

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021년 4월 22일 (22.04.2021)

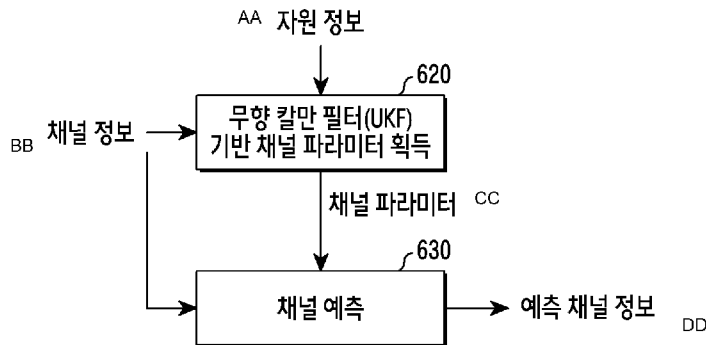


(10) 국제공개번호
WO 2021/075889 A1

- (51) 국제특허분류: *H04L 25/02* (2006.01) *H04B 7/06* (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01) *H04B 17/373* (2014.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/014126
- (22) 국제출원일: 2020년 10월 15일 (15.10.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2019-0128078 2019년 10월 15일 (15.10.2019)KR
- (71) 출원인: 삼성전자 주식회사 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) [KR/KR]; 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 전영현 (JEON, Younghyun); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR). 김은용 (KIM, Eunyong); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR). 이명원 (LEE, Myoungwon); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 권혁록 등 (KWON, Hyuk-Rok et al.); 03175 서울시 종로구 경희궁길 28, 2층, 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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 (KR).

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR ESTIMATING CHANNEL IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 채널을 추정하기 위한 위한 장치 및 방법



620 ... Acquire channel parameter on basis of unscented Kalman filter (UKF)
 630 ... Predict channel
 AA ... Resource information
 BB ... Channel information
 CC ... Channel parameter
 DD ... Predicted channel information

(57) Abstract: The present disclosure relates to a 5th generation (5G) or pre-5G communication system for supporting a higher data transmission rate beyond a 4th generation (4G) communication system such as long term evolution (LTE). According to various embodiments of the present disclosure, a base station in a wireless communication system may comprise the steps of: acquiring, in a first time interval, channel information of a downlink channel with a terminal; on the basis of the unscented Kalman filter, acquiring current channel state information from previous state information and the channel information; and generating, from the current channel state information, predicted channel information in a second time interval.



WO 2021/075889 A1

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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 본 개시(disclosure)는 LTE(Long Term Evolution)와 같은 4G(4th generation) 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G(5th generation) 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 본 개시의 다양한 실시예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 무선 통신 시스템에서 기지국은, 제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하는 과정과, 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정과, 상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를 생성하는 과정을 포함할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 채널을 추정하기 위한 위한 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 개시(disclosure)는 일반적으로 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 무선 통신 시스템에서 채널을 추정하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 4G(4th generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G(5th generation) 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후(Beyond 4G Network) 통신 시스템 또는 LTE(Long Term Evolution) 시스템 이후(Post LTE) 시스템이라 불리어지고 있다.
- [3] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중입출력(Full Dimensional MIMO, FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beam-forming), 및 대규모 안테나(large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.
- [4] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀(advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크(cloud radio access network, cloud RAN), 초고밀도 네트워크(ultra-dense network), 기기 간 통신(Device to Device communication, D2D), 무선 백홀(wireless backhaul), 이동 네트워크(moving network), 협력 통신(cooperative communication), CoMP(Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거(interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.
- [5] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(Advanced Coding Modulation, ACM) 방식인 FQAM(Hybrid Frequency Shift Keying and Quadrature Amplitude Modulation) 및 SWSC(Sliding Window Superposition Coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(Filter Bank Multi Carrier), NOMA(Non Orthogonal Multiple Access), 및 SCMA(Sparse Code Multiple Access) 등이 개발되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 상술한 바와 같은 논의를 바탕으로, 본 개시(disclosure)는, 무선 통신

- 시스템에서 채널 파라미터를 예측(predict)하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.
- [7] 또한, 본 개시는, 무선 통신 시스템에서 채널을 보다 정확하게 추정하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.
- [8] 또한, 본 개시는, 무선 통신 시스템에서 저복잡도로 채널을 추정하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [9] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 무선 통신 시스템에서 기지국에 의해 수행되는 방법은, 제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하는 과정과, 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정과, 상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를 생성하는 과정을 포함할 수 있다.
- [10] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 기지국은 적어도 하나의 송수신기와 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하고, 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하고, 상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를 생성하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [11] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 장치 및 방법은, UKF(Unscented Kalman Filter)에 기반하여 채널 파라미터들을 예측함으로써, 낮은 복잡도로 보다 정확하게 채널을 추정할 수 있게 한다.
- [12] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [13] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템을 도시한다.
- [14] 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국의 구성을 도시한다.
- [15] 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 구성을 도시한다.
- [16] 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 통신부의 구성을 도시한다.
- [17] 도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 시간-주파수 영역의 자원 구조를 도시한다.
- [18] 도 6a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 시스템 모델(system model)의 예를 도시한다.

- [19] 도 6b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 채널 파라미터 예측(prediction)의 기능적 구성을 도시한다.
- [20] 도 6c는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 호핑 패턴(hopping pattern)의 예를 도시한다.
- [21] 도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF(Unscented Kalman Filter) 기반 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [22] 도 8a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 SRS(sounding reference signal)를 이용하는 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [23] 도 8b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 SRS를 이용하는 채널 추정의 예를 도시한다.
- [24] 도 8c는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 SRS 버퍼 관리의 예를 도시한다.
- [25] 도 9a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 CSI(channel state information)를 이용하는 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [26] 도 9b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 CSI를 이용하는 채널 추정의 예를 도시한다.
- [27] 도 10은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF의 원리를 도시한다.
- [28] 도 11a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF 기반 상태 정보 관리를 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [29] 도 11b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF 기반의 알고리즘에서 복잡도를 줄이기 위해서 최소 제곱 방법(least square method)와 결합된 상태 정보 관리를 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [30] 도 12는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 뉴멀로지(numerology)에 따른 적응적 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [31] 도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 코드북(codebook) 기반 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [32] 본 개시에서 사용되는 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 개시에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 개시에 사용된 용어들 중 일반적인 사전에

정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 개시에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 개시에서 정의된 용어일지라도 본 개시의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

- [33] 이하에서 설명되는 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어적인 접근 방법을 예시로서 설명한다. 하지만, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 사용하는 기술을 포함하고 있으므로, 본 개시의 다양한 실시 예들이 소프트웨어 기반의 접근 방법을 제외하는 것은 아니다.
- [34] 이하 본 개시는 무선 통신 시스템에서 채널을 추정하기 위한 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시는 재귀 필터의 한 종류인 UKF(Unscented Kalman Filter)에 기반하여 채널을 추정하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 또한, 본 개시는 UKF가 필요한 상황에서 UKF를 사용하고, 그 외 다른 필터(예: EKF(Extended Kalman Filter))를 사용함으로써, 적응적으로 채널 추정 방법을 결정하기 위한 장치 및 방법에 대해 서술한다.
- [35] 이하 설명에서 사용되는 신호를 지칭하는 용어(예: 메시지, 정보, 프리앰블, 신호, 시그널링(signaling), 시퀀스(sequence), 스트림(stream)), 자원을 지칭하는 용어(예 심볼(symbol), 슬롯(slot), 서브프레임(subframe), 무선 프레임(radio frame), 서브캐리어(subcarrier), RE(resource element), RB(resource block), BWP(bandwidth part), 기회(Occasion)), 연산 상태를 위한 용어(예: 단계(step), 동작(operation), 절차(procedure)), 데이터를 지칭하는 용어(예: 정보(information), 비트(bit), 심볼(symbol), 코드워드(codeword)), 채널을 지칭하는 용어, 제어 정보를 지칭하는 용어(예: DCI(downlink control information), MAC CE(medium access control control element), RRC(radio resource control) signaling), 네트워크 객체(network entity)들을 지칭하는 용어, 장치의 구성 요소를 지칭하는 용어 등은 설명의 편의를 위해 예시된 것이다. 따라서, 본 개시가 후술되는 용어들에 한정되는 것은 아니며, 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어가 사용될 수 있다.
- [36] 이하 설명에서, 물리 채널(physical channel)과 신호(signal)는 데이터 혹은 제어 신호와 혼용하여 사용될 수 있다. 예를 들어, PDSCH(physical downlink shared channel)는 데이터가 전송되는 물리 채널을 지칭하는 용어이지만, PDSCH는 데이터를 지칭하기 위해서도 사용될 수 있다. 즉, 본 개시에서, '물리 채널을 송신한다'는 표현은 '물리 채널을 통해 데이터 또는 신호를 송신한다'는 표현과 동등하게 해석될 수 있다.
- [37] 이하 본 개시에서, 상위 시그널링은 기지국에서 물리 계층의 하향링크 데이터 채널을 이용하여 단말로, 또는 단말에서 물리 계층의 상향링크 데이터 채널을 이용하여 기지국으로 전달되는 신호 전달 방법을 뜻한다. 상위 시그널링은 RRC(radio resource control) 시그널링 또는 MAC 제어 요소(control element, 이하 'CE')로 이해될 수 있다.

- [38] 또한, 본 개시에서, 특정 조건의 만족(satisfied), 충족(fulfilled) 여부를 판단하기 위해, 초과 또는 미만의 표현이 사용되었으나, 이는 일 예를 표현하기 위한 기재일 뿐 이상 또는 이하의 기재를 배제하는 것이 아니다. '이상'으로 기재된 조건은 '초과', '이하'로 기재된 조건은 '미만', '이상 및 미만'으로 기재된 조건은 '초과 및 이하'로 대체될 수 있다.
- [39] 또한, 본 개시는, 일부 통신 규격(예: 3GPP(3rd Generation Partnership Project))에서 사용되는 용어들을 이용하여 다양한 실시 예들을 설명하지만, 이는 설명을 위한 예시일 뿐이다. 본 개시의 다양한 실시 예들은, 다른 통신 시스템에서도, 용이하게 변형되어 적용될 수 있다.
- [40] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템을 도시한다. 도 1은 무선 통신 시스템에서 무선 채널을 이용하는 노드(node)들의 일부로서, 기지국(110), 단말(120), 단말(130)을 예시한다. 도 1은 하나의 기지국만을 도시하나, 기지국(110)과 동일 또는 유사한 다른 기지국이 더 포함될 수 있다.
- [41] 기지국(110)은 단말들(120, 130)에게 무선 접속을 제공하는 네트워크 인프라스트럭처(infrastructure)이다. 기지국(110)은 신호를 송신할 수 있는 거리에 기초하여 일정한 지리적 영역으로 정의되는 커버리지(coverage)를 가진다. 기지국(110)은 기지국(base station) 외에 '액세스 포인트(access point, AP)', '이노드비(eNodeB, eNB)', '5G 노드(5th generation node)', '지노드비(next generation nodeB, gNB)', '무선 포인트(wireless point)', '송수신 포인트(transmission/reception point, TRP)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어로 지칭될 수 있다.
- [42] 단말(120) 및 단말(130) 각각은 사용자에 의해 사용되는 장치로서, 기지국(110)과 무선 채널을 통해 통신을 수행한다. 기지국(110)에서 단말(120) 또는 단말(130)을 향하는 링크는 하향링크(downlink, DL), 단말(120) 또는 단말(130)에서 기지국(110)을 향하는 링크는 상향링크(uplink, UL)라 지칭된다. 또한, 도 1에는 도시되지 않았으나, 일 실시 예에 따라, 단말(120) 및 단말(130)은 상호 간 무선 채널을 통해 통신을 수행할 수도 있다. 이때, 단말(120) 및 단말(130) 간 링크(device-to-device link; D2D)는 사이드링크(sidelink)라 지칭되며, 사이드링크는 PC5 인터페이스와 혼용될 수 있다. 경우에 따라, 단말(120) 및 단말(130) 중 적어도 하나는 사용자의 관여 없이 운영될 수 있다. 즉, 단말(120) 및 단말(130) 중 적어도 하나는 기계 타입 통신(machine type communication, MTC)을 수행하는 장치로서, 사용자에 의해 휴대되지 아니할 수 있다. 단말(120) 및 단말(130) 각각은 단말(terminal) 외 '사용자 장비(user equipment, UE)', '이동국(mobile station)', '가입자국(subscriber station)', '원격 단말(remote terminal)', '무선 단말(wireless terminal)', 또는 '사용자 장치(user device)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어로 지칭될 수 있다.
- [43] 기지국(110), 단말(120), 단말(130)은 밀리미터 파(mmWave) 대역(예: 28GHz, 30GHz, 38GHz, 60GHz)에서 무선 신호를 송신 및 수신할 수 있다. 이때, 채널 이득의 향상을 위해, 기지국(110), 단말(120), 단말(130)은 빔포밍(beamforming)을

수행할 수 있다. 여기서, 빔포밍은 송신 빔포밍 및 수신 빔포밍을 포함할 수 있다. 즉, 기지국(110), 단말(120), 단말(130)은 송신 신호 또는 수신 신호에 방향성(directionality)을 부여할 수 있다. 이를 위해, 기지국(110) 및 단말들(120, 130)은 빔 탐색(beam search) 또는 빔 관리(beam management) 절차를 통해 서빙(serving) 빔들(112, 113, 121, 131)을 선택할 수 있다. 서빙 빔들(112, 113, 121, 131)이 선택된 후, 이후 통신은 서빙 빔들(112, 113, 121, 131)을 송신한 자원과 QCL(quasi co-located) 관계에 있는 자원을 통해 수행될 수 있다.

