

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



PCT



(10) 국제공개번호
WO 2011/126299 A2

(43) 국제공개일
2011년 10월 13일 (13.10.2011)

- (51) 국제특허분류:
H04B 7/06 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/002410
- (22) 국제출원일: 2011년 4월 6일 (06.04.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0031575 2010년 4월 6일 (06.04.2010) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 서울대학교 산학협력단 (SNU R & DB FOUNDATION) [KR/KR]; 서울특별시 관악구 신림동 산 56-1, 151-742 Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 이용환 (LEE, Yong-Hwan) [KR/KR]; 서울특별시 서초구 잠원동 신반포 한신 20 차 아파트 339-807, 137-030 Seoul (KR). 조희

남 (CHO, Hee-Nam) [KR/KR]; 서울특별시 영등포구 당산동 1 가 진로아파트 101 동 506 호, 150-750 Seoul (KR). 이진우 (LEE, Jin-Woo) [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 원천동 90-24 304 호, 443-380 Gyeonggi-do (KR).

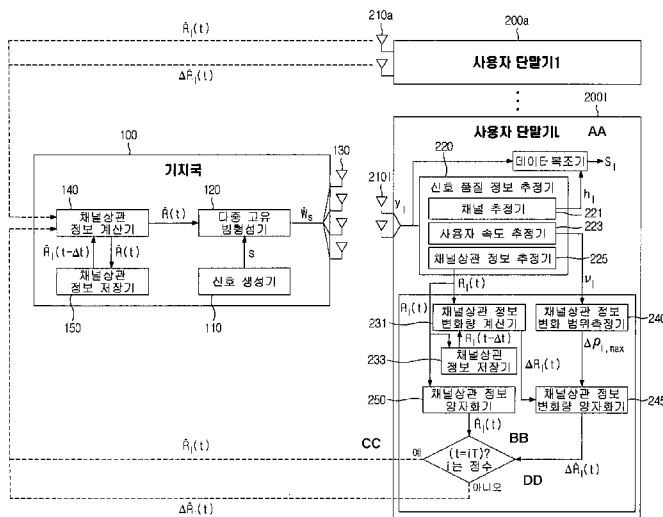
- (74) 대리인: 특허법인 명문 (MYUNG MOON IP & LAW FIRM); 서울특별시 강남구 역삼동 642-9 송촌빌딩 8 층, 135-080 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD FOR DIFFERENTIALLY QUANTIZING CHANNEL INFORMATION IN MULTIPLE ANTENNA RADIO SYSTEM AND SYSTEM ADOPTING SAME

(54) 발명의 명칭: 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법 및 이를 적용한 시스템

[도 4]



- 100 ... Base station
110 ... Signal generator
120 ... Multi-eigen-beam former
140 ... Channel correlation information calculator
150 ... Channel correlation information storage
200a ... User terminal 1
200i ... User terminal L
220 ... Signal quality information estimator
221 ... Channel estimator
223 ... User speed estimator
225 ... Channel correlation information estimator
231 ... Channel correlation information variation calculator
233 ... Channel correlation information storage
240 ... Channel correlation information variation range measuring unit
245 ... Channel correlation information variation quantizing unit
250 ... Channel correlation information quantizing unit

- AA ... Data demodulator
BB ... (t=T)? i is integer
CC ... Yes
DD ... No

(57) Abstract: The present invention relates to a communication method for transmitting a signal to multiple user terminals using multiple antennas in a radio communication system, and particularly to a method for differentially quantizing channel information in a multiple antenna radio system and a system adopting the same, wherein the method comprises: a main codebook feedback step of quantizing the entire range of channel correlation information of a user terminal to create a main codebook, feeding a representative value index for the main codebook back to a base station, and forming multiple eigen-beams using the representative value index for the main codebook to transmit a data signal; and a sub-codebook feedback step of differentially quantizing only a part of region of the channel correlation information on the basis of the amount of change in the channel correlation information to generate a sub-codebook, feeding a representative value index for the sub-codebook back to the base station, and forming multiple eigen-beams using the representative value index for the sub-codebook to transmit a data signal. According to the present invention described above, the number of quantization bits is reduced without a decrease in the system capacity in a radio communication system using a multi-antenna technique, so that it is possible to provide a channel correlation information quantization method capable of reducing the amount of uplink feedback information or enhancing the performance of the system with the same number of quantization bits.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

본 발명은, 다중 안테나를 사용하여 다중 사용자 단말기에게 신호를 전송하는 무선통신 시스템의 통신 방법에 있어서, 사용자 단말기의 채널 상관 정보에 대한 전체 영역을 양자화하여 주 코드북을 생성하고, 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 변환하여 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 이용하여 다중 고유 빔을 형성하여 데이터 신호를 전송하는 주 코드북 변환 단계 및 상기 채널 상관 정보의 변화량에 기초하여 상기 채널 상관 정보의 부분 영역만을 차등적으로 양자화하여 부 코드북을 생성하고 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 변환하여 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 이용하여 다중 고유 빔을 형성하여 데이터 신호를 전송하는 부 코드북 변환 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법과 이를 적용한 무선 시스템이며, 이와 같은 본 발명에 의하면 다중 안테나 기술을 이용하는 무선 통신 시스템에서 시스템의 용량은 감소시키지 않으면서 양자화 비트 수를 줄여 상향링크로의 변환 정보량을 줄이거나 또는 같은 양자화 비트 수를 써서 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 채널 상관 정보 양자화 방법을 제공할 수 있다.

【명세서】**【발명의 명칭】**

다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법 및 이를 적용한 시스템

【기술분야】

본 발명은 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법 및 이를 이용하는 무선 시스템에 관한 것으로서, 채널에 상관도가 존재하는 다중 안테나 시스템에서 채널 정보를 양자화하는데 필요한 정보량을 줄이기 위해 채널 정보를 차등적으로 양자화하여 변환하는 방법 및 이를 적용한 무선 시스템에 관한 것이다.

【배경기술】

다중안테나 기술은 무선통신 시스템의 채널 용량(capacity)을 획기적으로 향상시키기 위한 전송 방식으로 주목을 받고 있다. 만약 기지국이 사용자 단말기에 대한 순시 채널정보(instantaneous channel state information)를 알고 있다면 단일사용자 단말기 환경인 경우에는 특이치분해(singular value decomposition; SVD) 기반의 기법 또는 단일

빔형성(beamforming) 기반의 기법을 이용하고, 다중사용자 단말기 환경인 경우에는 더티페이퍼코딩(dirty paper coding; DPC) 기반의 기법, 또는 다중 빔형성 기반의 기법을 이용하여 시스템 용량 관점에서 향상된 성능을 제공할 수 있다.

일반적으로 이를 지원하기 위해 사용자 단말기는 기지국으로부터 데이터 신호와 함께 수신되는 파일럿(pilot) 신호 등을 이용해 채널 정보를 추정하고, 이를 고정된 비트(bit) 크기로 양자화(quantization)하여 상향링크 채널을 통해 기지국에 궤환한다.

즉, 종래기술은 채널 상관 정보가 표현될 수 있는 전체 영역을 양자화하여 이에 대한 대표값의 지수를 궤환하므로 이를 위한 상향링크로의 궤환 신호량에 대한 부담이 생기는 큰 문제점을 가지고 있다.

이러한 양자화 신호량을 감소시키기 위해 다양한 순시 채널정보 양자화 기법들이 제안되었다. 그러나 순시 채널정보를 양자화하여 궤환하는 종래 기법들의 경우 채널정보를 짧은 주기로 궤환해야 하므로 상향링크로의 궤환 정보량 부담이 여전히 크다는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 완화시키기 위해 사용자 단말기의 평균 채널정보(statistical channel state information)에 해당하는 채널상관 정보를 이용하여 빔을 형성함으로써 시스템 용량을 향상시킬 수 있는 단일

또는 다중 고유 빔형성(eigen-beamforming) 기법이 제안되었다. 이러한 기법들의 경우 사용자 단말기가 채널상관 정보를 추정하여 비교적 긴 주기로 재환하기 때문에 상향링크로의 재환 부담이 크게 감소된다는 장점이 있다.

그러나 종래기술에 대한 분석에 따르면 이 정보 역시 고정된 비트 수로 양자화하여 기지국으로 재환해야 하므로 성능이 제한을 받게 된다. 따라서 채널상관 정보를 재환하는 데 있어 시스템 용량은 감소시키지 않으면서도 기존 방식보다 양자화 비트 수를 줄여 상향링크로의 재환 정보량을 줄이거나, 같은 양자화 비트 수를 써서 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 채널상관 정보 양자화 기법이 바람직하다.

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 다중 안테나 기술을 이용하는 무선 통신 시스템에서 상향링크로의 재환 정보량 부담을 감소시키기 위한 채널 정보의 차등적 양자화 방법과 이를 적용하는 장치를 제공하는 것을 주된 목적으로 한다.

