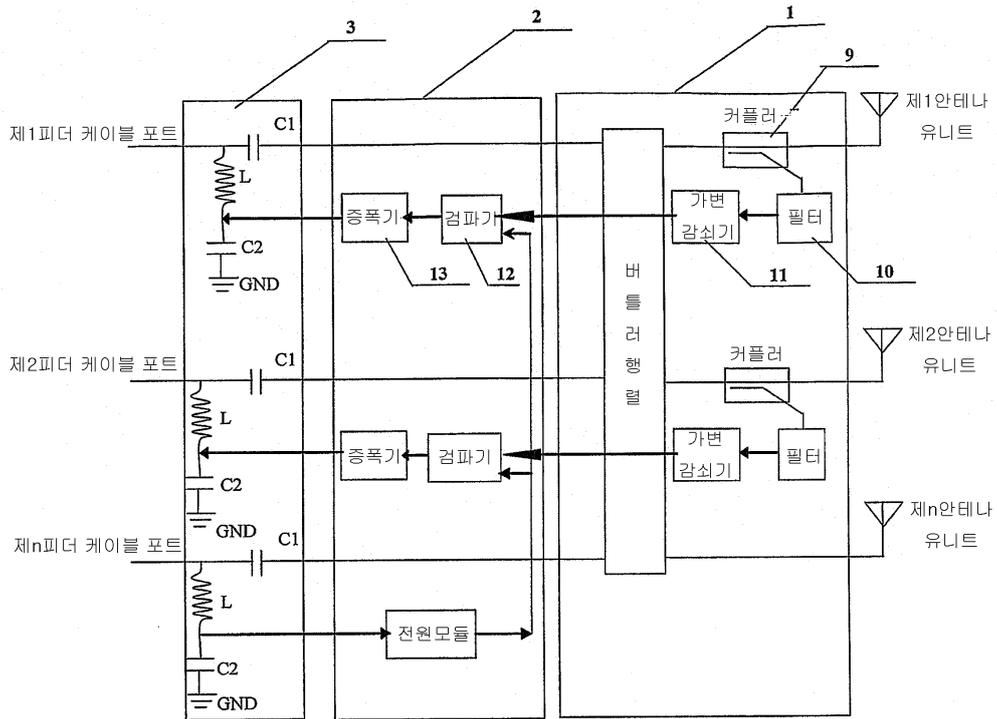
- [0022] 도 1은 본 발명의 조정장치의 구성을 표시하는 구조도이다.
- [0023] 도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 신호 합성장치(1), 전력 검출장치(2) 및 전력 검출신호 공급장치(3)의 설명도이다.
- [0024] 도 3은 제 1 실시예에 따른 전력 검출장치(4)의 설명도이다.
- [0025] 도 4는 제 2 실시예 중 신호 합성장치(1), 전력 검출장치(2)와 전력 검출신호 공급장치(3)의 설명도이다.
- [0026] 도 5는 제 2 실시예 중 신호 전력 검출신호 분리장치(4)의 설명도이다.
- [0027] 도 6은 본 발명의 전송링크 이득 조정을 도시한 흐름도이다.
- [0028] 도 7은 제 1 실시예에 적용되는 조정장치의 전송링크 위상 조정을 도시하는 흐름도이다.
- [0029] 도 8은 제 2 실시예에 적용되는 조정장치의 전송링크 이득 조정을 도시한 흐름도이다.