- [44] 제1 안테나 포트 상의 심볼을 전달한 채널의 광범위한(large-scale) 특성들이 제2 안테나 포트 상의 심볼을 전달한 채널로부터 추정될(inferred) 수 있다면, 제1 안테나 포트 및 제2 안테나 포트는 QCL 관계에 있다고 평가될 수 있다. 예를 들어, 광범위한 특성들은 지연 스프레드(delay spread), 도플러 스프레드(doppler spread), 도플러 쉬프트(doppler shift), 평균 이득(average gain), 평균 지연(average delay), 공간적 수신 파라미터(spatial receiver parameter) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [45] 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 기지국의 구성을 도시한다. 도 2에 예시된 구성은 기지국(110)의 구성으로서 이해될 수 있다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [46] 도 2를 참고하면, 기지국은 무선통신부(210), 백홀통신부(220), 저장부(230), 제어부(240)를 포함한다.
- [47] 무선통신부(210)는 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 무선통신부(210)는 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 무선통신부(210)는 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심볼들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 무선통신부(210)는 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다.
- [48] 또한, 무선통신부(210)는 기저대역 신호를 RF(radio frequency) 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향변환한다. 이를 위해, 무선통신부(210)는 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서(mixer), 오실레이터(oscillator), DAC(digital to analog convertor), ADC(analog to digital convertor) 등을 포함할 수 있다. 또한, 무선통신부(210)는 다수의 송수신 경로(path)들을 포함할 수 있다. 나아가, 무선통신부(210)는 다수의 안테나 요소들(antenna elements)로 구성된 적어도 하나의 안테나 어레이(antenna array)를 포함할 수 있다.
- [49] 하드웨어의 측면에서, 무선통신부(210)는 디지털 유닛(digital unit) 및 아날로그 유닛(analog unit)으로 구성될 수 있으며, 아날로그 유닛은 동작 전력, 동작 주파수 등에 따라 다수의 서브 유닛(sub-unit)들로 구성될 수 있다. 디지털 유닛은 적어도

- 하나의 프로세서(예: DSP(digital signal processor))로 구현될 수 있다.
- [50] 무선통신부(210)는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 무선통신부(210)의 전부 또는 일부는 '송신부(transmitter)', '수신부(receiver)' 또는 '송수신부(transceiver)'로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서, 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 무선통신부(210)에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.
- [51] 백홀통신부(220)는 네트워크 내 다른 노드들과 통신을 수행하기 위한 인터페이스를 제공한다. 즉, 백홀통신부(220)는 기지국에서 다른 노드, 예를 들어, 다른 접속 노드, 다른 기지국, 상위 노드, 코어망 등으로 송신되는 비트열을 물리적 신호로 변환하고, 다른 노드로부터 수신되는 물리적 신호를 비트열로 변환한다.
- [52] 저장부(230)는 기지국의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 저장부(230)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부(230)는 제어부(240)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.
- [53] 제어부(240)는 기지국의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부(240)는 무선통신부(210)를 통해 또는 백홀통신부(220)를 통해 신호를 송신 및 수신한다. 또한, 제어부(240)는 저장부(230)에 데이터를 기록하고, 읽는다. 그리고, 제어부(240)는 통신 규격에서 요구하는 프로토콜 스택(protocol stack)의 기능들을 수행할 수 있다. 다른 구현 예에 따라, 프로토콜 스택은 무선통신부(210)에 포함될 수 있다. 이를 위해, 제어부(240)는 적어도 하나의 프로세서(processor)를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따라, 제어부(240)는 기지국이 후술하는 다양한 실시 예들에 따른 동작들을 수행하도록 제어할 수 있다.
- [54] 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 단말의 구성을 도시한다. 도 3에 예시된 구성은 단말(120)의 구성으로서 이해될 수 있다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [55] 도 3을 참고하면, 단말은 통신부(310), 저장부(320), 제어부(330)를 포함한다.
- [56] 통신부(310)는 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행한다. 예를 들어, 통신부(310)는 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 통신부(310)는 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심볼들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 통신부(310)는 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 통신부(310)는 기저대역 신호를 RF 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향변환한다. 예를 들어, 통신부(310)는 송신 필터, 수신 필터, 증폭기,

- 믹서, 오실레이터, DAC, ADC 등을 포함할 수 있다.
- [57] 또한, 통신부(310)는 다수의 송수신 경로(path)들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부(310)는 다수의 안테나 요소들로 구성된 적어도 하나의 안테나 어레이를 포함할 수 있다. 하드웨어의 측면에서, 통신부(310)는 디지털 회로 및 아날로그 회로(예: RFIC(radio frequency integrated circuit))로 구성될 수 있다. 여기서, 디지털 회로 및 아날로그 회로는 하나의 패키지로 구현될 수 있다. 또한, 통신부(310)는 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부(310)는 빔포밍을 수행할 수 있다.
- [58] 통신부(310)는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 통신부(310)의 전부 또는 일부는 '송신부', '수신부' 또는 '송수신부'로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 통신부(310)에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.
- [59] 저장부(320)는 단말의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 저장부(320)는 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부(320)는 제어부(330)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.
- [60] 제어부(330)는 단말의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부(330)는 통신부(310)를 통해 신호를 송신 및 수신한다. 또한, 제어부(330)는 저장부(320)에 데이터를 기록하고, 읽는다. 그리고, 제어부(330)는 통신 규격에서 요구하는 프로토콜 스택의 기능들을 수행할 수 있다. 이를 위해, 제어부(330)는 적어도 하나의 프로세서 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다. 또한, 통신부(310)의 일부 및 제어부(330)는 CP(communication processor)라 지칭될 수 있다. 다양한 실시 예들에 따라, 제어부(330)는 단말이 후술하는 다양한 실시 예들에 따른 동작들을 수행하도록 제어할 수 있다.
- [61] 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 통신부의 구성을 도시한다. 도 4는 도 2의 무선통신부(210) 또는 도 3의 통신부(310)의 상세한 구성에 대한 예를 도시한다. 구체적으로, 도 4는 도 2의 무선통신부(210) 또는 도 3의 통신부(310)의 일부로서, 빔포밍을 수행하기 위한 구성요소들을 예시한다.
- [62] 도 4를 참고하면, 무선통신부(210) 또는 통신부(310)는 부호화 및 변조부(402), 디지털 빔포밍부(404), 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N), 아날로그 빔포밍부(408)를 포함한다.
- [63] 부호화 및 변조부(402)는 채널 인코딩을 수행한다. 채널 인코딩을 위해, LDPC(low density parity check) 코드, 컨볼루션(convolution) 코드, 폴라(polar) 코드 중 적어도 하나가 사용될 수 있다. 부호화 및 변조부(402)는 성상도 맵핑(constellation mapping)을 수행함으로써 변조 심볼들을 생성한다.

- [64] 디지털 빔포밍부(404)는 디지털 신호(예: 변조 심볼들)에 대한 빔포밍을 수행한다. 이를 위해, 디지털 빔포밍부(404)는 변조 심볼들에 빔포밍 가중치들을 곱한다. 여기서, 빔포밍 가중치들은 신호의 크기 및 위상을 변경하기 위해 사용되며, '프리코딩 행렬(precoding matrix)', '프리코더(precoder)' 등으로 지칭될 수 있다. 디지털 빔포밍부(404)는 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)로 디지털 빔포밍된 변조 심볼들을 출력한다. 이때, MIMO(multiple input multiple output) 전송 기법에 따라, 변조 심볼들은 다중화되거나, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)로 동일한 변조 심볼들이 제공될 수 있다.
- [65] 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)은 디지털 빔포밍된 디지털 신호들을 아날로그 신호로 변환한다. 이를 위해, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N) 각각은 IFFT(inverse fast fourier transform) 연산부, CP(cyclic prefix) 삽입부, DAC, 상향 변환부를 포함할 수 있다. CP 삽입부는 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 방식을 위한 것으로, 다른 물리 계층 방식(예: FBMC(filter bank multi-carrier))이 적용되는 경우 제외될 수 있다. 즉, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)은 디지털 빔포밍을 통해 생성된 다수의 스트림(stream)들에 대하여 독립된 신호처리 프로세스를 제공한다. 단, 구현 방식에 따라, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)의 구성요소들 중 일부는 공용으로 사용될 수 있다.
- [66] 아날로그 빔포밍부(408)는 아날로그 신호에 대한 빔포밍을 수행한다. 이를 위해, 디지털 빔포밍부(404)는 아날로그 신호들에 빔포밍 가중치들을 곱한다. 여기서, 빔포밍 가중치들은 신호의 크기 및 위상을 변경하기 위해 사용된다. 구체적으로, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N) 및 안테나들 간 연결 구조에 따라, 아날로그 빔포밍부(440)는 다양하게 구성될 수 있다. 예를 들어, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N) 각각이 하나의 안테나 어레이와 연결될 수 있다. 다른 예로, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)이 하나의 안테나 어레이와 연결될 수 있다. 또 다른 예로, 다수의 송신 경로들(406-1 내지 406-N)은 적응적으로 하나의 안테나 어레이와 연결되거나, 둘 이상의 안테나 어레이들과 연결될 수 있다.
- [67] 도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 시간-주파수 영역의 자원 구조를 도시한다. 도 5는 하향링크 또는 상향링크에서 데이터 또는 제어 채널이 전송되는 무선 자원 영역인 시간-주파수(time-frequency) 영역의 기본 구조를 예시한다. 이하, 본 개시는 시간-주파수 자원으로 정의되는 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)이 자원 구조로서 예시되나, TDM, FDM, CDM, SC-FDMA 등 시간-주파수로 분할 가능한 다양한 방식들의 자원 구조 형태가 정의될 수 있다.
- [68] 도 5를 참고하면, 가로 축은 시간 영역을, 세로 축은 주파수 영역을 나타낸다. 시간 영역에서의 최소 전송단위는 OFDM 심볼로서, N_{symb} 개의 OFDM 심볼들(502)이 모여 하나의 슬롯(506)을 구성한다. 일 예로, LTE 혹은 NR 시스템에서, 서브프레임의 길이는 1.0ms으로 정의되고, 라디오 프레임(radio

frame)(514)의 길이는 10ms로 정의된다. 주파수 영역에서의 최소 전송 단위는 부반송파(subcarrier)로서, 자원 그리드(resource grid)를 구성하는 캐리어 대역폭(carrier bandwidth)은 N_{BW} 개의 부반송파들(504)로 구성된다.

- [69] 시간-주파수 영역에서 자원의 기본 단위는 자원 요소(resource element, 이하 'RE')(512)로서, OFDM 심볼 인덱스 및 부반송파 인덱스로 나타낼 수 있다. 자원 블록은 복수 개의 자원 요소들을 포함할 수 있다. LTE 시스템에서, 자원 블록(resource block, RB)(또는 물리적 자원 블록(physical resource block, 이하 'PRB'))은 시간 영역에서 N_{symb} 개의 연속된 OFDM 심볼들 및 주파수 영역에서 N_{sc}^{RB} 개의 연속된 부반송파들로 정의된다. NR 시스템에서, 자원 블록(RB)(508)은 주파수 영역에서 N_{sc}^{RB} 개의 연속된 부반송파들(510)로 정의될 수 있다. 하나의 RB(508)는 주파수 축에서, N_{sc}^{RB} 개의 RE(512)들을 포함한다. 일반적으로 데이터의 최소 전송단위는 RB이고 서브캐리어들의 개수 $N_{sc}^{RB}=12$ 이다. 주파수 영역은 공통 자원 블록(common resource block, CRB)들을 포함할 수 있다. 주파수 영역 상의 대역폭 부분(bandwidth part, BWP)에서 물리적 자원 블록(PRB)가 정의될 수 있다. CRB 및 PRB 번호는 서브캐리어 간격(subcarrier spacing)에 따라 결정될 수 있다. 단말에게 스케줄링되는 RB들의 개수에 비례하여 데이터 전송률(data rate)이 증가할 수 있다.

- [70] 단말은 무선 환경 내에서 지속적으로 이동할 수 있다. 이러한 단말들에게 강건한(robust) 통신 환경을 제공하기 위해서, 스케줄링을 수행하는 기지국은 보다 정확한 채널 상태를 예측할 것이 요구된다. 현재 3GPP 규격에서는, 단말에 의해 전송되는 SRS에 기초하여(예: TDD(time division duplex)에서는 채널 상호성(channel reciprocity) 충족) 혹은 단말이 보고하는 CSI에 기초하여(예: FDD(frequency division duplex) 충족) 스케줄링이 수행되나, 이러한 SRS나 CSI 등은 스케줄링 단위인 TTI(transmission time interval)마다 업데이트(update)되는 것이 아니기 때문에, 정확하지 않을 수 있다. 뿐만 아니라, SRS를 지속적으로 전송하거나 CSI를 자주 보고하는 것 또한 단말에게 부담이므로, 기지국 측에서 주기적 혹은 간헐적으로 획득되는 채널 정보로부터, 다음 채널 정보를 얻기까지 현재의 채널 상태를 보다 정확하게 추정하기 위한 방안이 요구된다. 특히, 채널 이득을 높이기 위해 다수의 안테나들이 활용되는 Massive MIMO(multiple input multiple output)가 고려되고 있어, 다양한 경로들 상에서 정확한 채널 파라미터들의 예측이 요구된다.

- [71] 이하, 본 개시에서는, 기지국- 단말이 전송하는 SRS 혹은 단말이 보고하는 CSI에 기반하여, 기지국이 채널을 추정하는 상황이 예로 서술되나, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 채널 추정은 이에 한정되지 않는다. 기지국 외에 다른 네트워크 엔티티 혹은 기지국에 구비된 별도의 연산 장치가 후술되는 다양한 실시 예들에 따른 채널 추정을 수행하거나, 분산형 배치(distributed deployment)에서 CU 혹은 CU와 연결된 장비가 채널 추정을 수행할 수도 있다. 또한, 기지국에서 단말로의 하향링크 채널을 추정하는 예가 서술되나, 단말에서

기지국으로의 상향링크 채널 추정, 단말-단말 간 사이드링크 채널 추정에도 본 개시의 채널 추정이 적용될 수 있음은 물론이다.

- [72] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 채널 추정 장치는, SRS 또는 PMI로부터 얻은 이전 채널 정보를 기초로 채널 파라미터들을 예측한다. 기지국은, 이전 채널 상태와 현재 획득된 측정 정보에 기반하여, 현재 채널 상태를 결정할 수 있다. 채널 상태를 결정(determining)은, 채널 상태를 획득하거나(obtaining or acquiring), 계산하거나(calculating), 식별하거나(identifying), 예측하거나(predicting), 추정함(estimating), 또는 이와 동등한 의미를 갖는 용어로 대체되어 사용될 수 있다.
- [73] 기지국은 채널을 추정할 때(즉, 채널 파라미터들을 계산 혹은 예측할 때, 비선형(non-linear) 함수의 파라미터들을 추적해야 한다. 이 때, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 기지국은, EKF(Extended Kalman filter (EKF)) 방식보다 저복잡도 및 효율적으로 채널 추정을 수행하기 위해, Unscented Kalman Filter (UKF) 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 이하, 도 6a 내지 도 6c에서는 본 개시의 UKF 기반 채널 추정을 위한 시스템 모델(system model) 및 채널 추정의 기능적 구성들이 서술된다.
- [74] 도 6a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 시스템 모델(system model)의 예를 도시한다. 기지국 및 단말 간의 하향링크 채널 추정을 위한 시스템 모델의 예를 도시한다. 기지국은 도 1의 기지국(110)을, 단말은 도 1의 단말(120)을 예시한다. 시스템 모델을 설명하기 위한 자원 구조는 도 5의 자원 구조가 예시된다.
- [75] 도 6a를 참고하면, 무선 환경(600)은, 기지국과 단말 사이의 무선 채널(605)을 포함할 수 있다. 단말이 SRS를 전송하고, 기지국이 이를 수신하여 채널 추정하는 상황을 가정하자. 이 때, 무선 채널(650)은 신호가 전달되는 전파 경로에 의존적이고, 이러한 전파 경로는 송신단의 안테나(q)에 의존적일 수 있다. 하나의 안테나에서 방사된 신호는 공기 중에서(on air) 하나 이상의 경로들을 통해 수신단에게 제공된다. 또한, 각 경로에서 무선 채널(605)은 시간-주파수 의존적일 수 있다. 즉, 무선 채널(605)은, 안테나(q), 시간(time, t)과 주파수(frequency, f)에 따라 결정될 수 있다. 무선 채널은 벡터로 표현될 수 있으며, 하기의 수학적식과 같이 표현될 수 있다.