특히, 종래기술에 따른 고정된 비트 수로 양자화하여 기지국으로

궤환하는 방식의 성능 제한을 극복하여 채널상관 정보를 궤환하는데 있어서 시스템의 용량은 감소시키지 않으면서도 종래기술 방식보다 양자화 비트 수를 줄여 상향링크로의 궤환 정보량을 줄이거나 같은 양자화 비트 수를 써서 성능을 향상시킬 수 있는 채널상관 정보 양자화 방법과 이를 적용하는 장치를 제공하고자 한다.

【기술적 해결방법】

상기 기술적 과제를 달성하고자 본 발명은, 다중 안테나를 사용하여 다중 사용자 단말기에게 신호를 전송하는 무선통신 시스템의 통신 방법에 있어서, 사용자 단말기의 채널 상관 정보에 대한 전체 영역을 양자화하여 주 코드북을 생성하고, 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 궤환하여 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 이용하여 다중 고유 빔을 형성하여 데이터 신호를 전송하는 주 코드북 궤환 단계 및 상기 채널 상관 정보의 변화량에 기초하여 상기 채널 상관 정보의 부분 영역만을 차등적으로 양자화하여 부 코드북을 생성하고 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 궤환하여 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 이용하여 다중 고유 빔을 형성하여 데이터 신호를 전송하는 부 코드북 궤환 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널

정보의 차등적 양자화 방법을 포함한다.

바람직하게는 상기 전체 영역이 양자화된 채널상관 정보 또는 상기 부분 영역이 양자화된 채널상관 정보를 저장하는 단계를 더 포함하며, 상기 부 코드북 변환 단계는, 이전 주기의 양자화된 채널상관 정보와 현재 양자화된 채널상관 정보를 대비하여 상기 채널 상관 정보의 변화량을 산출할 수 있다.

여기서 부 코드북 변환 단계에서, 상기 부 코드북은, 최대 채널 변화량을 고려하여 생성되며, 상기 최대 채널 변화량은 하기 <식 10>에 의해 산출되며,

[식 10]

$$\Delta\rho_{l,\max} = \rho_{l,\max}(t) - \rho_l(t - \Delta t)$$

여기서 $\Delta\rho_{l,\max}$ 는 채널상관 정보가 변할 수 있는 최대 범위, $\rho_l(t - \Delta t)$ 는 이전 정보 변환 시간에서의 채널상관계수를 나타내며 $\rho_{l,\max}(t)$ 는 하기 <식 9>에 의해 산출되며,

[식 9]

$$\begin{aligned} \rho_{l,\max}(t) = & J_0(2\pi d/\lambda) + 2\sum_{i=1}^{\infty} J_{2i}(2\pi d/\lambda) \cos\left(2i\left(\text{AoD}_k(t - \Delta t) + \Delta_{\text{AoD}_l}\right)\right) \text{sinc}(2iAS) \\ & + j\left(2\sum_{i=0}^{\infty} J_{2i+1}(2\pi d/\lambda) \sin\left((2i+1)\left(\text{AoD}_k(t - \Delta t) + \Delta_{\text{AoD}_l}\right)\right) \text{sinc}((2i+1)AS)\right) \end{aligned}$$

여기서 λ , d , D , AS 는 각각 신호의 파장, 기지국 안테나 간격, 기지국과의 거리, 각도 확산도를 나타내고, AoD_l 는 사용자 단말기 l 의

출발각, $\Delta_{AoD_i} = v_i \Delta t / D$ 는 사용자 단말기의 속도에 따른 사용자 단말기 출발각의 변화를 나타내며, $J_z(x)$ 는 z 차 1종 베셀 함수(Bessel function)를 나타낸다.

또한 상기 부 코드북은, 그 크기를 일정하게 유지하고 채널상관 정보의 최대 변화량에 따라 양자화 정밀도를 조절하는 고정 비트 방식 또는 양자화 정밀도는 일정하게 유지하고 채널상관 정보의 변화량에 따라 그 크기를 조절하는 적응적 비트 방식으로 생성될 수 있다.

바람직하게는 상기 주 코드북 변환 단계 수행 후, 반복적으로 부 코드북 변환 단계를 수행할 수 있다.

나아가서 기설정된 일정 주기마다 또는 상향링크에서 전송 오류가 인지되는 경우에, 상기 주 코드북 변환 단계를 수행할 수 있다.

또한 본 발명은, 채널 상관도가 존재하는 다중 안테나 무선 시스템에 있어서, 채널상관 정보를 추정하는 채널상관 정보 추정기; 채널상관 정보에 대한 전체 영역을 양자화하여 주 코드북과 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 획득하는 채널상관 정보 양자화기; 채널상관 정보의 변화량을 산출하는 채널상관 정보 변화량 계산기; 및 채널상관 정보에 대한 일부 영역을 양자화하여 부 코드북과 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 획득하는 채널상관 정보 변화량 양자화기를 포함하며, 상기 주 코드북에

대한 대표값 지수 또는 부 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로
 변환하는 사용자 단말기를 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 정보의
 차등적 양자화 방법을 적용하는 다중 안테나 무선 시스템을 포함한다.

나아가서 상기 사용자 단말기로부터 변환되는 대표값 지수에 기초하여
 채널상관 정보를 산출하는 채널상관 정보 계산기; 및 다중 고유빔을
 형성하는 다중 고유 빔 형성기를 포함하는 기지국을 포함한다.

바람직하게는 상기 사용자 단말기 및 기지국은, 양자화된 채널 상관 정보를
 저장하는 채널상관 정보 저장기를 포함할 수 있다.

보다 바람직하게는 상기 기지국은, 상향링크 수신 신호의 신호품질을
 측정하는 상향링크 신호품질 측정기; 및 상향링크 채널의
 순환중복확인(CRC) 비트 값을 검사하여 전송 오류 여부를 판단하는
 변환채널 CRC 검사기를 더 포함하고, 상기 사용자 단말기는, 상기 기지국의
 상향링크 신호품질 측정기에서 측정된 신호 품질 또는 변환채널 CRC
 검사기에서 판단된 오류 여부에 기초하여 주 코드북 변환주기를 결정하는
 주 코드북 변환주기 결정기를 더 포함할 수 있다.

【유리한 효과】

이와 같은 본 발명에 따르면, 다중 안테나 기술을 이용하는 무선 통신

시스템에서 시스템의 용량은 감소시키지 않으면서 양자화 비트 수를 줄여 상향링크로의 제한 정보량을 줄이거나 또는 같은 양자화 비트 수를 써서 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 채널 상관 정보 양자화 방법을 제공할 수 있다.

특히, 채널 상관 정보가 비교적 천천히 변하는 특성을 이용하여 채널 상관 정보를 양자화하는데 있어 채널 상관 정보가 실제적으로 변화할 수 있는 부분 영역만을 고려하여 차등적(differentially)으로 양자화하고 이를 제한함으로써 상향링크로의 제한 신호량 부담을 감소시킬 수 있게 된다.

【도면의 간단한 설명】

도 1은 빔형성 기반의 다중 안테나 시스템의 구성도를 나타내며,

도 2는 종래의 채널상관 정보 양자화 기법의 개념도를 도시하며,

도 3은 본 발명에 따른 채널상관 정보 양자화 기법의 개념도를 도시하며,

도 4는 본 발명에 따른 채널상관 정보 양자화 방법을 적용하는 무선 시스템에 대한 실시예의 구성도를 나타내며,

도 5는 본 발명에 따른 차등 양자화된 상관 정보의 전송 오류 전달을 감소하기 위한 방법이 적용되는 무선 시스템에 대한 실시예의 구성도를

나타내며,

도 6은 본 발명에 따른 차등 채널상관 정보 양자화 방법이 적용된 무선 시스템의 동작 과정을 도시하며,

도 7은 본 발명에 따른 채널상관 정보 양자화 방법을 적용하는 무선 시스템의 성능 테스트 결과 그래프를 도시하며,

도 8은 본 발명에 따른 채널상관 정보 양자화 방법을 적용하는 무선 시스템에서 사용자의 속도와 궤환 주기에 따른 채널상관계수 위상 변화의 결과 그래프를 도시한다.

【발명의 실시를 위한 최선의 형태】

본 발명은 채널상관도가 존재하는 다중안테나 시스템에서 채널 정보를 차등 양자화하는 기법을 사용하여 양자화에 필요한 정보량을 줄이는 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 실시예를 통해 본 발명을 살펴보기로 한다.

본 발명에 따른 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법 및 이를 이용하는 무선 시스템에서는 채널상관 정보가 비교적 느리게 변하는 특성을 이용하여, 채널상관 정보가 변화될 수 있는 부분 영역만을 고려하여 채널 정보를 차등적으로 양자화하여 궤환함으로써

채널상관 정보의 궤환 부담을 크게 감소시켜 시스템의 요량을 향상시킬 수 있다.