도면

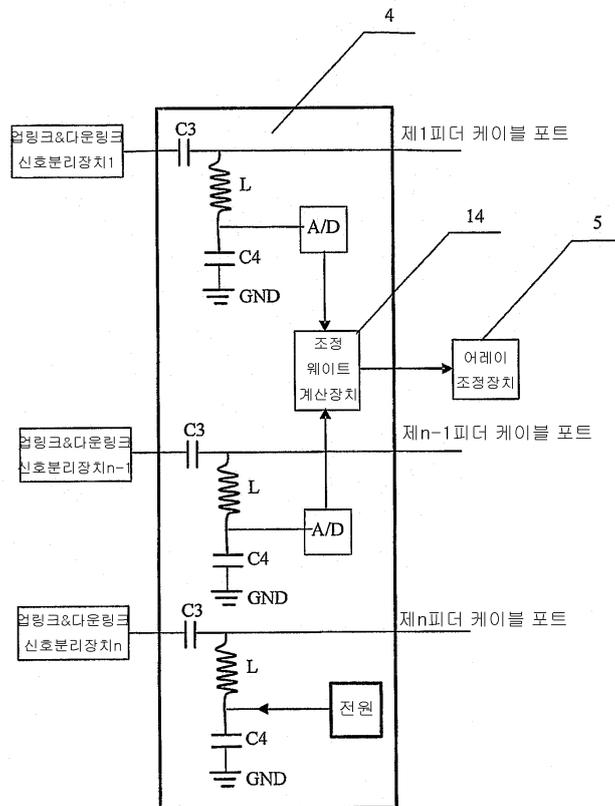
도면1



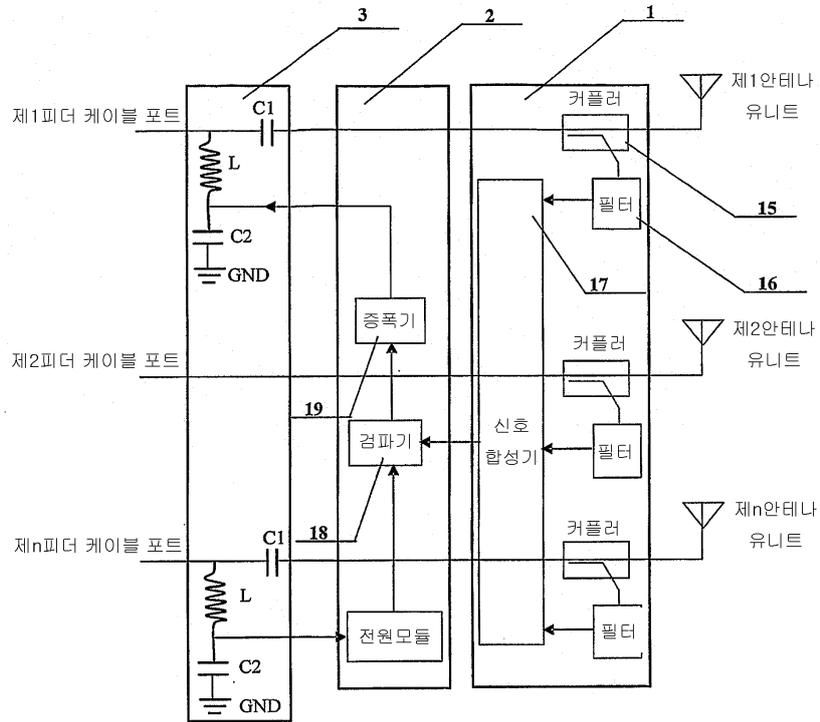
도면2



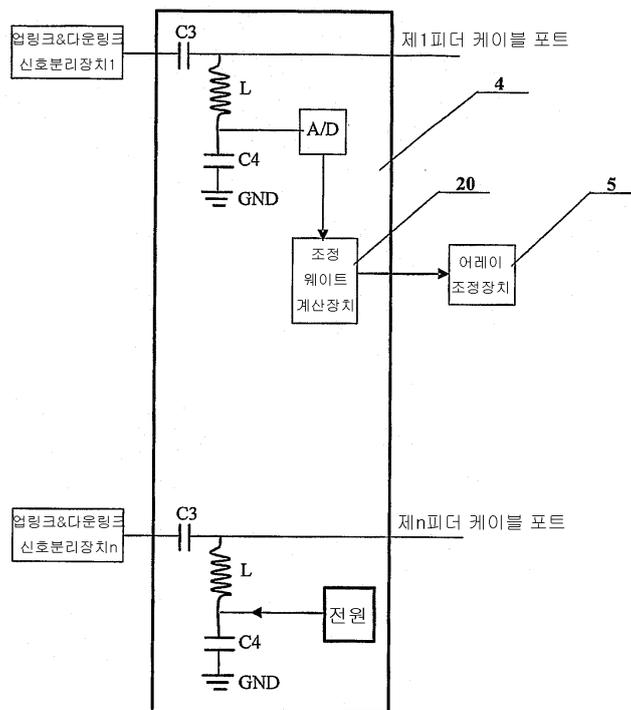