- [76] 【수학적식 1】

$$h_q(f, t) = \sum_{p=1}^P \gamma_{p,q} e^{-j2\pi(f\tau_p - v_p t)}$$

- [77] $h_q(f, t)$ 는 q번째 안테나에서 시간-주파수 자원(t, f)에 대한 predicted 채널 추정값을 나타낸다. τ_p 는 경로 p에 대한 지연 파라미터(delay parameter), v_p 는 경로 p에 대한 도플러 파라미터(doppler parameter), $\gamma_{p,q}$ 는 경로 p 상에서 안테나 q에 대한 복소 가중치(complex weight)를 나타낸다. τ_p, v_p 는 안테나 q와 무관하게

동일하게 적용된다고 가정, $\gamma_{p,q}$ 는 안테나 별로 다르게 적용된다고 가정된다.

[78] 관측되는 수신 신호는 하기의 수학적식과 같이 표현될 수 있다.

[79] 【수학적식 2】

$$\mathbf{y}_q(t_s, f_s) = \hat{\mathbf{h}}_q(t_s, f_s) + \mathbf{n}_q(t_s, f_s)$$

[80] $\mathbf{y}_q(t_s, f_s)$ 는, 자원(t_s, f_s)에서 q 번째 안테나에서 신호 전송 시, 수신된 신호 벡터이고, $\hat{\mathbf{h}}_q(t_s, f_s)$ 는, 자원(t_s, f_s)에서 q 번째 안테나에서 신호 전송 시, 무선 채널 벡터이고, $\mathbf{n}_q(t_s, f_s)$ 는, 자원(t_s, f_s)에서 q 번째 안테나에서 신호 전송 시, 잡음 벡터를 나타낸다.

[81] 주파수 영역(frequency domain) 및 주파수 자원(f_s)은 하기의 수학적식과 같이 정의될 수 있다.

[82] 【수학적식 3】

$$f_s \in [0, \delta f, \dots, (N_{RB} - 1) \delta f]$$

[83] 여기서, N_{RB} 는 채널 대역폭 내 RB들의 개수, δf 는 1개의 RB에 대응하는 주파수 크기를 나타낸다. 일 예로, LTE의 경우, δf 는 180kHz이다. 또한, 일 예로, NR의 경우, δf 는 구성되는 뉴멀로지(numerology)에 따라 가변적으로 결정될 수 있다.

[84] 시간 영역(frequency domain) 및 시간 자원(t_s)은 하기의 수학적식과 같이 정의될 수 있다.

[85] 【수학적식 4】

$$t_s \in [0, \Delta T, \dots, (N_{SRS} - 1) \Delta T]$$

[86] 여기서, ΔT 는 SRS 주기(periodicity)를 의미하여, N_{SRS} 는 총 사이클에 소요되는 횟수를 나타낸다. 한편, SRS로 표현되는 시간 영역은 예시적인 것이며, CRS 혹은 CSI-RS에 의한 채널 추정 시, 시간 도메인에서 주기 및 스케일은 상위 계층 시그널링(higher layer signaling)(예: CSI report configuration)에 의해 별도로 구성될 수 있다.

[87] q 번째 안테나의 2차원 자원 구조(시간-주파수 자원)의 채널 response $\hat{\mathbf{h}}_q(t_s, f_s)$ 는 벡터화(vectorized)되어 아래와 같이 정의되며, $\hat{\mathbf{h}}_q(t_s, f_s)$ 의 벡터화가 먼저 주파수 도메인을 따라, 두 번째로 시간 도메인을 따라 수행되면, 하기의 수학적식과 같이 표현될 수 있다.

[88] 【수학적식 5】

$$\tilde{\mathbf{h}}_q = \text{vec}\{\hat{\mathbf{h}}_q(t_s, f_s)\}, \quad \tilde{\mathbf{y}}_q = \text{vec}\{\hat{\mathbf{y}}_q(t_s, f_s)\}$$

[89] 이후, 각 채널 벡터는 채널 파라미터들의 비선형 함수(Non-linear function)로 표현될 수 있다. 예를 들어, 각 채널 벡터는 하기의 수학적식과 같이 표현될 수 있다.

[90] 【수학적식 6】

$$\tilde{\mathbf{h}}_q = \text{vec}\{\hat{\mathbf{h}}_q(t, k)\} = s_q(\tau, \nu, \gamma_q) = B(\tau, \nu) \cdot \gamma_q = B_{tf}(\tau, \nu) \diamond B_f(\tau) \cdot \gamma_q$$

[91] 여기서, 파라미터 벡터 $\tau, \mathbf{v} \in \mathbb{R}^P$ 는 각각 P개의 실수(real number)를 가지는 vector를 의미하고, $\mathbf{y}_q \in \mathbb{C}^P$ 는 각각 P개의 복소수(complex number)를 가지는 vector를 의미하며, ' \diamond ' 연산자는 column-wise Kronecker product인 Khatri-Rao product을 나타낸다. Khatri-Rao product의 두 2x2 행렬 사이의 예는 다음과 같다.

[92] 【수학식 7】

$$\mathbf{A} \diamond \mathbf{B} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \diamond \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} & a_{22}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

[93] 또한, 행렬 $B_f(\tau)$ 는 path delay τ 로 인하여 영향받는 대역 내 주파수 응답(intra-band frequency response)을 의미하며, $B_f(\tau) \in \mathbb{C}^{M_f \times P}$ 이고, 입력/출력 변수의 매핑 관계(input-output mapping)는 $\mathbb{R}^P \rightarrow \mathbb{C}^{M_f \times P}$ 이다. 여기서 M_f 는 해당 서브 대역 내의 RB의 수이다. 예로, 행렬 $B_f(\tau)$ 는 path delay로 인한 대역 내 SRS(intra-subband SRS) 주파수 응답을 나타내며, p 번째 column인 $[B_f(\tau)]_p$ 은 하기의 수학적식과 같이 표현될 수 있다.

[94] 【수학식 8】

$$[B_f(\tau)]_p = e^{-j2\pi \mathbf{x}_1 \delta f \tau_p} \text{ where } \mathbf{x}_1 = \left[-\left\lfloor \frac{M_f}{2} \right\rfloor, -\left\lfloor \frac{M_f}{2} \right\rfloor + 1, \dots, \left(\left\lfloor \frac{M_f}{2} \right\rfloor - 1 \right) \right]^T$$

[95] 유사하게, 행렬 $B_{tf}(\tau, \mathbf{v}) \in \mathbb{C}^{N_{SRS} \times P}$ 는 대역 간 주파수 응답(inter-band frequency response)을 의미하며, path delay vector τ 와 doppler vector \mathbf{v} 의 함수이다. 상기 함수의 입력/출력 변수의 매핑 관계는 $(\mathbb{R}^P, \mathbb{R}^P) \rightarrow \mathbb{C}^{M_f \times P}$ 이며, N_{SRS} 는 buffer에 동시에 저장되어 처리(processing)되는 SRS 서브대역들의 개수를 나타낸다. 행렬 $B_{tf}(\tau, \mathbf{v})$ 의 p 번째 column인 $[B_{tf}(\tau, \mathbf{v})]_p$ 은 아래와 같이 표현될 수 있다.

[96] 【수학식 9】

$$[B_{tf}(\tau, \mathbf{v})]_p = e^{-j2\pi(m\Delta f \tau_p - n\Delta t v_p)}$$

[97] 여기서 Δf 는 대역 간(inter-band) 주파수 간격(예: LTE에서 24RB * 180KHz)을 의미하며, Δt 는 인접한 SRS 서브밴드 간 샘플링 간격을 의미한다. m은 대역 인덱스, n은 시간 인덱스를 의미한다. 일 실시 예에 따라, Δf , m은 통신 시스템(예: LTE 혹은 NR), SCS(subcarrier spacing), 및 대역 위치에 의존적이며, Δt , n은 네트워크에 의해 구성되는 SRS 구성(SRS configuration) 혹은 CSI 구성(예: CSI 자원 구성(CSI-RS configuration), CSI 보고 구성(CSI report configuration))에 의존적일 수 있다. SRS 호핑 패턴이 구성되는 경우, m과 n은 호핑 패턴에 따라 결정될 수 있다. 구체적인 예는 도 6c를 통해 서술된다.

[98] 신호 처리 및 parameter의 추정의 효율을 위해 q번째 vector $\tilde{\mathbf{h}}_q$ 와 $\tilde{\mathbf{y}}_q$ 는 concatenation을 거쳐 연결화된 전체(overall vector)로 하기의 수학과 같이 표현될

수 있다.

[99] 【수학식 10】

$$\tilde{\mathbf{h}} = \text{vec}\{\{\tilde{\mathbf{h}}_{q=1}, \tilde{\mathbf{h}}_{q=2}, \dots, \tilde{\mathbf{h}}_{q=N_{ant}}\}\}$$

$$\tilde{\mathbf{y}} = \text{vec}\{\{\tilde{\mathbf{y}}_{q=1}, \tilde{\mathbf{y}}_{q=2}, \dots, \tilde{\mathbf{y}}_{q=N_{ant}}\}\}$$

[100] 일부 실시 예들에서, 상술된 SRS에 대한 벡터 신호 모델은 다수의 eNB 안테나들(N_{ant})을 고려하도록 확장될 수 있다. 이 때, 경로 지연 및 도플러가 N_{ant} 개의 안테나들에서 공통적임이 가정될 수 있다. 상기 수학식 6의 채널 벡터는, 하기의 수학식과 같이 표현될 수 있다.

[101] 【수학식 11】

$$\tilde{\mathbf{h}} = s(\tau, \nu, \gamma) = \mathbf{\Gamma} \diamond \mathbf{B}_{tf} \diamond \mathbf{B}_f \cdot \mathbf{1}$$

[102] 여기서, 채널 벡터 $\tilde{\mathbf{h}} = \mathbf{\Gamma} \diamond \mathbf{B}_{tf} \diamond \mathbf{B}_f \cdot \mathbf{1}$ 는 채널 파라미터 $\{\tau, \nu, \gamma_q\}$ 에 대한 비선형 함수 $s(\dots)$ 로 표현되며, $\mathbf{\Gamma}$ 는 dimension $N_{ant} \times P$ 를 갖는 경로 가중치(path weight) 행렬이고, 각각의 행은 하나의 안테나에 대한 경로 가중치를 포함한다. $\mathbf{1}$ 은 $P \times 1$ 을 차원을 갖는 전체 열 벡터를 나타낸다.

[103] 보다 상술하면, 채널 벡터는, 경로 별 열 벡터(column vector)의 합으로 표현될 수 있다. 예를 들어, 채널 벡터는 하기의 수학식과 같이 표현될 수 있다.

[104] 【수학식 12】

$$\tilde{\mathbf{h}} = \sum_{i=1}^P \Gamma_i \otimes \mathbf{B}_{tf,i} \otimes \mathbf{B}_{f,i} = \begin{bmatrix} \gamma_{11}\mathbf{B}_1 + \gamma_{12}\mathbf{B}_2 + \dots + \gamma_{1P}\mathbf{B}_P \\ \gamma_{21}\mathbf{B}_1 + \gamma_{22}\mathbf{B}_2 + \dots + \gamma_{2P}\mathbf{B}_P \\ \vdots \\ \gamma_{N_{ant}1}\mathbf{B}_1 + \gamma_{N_{ant}2}\mathbf{B}_2 + \dots + \gamma_{N_{ant}P}\mathbf{B}_P \end{bmatrix}$$

[105] 여기서, $\mathbf{B}_p = \mathbf{B}_{tf,p} \otimes \mathbf{B}_{f,p}$ 이고, \mathbf{B}_p 는 \mathbf{B} ($\mathbf{B} = \mathbf{B}_{tf} \diamond \mathbf{B}_f$)의 p 번째 열을 나타낸다.

[106] 상술된 파라미터들을 고려할 때, 채널 벡터를 정의하는 파라미터들의 변수들은 τ, ν, Γ 를 포함할 수 있다. 즉, 채널 추정의 목적은, 최종적으로 채널 파라미터 (τ, ν, Γ)를 매개 변수로 하는 목적 함수의 최적화로 정의된다. 예를 들어, 상술된 채널 벡터를 고려하여, 채널 추정은 하기의 수학식을 만족시키는 채널 파라미터 (τ, ν, Γ)를 획득하는 방안을 포함할 수 있다.

[107] 【수학식 13】

$$\min_{\tau, \nu, \Gamma} \|\tilde{\mathbf{h}} - \tilde{\mathbf{y}}\|^2 = \min_{\tau, \nu, \Gamma} \sum_{q=1}^{N_{ant}} \|\tilde{\mathbf{h}}_q - \tilde{\mathbf{y}}_q\|^2$$

[108] 상술된 시스템 모델에서는, 채널 추정을 위하여 필요한 채널 파라미터들의 예들이 서술되었다. 이 때, 일부 실시 예들에서, SRS가 백색 잡음(white noise)을 따르는 Gauss noise로 손상됨이 고려될 수 있고, 잡음은 $N_0\mathbf{I}$ 의 공분산 행렬(covariance matrix)를 따르는 zero mean complex Gaussian으로 주어질 수 있다. 즉, 채널 벡터 외에 수신 신호 벡터에서도 채널 파라미터들(τ, ν, γ)에 따른 비선형 함수(s)가 고려될 수 있다. 예를 들어, 수신 신호 벡터는 하기의 수학식과

같이 표현될 수 있다.

[109] 【수학식 14】

$$\tilde{\mathbf{y}} = \tilde{\mathbf{h}} + \mathbf{n}_0 = s(\tau, \nu, \gamma)$$

[110] 단말의 이동(mobility)는 연속적이다. 즉, 단말의 이동에 따른 채널 변화 또한 연속적이며, 경로 지연과 도플러에 대한 파라미터들은 시간 상관 관계가 존재한다. 따라서, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 채널 추정 장치는, 매개 변수 추정의 정확성을 이용하고 개선하기 위해 상태 공간 모델을 사용할 수 있습니다. 상술된 시스템 모델에 기초하여, 채널 추정 장치는 다양한 방식으로 상태 벡터 및 상태 공간 모델을 구성할 수 있다.