도 4는 본 발명에 따른 채널상관 정보 양자화 방법과 이를 적용한 무선 시스템에 대한 실시예의 구성도를 나타낸다.

본 발명에서는 채널상관 정보를 양자화하는데 있어서 첫번째 양자화 및 궤환은 채널 상관 정보가 표현될 수 있는 전체 영역을 양자화하는 주 코드북을 사용해 이에 대한 대표값의 지수를 궤환하고 다음 주기부터는 채널상관 정보의 변화량에 대한 대표값의 지수를 궤환한다.

이를 위해 우선 첫번째 주기에서 단일 또는 다중 사용자 단말기(200a, 200b)는 기지국(100)으로부터 전송된 수신 신호로부터 파일럿 신호를 추출하고, 채널상관 정보 추정기(225)에서 각자의 채널상관 정보를 획득한다. 그리고 채널상관 정보 양자화기(250)에서 채널상관 정보에 대한 전체 영역을 양자화하고 양자화된 채널상관 정보를 기지국으로 궤환한다.

기지국의 다중 고유빔 형성기(120)에서는 궤환된 정보를 이용하여 사용자 단말기에 대한 채널상관 정보의 다중 고유빔을 형성하여 신호 생성기(110)를 통해 사용자 단말기 신호를 전송한다. 사용자 단말기와 기지국은 상기 양자화된 채널 상관 정보를 채널상관 정보 저장기(150, 233)에 저장한다.

그리고 다음 주기부터는 채널상관 정보 변화량 계산기(231)에서 채널상관 정보의 변화량을 계산하고, 채널상관 정보 변화량 양자화기(245)에서는 부 코드북을 사용해 채널상관 정보의 변화량에 대한 대표값의 지수를 변환한다.

이후 기지국의 채널상관 정보 계산기(140)에서는 변환된 채널상관 정보의 변화량 정보와 이전 변환 주기에서 저장된 채널상관 정보를 이용해 현재의 채널상관 정보를 갱신한다.

【발명의 실시를 위한 형태】

본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 설명하기 위하여 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하고 이를 참조하여 살펴본다.

먼저, 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니며, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 또한 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나

숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

도 1은 본 발명이 적용되는 다중 안테나 시스템의 개략적인 구성도를 도시한다.

우선 M 개의 송신 안테나(130)를 가지는 기지국이 L ($1 \leq L \leq M$) 명의 사용자 단말기(200a, 2001)에게 동시에 전송하는 다중 사용자 단말기의 다중 안테나 빔형성(beamforming) 시스템을 가정한다.

기지국(100)의 빔형성기(120)에서는 신호생성기(110)에서 생성되는 신호 $\mathbf{s}$ ($\mathbf{s} = [s_1 \ \dots \ s_L]^T$)에 빔형성 가중치 $\mathbf{w}$ ($\mathbf{w} = [\mathbf{w}_1 \ \dots \ \mathbf{w}_L]$)을 곱하여 송신 신호를 생성한다.

$\mathbf{w}_l = [w_{l1} \ \dots \ w_{lM}]^T$ 은 사용자 단말기 l ($1 \leq l \leq L$) 신호의 정규화된(normalized) 빔형성 벡터이며, $\mathbf{A}^T$ 는 행렬 $\mathbf{A}$ 의 전치 행렬(transpose matrix)을 나타낸다. 기지국(100)과 사용자 단말기 l 사이의 채널 벡터를 $\mathbf{h}_l$ ($\mathbf{h}_l = [h_{l1} \ \dots \ h_{lM}]$)라고 하면, 사용자 단말기 l 이

수신안테나를 통해 수신하는 수신 신호는 하기 <식 1>과 같이 표현할 수 있다.

[식 1]

$$y_l = \mathbf{h}_l \mathbf{W} \mathbf{s} + n_l$$

여기서 상기 n_l 은 평균이 0 이고 분산이 N_0 인 복소 가우시안 잡음(complex Gaussian noise) 신호를 나타낸다. 기지국에서 사용자 단말기 l 로의 채널의 상관 행렬을 $\mathbf{R}_l$ 이라 할 경우, 채널 벡터 $\mathbf{h}_l$ 은 하기 <식 2>와 같이 표시할 수 있다.

[식 2]

$$\mathbf{h}_l = \tilde{\mathbf{h}}_l \mathbf{R}_l^{1/2}$$

여기서 상기 $\tilde{\mathbf{h}}_l$ ($\tilde{\mathbf{h}}_l = [\tilde{h}_{l1} \dots \tilde{h}_{lM}]$)는 공간적으로 상관도가 없는 채널 벡터로서 즉, 평균이 0 이고 분산이 1인 독립적이고 동일한 분포를 갖는(independent and identically distributed; i.i.d.) 복소 가우시안 채널 벡터이며, 채널상관 행렬 $\mathbf{R}_l$ 은 하기 <식 3>과 같이 나타낼 수 있다.

[식 3]

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_l &= \begin{bmatrix} E\{h_{l1} h_{l1}^*\} & \dots & E\{h_{l1} h_{lM}^*\} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E\{h_{lM} h_{l1}^*\} & \dots & E\{h_{lM} h_{lM}^*\} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 1 & \dots & \rho_{l,1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{l,1M}^* & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

이때 $\mathbf{A}^*$ 는 행렬 $\mathbf{A}$ 의 복소전치 행렬(Hermitian matrix)을 나타내고, $E\{\mathbf{A}\}$ 는 $\mathbf{A}$ 의 기대값 연산자(expectation operator)를 나타내며, $\rho_{l,m_1 m_2}$ 는 사용자 단말기 l 의 채널상관계수를 나타낸다.

종래에 제안된 고유 빔형성(eigen-beamforming) 기법은 사용자 단말기 l 의 채널상관 행렬 $\mathbf{R}_l$ 의 주 고유벡터 $\mathbf{u}_{l,\max}$ 방향으로 하기 <식 4>와 같이 다수의 고유 빔을 동시에 형성하여 신호를 전송하여 향상된 시스템 용량 성능을 얻을 수 있다.

[식 4]

$$\mathbf{W} = [\mathbf{u}_{1,\max} \quad \cdots \quad \mathbf{u}_{L,\max}]$$

여기서 사용자 단말기 l 의 채널상관 행렬 $\mathbf{R}_l$ 의 주 고유벡터 $\mathbf{u}_{l,\max}$ 는 하기 <식 5>와 같이 $\mathbf{R}_l$ 을 고유치 분해(eigen-value decomposition; EVD)했을 때 얻어지는 고유치 $\lambda_{l,1}, \dots, \lambda_{l,M}$ 각각에 해당하는 고유벡터 $\mathbf{u}_{l,1}, \dots, \mathbf{u}_{l,M}$ 중 최대 고유치 $\lambda_{l,\max}$ 에 해당하는 고유벡터로 정의된다.

[식 5]

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_l &= \mathbf{U}_l \mathbf{\Lambda}_l \mathbf{U}_l^* \\ &= [\mathbf{u}_{l,1} \quad \cdots \quad \mathbf{u}_{l,M}] \begin{bmatrix} \lambda_{l,1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \lambda_{l,M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{u}_{l,1}^* \\ \vdots \\ \mathbf{u}_{l,M}^* \end{bmatrix} \end{aligned}$$

이 때 상기 빔형성 기법을 통해 얻을 수 있는 시스템 용량은 하기 <식 6>과 같이 표현된다.

[식 6]

$$R_{\text{MEB}} = \sum_{l=1}^L E \left\{ \log_2 \left(1 + \frac{|\mathbf{h}_l \mathbf{u}_{l,\text{max}}|^2}{M / \gamma_l + \sum_{n=1, n \neq l}^L |\mathbf{h}_l \mathbf{u}_{n,\text{max}}|^2} \right) \right\}$$

여기서 γ_l 은 사용자 단말기 l 의 평균 신호대잡음비(signal-to-noise ratio; SNR)를 나타낸다.

그러나 상기의 시스템 용량은 정확한 채널상관 정보를 사용하는 이상적인 경우이며, 양자화된 채널상관 정보를 이용하는 경우 시스템 용량은 하기 <식 7>과 같이 표현된다.

[식 7]

$$\hat{R}_{\text{MEB}} = \sum_{l=1}^L E \left\{ \log_2 \left(1 + \frac{|\mathbf{h}_l \hat{\mathbf{u}}_{l,\text{max}}|^2}{M / \gamma_l + \sum_{n=1, n \neq l}^L |\mathbf{h}_l \hat{\mathbf{u}}_{n,\text{max}}|^2} \right) \right\}$$

여기서 $\hat{\mathbf{u}}_{l,\text{max}}$ 는 사용자 단말기 l 의 양자화된 채널상관 행렬 $\hat{\mathbf{R}}_l$ 의 주 고유벡터를 나타낸다.