도면3



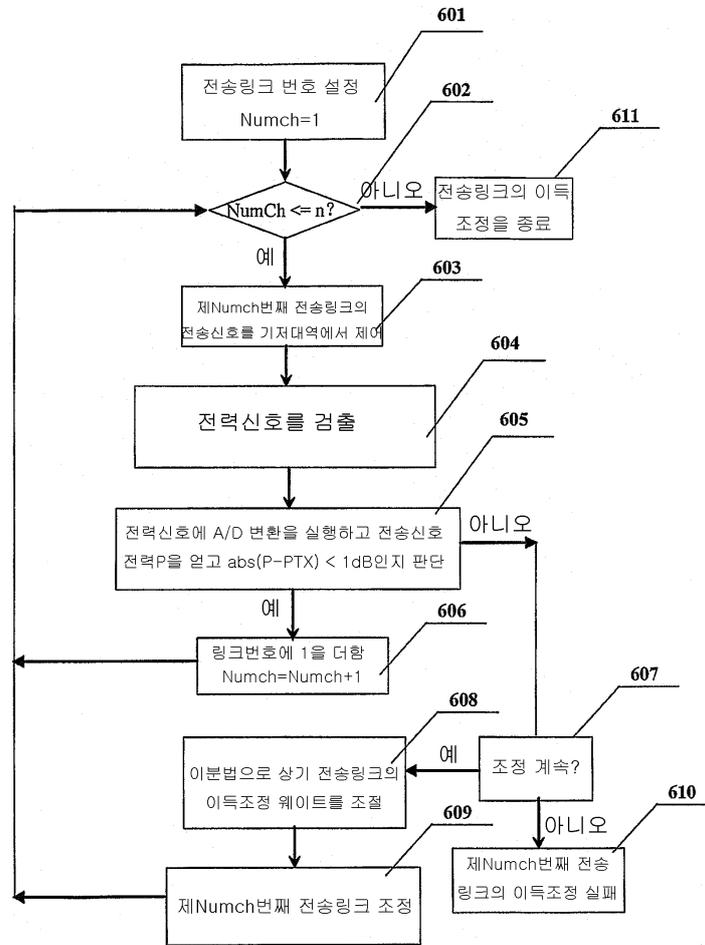
도면4



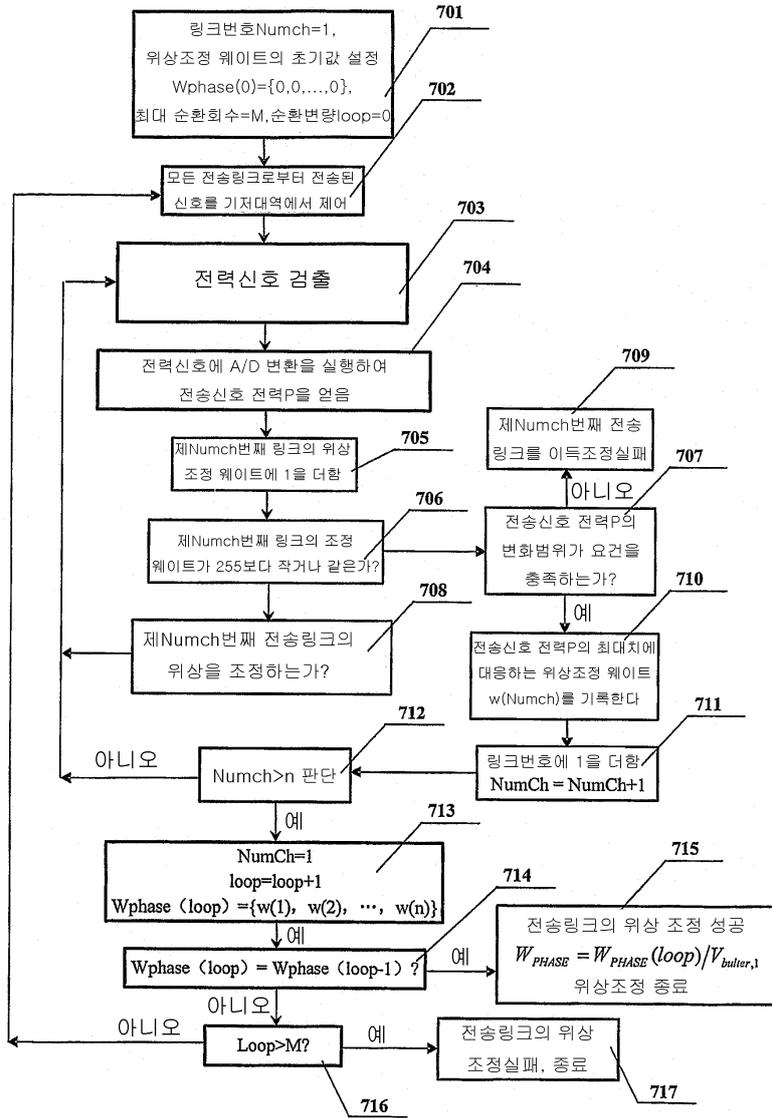
도면5



도면6



도면7



도면8