[111] 일부 실시 예들에서, 채널 추정 장치는 경로 지연 벡터 τ_k , 경로 도플러 벡터 ν_k , 안테나 의존 경로 진폭 $\alpha = |\gamma|$, 안테나 의존 경로 위상 $\varphi = \text{angle}(\gamma)$, 경로 도플러의 변화율 $\Delta\nu_k$, 및 해당 상태 벡터에서의 경로 지연의 변화율 $\Delta\tau_k$ 에 기반하여, k번째 시간의 상태 벡터(state vector) θ_k 를 구성할 수 있다. 예를 들어, 상태 벡터 θ_k 는 하기의 수학적식과 같이 정의될 수 있다.

[112] 【수학식 15】

$$\theta_k = [\tau_k^T, \nu_k^T, \Delta\tau_k^T, \Delta\nu_k^T, \alpha_k^T, \phi_k^T]^T$$

[113] 또한, 일부 실시 예들에서, 상태 벡터의 크기를 줄이기 위해 상태 벡터로부터 안테나 의존 경로 진폭 및 경로 위상이 제거될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 진폭과 위상을 모두 포함하는 경로 가중치를 업데이트하기 위해 least-square calculation이 이용될 수 있다. 채널 추정 장치는 경로 지연 벡터 τ_k , 경로 도플러 벡터 ν_k , 경로 도플러의 변화율 $\Delta\nu_k$, 및 해당 상태 벡터에서의 경로 지연의 변화율 $\Delta\tau_k$ 에 기반하여 k번째 시간의 상태 벡터 θ_k 를 구성할 수 있다. 예를 들어, 상태 벡터 θ_k 는 하기의 수학적식과 같이 정의될 수 있다.

[114] 【수학식 16】

$$\theta_k = [\tau_k^T, \nu_k^T, \Delta\tau_k^T, \Delta\nu_k^T]^T$$

[115] 또한, 일부 실시 예들에서, 상태 벡터의 크기를 축소하기 위해 상태 벡터로부터의 변화 속도는 추가로 제거될 수 있다. 시간 경과에 따른 경로 지연 및 도플러의 변화가 상태 잡음을 사용하여 생성될 수 있으므로, 변경 속도로 인한 영향이 고려될 수 있기 때문이다. 채널 추정 장치는 경로 지연 벡터 τ_k , 경로 도플러 벡터 ν_k 에 기반하여 k번째 시간의 상태 벡터 θ_k 를 구성할 수 있다. 예를 들어, 상태 벡터 θ_k 는 하기의 수학적식과 같이 정의될 수 있다.

[116] 【수학식 17】

$$\theta_k = [\tau_k^T, \nu_k^T]^T$$

[117] 다양한 실시 예들에 따른 채널 추정 장치는, 시간에 따른 채널 상태에 기반하여, 구성될 상태 벡터를 식별할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 채널 상황의 변화가 많지 않은 지역(예: 대다수 단말들이 건물에 밀집되거나 고정 단말들의 존재)에서는, 채널 추정 장치는 적은 파라미터들로 정의되는 상태 벡터를 구성함으로써, 채널

추정을 수행할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, 채널 상태의 변화가 일정 주기에 따라 고정적인 지역에서는, 채널 추정 장치는 시간 k 에 따른 상수값들을 상태 벡터에 포함시킴으로써, 채널 추정을 수행할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, 채널 상태의 예측이 어렵거나 변동 정도가 상대적으로 심한 경우, 채널 추정 장치는 가급적 많은 변수들을 상태 벡터에 포함시킴으로써, 채널 추정을 수행할 수 있다.

- [118] 도 6a에서는 채널 추정을 수행하기 위한 무선 채널의 파라미터들 및 시스템 모델이 서술되었다. 이하, 도 6b에서는 상술된 파라미터들을 예측하기 위한 채널 추정 장치(예: 기지국)의 동작들이 서술된다.
- [119] 도 6b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 채널 파라미터 예측(prediction)의 기능적 구성을 도시한다. 채널 파라미터는, 도 6a에서 언급된 시스템 모델의 채널 파라미터들 중에서 적어도 하나가 사용될 수 있다. 이하, 기지국이 단말과의 하향링크 채널을 추정하는 상황이 예시된다.
- [120] 도 6b를 참고하면, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 채널 파라미터 예측은 두 가지 동작들을 포함할 수 있다.
- [121] 1) UKF 기반 채널 파라미터 획득(620)
- [122] 기지국은 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 기지국은 채널 정보 및 자원 정보에 기반하여 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 즉, UKF 기반 채널 추정을 위한 입력들은, 채널 정보와 자원 정보를 포함할 수 있다.
- [123] **1-1. 채널 정보**
- [124] 다양한 실시 예들에 따른 채널 정보는 다양한 방식으로 획득될 수 있다. 기지국은 채널 추정 절차를 수행하기 전에, 채널 정보를 획득할 수 있다. 획득된 채널 정보는 버퍼에 저장된다. 버퍼는 SRS 버퍼 혹은 CSI 버퍼를 포함할 수 있다. SRS 버퍼는, SRS들에 대한 수신 값 혹은 SRS에 기반한 채널 추정 값들을 저장할 수 있다. CSI 버퍼는, 단말로부터 수신된 CSI들을 저장할 수 있다. 또한, 채널 정보는 잡음 정보를 포함할 수 있다.
- [125] 채널 정보는 다양한 방식으로 획득될 수 있다. 일부 실시 예들에서, 기지국은 단말로부터 수신된 SRS들에 기반하여 채널 추정을 수행할 수 있다. TDD 시스템에서는 채널 상호성이 가정된다. 즉, 상향링크 신호로부터 하향링크 채널의 추정이 가능하다. 기지국은, TDD 시스템에서 SRS 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 이 때, SRS 전송 주기, SRS가 전송되는 자원 위치(시간 자원, 주파수 자원 등), SRS를 전송하는 단말의 안테나 개수, SRS의 빔포밍 여부(예: SRS resource indicator(SRI)) 등은, 기지국이 단말에게 전송하는 SRS 구성(SRS configuration) 정보에 기반하여 결정될 수 있다. 기지국은, 원활한 채널 추정을 위하여 해당 단말의 SRS 구성을 결정할 수 있다.
- [126] 다른 일부 실시 예들에서, 기지국은 단말로부터의 CSI에 기반하여 채널 추정을 수행할 수 있다. 기지국은 단말에게 CRS(cell-specific reference signal) 혹은 CSI-RS(CSI-reference signal)을 전송할 수 있다. 단말은 수신된 CRS 혹은

CSI-RS들에 기반하여 CSI를 생성할 수 있다. CSI는 다양한 파라미터들을 포함할 수 있다. CSI는 CRI(CSI-RS resource indicator), RI(rank indicator), PMI(precoding matrix indicator), CQI(channel quality indicator), 또는 LI(layer indicator) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. CRI는 선호되는 빔과 관련된 CSI-RS의 자원을 지시한다. RI는 채널의 랭크(rank)에 관련된 정보를 지시하며, 단말이 동일 자원을 통해 수신하는 스트림(stream)의 개수를 의미한다. PMI는 RI에 알려지는 개수대로 레이어(layer)를 사용 시, 기지국에게 권고하는 프리코딩 행렬을 가리킬 수 있다. 상기 PMI는 채널의 공간적인(spatial) 특성을 반영한 값으로, 단말은 인덱스(index)의 형태로 상기 권고하는 프리코딩 행렬을 지시할 수 있다. 프리코딩 행렬은 다수의 복소 가중치들을 포함하는 코드북 형태로 기지국/단말에게 각각 저장될 수 있다. CQI는 단말로부터 권고된 RI와 PMI가 사용될 경우, 일정값 이하의 BLER(block error rate)으로 수신될 수 있는 PDSCH 전송에 대한 변조(modulation) 방식 및 부호화율(code rate)을 가리킨다.

- [127] 기지국은, 단말로부터 수신된 CSI에 기초하여 채널 추정을 수행할 수 있다. 이때, 채널 추정에 필요한 파라미터들을 보다 정확히 예측하기 위해, 기지국은 필요한 방식으로 CSI를 구성할 수 있다. CSI 구성은, CSI 측정 구성, CSI 보고 구성, 및 CSI-RS 구성 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 기지국은 필요한 채널 추정 방식에 따라 적응적으로 CSI 구성을 생성하고, 생성된 CSI 구성을 단말에게 RRC 시그널링을 통해 전송할 수 있다.
- [128] LTE 시스템의 경우, CRS는 항상 전송되는 신호(always-on signal)인 반면, CSI는 주기적으로 보고되거나 비주기적으로 보고될 수 있다. 또한, CSI-RS도 주기적으로 혹은 비주기적으로 전송될 수 있다. 기지국은 주기적으로 수신되는 CSI로부터 채널을 예측하되, 일 실시 예에 따라, 필요에 의해 비주기적 CSI 보고를 요청할 수 있다(예: PUSCH(physical uplink shared channel) 상에서 CSI 보고). NR 시스템의 경우, CSI 및 CSI-RS는 보다 유연하게(flexible) 설계를 갖는다. 즉, CSI-RS는 주기적으로 전송되거나, 반고정적으로 전송되거나, 또는 비주기적으로 전송될 수 있다. 또한, 기지국은, CSI를 주기적으로 보고하거나, 반고정적으로 보고하거나, 또는 비주기적으로 보고하도록 단말을 구성할 수 있다. 기지국은 주기적인 CSI-RS 및 주기적 CSI 보고에 기반하여 채널을 예측하되, 일 실시 예에 따라, 필요에 의해 CSI-RS 및 CSI 보고를 재구성할 수 있다. 즉, 본 개시에서는 주기적 전송 및 주기적 보고를 예로 서술하나, 이는 예시적인 것이며 다양한 방식으로 CSI-RS 전송 및 CSI 보고가 구성될 수 있다.
- [129] 한편, FDD의 경우 채널 상호성이 만족되지 않기 때문에, 기지국은 SRS 보다 효과적으로 CSI에 기반하여 채널 추정을 수행할 수 있다. 그러나, FDD 시스템이더라도 채널 교정(calibration)을 통해 SRS가 이용될 수 있음은 물론이다.
- [130] 기지국(예: gNB or eNB)은 모든 시간-주파수 자원 상의 채널 정보를 획득하기 어렵기 때문에, 일부 자원 영역에서만 SRS를 수신하거나 또는 일부 자원 영역에 대한 CSI만을 수신한다. 예를 들어, LTE의 CRS 같은 경우 전대역에 걸쳐

전송되거나 4개의 안테나들까지만 지원되어, LTE Release 10 이후의 8 Tx 이상의 안테나 환경에서 원활한 채널 추정이 어렵고, CSI-RS 또한 전대역에 걸쳐 전송되지 않는다. 즉, 기지국은 전체 자원 중에서 일부 시간(예: slot 단위) 또는 일부 주파수(예: RB 단위)로 특정되는 샘플링된 채널 정보만을 획득하게 되므로, 정확한 채널 추정이 어려운 문제가 발생한다.

- [131] TDD massive MIMO에서 단말들의 이득을 관측한 결과, MU-MIMO 이득은 정지 상태의 단말들에게서만 관측되었다. EKF 방식은 채널 파라미터들에 대한 비선형 함수를 근사화(approximation)를 통해 선형화 함수로 변형(linearization)한다. 따라서, EKF 방식은 2차(second order) 이상의 통계적 정보에 대하여 정보의 손실을 야기한다. 이에 단말의 이동에 따라 시간-주파수 상에서 변하는 채널 정보를 원활하게 예측하지 못하는 문제가 있다. 따라서, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 기지국은, 단말로부터 획득된 채널 정보(즉, raw 채널 정보)(예: CSI, SRS)을 입력으로 하는 UKF 방식에 기반하여 현재 시간에 대응하는 채널을 미리 추정함으로써, 단말에게 보다 강건한 프리코딩 및 스케줄링을 제공할 수 있다. 기지국은, 스케줄링 단위(TTI)(예: 슬롯)마다 채널을 미리 추정할 수 있다.

[132] **1-2. 자원 정보**

- [133] 다양한 실시 예들에 따른 자원 정보는 다양하게 구성될 수 있다. 일부 실시 예들에서, 자원 정보는 현재 시간-주파수 자원(t_s, f_s)를 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시 예들에서, 자원 정보는 시간 정보를 포함할 수 있다. 시간 정보란 주기적으로 보고되는 CSI 보고(periodic CSI reporting)의 주기, 측정 횟수, CSI 전송 횟수, 비주기적 CSI 보고의 보고 횟수, 보고 시간 등을 포함할 수 있다. 또한 일부 실시 예들에서, 자원 정보는 주파수 정보를 포함할 수 있다. 주파수 정보란, 주파수 영역 상에서 채널 추정이 수행되는 RB 영역(예: BWP(bandwidth part) 정보), 채널 대역폭(channel bandwidth), SCS, 주파수 호핑 패턴(frequency hopping pattern), 뉴멀로지를 포함할 수 있다. 또한, 일부 실시 예들에서, 자원 정보는 공간 정보를 포함할 수 있다. 공간 정보는 빔 정보(예: CRI, SSBRI, SRI와 같은 빔 인덱스), QCL 파라미터(예: QCL type A, B, C, D), 안테나 포트 정보를 포함할 수 있다.

[134] **1-3. UKF 기반 채널 추정**

- [135] 기지국은, 채널 정보 및 자원 정보에 기반하여 UKF 기반 채널 추정을 수행함으로써, 채널 파라미터들을 획득할 수 있다. 기지국은 획득된 파라미터들을 다음 동작(630)을 위하여 출력할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 경로 별 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 채널 별 파라미터는, 지연 파라미터(τ), 도플러 파라미터(ν), 복소 가중치(complex weight)(γ_q)를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 지연 파라미터, 도플러 파라미터는 경로(p)에 따라 달라지는 값일 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, 복소 가중치는 공간적인 가중치를 반영하는 채널 파라미터로서, 안테나(q)와 경로(p)의 함수일 수 있다. 또한, 예를 들어, 채널 별

파라미터는 진폭(α)과 위상(φ)을 포함할 수 있다. 이러한 파라미터들은 3GPP에서 정의되는 Type II 코드북을 위하여 사용될 수 있다. 단말이 Type II 코드북 기반 PMI 피드백 시, 기지국은 해당 파라미터들을 통해 채널 벡터를 보다 효과적으로 추정할 수 있다. 또한, 예를 들어, 채널 별 파라미터는 경로 지연의 변화율 $\Delta\tau_k$, 도플러의 변화율 $\Delta\nu_k$ 를 더 포함할 수도 있다.