도 2는 양자화된 채널상관 정보를 사용하는 종래 기법을 개념적으로 나타낸다.

종래 양자화 기법의 경우 채널 정보가 표현될 수 있는 전체 영역을 고려하여 양자화한다. 하기 <표 1>은 채널상관 정보의 주 코드북 예시로서 3 비트로 양자화한 경우인데, 즉 하기 <표 1>과 같이 채널상관계수의

위상을 예를 들어 살펴보면 채널상관계수의 위상이 가질 수 있는 전체 영역 $[0, 2\pi]$ 를 균일하게 양자화하는 코드북을 만들고 해당되는 코드의 지수(index) 값을 반환한다.

[표 1]

지수	θ_i
0	0
1	0.25π
2	0.5π
3	0.75π
4	π
5	1.25π
6	1.5π
7	1.75π

그러나 실제 환경에서 채널상관 정보는 비교적 느리게 변하는 특성을 가지고 있으며, 이러한 채널상관 정보의 시변 특성은 사용자 단말기의 속도나 채널상관 정보의 궤환 주기에 따라 달라진다. 따라서 채널의 특성을 고려하지 않고 단순히 채널상관 정보가 나타낼 수 있는 전체 영역을 양자화하여 궤환하는 종래의 기법은 비효율적이다.

도 3은 본 발명에서 제안하는 채널상관 정보 양자화 기법을 개념적으로 나타낸다.

본 발명에 따른 양자화 기법의 경우, 채널상관 정보가 비교적 느리게 변하는 특성을 이용하여 채널상관 정보가 변화될 수 있는 부분 영역만을

고려하여 양자화한다. 하기 <표 2>는 채널상관 정보의 부 코드북 예시로서 3 비트 양자화한 경우로서 여기서 $\Delta\theta_{i,\max} = 0.25\pi$ 이다. 예를 들어, 하기 <표 2>와 같이 채널상관계수의 위상의 경우, 위상이 실제로 변화할 수 있는 부분 영역만을 고려한 부 코드북(sub-codebook)을 이용하여 채널 변화량을 양자화하여 이에 해당하는 코드북 지수를 궤환한다.

[표 2]

지수	$\Delta\theta_i$
0	-0.1875π
1	-0.125π
2	-0.0625π
3	0
4	0.0625π
5	0.125π
6	0.1875π
7	0.25π

본 발명에 따른 채널상관 정보 양자화 방법과 이를 적용한 무선 시스템에 대한 실시예인 도 4를 통해 본 발명을 다시 자세히 살펴보기로 한다.

먼저 단일 또는 다중 사용자 단말기(200a, 2001)는 다중 수신 안테나(210a, 2101)에서 기지국(100)의 다중 송신 안테나들(130)로부터 전송된 수신 신호로부터 파일럿 신호를 추출하고, 이를 이용해 채널상관 정보 추정기(225)에서 각자의 채널상관 정보를 획득한다. 이후 채널상관

정보 양자화기(250)에서 이를 양자화하고 양자화된 채널상관 정보를 상향링크 채널을 통해 기지국으로 궤환한다.

기지국의 다중 고유빔 형성기(120)에서는 이 정보를 이용하여 사용자 단말기에 대한 채널상관 정보의 최대 고유벡터를 사용하여 다중 고유빔을 형성하여 신호 생성기(110)를 통해 사용자 단말기 신호를 전송한다. 이러한 신호는 채널을 거쳐 사용자 단말기에게 전송되며, 사용자 단말기는 이를 수신하고 채널 추정기(221)에서 추정된 채널추정정보를 바탕으로 데이터를 복조한다.

상기 채널상관 정보를 양자화하는데 있어서 첫 양자화 및 궤환은 상기 <표 1>과 같이 채널상관 정보가 표현될 수 있는 전체 영역을 양자화하는 주 코드북을 사용해 이에 대한 대표값의 지수를 궤환한다.

사용자 단말기(200a, 2001)와 기지국(100)은 상기 양자화된 채널상관 정보를 채널상관 정보 저장기(150, 233)에 저장한다. 그리고 다음 주기부터는 채널상관 정보 변화량 계산기(231)에서 채널상관 정보의 변화량을 계산하고, 채널상관 정보 변화량 양자화기(250)에서는 부 코드북을 사용해 채널상관 정보의 변화량에 대한 대표값의 지수를 궤환한다.

예시적으로 하기 <표 3>은 채널상관 정보의 최대 변화량에 따라 설계된 고정 비트 기반의 부 코드북을 나타내고, 하기 <표 4>는 채널상관

정보의 최대 변화량에 따라 설계된 적응적 비트 기반의 부 코드북을 나타내는데, 이와 같은 부 코드북을 사용해 채널상관 정보의 변화량에 대한 대표값의 지수를 제한하게 된다.

[표 3]

지수	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.125\pi$ ($B=3$)	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.25\pi$ ($B=3$)	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.375\pi$ ($B=3$)	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.5\pi$ ($B=3$)
0	-0.09375π	-0.1875π	-0.28125π	-0.375π
1	-0.0625π	-0.125π	-0.1875π	-0.25π
2	-0.03125π	-0.0625π	-0.09375π	-0.125π
3	0	0	0	0
4	0.03125π	0.0625π	0.09375π	0.125π
5	0.0625π	0.125π	0.1875π	0.25π
6	0.09375π	0.1875π	0.28125π	0.375π
7	0.125π	0.25π	0.375π	0.5π

[표 4]

지수	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.125\pi$ ($B=2$)	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.25\pi$ ($B=3$)	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.375\pi$ ($B=3$)	$\Delta\theta_{l,\max} = 0.5\pi$ ($B=4$)
0	-0.0625π	-0.1875π	-0.28125π	-0.4375π
1	0	-0.125π	-0.1875π	-0.375π
2	0.0625π	-0.0625π	-0.09375π	-0.3125π
3	0.125π	0	0	-0.25π
4	-	0.0625π	0.09375π	-0.1875π
5	-	0.125π	0.1875π	-0.125π
6	-	0.1875π	0.28125π	-0.0625π
7	-	0.25π	0.375π	0
8	-	-	-	0.0625π
9	-	-	-	0.125π
10	-	-	-	0.1875π
11	-	-	-	0.25π
12	-	-	-	0.3125π

13	-	-	-	0.375π
14	-	-	-	0.4375π
15	-	-	-	0.5π

이후 기지국의 채널상관 정보 계산기(140)에서는 궤환된 채널상관 정보의 변화량 정보와 이전 궤환 주기에서 저장된 채널상관 정보를 이용해 현재의 채널상관 정보를 하기 <식 8>과 같이 계산하여 갱신한다.

[식 8]

$$\hat{\mathbf{R}}(t) = \hat{\mathbf{R}}(t - \Delta t) + \Delta \hat{\mathbf{R}}(t)$$

여기서, Δt 는 채널상관 정보의 궤환 주기를 나타내며, $\Delta \hat{\mathbf{R}}(t)$ 는 채널상관 정보의 변화량을 나타낸다. 따라서 채널상관 정보의 궤환 부담을 크게 감소시키거나 동일한 궤환 부담으로 시스템 용량을 크게 향상시킬 수 있다.

상향링크로 궤환되는 양자화된 채널상관 정보는 순시 채널정보를 양자화하여 궤환하는 종래 기법들의 경우와 마찬가지로 상향링크 채널을 통해서 궤환되나, 전송 중에 채널 오류가 발생할 수가 있다.

전송 오류로 인한 차등 양자화기의 복조(decoding) 성능 저하를 감소시키기 위하여, 본 발명에서는 도 5에 도시된 바와 같이 일정 주기(T)마다 또는 전송 오류가 발생하였을 때 주 코드북을 사용해 채널상관 정보를 양자화하여 궤환한다. 이때 주 코드북을 사용하여 양자화한 정보를 궤환하는 주기는 기지국(100)의 상향링크 신호품질 측정기(170)에서

상향링크 수신 신호의 신호품질($\gamma_{l,uplink}$)을 측정하고 이를 사용자 단말기(200)에게 알려주거나 기지국(100)의 궤환채널 CRC 검사기(180)에서 상향링크 채널의 순환중복확인(cyclic redundancy check; CRC) 비트 값을 검사하여 전송 오류 여부를 응답/무응답(ACK/NACK) 메시지를 통해 알려줌으로써 조절할 수 있다. 즉 상향링크 수신 신호의 신호품질을 이용하는 경우, 사용자 단말기(200)의 주 코드북 궤환주기 결정기(260)에서는 상향링크 신호의 품질이 좋은 경우 상관 정보가 전송 오류가 생길 수 있는 확률이 낮아지므로 주 코드북을 사용해 채널상관 정보를 양자화하는 주기를 길게 하고, 상향링크 신호의 품질이 나쁜 경우 상관 정보가 전송 오류가 생길 수 있는 확률이 높아지므로 주 코드북을 사용해 채널상관 정보를 양자화하는 주기를 짧게 할 수 있다. 반면, 응답/무응답 메시지를 이용하는 경우, 기지국으로부터 무응답(NACK) 메시지가 전송될 때 마다 주 코드북으로 양자화하여 궤환함으로써 전송 오류에 따라 주 코드북의 주기를 적응적으로 조절 할 수 있다.