[136] UKF 기반 채널 파라미터 획득이란, UKF를 이용하여 채널을 정의하는 상태 벡터들의 채널 파라미터들을 획득하는 과정을 의미한다. 기지국이 채널을 정의하는 상태 벡터를 어떻게 구성하는지에 따라 다양한 채널 파라미터들이 정의될 수 있다. 예를 들어, 채널 파라미터들은, 도 6a에서 서술된 시스템 모델과 관련된 파라미터들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[137] UKF는 칼만 필터의 일종이다. 칼만 필터(Kalman filter)는 잡음이 포함되는 측정치에 기초하여, 선형 모델의 상태를 추정하기 위한 재귀 필터로, 과거에 수행한 측정값을 바탕으로 현재의 상태 변수(혹은 상태 벡터)의 결합 분포를 추정하기 위해 이용된다. 여기서, 칼만 필터의 재귀적 알고리즘은, 예측(prediction)과 업데이트(update)의 두 단계들을 포함할 수 있다. 예측 단계에서, 기지국은 현재 상태 벡터와 정확도를 예측한다. 이후, 현재 상태 벡터가 실제로 측정된 이후, 업데이트 단계에서는 이전에 추정된 상태 벡터에 기반하여 예측된 측정치와 실제 측정치의 차이를 반영해 현재의 상태 벡터를 업데이트한다. 도 6b에는 도시되지 않았으나, 이러한 업데이트 단계는 CSI 버퍼 혹은 SRS 버퍼가 갱신되거나 자원 구성이 변경될 때마다(예: 뉴멀로지의 변경) 재수행될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 업데이트 단계는 예측보다 적은 빈도로 수행될 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, 업데이트 단계는 예측과 동일한 빈도로 수행될 수 있다.

[138] 한편, 칼만 필터는 선형적인 모델을 기준으로 하기 때문에 시간 자원, 주파수 자원, 또는 공간 자원에 따라 변하는 채널과 같은 비선형 모델에서는 그대로 적용하기가 쉽지 않다. 상태 천이와 관찰 모델(예측과 업데이트 함수)이 매우 비선형일 경우, 확장 칼만 필터는 낮은 성능을 나타낼 수 있다. 이에 고안된 EKF 방식은, 추정해야 할 파라미터가 포함되어 있는 비선형 함수를 Taylor series 및 선형 근사화(linearization approximation)하고, 이를 선형 함수 기반으로 동작하던 칼만 필터에 도입하여 비선형 함수 내의 파라미터를 추적할 수 있는 방식이다. 그러나, EKF 방식은 선형 근사화로 인해 2차적인 요소들을 정확하게 반영하지 못하는 상황에서는 오류를 야기한다.

[139] 상술한 문제를 해소하기 위해, 다양한 실시 예들에 따른 기지국은 UKF에 기반하여 채널 추정을 수행할 수 있다. 비선형 함수 내 채널 파라미터를 추정할 수 있는 Extended Kalman Filter (EKF) 기반 방식에 비해 UKF 방식은 시그마 포인트로 불리는 $2n+1$ 개수의 1) 샘플(시그마 포인트)와 2) 샘플의 가중치(W)를 정교하게 선정할 수 있는 Uniform Transform (UT)를 칼만 필터와 결합한 방식이다. UKF에서는 평균 주변에 샘플 포인트의 최소 집합을 얻기 위해, 무향

변환으로 알려진 결정론적인 샘플링 기술이 사용된다. 시그마 점들은 비선형 함수를 통해 전달되고, 변환된 점들에 대해 평균과 공분산을 구하는 형태를 가진다. 기지국은 시그마 점들에 기초하여 상태 벡터를 예측함으로써, 보다 더 정확한 채널 추정 결과를 얻을 수 있다. 구체적인 동작들은 도 10 내지 도 12를 통해 서술된다.

[140] **2) 채널 예측(channel prediction)(630)**

[141] 기지국은 채널 예측을 수행할 수 있다. 여기서, 채널 예측이란, 예측된 채널 파라미터들, 즉 상태 벡터 값에 따라, 채널 정보 획득 이후 시점의 채널을 예측하는 절차이다. 기지국은 채널 정보 및 상태 벡터에 기반하여 현재 시간-주파수 자원에서 실제 채널(예: 수학식 1의 $h_q(f,t)$)을 결정할 수 있다. 채널은 채널 파라미터들의 비선형 함수로 표현될 수 있다. 채널 파라미터들은 전 단계(610)에서 도출되는, 상태 벡터를 구성하는 파라미터들일 수 있다. 기지국은 상태 벡터로부터, 비선형 함수에 따른 모델(예: 수학식 6 또는 수학식 11)에 기초하여 최종적인 채널 벡터를 결정할 수 있다. 기지국은 다음 채널 정보(예: CSI 버퍼 혹은 SRS 버퍼)가 갱신되기 전까지, 단계(610)의 출력에 기초하여 채널 벡터들을 결정할 수 있다.

[142] 일 예로, 도 6a의 시스템 모델을 가정할 때, 채널은 최대 P개의 기본 웨이브폼(basis waveform)의 합에 기초할 수 있다. 예를 들어, $\{p = 1, 2, \dots, P\}$ 에 의해 인덱싱 된 P개의 sinusoidal 파형을 사용하는 것이며, 각각의 신호는 p번째 신호 지연 τ_p 및 p번째 신호 도플러 시프트 ν_p 에 의해 파라미터화된다. 기지국은, 입력으로써 CSI 버퍼 혹은 SRS 버퍼에서 샘플을 수신하고, 신호 지연, 도플러 시프트 및 결합 가중치를 도출할 수 있다. 이후, 기지국은 시간 t와 주파수 f에서 예측된 채널로서, P개의 basis waveform의 선형 조합을 출력할 수 있다. 기지국은 수학식 3, 4와 다음 채널 정보(예: CSI 버퍼 혹은 SRS 버퍼)가 갱신되기 전까지, 실시간으로 채널을 예측할 수 있다.

[143] 도 6c는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 호핑 패턴(hopping pattern)의 예를 도시한다. SRS는 호핑되어 전송될 수 있다. LTE에서의 SRS 호핑이 예시된다.

[144] 도 6c를 참고하면, 4-SRS 호핑 패턴(650)과 8-SRS 호핑 패턴(655)이 정의될 수 있다. 가로축은 시간 영역으로, 각 인덱스는 TTI의 번호를 나타낸다. 세로축은 주파수 영역으로, 서브 밴드를 나타낸다. 채널 응답은 상기 수학식 9와 같이 구성될 수 있다. 이 때, 예를 들어, 4-SRS 호핑 패턴(650)의 경우, m은 {0, 2, 1, 3}을 순차적으로 가리키고, n은 {0, 1, 2, 3}을 순차적으로 가리킬 수 있다. 기지국은 40ms 단위로 측정을 수행하고, 채널 예측 결과를 업데이트할 수 있다. 기지국은 동일 주파수 채널에 대해서도 40ms 단위로 업데이트할 수 있다. 또한, 예를 들어, 8-SRS 호핑 패턴(655)의 경우, m은 {0, 2, 1, 3, 0, 2, 1, 3}을 순차적으로 가리키고, n은 {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}을 순차적으로 가리킬 수 있다. 기지국은 80ms 단위로 측정을 수행하고, 채널 예측 결과를 업데이트할 수 있다. 기지국은 동일

주파수 채널에 대해서도 80ms 단위로 업데이트할 수 있다. 한편, 동일한 서브밴드가 40ms 단위로 반복되는 바, 다른 일 실시 예에 따라, 기지국은 동일 주파수 채널에 대해서도 40ms 단위로 업데이트할 수도 있다.

- [145] 도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF(Unscented Kalman Filter) 기반 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다. 채널 추정을 수행하는 장치로서, 도 1의 기지국(110)이 예시된다.
- [146] 단계(701)에서, 기지국은 채널 정보를 획득할 수 있다. 기지국은 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득할 수 있다. 일부 실시 예들에서, 기지국은 SRS로부터 채널 정보를 획득할 수 있다. 단말은 기지국에게 SRS를 전송할 수 있다. 기지국은 수신된 SRS들을 측정함으로써, 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득할 수 있다. 또한, 일부 실시 예들에서, 기지국은 단말로부터 CSI를 수신할 수 있다. 기지국은 단말에게 CSI를 위한 기준 신호들을 전송할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 CRS를 전송할 수 있다. 또한, 예를 들어, 기지국은 CSI-RS를 전송할 수 있다. 단말은 CRS 혹은 CSI-RS로부터 CSI를 생성할 수 있다. CSI는 CRI, RI, PMI, CQI, 또는 LI를 포함할 수 있다. 이하, 본 개시에서는 채널 벡터를 도출하기 위한 CSI 구성 요소로서 PMI가 예시되나, 다른 CSI 구성 요소들이 채널 예측을 위해 사용될 수 있다. 기지국은 단말로부터 수신되는 CSI에 기반하여 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득할 수 있다. 기지국은, 시점 t_0 에서 채널 정보를 획득할 수 있다. 채널 정보는 시점 t_0 의 하향링크 채널에 대한 상태를 나타낸다.
- [147] 단계(703)에서, 기지국은 무향 칼만 필터(UKF)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 수신된 채널 정보로부터 현재 상태 정보를 획득할 수 있다. 이전 상태 정보란, 시점 t_0 이전에 추정된 상태 정보를 의미할 수 있다. 예를 들어, 시점 t_0-P 에서 획득된 채널 정보에 기반하여 추정된 채널 파라미터들을 포함할 수 있다. P는 채널 정보가 획득되는 주기(예: SRS 주기 혹은 PMI 보고 주기)일 수 있다. 현재 상태 정보는 시점 t_0 에서 추정되는 채널 파라미터들을 포함할 수 있다.
- [148] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 기지국은, 다차원의 채널 상태를 보다 정확하게 예측하기 위해, UKF에 기반하여 현재 상태 정보를 획득할 수 있다. 즉, 이전 채널 상태 정보와 현재 채널 상태 정보는 UKF의 재귀적 알고리즘에 따라 지속적으로 업데이트되는 정보일 수 있다. UKF에 따른 현재 상태 정보는, 이전 상태 정보로부터 예측(prediction)과 단말로부터 획득되는 채널 정보로부터의 측정(measurement) 및 정정(correction)에 기반하여 추정되는 채널 파라미터들을 포함할 수 있다.
- [149] 단계(705)에서, 기지국은 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 기지국은 현재 상태 정보에 기반하여 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 현재 상태 정보란, 현 시점에서 최신의 상태 정보를 의미하는 것이고, 예측 채널 정보란, 현 시점에서 추정되는 실제 채널 상태를 나타내는 정보를 의미한다. 기지국은 다음 채널 정보가 수신되기 전까지, 현재 상태 정보에 기반하여 예측 채널 정보를 생성할

수 있다. 기지국은, 시점 t_0 에서 획득된 채널 파라미터들을 포함하는 상태 정보에 기반하여, 시점 $t_0 + \Delta t$ ($t_0 < t_1$, t_1 은 다음 채널 정보가 수신되는 시점)에서의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 이 때, 기지국은 Δt 에 따른 시간-주파수 자원 상에서 각 채널 파라미터들의 변화량을 예측하고, 예측된 변화량에 기초하여 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 예를 들어, 수학식 1의 채널 모델에 기반하여, 기지국은 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 기지국은 UKF에 따른 상태 정보를 활용하여 예측 채널 정보를 결정할 수 있다. UKF에 따른 상태 정보는 고차원의 채널 상태들을 저차원의 채널 파라미터들(예: 지연 파라미터(τ), 도플러 파라미터(v), 복소 가중치(complex weight)(γ_q))로 구성되기 때문에, 기지국의 채널 예측 절차에 있어 복잡도가 감소할 수 있다. 또한, 기지국이 해당 채널 파라미터들로 구성되는 비선형 함수에 따라 채널 모델을 설계함으로써, 기존 EKF의 선형 근사화로 인한 성능 저하를 줄일 수 있다.

- [150] 도 8a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 SRS(sounding reference signal)를 이용하는 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다. 채널 추정을 수행하는 장치로서, 도 1의 기지국(110)이 예시된다.
- [151] 도 8a를 참고하면, 단계(801)에서 기지국은 SRS를 수신할 수 있다. 기지국은, 정해진 구성에 따라 SRS들을 수신할 수 있다. 일 실시 예에 따라, SRS들은 주기적으로 전송될 수 있다. 기지국은 주기적으로 SRS들을 수신할 수 있다. 일 실시 예에 따라, SRS들은 지정된 주파수 대역(예: activated UL BWP) 내에서 각 서브밴드를 달리하여 전송될 수 있다. 즉, 기지국은 주파수 호핑 패턴에 따라 SRS들을 서브밴드 별로 수신할 수 있다.
- [152] 기지국은 수신된 SRS들을 측정하여, 필요한 채널 정보(예: CSI, 기타 다른 채널 품질)를 획득할 수 있다. 채널의 품질은 BRSRP(beam reference signal received power), RSRP(reference signal received power), 외에 RSRQ(reference signal received quality), RSSI(received signal strength indicator), SINR(signal to interference and noise ratio), CINR(carrier to interference and noise ratio), SNR(signal to noise ratio), EVM(error vector magnitude), BER(bit error rate), BLER(block error rate) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [153] 기지국은, SRS에 대한 측정 결과를 획득할 수 있다. 이 때, SRS에 대한 측정 결과는 시간-주파수 단위로 저장될 수 있다. 즉, 시간 t_0 부터 한 주기 동안 수신된 SRS들은 하기의 수학식과 같이 표현될 수 있다.

- [154] 【수학식 18】

$$\mathbf{h}_{SRS}(t_0, \{f \in bW_s\})$$

- [155] 여기서, bW_s 는 SRS가 전송되는 대역들의 집합을 가리킨다.

- [156] 단계(803)에서, 기지국은 SRS 버퍼를 업데이트할 수 있다. SRS 버퍼는 수신된 SRS의 측정 결과를 포함할 수 있다. 기지국은 단계(801)에서 획득된 측정 결과에

기초하여 SRS 버퍼를 업데이트 할 수 있다. 기지국은, 시간-주파수 자원에 따라, SRS 버퍼를 관리할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 특정 주파수 영역 단위로 또는 시간 영역 단위로 SRS 버퍼를 관리할 수 있다. 여기서, 특정 주파수 영역은 서브밴드, 대역폭 부분(BWP), 채널 대역폭, 캐리어 주파수(carrier frequency) 중 적어도 하나의 단위로 구성될 수 있다. 또한, 시간 영역은 SRS 주기, TTI, 동일한 주파수 영역이 반복되는 주기 단위로 구성될 수 있다.

- [157] 일 실시 예에 따라, SRS 버퍼는 SRS 전송 주기 단위로 관리될 수 있다. 예를 들어, SRS 버퍼 용량이 A 주기인 경우, SRS 버퍼는 $\{F_0, F_2, \dots, F_{A-1}\}$ 의 형태일 수 있다. 이 때, SRS 버퍼 내 첫번째 대역폭에 대한 SRS 측정 결과가 갱신되는 경우, F_0 는 t_0 에서 하기의 수학적식과 같이 업데이트될 수 있다. SRS 버퍼의 F_0 는 F_1 으로, F_1 은 F_2 로, ..., F_{A-2} 는 F_{A-1} 로 이전되고, F_{A-1} 은 제거될 수 있다.