한편 사용자 단말기(200)는 사용자 단말기 속도 추정기(223)에서 자신의 속도를 추정하여 채널상관 정보가 부분적으로 변할 수 있는 최대 범위를 하기 <식 9>와 같이 계산하여 적응적으로 채널상관 정보의 변화량을 조절하거나 채널상관 정보의 궤환 주기에 따라 양자화 비트 수를

적응적으로 조절할 수 있다.

[식 9]

$$\rho_{l,\max}(t) = J_0(2\pi d/\lambda) + 2 \sum_{i=1}^{\infty} J_{2i}(2\pi d/\lambda) \cos\left(2i\left(\text{AoD}_k(t-\Delta t) + \Delta_{\text{AoD}_l}\right)\right) \text{sinc}(2iAS) \\ + j \left(2 \sum_{i=0}^{\infty} J_{2i+1}(2\pi d/\lambda) \sin\left((2i+1)\left(\text{AoD}_k(t-\Delta t) + \Delta_{\text{AoD}_l}\right)\right) \text{sinc}((2i+1)AS) \right)$$

여기서 λ , d , D , AS 는 각각 신호의 파장, 기지국 안테나 간격, 기지국과의 거리, 각도 확산도를 나타내고 AoD_l 는 사용자 단말기 l 의 출발각, $\Delta_{\text{AoD}_l} = v_l \Delta t / D$ 는 사용자 단말기 속도에 따른 사용자 단말기 출발각의 변화를 나타내며, $J_z(x)$ 는 z 차 1종 베셀 함수(Bessel function)를 나타낸다. 사용자 단말기는 상기 <식 9>와 이전 레환 주기에서의 채널상관 정보 $\hat{\mathbf{R}}(t-\Delta t)$ 의 채널상관계수 $\rho_l(t-\Delta t)$ 와의 차이를 구하면 채널상관계수의 최대 변화량을 하기 <식 10>과 같이 구할 수 있다.

[식 10]

$$\Delta \rho_{l,\max} = \rho_{l,\max}(t) - \rho_l(t-\Delta t)$$

이와 마찬가지로 채널상관계수의 크기와 위상의 최대 변화량도 <하기 식 11>과 같이 구할 수 있다.

[식 11]

$$\Delta \alpha_{l,\max} = \alpha_{l,\max}(t) - \alpha_l(t-\Delta t) \\ \Delta \theta_{l,\max} = \theta_{l,\max}(t) - \theta_l(t-\Delta t)$$

각 사용자 단말기는 자신의 속도와 채널상관 정보의 레환 주기를

고려하여 상기 <식 10>과 같이 구한 채널상관계수의 최대 변화량을 이용해 적응적으로 부 코드북을 생성할 수 있다. 하기 <표 5>는 채널상관계수의 위상의 최대 변화량 $\Delta\theta_{l,\max} = 0.25\pi$ 인 경우의 예시이다.

[표 5]

지수	$\Delta\theta_{l,\max}$
0	0.125π
1	0.25π
2	0.375π
3	0.5π

이를 실제 시스템에 적용하기 위해서는 부 코드북에 대한 정보를 기지국과 공유할 필요가 있다. 따라서 시스템을 설계할 때 채널상관 정보의 최대 변화량에 대한 정보를 상기 <표 5>와 같이 미리 양자화 해서 기지국과 사용자 단말기가 이를 약속하고 있어야 하고, 채널상관 정보의 최대 변화량이 변하는 경우 이에 대한 정보를 교환한다. 또한 기지국과 사용자 단말기는 상기 <표 3> 또는 <표 4>의 예시와 같이 채널상관 정보의 최대 변화량에 따라 설계된 부 코드북을 약속하고 있어야 한다. 이 때 상기 <표 3>은 부 코드북의 크기는 일정하게 유지하고 채널상관 정보의 최대 변화량에 따라 부 코드북의 정밀도를 조절하는 고정 비트 방식의 부 코드북 예시이고, 상기 <표 4>는 부 코드북의 정밀도는 일정하게 유지하고 채널상관 정보의 최대 변화량에 따라 부 코드북의 크기를 조절하는 적응적

비트 방식의 부 코드북 예시를 나타낸다. 이 때 고정 비트 방식의 부 코드북과 적응적 비트 방식의 부 코드북의 사용은 사용자 단말기 초기 접속 과정(network entry)에서 차등 궤환을 위한 부 코드북 모드 설정을 위한 방송용 메시지(broadcast message)를 정의함으로써 사용자 단말기에게 알려 줄 수 있다.

도 6은 본 발명에 따른 채널상관 정보의 차등 궤환을 위한 기지국과 사용자 단말기 간 전체적인 동작 절차를 나타낸다.

먼저 사용자 단말기(200)는 파일럿 신호를 수신(S110)하고 채널상관 정보 추정기(225)에서 채널상관 정보를 추정한다. 그리고 이를 채널상관 정보 저장기(233)에 저장 및 이를 표현하는 주 코드북의 대표값 지수를 상향링크 채널을 통해 기지국에 궤환(S120)한다.

기지국(100)에서는 이를 채널상관 정보 저장기(150)에 저장하고 이를 이용해 다중 고유 빔을 형성하여 사용자 단말기에게 데이터 신호를 전송(S130)한다.

이후부터 사용자 단말기(200)는 채널상관 정보의 변화 범위를 측정하고 이를 표현하는 부 코드북의 대표값 지수를 상향링크 채널을 통해 기지국(100)에 궤환(S210)한다.

기지국(100)에서는 이를 이용해 채널상관 정보를 계산하고 다중 고유

빔을 형성하여 사용자 단말기(200)에게 데이터 신호(S230)를 전송한다. 이때 기지국(100)에서는 상향링크 채널의 순화중복확인 비트 값을 검사하여 상향링크 전송 오류 여부를 검사(S220)하고 사용자 단말기(200)에게 응답/무응답(ACK/NACK) 메시지를 통해 이를 알려줄 수 있다.(S221) 만약 사용자 단말기(200)가 기지국(100)으로부터 무응답 메시지를 받으면 상향링크 채널의 오류가 발생했다는 것이므로 채널상관정보 저장기를 초기화(S225)하고 다시 주 코드북 궤환 과정(S100)을 수행한 후 부 코드북 궤환 과정(S200)을 반복하게 된다.

도 7은 다중 고유 빔형성 기법에 제안된 채널상관 정보 양자화 기법을 사용하는 경우와 종래에 IEEE 802.16m 표준에서 고려하고 있는 기법을 사용하는 경우의 성능을 비교한다.

기지국의 송신 안테나 수가 $M=2$ 개이고, 사용자 단말기의 수가 $L=2$ 명인 경우를 가정하였다. 또한, 성능 평가의 간편화를 위해 모든 사용자 단말기는 동일한 평균 신호대잡음비를 갖고, 채널상관 정보는 하기 <식 12>와 같이 주어진다고 가정한다.

[식 12]

$$\mathbf{R}_l = \begin{bmatrix} 1 & \rho_l \\ \rho_l^* & 1 \end{bmatrix}$$

여기서 $\rho_l = \alpha_l e^{j2\pi\theta_l}$ 은 사용자 단말기 l 의 채널상관계수이며 α_l 는

채널상관계수의 크기, θ_i 은 채널상관계수의 위상을 나타낸다.

상기 도 7에서 살펴볼 수 있듯이 채널상관 정보를 무한대 비트 수로 양자화하는 경우는 채널상관 정보의 최대 변화량에 상관없이 이상적인 성능을 제공하지만 실제 환경에서는 운용이 불가능하다. 종래에 IEEE 802.16m에서 고려하고 있는 채널상관 정보 양자화 기법의 경우 이상적인 성능에 비해 성능 열화가 발생함을 알 수 있다. 이에 반해 3 비트 고정 부코드북을 사용하는 제안 양자화 기법의 경우 동일한 3 비트의 사용으로 종래에 IEEE 802.16m에서 고려하고 있는 채널상관 정보 양자화 기법에 비해 향상된 성능을 제공함을 알 수 있으며, 채널상관 정보의 최대 변화량이 작을수록 무한대 비트 수로 양자화하는 이상적인 성능에 근접한 성능을 보임을 알 수 있다. 또한 최대 변화량에 따라 2, 3, 4 비트 부 코드북을 적응적으로 사용하는 제안 양자화 기법의 경우 최대 변화량이 작은 환경에서는 고정 비트 부 코드북에 비해 성능이 감소하지만, 최대 변화량이 큰 환경에서는 성능이 증가하는 것을 알 수 있다.