- [158] 【수학적식 19】

$$\mathbf{F}_0 = \left\{ \mathbf{h}_{SRS} \left(t_0, \{f \in bW_{s=0}\} \right), \dots \right\}$$

- [159] 단계(805)에서, 기지국은 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 기지국은 SRS 버퍼에 기반하여 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 기지국은 시간-주파수 자원 별 SRS 측정 결과에 기반하여 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따른 채널 파라미터는, UKF의 상태 벡터(θ_k)를 구성하는 파라미터일 수 있다. 이 때, 상태 벡터를 구성하는 파라미터는 도 6a의 시스템 모델에서 예시된 채널 파라미터들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 채널 파라미터는 지연 파라미터, 도플러 파라미터, 지연 파라미터의 변화 값, 도플러 파라미터의 변화 값, 신호의 진폭과 위상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시간 t_0 에서 상태 벡터는 하기의 수학적식과 같이 결정될 수 있다.

- [160] 【수학적식 20】

$$\boldsymbol{\theta}(t_0) = [\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$$

- [161] 단계(807)에서, 기지국은 예측 채널 정보를 획득할 수 있다. 예측 채널 정보란, 시간 구간 t_0 이후 다음 SRS가 수신되어 채널 정보가 업데이트되기 전까지(예를 들어, 주기가 T인 경우 t_0 부터 t_0+T 전까지)의 채널 벡터를 포함할 수 있다. 상태 벡터는 수신된 SRS에 기반하여 업데이트되었으므로, 기지국은 다음 SRS가 수신되기 전까지는 단계(805)의 채널 파라미터들에 기반하여 현재 채널 벡터를 예측할 수 있다. 기지국은 t_0 부터 t_0+T 사이 각각의 시간 구간, 즉 $t_0+1, t_0+2, \dots, t_0+T-1$ 각각의 시간에서 예측 채널 정보(예: 채널 벡터 혹은 채널 파라미터들)를 도출할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 하기의 수학적식에 따른 채널 벡터들을 도출할 수 있다.

[162] 【수학식 21】

$$\hat{\mathbf{h}}_{\theta(t_0)}(t_0 + 1, \{f\}), \dots, \hat{\mathbf{h}}_{\theta(t_0)}(t_0 + T - 1, \{f\})$$

[163] $\hat{h}_{\theta(t_0)}$ 는, 상태 벡터(θ_{t_0}) 시간 인덱스 t , 주파수 인덱스 f 에서 채널 벡터를 나타낸다.

[164] 도 8b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 SRS를 이용하는 채널 추정의 예를 도시한다. 도 8b에서는 시간 흐름에 따른 SRS 버퍼 변화 및 예측 채널 정보의 산출 과정이 서술된다. 예측 채널 정보란, 채널 정보가 수신된 시점 이후의 채널 정보로서, 기지국의 추정값에 기초하여 결정되는 정보를 의미한다.

[165] 도 8b를 참고하면, 시점(831)에서, 기지국은 SRS를 수신할 수 있다. 다음 SRS가 수신되기 전까지, SRS 버퍼는 $F_0 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0, \{f\}_{f \in B_{W_i}})$ (841), $F_1 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0 - P, \{f\}_{f \in B_{W_i}})$ (851)를 포함할 수 있다. $F_0 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0, \{f\}_{f \in B_{W_i}})$ (841), $F_1 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0 - P, \{f\}_{f \in B_{W_i}})$ (851)로부터 시점(831)에서의 상태 벡터인 $\theta(t_0)$ 가 도출된다. 예를 들어, $\theta(t_0) = [\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 이다. 기지국은 시점(831)에서 획득된 상태 벡터로부터 시점(831)부터 시점(833) 사이의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 즉, 기지국은, $\theta(t_0) = [\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 에 기반하여 t_0 부터 t_0+P 까지의 구간 사이의 시점에서의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다.

[166] 시점(833)에서, 기지국은 SRS를 수신할 수 있다. 즉, 시점(831)으로부터 P 이후, SRS를 수신할 수 있다. SRS 전송 주기는 P 일 수 있다. 다음 SRS가 수신되기 전까지, SRS 버퍼는 $F_0 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0 + P, \{f\}_{f \in B_{W_j}})$ (843), $F_1 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0, \{f\}_{f \in B_{W_j}})$ (853)를 포함할 수 있다. $F_0 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0 + P, \{f\}_{f \in B_{W_j}})$ (843), $F_1 = \mathbf{h}_{\text{SRS}}(t_0, \{f\}_{f \in B_{W_j}})$ (853)로부터 시점(833)에서의 상태 벡터인 $\theta(t_0+P)$ 가 도출된다. 예를 들어, $\theta(t_0 + P) = [\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 이다. 기지국은 시점(833)에서 획득된 상태 벡터로부터 시점(833)부터 다음 주기 (예: t_0+2P) 전까지, 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 즉, 기지국은, $\theta(t_0 + P) = [\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 에 기반하여 t_0+P 부터 t_0+2P 까지의 구간 사이의 시점에서의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다.

[167] 예를 들어, 시점(835)에서, 즉, $t_0+P+\Delta t$ 에 대응하는 시점에서, 기지국은 상태 벡터 $\theta(t_0+P)$ 에 기반하여 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. $t_0+P+\Delta t$ 에 대응하는 시점에서, $\theta(t_0+P)$ 는 구식의(aged) 채널 상태 벡터에 대응하므로, 기지국은 UKF 기반 상태 벡터의 채널 파라미터들과 해당 시스템 모델을 통해, 예상되는 채널을 추정할 수 있다. 이 때, 추정되는 채널은 하기의 수학식으로 표현될 수 있다.

[168] 【수학식 22】

$$\hat{\mathbf{h}}_{\theta(t_0+P)}(t_0 + P + \Delta t, \{f\})$$

[169] 도 8c는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 SRS 버퍼 관리의 예를 도시한다. SRS 버퍼는, 수신되는 SRS에 대한 측정 결과를 포함할 수

있다.

- [170] 도 8c를 참고하면, 기지국은 SRS들을 수신할 수 있다. 기지국은 주기적으로 SRS들을 수신할 수 있다. 이 때, 기지국은 다양한 대역폭들(예: bW_0, bW_1, bW_2, bW_3)에서 SRS들을 수신할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 (t_0-P, bW_0) 에서 SRS(861)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_1-P, bW_2) 에서 SRS(862)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_2-P, bW_1) 에서 SRS(863)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_3-P, bW_3) 에서 SRS(864)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_0, bW_0) 에서 SRS(865)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_1, bW_2) 에서 SRS(866)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_2, bW_1) 에서 SRS(867)을 수신할 수 있다. 기지국은 (t_3, bW_3) 에서 SRS(868)을 수신할 수 있다.
- [171] 기지국은 수신되는 SRS들에 대하여 순차적으로 SRS 버퍼를 업데이트할 수 있다. 기지국은 새로운 SRS 데이터가 도착한 각 주파수 자원 f 에 대해, SRS 버퍼를 업데이트하여 메모리에 저장할 수 있다. SRS 버퍼는 SRS 채널 추정치 $\{B_0, B_1, \dots\}$ 의 시퀀스를 포함할 수 있다. 기지국은 SRS 채널 추정치의 시퀀스를 사용하여 선택된 채널 예측 모델에 따라 채널 예측 파라미터 $\{\theta_0, \theta_1, \dots\}$ 를 업데이트할 수 있다. 이 업데이트의 경우 이전 채널 예측 매개 변수도 입력으로 사용한다. 시간 t , 여기서 $t > t_0$ 에 대해, 기지국은 채널 예측 모델을 사용하여 각 주파수 자원 k 상에서 채널을 도출할 수 있다. 채널 예측 시, 기지국은 입력으로서 $\{F_0, F_1, \dots\}$ 및 $\{\theta_0, \theta_1, \dots\}$ 중 적어도 하나를 취할 수 있다. SRS 버퍼는 SRS 채널 추정치 $\{F_0(870), F_1(875)\}$ 의 Raw 시퀀스를 포함할 수 있다. Raw 시퀀스란 수신된 SRS 추정 결과로부터 별도의 가공이 수행되지 않은 데이터를 의미할 수 있다. 각각의 F_i 는 다수의 주파수 자원 $\{f\}$ 에 대한 SRS 행렬을 포함할 수 있으며, 여기서 i 는 시간 인덱스이다. 예를 들어: $F_i = [F_{(i, w)}]_{(w)}$, 여기서 W 는 SRS BW(대역폭)이며, 다수의 주파수 자원 인덱스를 포함한다.
- [172] 하나의 방법에서, 도 8c에 도시된 바와 달리, 단말은 동일한 SRS BW, W_0 에서 매 T 밀리초(millisecond, msec)마다 SRS를 전송하도록 구성된다. 이 경우, 동일한 SRS BW는 W , 즉 $W_0 = W$ 에 대응하고, SRS 버퍼는 W 의 모든 k 에 대해 업데이트된다. 다른 방법에서, 도 8c에 도시된 바와 같이, UE는 상이한 SRS 서브 대역들에서 T msec마다 SRS를 전송하도록 구성된다. 예를 들어, BS는 4 개의 SRS 서브 밴드, bW_1, bW_2, bW_3 및 bW_4 및 $BW = bW_1 \cup bW_2 \cup bW_3 \cup bW_4$ 로 구성된다. 기지국은 $bW_s, s \in \{1, 2, 3, 4\}$ 의 SRS를 수신하면, SRS 버퍼는 bW_s 의 모든 f 에 대해 업데이트되고 $bW_{(s \neq s')}$ 의 f 에 대해 동일하게 유지된다. 이 경우 시간 인덱스 i 에 대한 SRS 버퍼 내용은 4 개의 SRS 서브 밴드에 해당하는 $F_{(i, w_1)}, F_{(i, w_2)}, F_{(i, w_3)}$ 및 $F_{(i, w_4)}$ 를 포함할 수 있다.
- [173] 도 8c에 도시된 예에 따를 때, 새로운 SRS는 각각의 SRS 서브 밴드, W_1, W_2, W_3 및 W_4 에서 매 P msec마다 도착한다. 새로운 SRS는 $t_1 = t_0 + T, t_2 = t_0 + 2T$ 및 $t_2 = t_0 + 3T$ 및 $t_3 = t_0 + 4T$, 그리고 $P = 4T$ 인 SRS 서브 밴드 W_1, W_2, W_3 및 W_4 에 대해 각각 도달한다. 새로운 SRS가 SRS 서브 밴드 W_1 에 대한 시간 t_0 에 도착하면, 서브 밴드 W_1 에 대한 SRS 버퍼는 새롭게 도달된 SRS 채널 추정치로 업데이트된다. F_0

의 bW_1 부분(즉, $F_{(0, w_1)}$)이 SRS 서브 대역의 새로운 SRS 추정치, 즉 $h(bW_1, t_2)$ 및 F_1 의 W_1 부분이 업데이트될 때, F_1 의 bW_1 부분(즉, $F_{(1, bw_1)}$)은 SRS 서브 대역의 이전 SRS 추정치, 즉 $h(bW_1, t_2-P)$ 로 업데이트된다. 각 서브 밴드에 대한 SRS 버퍼는 서브 밴드의 SRS가 새로 도착할 때 유사하게 업데이트된다.

- [174] 도 9a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 CSI(channel state information)를 이용하는 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다. 채널 추정을 수행하는 장치로서, 도 1의 기지국(110)이 예시된다.
- [175] 단계(901)에서, 기지국은 CSI를 수신할 수 있다. 기지국은 단말에게 CRS 혹은 CSI-RS를 전송하고, 단말은 CRS 또는 CSI-RS에 기반하여 CSI를 생성할 수 있다. 단말은 생성된 CSI를 기지국에게 보고할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 단말은 주기적으로 CSI를 보고할 수 있다. CSI는 PMI를 포함할 수 있다. 예를 들어, PMI는 설정된 대역폭 전체에 대한 PMI, 즉 광대역 PMI(wideband PMI)일 수 있다. 또한, 예를 들어, PMI는 서브밴드 PMI일 수 있다. 이하, 본 개시에서는 채널 벡터를 위한 CSI 구성 요소로써, PMI를 예시하나 CSI의 다른 파라미터들이 채널을 추정하기 위하여 이용될 수도 있다.
- [176] 단계(903)에서, 기지국은 CSI 버퍼를 업데이트할 수 있다. CSI 버퍼는 PMI 버퍼를 포함할 수 있다. PMI 버퍼는, CSI에 포함된 PMI에 대한 정보를 포함할 수 있다. 기지국은 단계(901)에서 획득된 PMI에 기초하여 PMI 버퍼를 업데이트할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 기지국은 시간-주파수 자원에 따라 PMI 버퍼를 관리할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 특정 주파수 영역 단위로 또는 시간 영역 단위로 PMI 버퍼를 관리할 수 있다. 여기서, 특정 주파수 영역은 PRB, PRG(physical resource block group), 서브밴드, 대역폭 부분(BWP), 채널 대역폭, 캐리어 주파수(carrier frequency) 중 적어도 하나의 단위로 구성될 수 있다. 또한, 시간 영역은 CSI-RS 전송 주기, CSI 보고 주기, TTI, 동일한 주파수 영역이 반복되는 주기 단위로 구성될 수 있다.
- [177] 단계(905)에서, 기지국은 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 기지국은 CSI 버퍼(예: PMI 버퍼)에 기반하여 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 기지국은 시간-주파수 자원 별 PMI에 기반하여 채널 파라미터를 획득할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따른 채널 파라미터는, UKF의 상태 벡터(θ_k)를 구성하는 파라미터일 수 있다. 이 때, 상태 벡터를 구성하는 파라미터는 도 6a의 시스템 모델에서 예시된 채널 파라미터들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 채널 파라미터는 지연 파라미터, 도플러 파라미터, 지연 파라미터의 변화 값, 도플러 파라미터의 변화 값, 신호의 진폭과 위상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 시간 t_0 에서 상태 벡터는 하기의 수학적 식과 같이 결정될 수 있다.
- [178] 【수학적 식 23】

$$\theta(t_0) = [\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$$

[179] 단계(907)에서, 기지국은 예측 채널 정보를 획득할 수 있다. 예측 채널 정보란, 시간 구간 t_0 이후 다음 CSI(PMI를 포함)가 수신되어 채널 정보가 업데이트되기 전까지(예를 들어, 주기가 T인 경우 t_0 부터 t_0+T 전까지)의 채널 벡터를 포함할 수 있다. 상태 벡터는 수신된 PMI에 기반하여 업데이트되었으므로, 기지국은 다음 CSI(혹은 PMI)가 수신되기 전까지는 단계(805)의 채널 파라미터들에 기반하여 현재 채널 벡터를 예측할 수 있다. 기지국은 t_0 부터 t_0+T 사이 각각의 시간 구간, 즉 $t_0+1, t_0+2, \dots, t_0+T-1$ 각각의 시간에서 예측 채널 정보(예: 채널 벡터 혹은 채널 파라미터들)를 도출할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 하기의 수학적식에 따른 채널 벡터들을 도출할 수 있다.

[180] 【수학적식 24】

$$\hat{\mathbf{h}}_{\theta(t_0)}(t_0 + 1, \{f\}), \dots, \hat{\mathbf{h}}_{\theta(t_0)}(t_0 + T - 1, \{f\})$$

[181] $\hat{h}_{\theta(t_0)}$ 는, 상태 벡터(θ_{t_0}) 시간 인덱스 t, 주파수 인덱스 f에서 채널 벡터를 나타낸다.

[182] 도 9b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 CSI를 이용하는 채널 추정의 예를 도시한다. 도 8b에서는 시간 흐름에 따른 PMI 버퍼 변화 및 예측 채널 정보의 산출 과정이 서술된다. 예측 채널 정보란, 채널 정보가 수신된 시점 이후의 채널 정보로서, 기지국의 추정값에 기초하여 결정되는 정보를 의미한다.

[183] 도 9b를 참고하면, 시점(931)에서, 기지국은 PMI를 수신할 수 있다. 다음 PMI가 수신되기 전까지, PMI 버퍼는 $F_0=h_{\text{PMI}}(t_0, \{f\})$ (941), $F_1=h_{\text{PMI}}(t_0-T, \{f\})$ (951)를 포함할 수 있다 $F_0=h_{\text{PMI}}(t_0, \{f\})$ (941), $F_1=h_{\text{PMI}}(t_0-T, \{f\})$ (951)로부터 시점(931)에서의 상태 벡터인 $\theta(t_0)$ 가 도출된다. 예를 들어, $\theta(t_0)=[\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 이다. 기지국은 시점(931)에서 획득된 상태 벡터로부터 시점(931)부터 시점(933) 사이의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 즉, 기지국은, $\theta(t_0)=[\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 에 기반하여 t_0 부터 t_0+T 까지의 구간 사이의 시점에서의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다.

[184] 시점(933)에서, 기지국은 PMI를 수신할 수 있다. 즉, 시점(931)으로부터 T 이후, PMI를 수신할 수 있다. PMI를 포함하는 CSI의 전송 주기는 T일 수 있다. 다음 PMI가 수신되기 전까지, PMI 버퍼는 $F_0=h_{\text{PMI}}(t_0+T, \{f\})$ (943), $F_1=h_{\text{PMI}}(t_0, \{f\})$ (953)를 포함할 수 있다. $F_0=h_{\text{PMI}}(t_0+T, \{f\})$ (943), $F_1=h_{\text{PMI}}(t_0, \{f\})$ (953)로부터 시점(933)에서의 상태 벡터인 $\theta(t_0+T)$ 가 도출된다. 예를 들어, $\theta(t_0+T)=[\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 이다.

기지국은 시점(933)에서 획득된 상태 벡터로부터 시점(933)부터 다음 주기(예: t_0+2T) 전까지, 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 즉, 기지국은,

$\theta(t_0+T)=[\tau, \Delta\tau, \nu, \Delta\nu, \gamma]$ 에 기반하여 t_0+T 부터 t_0+2T 까지의 구간 사이의 시점에서의 예측 채널 정보를 생성할 수 있다.

[185] 예를 들어, 시점(935)에서, 즉, $t_0+T+\Delta t$ 에 대응하는 시점에서, 기지국은 상태 벡터 $\theta(t_0+T)$ 에 기반하여 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. $t_0+T+\Delta t$ 에 대응하는

시점에서, $\theta(t_0+T)$ 는 구식의(aged) 채널 상태 벡터에 대응하므로, 기지국은 UKF 기반 상태 벡터의 채널 파라미터들과 해당 시스템 모델을 통해, 예상되는 채널을 추정할 수 있다. 이 때, 추정되는 채널은 하기의 수학적식으로 표현될 수 있다.

[186] 【수학적식 25】

$$\hat{\mathbf{h}}_{\theta(t_0+T)}(t_0 + T + \Delta t, \{f\})$$

[187] 기지국은 임의의 시간/주파수 자원에서 단말을 스케줄링하고 단말에 대한 프리코더 또는 MCS를 결정할 수 있다. 특히, Massive MIMO를 지원하는 기지국에서는 MU-MIMO 이득을 극대화하기 위하여 송신단에서 채널 정보 획득이 사용자 간 간섭을 최소화하고 효율적인 사용자 서비스 제공을 위해 필수적이다. 주파수 자원 및 시간 자원의 그레인리티(granularity)와 정확도가 향상될수록 스케줄링 이득은 향상되며, 특히 시간 자원의 그레인리티와 정확도가 향상될수록 사용자 이동성(User mobility)에 강인해지며 처리율(throughput) 이득은 향상될 수 있다.

[188] 채널 추정치를 갖지 않는 시간 - 주파수 자원(예: 도 8b의 SRS age 혹은 도 9b의 PMI age)에 대해, 기지국은, 이전에 샘플링된 또는 구식의(aged) 채널 추정치를 사용할 수 있다. 이 때, 그대로 구식의 채널 추정치를 사용하게 되면, 사용자 이동성이 없는 정지 상태의 (static) 단말들에게는 채널 추정치를 반영한 스케줄링이 잘 동작하나, 이동성이 있는 단말들에게는 스케줄링 성능이 저하될 수 있다. 이동성이 높은 단말 입장에서, 구식의 채널 추정치는, 현재 채널 상태를 올바르게 반영하지 못하기 때문이다. 따라서, 본 개시는 UKF 기반 채널 추정을 통해, SRS 채널 추정치 혹은 CSI 기반 채널 추정치가 이용 가능하지 않은 시간-주파수 자원에 대한 채널을 재구성 시, 채널 파라미터를 예측하기 위한 방법을 제시한다. 기지국은 예측 모델에 기초하여 이전에 수집된 SRS 채널 추정치 또는 단말이 보고한 CSI 보고(reporting)를 사용하여 채널을 예측할 수 있다. 예측 모델은 매개 변수화 될 수 있다. 새로운 SRS 혹은 CSI가 수신되면, 기지국은 채널 예측 파라미터를 업데이트 할 수 있다. 예를 들어, $t > t_0$ 인 경우, 기지국은 도 8b, 도 8c와 같이 SRS 버퍼에서 SRS 채널 추정치의 시퀀스 $\{F_0, F_1\}$, 채널 예측 파라미터 $\{\theta_0, \theta_1, \dots\}$, SRS age (non-updating duration), 또는 $\Delta t = t - t_0$ 중 적어도 하나를 입력으로 기반하여 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 또한, 기지국은 도 9b와 같이, PMI 버퍼에서 채널 추정치의 시퀀스 $\{F_0, F_1\}$, 채널 예측 파라미터 $\{\theta_0, \theta_1, \dots\}$, PMI age (non-updating duration), 또는 $\Delta t = t - t_0$ 중 적어도 하나를 입력으로 기반하여 예측 채널 정보를 생성할 수 있다. 기지국은 각 주파수 자원 f 상에서 시간 t 에서 채널 추정치를 생성한다.

[189] 도 8a 내지 도 9b를 통해, SRS를 이용하는 채널 추정과 CSI의 PMI를 이용하는 추정이 예로 서술되었으나, 두 채널 방안이 결합되어 사용될 수 있음은 물론이다. 즉, 기지국은 TM 모드를 적응적으로 활용함으로써, SRS를 이용하는

채널 추정 과정에서 수신되는 CSI를 보완하여 사용하거나, CSI를 이용하는 채널 추정 과정에서 SRS를 보완하여 사용할 수 있다.

[190] **UKF 기반 상태 정보**

[191] 도 10은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF의 원리를 도시한다. 본 개시의 채널 추정 시 이용되는 채널 파라미터들은, UKF에 기반하여 획득되는 상태 벡터(state vector)에 의해 구성된다.

[192] 도 10을 참고하면, 제1 분포도(1010)는 실제 표본들에 대한 샘플링을 나타낸다. 제2 분포도(1020)는 EKF에 기반한 샘플링을 나타낸다. 칼만 필터는 선형 모델에 기인하기 때문에, 시간 자원, 주파수 자원, 및 공간 자원에 따라 변동성이 심한 채널 상태는 단말의 이동에 따라 선형적이지 않을 수 있다. 특히, 채널 벡터는 위상(phase) 파라미터, 지연 파라미터, 도플러 파라미터 등 비선형적인 요소(예: 지수적인 요소)들을 포함하고 있어, 기존의 칼만 필터는 원활하게 동작하기 어렵다. EKF에 기반한 샘플링은, 테일러 전개(Taylor expansion)를 통한 선형 근사화를 수행하기 때문에, 실제 표본들에 대한 샘플링 결과와 다소 차이가 있다.

[193] 제3 분포도(1030)는 UKF에 기반한 샘플링을 나타낸다. UKF에 기반한 샘플링은, 일괄적인 선형 근사화 대신, 무향 변환(unscented transform, UT)과정을 포함할 수 있다. 무향 변환은, 평균(mean) 근처의 시그마 포인트들을 도출하는 과정, 시그마 포인트들에 대한 가중치를 결정하는 과정, 비선형 함수를 통해 시그마 포인트들의 출력을 계산하는 과정을 포함할 수 있다. 상술된 절차들을 통해, UT_{mean} 과 $UT_{\text{covariance}}$ 을 갖는 새로운 가우시안 분포가 도출된다. 테일러 전개와 같은 선형 변환 대신, 비선형 함수에 대한 평균/공분산을 계산하기 때문에, UKF에 기반한 채널 추정은 비선형 모델에서 실제 분포도(예: 제1 분포도(1010))와 유사한 결과를 제공할 수 있다. 이러한 무향 변환은 비선형 모델에서 성능 향상을 제공함과 동시에, 고차원의 상태 변수들을 지정된 상태 벡터의 형태로 도출하는 바 저복잡도를 제공할 수 있다.

[194] 도 11a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF 기반 상태 정보 관리를 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다. 상태 정보 관리를 수행하는 장치로서, 도 1의 기지국(110)이 예시된다. 도 11a의 절차들은, 도 7의 단계(703)의 상태 정보에 대한 관리 절차로서, 도 11a의 동작 흐름은 도 7을 수행하는 채널 추정 장치의 동작 또는 채널 추정 장치의 일부 구성 요소로 이해될 수 있다.

[195] 도 11a를 참고하면, 단계(1101)에서, 기지국은 초기 추정치를 결정할 수 있다.

[196] 기지국은 상태 벡터의 초기 평균값을 결정할 수 있다. 기지국은 상태 벡터의 초기 공분산 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 상태 벡터는

$$\theta_k = [\tau_k^T, \mathbf{v}_k^T, \Delta\tau_k^T, \Delta\mathbf{v}_k^T, \alpha_k^T, \phi_k^T]^T \text{일 수 있다. 공분산은}$$

$$\mathbf{P}_k^\theta = E[(\theta_k - \hat{\theta}_k)(\theta_k - \hat{\theta}_k)^H] \text{일 수 있다. 기지국은 } \hat{\theta}_0 \text{ 및 } \mathbf{P}_0^\theta \text{을 결정할 수 있다(즉,$$

k=0).

[197] 단계(1103)에서, 기지국은 시그마 포인트 정보를 결정할 수 있다. 시그마 포인트 정보란, UKF에서 시그마 포인트들의 위치에 대한 정보 및 각 시그마 포인트의 가중치에 대한 정보를 포함할 수 있다. 기지국은 시그마 포인트들을 계산할 수 있다. 또한, 기지국은 각 시그마 포인트의 가중치를 계산할 수 있다. 시그마 포인트들의 개수는, 공분산 행렬의 차원 크기에 기초하여 결정된다. 예를 들어, 기지국은 하기의 수학식에 기초하여 시그마 포인트(χ_i) 및 해당 시그마 포인트에서 가중치(W_i)를 계산할 수 있다.

[198] 【수학식 26】

$$(\hat{\theta}_{k-1}, \mathbf{P}_{k-1}^{\theta}, \kappa) \rightarrow (\chi_i, W_i) \text{ such that } \mathbf{U}_k^T \mathbf{U}_k = (n + \kappa) \mathbf{P}_{k-1}^{\theta}$$

[199] $\hat{\theta}_{k-1}$ 는 이전 상태 벡터의 평균값, $\mathbf{P}_{k-1}^{\theta}$ 는 이전 상태 벡터의 공분산을 나타내고, n은 상태의 차원, κ 는 상수이다. 2n+1개의 시그마 포인트들을 결정하고, 각 가중치는 n과 κ 에 기초하여 결정된다. 일 실시 예에 따라, 시그마 포인트 및 가중치 도출을 위해, 콜레스키 분해(cholesky factorization)가 이용될 수 있다.

[200] 단계(1105)에서, 기지국은 사전(priori) 추정값 및 오차 공분산을 획득할 수 있다. 사전 추정값은, 시간 구간 k-1에서의 상태를 가정할 때, 시간 구간 k에서 예상되는 상태를 나타낸다. 사전 추정값은 하기의 수학식에 기초하여 결정될 수 있다.

[201] 【수학식 27】

$$(\hat{\theta}_{k|k-1}, \mathbf{P}_{k|k-1}^{\theta}) = UT(f(\chi_i), W_i, \mathbf{Q}) \text{ with } \mathbf{P}_{k|k-1}^{\theta} = cov(\theta_k - \hat{\theta}_{k|k-1})$$

[202] 여기서, $(\hat{\theta}_{k|k-1}, \mathbf{P}_{k|k-1}^{\theta})$ 는 새로운 가우시안 분포를 나타낸다. $\hat{\theta}_{k|k-1}$ 는 예측된 상태를 나타내고, 시그마 포인트(χ_i)에서의 상태 전달 함수 출력 $f(\chi_i)$ 과 가중치(W_i)의 결합을 통해 획득된다. 단계(1105)는, 시간 구간 k-1에서의 상태 정보에 기반하여 시간 구간 k의 상태 정보를 추정하는 절차로서, 상태 업데이트(state update) 절차로 지칭될 수 있다.

[203] 단계(1107)에서, 기지국은 측정 정보를 획득할 수 있다. 측정 정보는, 단말로부터 수신되는 SRS에 대한 측정 결과를 포함하거나, CRS 혹은 CSI-RS에 대한 측정 결과와 관련된 CSI를 포함할 수 있다. 즉, 기지국은 SRS 버퍼 혹은 CSI 버퍼로부터 측정 정보를 획득할 수 있다. 측정 정보는 y_k 일 수 있다.