도 8은 사용자 단말기의 속도와 채널상관 정보의 궤환 주기에 따른 채널상관계수의 위상의 최대 변화량을 나타낸다.

도 8에서 살펴볼 수 있듯이 사용자 단말기의 속도가 빠를수록 채널상관 정보의 궤환 주기가 길수록 채널상관 정보의 위상의 최대

변화량이 크게 바뀔 수 있다. 따라서 사용자 단말기의 속도 및 궤환 주기에 따라 채널상관계수의 위상의 최대 변화량으로 조절 가능한 부 코드북을 적응적으로 조절함으로써 제안 차등 채널상관 정보 양자화 기법의 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 예를 들면, 사용자 단말기의 속도가 100 km/h이고 궤환 주기가 1000 ms인 경우 채널상관계수의 위상의 최대 변화가 대략 $40^\circ = 0.22\pi$ 이므로 $\Delta\theta_{l,\max} = 0.25\pi$ 인 부 코드북을 사용하는 것이 바람직하고, 사용자 단말기의 속도가 100 km/h 이고 궤환 주기가 500 ms 인 경우 채널상관계수의 위상의 최대 변화가 대략 $20^\circ = 0.1\pi$ 이므로 $\Delta\theta_{l,\max} = 0.125\pi$ 인 부 코드북을 사용하는 것이 바람직하다.

이상에서 살펴본 본 발명에 따른 다중 안테나 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법 및 이를 적용한 무선 시스템에 의하면, 다중 안테나 기술을 이용하는 무선 통신 시스템에서 시스템의 용량은 감소시키지 않으면서 양자화 비트 수를 줄여 상향링크로의 궤환 정보량을 줄이거나 또는 같은 양자화 비트 수를 써서 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 채널 상관 정보 양자화 방법을 제공할 수 있다.

특히, 채널 상관 정보가 비교적 천천히 변하는 특성을 이용하여 채널 상관 정보를 양자화하는데 있어 채널 상관 정보가 실제로 변화할 수 있는 부분 영역만을 고려하여 차등적(differentially)으로 양자화하고 이를

케환함으로써 상향링크로의 케환 신호량 부담을 감소시킬 수 있게 된다.

이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 기재된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상이 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의해서 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

【청구의 범위】**【청구항 1】**

다중 안테나를 사용하여 다중 사용자 단말기에게 신호를 전송하는 무선통신 시스템의 통신 방법에 있어서,

사용자 단말기의 채널 상관 정보에 대한 전체 영역을 양자화하여 주 코드북을 생성하고, 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 변환하여 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 이용하여 다중 고유 빔을 형성하여 데이터 신호를 전송하는 주 코드북 변환 단계 및

상기 채널 상관 정보의 변화량에 기초하여 상기 채널 상관 정보의 부분 영역만을 차등적으로 양자화하여 부 코드북을 생성하고 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 변환하여 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 이용하여 다중 고유 빔을 형성하여 데이터 신호를 전송하는 부 코드북 변환 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

- 상기 전체 영역이 양자화된 채널상관 정보 또는 상기 부분 영역이

양자화된 채널상관 정보를 저장하는 단계를 더 포함하며,

상기 부 코드북 변환 단계는,

이전 주기의 양자화된 채널상관 정보와 현재 양자화된 채널상관 정보를 대비하여 상기 채널 상관 정보의 변화량을 산출하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

부 코드북 변환 단계에서,

상기 부 코드북은, 최대 채널 변화량을 고려하여 생성되되,

상기 최대 채널 변화량은 하기 <식 10>에 의해 산출되며,

[식 10]

$$\Delta\rho_{l,\max} = \rho_{l,\max}(t) - \rho_l(t - \Delta t)$$

여기서 $\Delta\rho_{l,\max}$ 는 채널상관 정보가 변할 수 있는 최대 범위, $\rho_l(t - \Delta t)$ 는 이전 정보 변환 시간에서의 채널상관계수를 나타내며 $\rho_{l,\max}(t)$ 는 하기 <식 9>에 의해 산출되며,

[식 9]

$$\begin{aligned} \rho_{l,\max}(t) = & J_0(2\pi d/\lambda) + 2 \sum_{i=1}^{\infty} J_{2i}(2\pi d/\lambda) \cos\left(2i\left(\text{AoD}_k(t - \Delta t) + \Delta_{\text{AoD}_l}\right)\right) \text{sinc}(2iAS) \\ & + j \left(2 \sum_{i=0}^{\infty} J_{2i+1}(2\pi d/\lambda) \sin\left((2i+1)\left(\text{AoD}_k(t - \Delta t) + \Delta_{\text{AoD}_l}\right)\right) \text{sinc}((2i+1)AS) \right) \end{aligned}$$

여기서 λ , d , D , AS 는 각각 신호의 파장, 기지국 안테나 간격, 기지국과의 거리, 각도 확산도를 나타내고, AoD_l 는 사용자 단말기 l 의 출발각, $\Delta_{AoD_l} = v_l \Delta t / D$ 는 사용자 단말기의 속도에 따른 사용자 단말기 출발각의 변화를 나타내며, $J_z(x)$ 는 z 차 1종 베셀 함수(Bessel function)를 나타내는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서,

상기 부 코드북은,

그 크기를 일정하게 유지하고 채널상관 정보의 최대 변화량에 따라 양자화 정밀도를 조절하는 고정 비트 방식 또는 양자화 정밀도는 일정하게 유지하고 채널상관 정보의 변화량에 따라 그 크기를 조절하는 적응적 비트 방식으로 생성되는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법.

【청구항 5】

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주 코드북 변환 단계 수행 후,

반복적으로 부 코드북 변환 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 다중

안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서,

기설정된 일정 주기마다 또는 상향링크에서 전송 오류가 인지되는 경우에,

상기 주 코드북 궤환 단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 다중 안테나 무선 시스템에서 채널 정보의 차등적 양자화 방법.

【청구항 7】

채널 상관도가 존재하는 다중 안테나 무선 시스템에 있어서,

채널상관 정보를 추정하는 채널상관 정보 추정기;

채널상관 정보에 대한 전체 영역을 양자화하여 주 코드북과 상기 주 코드북에 대한 대표값 지수를 획득하는 채널상관 정보 양자화기;

채널상관 정보의 변화량을 산출하는 채널상관 정보 변화량 계산기; 및

채널상관 정보에 대한 일부 영역을 양자화하여 부 코드북과 상기 부 코드북에 대한 대표값 지수를 획득하는 채널상관 정보 변화량 양자화기를 포함하며,

상기 주 코드북에 대한 대표값 지수 또는 부 코드북에 대한 대표값 지수를 기지국으로 궤환하는 사용자 단말기를 포함하는 것을 특징으로 하는

채널 정보의 차등적 양자화 방법을 적용하는 다중 안테나 무선 시스템.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 사용자 단말기로부터 반환되는 대표값 지수에 기초하여 채널상관 정보를 산출하는 채널상관 정보 계산기; 및

다중 고유빔을 형성하는 다중 고유 빔 형성기를 포함하는 기지국을 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 정보의 차등적 양자화 방법을 적용하는 다중 안테나 무선 시스템.

【청구항 9】

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 사용자 단말기 및 기지국은,

양자화된 채널 상관 정보를 저장하는 채널상관 정보 저장기를 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 정보의 차등적 양자화 방법을 적용하는 다중 안테나 무선 시스템.

【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 기지국은,

상향링크 수신 신호의 신호품질을 측정하는 상향링크 신호품질

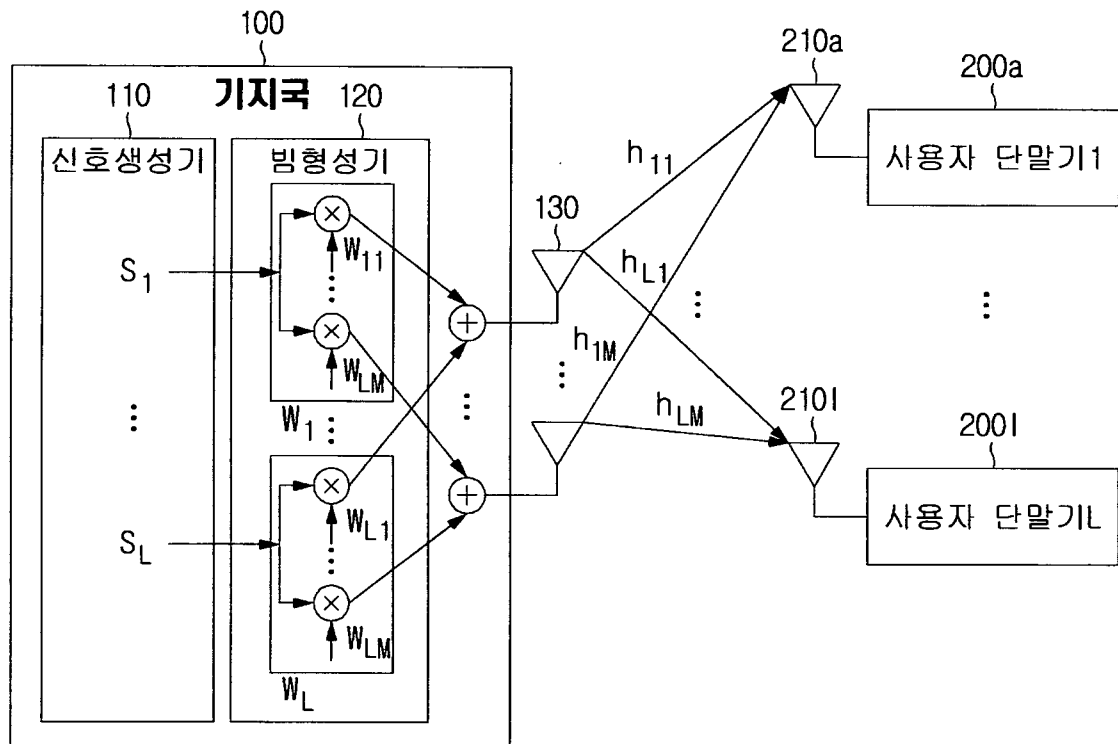
측정기; 및

상향링크 채널의 순환중복확인(CRC) 비트 값을 검사하여 전송 오류 여부를 판단하는 레환채널 CRC 검사기를 더 포함하고,

상기 사용자 단말기는,

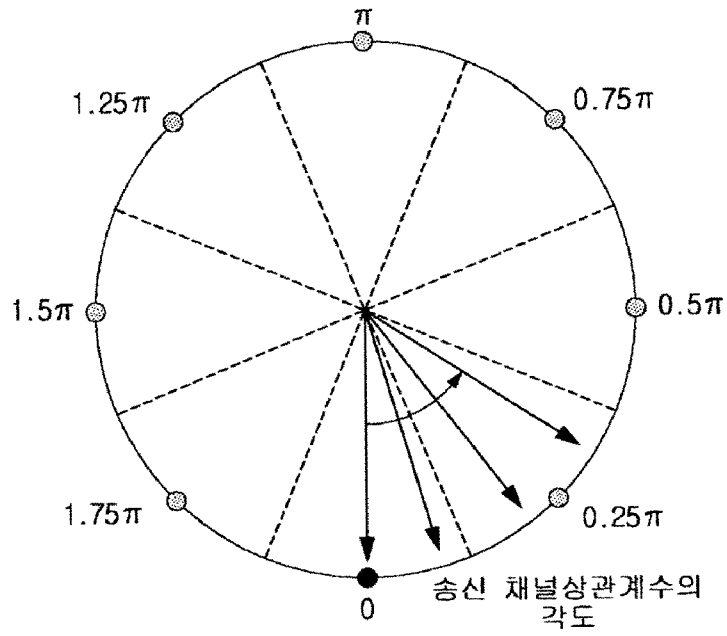
상기 기지국의 상향링크 신호품질 측정기에서 측정된 신호 품질 또는 레환채널 CRC 검사기에서 판단된 오류 여부에 기초하여 주 코드북 레환주기를 결정하는 주 코드북 레환주기 결정기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 정보의 차등적 양자화 방법을 적용하는 다중 안테나 무선 시스템.

【도 1】

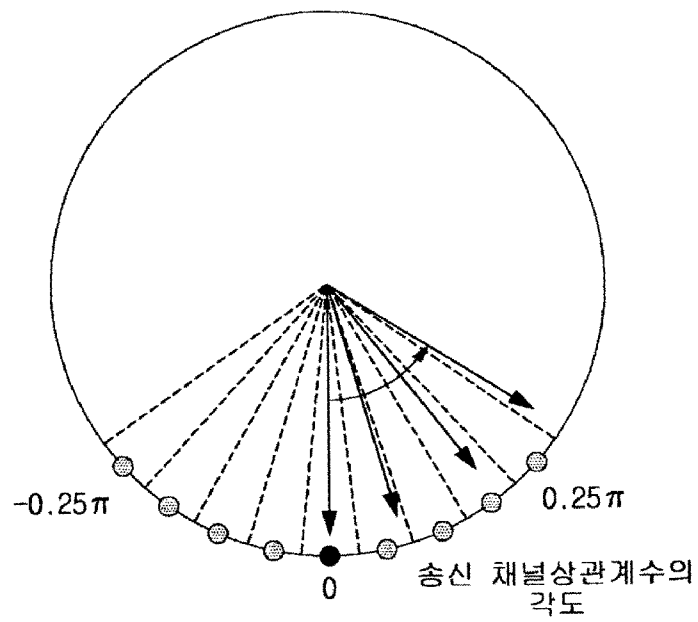


2 / 6

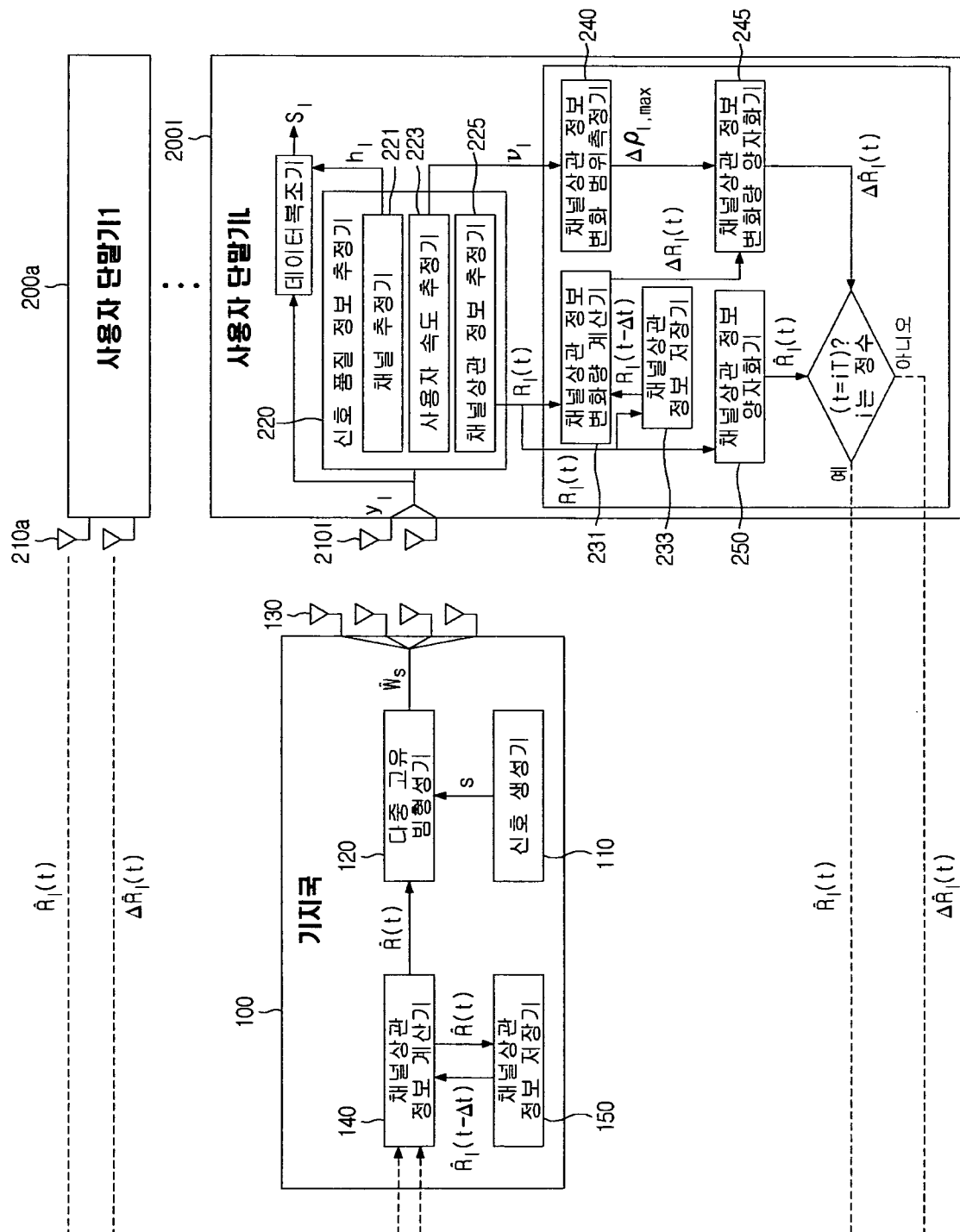
【도 2】



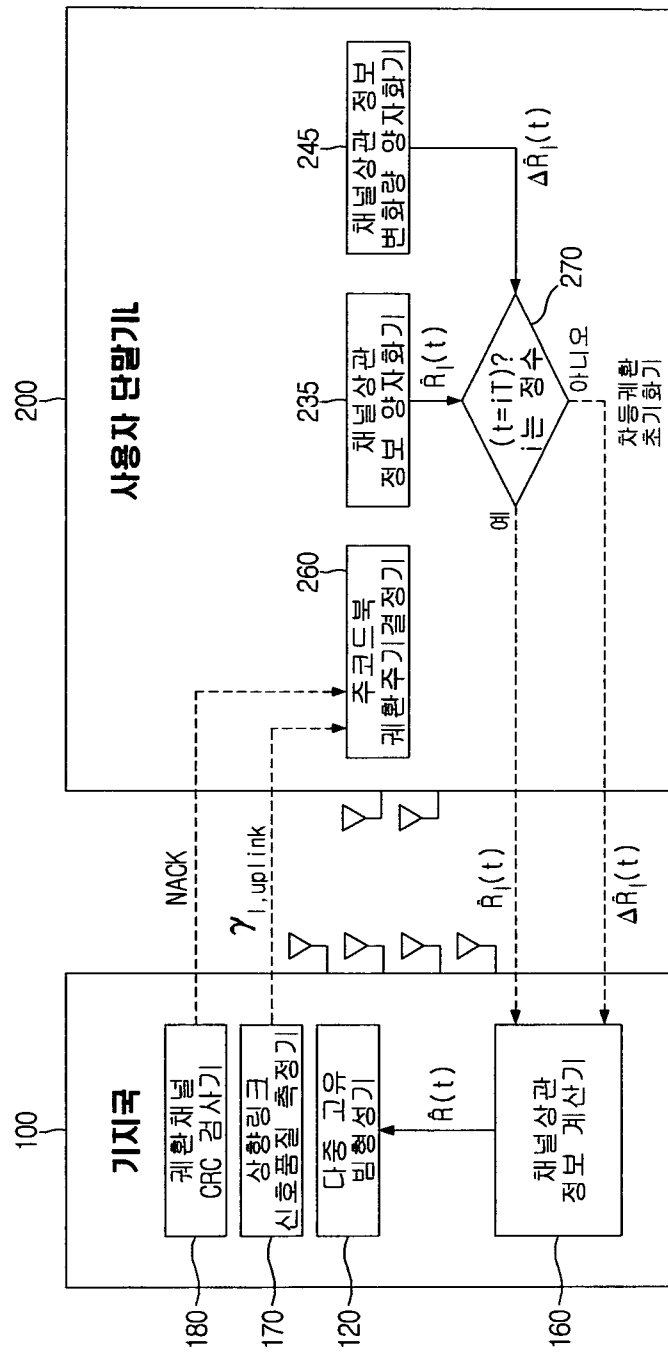
【도 3】



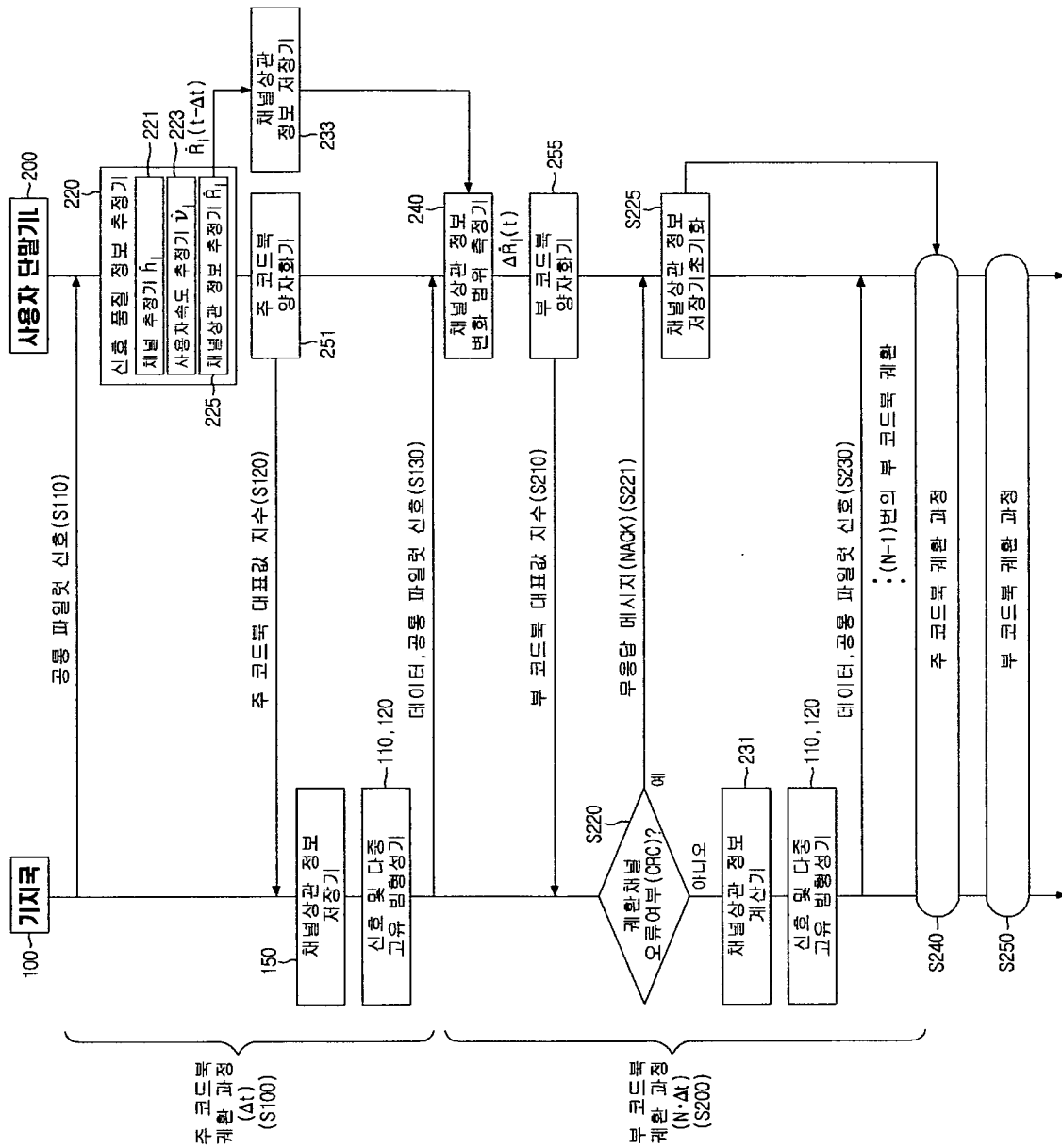
【도 4】



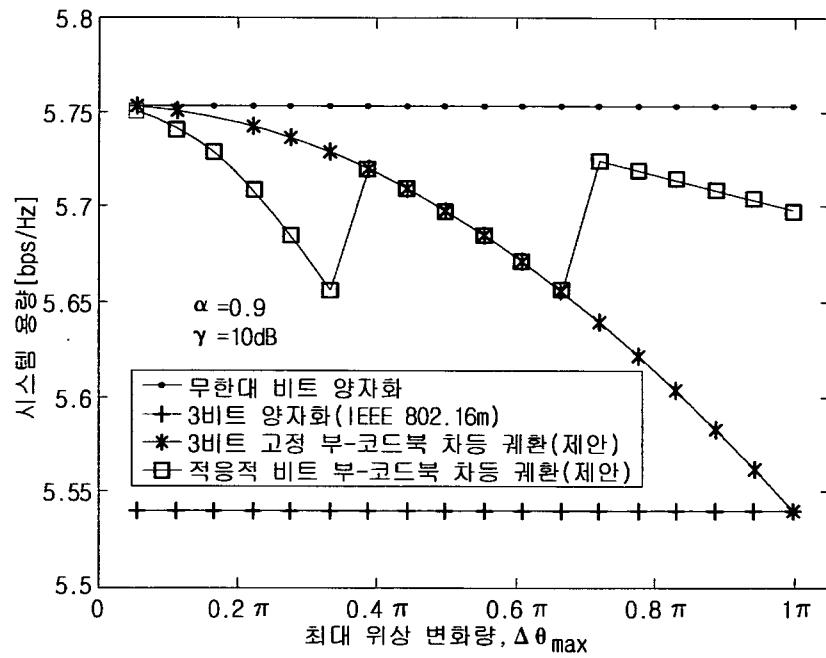
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