[204] 단계(1109)에서, 기지국은 칼만 이득을 결정할 수 있다. 칼만 이득이란, 칼만 필터에 적용되는 가중치로, 부정확한 측정 정보로부터 오차를 최소화하기 위해 반복적으로 업데이트 되는 이득일 수 있다. 먼저, 기지국은 실제 측정 정보의 획득과 독립적으로 측정 정보와 공분산을 예측할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 하기의 수학식에 기초하여 측정 정보와 공분산을 추정할 수 있다.

[205] 【수학식 28】

$$(\hat{y}_k, \mathbf{P}_k^y) = UT(h(\chi_i), W_i, \mathbf{R}) \text{ with } \mathbf{P}_{k|k-1}^y = cov(y_k - \hat{y}_{k|k-1})$$

[206] 여기서, $(\hat{\mathbf{y}}_k, \mathbf{P}_k^y)$ 는 가우시안 분포를 나타낸다. $\hat{\mathbf{y}}_k$ 는 예측된 측정 상태를 나타내고, 시그마 포인트(χ_i)에서의 업데이트 함수 출력 $h(\chi_i)$ 과 가중치(W_i)의 결합을 통해 획득된다. 여기서, 해당 추정 절차는 실제 측정 정보를 얻기 전에 추정하는 절차로서, 단계(1107) 전에 수행되거나 단계(1107) 이후에 수행될 수 있다. 즉, 실제 측정 정보를 얻는 절차와 독립적으로 수행될 수 있다.

[207] 기지국은, 추정된 정보와 단계(1107)로부터 실제 획득한 측정 정보에 기반하여 칼만 이득을 계산할 수 있다. 칼만 이득이란 부정확한 측정 정보로부터 오차를 최소화하기 위해 정해지는 이득으로, 기지국은 시간 구간 k 에서 칼만 이득을 계산할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 하기의 수학식에 따라 칼만 이득을 계산할 수 있다.

[208] 【수학식 29】

$$\mathbf{P}_k^{\theta y} = \sum_{i=1}^{2n+1} W_i \{f(\chi_i) - \hat{\boldsymbol{\theta}}_{k|k-1}\} \{h(\chi_i) - \mathbf{y}_k\}^T$$

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_k^{\theta y} (\mathbf{P}_k^y)^{-1}$$

[209] \mathbf{K}_k 는 시간 구간 k 에서 칼만 이득을 의미한다.

[210] 단계(1111)에서, 기지국은 사후 추정값을 획득할 수 있다. 기지국은 칼만 이득, 사전 추정값, 및 측정 정보의 차이에 기반하여 사후 추정값을 획득할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 하기의 수학식에 따라 사후 추정값을 계산할 수 있다.

[211] 【수학식 30】

$$\hat{\boldsymbol{\theta}}_k = \hat{\boldsymbol{\theta}}_{k|k-1} + \mathbf{K}_k (\mathbf{y}_k - h(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{k|k-1}))$$

[212] 사후 추정값($\hat{\boldsymbol{\theta}}_k$)은, 시간 구간 k 에서 상태 벡터를 의미한다. 다양한 실시 예들에 따른, 기지국은 시간 구간 k 부터 다음 측정 정보가 업데이트 될 때까지(예: 다음 CSI가 수신될 때까지), $\hat{\boldsymbol{\theta}}_k$ 에 따른 채널 파라미터들에 기반하여 채널 추정을 수행할 수 있다. 다음 시간 구간(시간 구간 $k+1$)에서, 기지국은 단계(1103) 내지 단계(1111) 절차를 다시 수행할 수 있다.

[213] 단계(1107) 내지 단계(1111) 절차는, 실제 측정 정보로부터 추정된 상태 정보를 정정하는 절차로서, 측정 업데이트(measurement update) 절차로 지칭될 수 있다. 한편, 도 11a에서는, 한 사이클(cycle)에서 상태 업데이트 절차와 측정 업데이트 절차가 수행되는 것으로 도시되었으나, 본 개시의 실시 예들은 이에 한정되지 않는다. 측정 업데이트 절차는 실제 채널 정보의 수신이 요구되는 바, 각 절차의 수행 빈도는 다르게 구성될 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 측정 업데이트 절차는 상태 업데이트 절차보다 적은 빈도로 수행될 수 있다. 일 실시 예에 따라 상태 업데이트 횟수 대 측정 업데이트 횟수의 비는 채널 상황에 따라 다르게 구성될 수 있다. 일 예로, 채널 상태가 변동성이 높은 경우에는, 지속적인 측정 정보 업데이트를 통해 실제 값들을 반영함으로써, 오류의 가능성을 최소화할

필요가 있기 때문이다.

- [214] 도 11b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 UKF 기반의 알고리즘에서 복잡도를 줄이기 위해서 최소 제곱 방법(least square method)와 결합된 상태 정보 관리를 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다.
- [215] 기지국은, 사용자 별로 경로 수 2배의 숫자만큼, 경로 별 시간 지연(time delay)와 도플러 주파수(doppler frequency)는, UKF 또는 EKF에 기반하여 추정할 수 있다. MU-MIMO이득을 극대화하기 위하여 Massive MIMO의 채널 추정을 위해 결국 안테나(antenna) 별 채널 값도 추정해야 하다. 이 때, 각 사용자 별로 경로 파라미터(path parameter)는 모든 안테나(antenna)에 대해서는 공통임을 이용하여, 채널 추정의 복잡도가 감소할 수 있다. 즉, 상술한 가정들이 복잡도가 감소된 채널 예측(prediction) 알고리즘 설계에 이용될 수 있다. UKF알고리즘을 이용하면 지연 파라미터(τ), 도플러 파라미터(ν)의 추정이 가능하고, 상술된 수학적 식 12를 참고하면, matrix B는 P개의 B_p 벡터가 스택된 행렬(matrix)을 의미한다. 기지국은, 수학적 식 12에 기반하여 공통되는 채널 matrix B를 UKF에 기반하여 추정한 후, k번째 안테나에서 보이는 path별 channel coefficient인 복소 가중치(complex weight)(γ_k)을 획득하고자 할 수 있다. 다양한 실시 예들에 따른 기지국은, 최소 제곱 방법(least square method)에 기반하여 채널 추정을 수행할 수 있다. 기지국은, 최소 제곱 방법에 기반하여, 안테나 별(예: k 번째 안테나) 관련된 채널 계수(channel coefficient)를 획득하고, 획득된 채널 계수에 기반하여 채널을 추정할 수 있다.
- [216] 도 11b를 참고하면, 단계(1151)에서, 기지국은 입력으로 상태 벡터 정보, 공분산 정보, 채널 측정 정보를 획득할 수 있다. 예를 들어 상태 벡터 정보는 θ_n 로 표현될 수 있다. 일 예로, θ_n 은 $2P_{\max} \times 1$ 의 크기일 수 있다. P_{\max} 는 경로들의 수일 수 있다. 예를 들어 공분산 정보는 P_n 로 표현될 수 있다. 일 예로, P_n 은 $2P_{\max} \times 2P_{\max}$ 의 크기일 수 있다. 예를 들어, 채널 측정 정보는 y_k 로 표현될 수 있다. 이 때, y_k 는 $N_{RBperband} N_{SRSband} \times 1$ 의 크기일 수 있다. $N_{SRSband}$ 는 SRS 밴드의 개수, $N_{RBperband}$ 는 밴드 별 RB 개수일 수 있다. 여기서, k는 k번째 안테나를 나타낼 수 있다.
- [217] 단계(1153)에서, 기지국은 UKF를 위한 시그마 포인트들을 계산할 수 있다. 단계(1155)에서, 기지국은 예측 단계를 수행할 수 있다. 즉, 기지국은 UKF 알고리즘의 상태 정보 업데이트를 수행할 수 있다. 기지국은 상태 벡터를 업데이트할 수 있다.
- [218] 단계(1157)에서, 기지국은 B 함수를 수행할 수 있다. 이 때, 입력은 $[\tau]_{1 \times P_{\max}}, [\nu]_{1 \times P_{\max}}$ 일 수 있다. 출력은 B, B_r, B_{tr} 일 수 있다. 예를 들어, 수학적 식 12의 B 함수의 각 파라미터들이 이용될 수 있다.
- [219] 단계(1159)에서, 기지국은 최소 제곱 함수에 기반하여 B 함수 및 수신 벡터로부터 채널 벡터를 획득할 수 있다. 여기서, 최소 제곱 함수란, 실제 값과 추정 값의 오차의 제곱이 최소가 되도록, 추정 값을 구하기 위한 방식을

의미한다. 예를 들어, 기지국은 안테나 별 채널 주파수 응답(y_k)에 대해 하기의 수학적식에 기반하여 각 k 번째 안테나별, 채널 경로(path) 별 채널 계수인 Γ_k 벡터를 역산할 수 있다. p 는 경로의 숫자, N_T 는 전송 안테나들의 개수일 수 있다.

[220] ● Input: $[B]_{N_{RB}perBandN_{SRS} \times p}$, $[y_k]_{N_{RB}perBandN_{SRS}band \times 1}$

[221] ● Purpose of this block: Find Γ_k^T such that $y_k = B \cdot \Gamma_k^T$

[222] 【수학적식 31】

$$\Gamma_k^T = B^{-1} \cdot y_k, \quad \dim(\Gamma_k^T) = p \times 1$$

[223] ● * B^{-1} is common for all k

[224] Output: $\Gamma = [(\Gamma_1^T), (\Gamma_2^T), \dots, (\Gamma_{N_T}^T)]^T$, $\dim(\Gamma) = N_T \times p$

[225] 단계(1161)에서, 기지국은 업데이트 단계를 수행할 수 있다. 즉, 기지국은 측정된 값들에 기반하여 채널 벡터를 업데이트할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 기지국은 단계(1161) 내지 단계(1163)를 추가적으로 더 수행할 수 있다. 예를 들어, 기지국은 B 함수를 수행하고, 최소 제곱 함수를 수행할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 도 11b에 도시된 바와 달리, 기지국은 단계(1161) 이후 파라미터들을 출력하고, 동작을 종료할 수도 있다.

[226] 상술된 동작들을 통해, 기지국은 도플러 파라미터(예: $[\tau]_{1 \times P_{max}}$), 시간 지연 파라미터(예: $[v]_{1 \times P_{max}}$), 채널 계수(예: $[\Gamma]_{N_T \times P_{Max}}$), 상태 벡터(예: $[P_n]_{N_T \times P_{Max}}$), 및 공분산 오차(예: $[\theta_n]_{2P_{Max} \times 1}$)를 출력할 수 있다. 이러한 방법을 통해, 모든 안테나별 채널 계수(channel coefficient)를 UKF나 EKF로 추정하지 않더라도, 기지국은 저차원(low dimension)에서 UKF나 EKF를 보다 효과적으로 운용할 수 있다.

[227] 도 6a 내지 도 11b를 통해 UKF 알고리즘에 기초하여 채널을 예측하고, 실제 측정치에 기반한 정정을 수행함으로써, 단말 이동에 보다 강건한 채널 추정 방안이 서술되었다. 최근 기지국에서의 기능 분담을 위해 분리형 구조(distributed deployment) 망 구조가 제안되고 있고, 이에 따라 본 개시의 UKF 채널 추정을 위한 CU(central unit)와 DU(distributed unit) 간 메시지가 정의될 수도 있다. DU는 SRS 수신에 따른 측정 결과 혹은 CSI 보고를 획득하면, CU에게 전달할 수 있다. 따라서, raw한 채널 정보를 CU에게 보고하는 메시지들이 정의될 수 있다. 예를 들어, DU는 CSI report, 혹은 주파수 단위로 관리되는 PMI들, 또는 시간-주파수 자원 단위로 SRS 측정 결과들을 포함하는 보고 메시지들이 정의될 수 있다. CU는 획득되는 채널 정보들에 기반하여, UKF 알고리즘에 따라 현재 채널 상태 벡터를 추정할 수 있다. 일 실시 예에 따라, CU는 최종적인 스케줄링 결과를 DU에게 제공할 수 있다. CU는 스케줄러를 포함할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, CU는 획득된 채널 정보에 대한 현재 상태 정보를 DU에게 제공할 수 있다. DU는, 현재 상태 정보에 기반하여 실시간으로 채널을 추정할 수 있다. DU는 다음 채널 정보가 획득되기 전까지, 현재 상태 정보에 따른 시간 지연 파라미터,

도플러 파라미터, 혹은 공간 벡터에 기초하여 현재 채널 벡터를 계산할 수 있다. DU는 스케줄러를 포함할 수 있다. 이러한 시나리오에서, 상태 정보를 구성하는 파라미터들(예: 수학식 15 내지 수학식 17의 상태 벡터(θ_k))중 적어도 하나를 포함하는 제어 메시지가 정의될 수 있다.

- [228] 도 12는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 뉴멀로지(numerology)에 따른 적응적 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다. 채널 추정을 수행하는 장치로서, 도 1의 기지국(110)이 예시된다.
- [229] 도 12를 참고하면, 단계(1201)에서, 기지국은 뉴멀로지 정보를 획득할 수 있다. 뉴멀로지 정보는, 시간-주파수 자원 그리드에서 부반송파 간격(subcarrier spacing) 및 심볼 길이를 나타내고, μ 로 지시될 수 있다. 예를 들어, NR 시스템에서 μ 는 하기와 같이 구성될 수 있다. 증가하는 서브 캐리어 간격만큼, 심볼 길이는 감소한다.
- [230] 【표 1】

μ	$\Delta f = 2^\mu \cdot 15[kHz]$
0	15
1	30
2	60
3	120
4	240

- [231] 단계(1203)에서, 기지국은 지정된 조건이 충족되는지 여부를 결정할 수 있다. 여기서, 지정된 조건은 UKF 기반 채널 추정을 트리거링할 조건이다. 기지국은 뉴멀로지 정보에 기반하여 지정된 조건의 충족 여부를 결정할 수 있다. 뉴멀로지 정보는, 복조 기준 신호(예: DM-RS)에 대한 도플러 영향, 채널의 주파수 선택성에 영향을 미친다. 예를 들어, 구성된(configured) μ 가 임계값 이상인 경우, 기지국은 지정된 조건의 충족을 결정할 수 있다. 짧아지는 심볼 길이 및 증가된 서브캐리어 간격에 따라 RB당 채널 변화량이 상대적으로 증가하므로, 단말의 이동에 보다 민감할 수 있다. 따라서, 기지국은 강건한(robust) 스케줄링을 위하여 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 지정된 조건이 충족되는 경우, 기지국은 단계(1205)를 수행할 수 있다. 지정된 조건이 충족되지 않는 경우, 기지국은 단계(1207)를 수행할 수 있다.
- [232] 단계(1205)에서, 기지국은 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. UKF 기반 채널 추정이란, 채널 벡터를 구성하는 매개 변수 파라미터들(즉, 채널 파라미터들)을 상태 벡터로 정의하고, 해당 상태 벡터의 값을 추정하기 위한 알고리즘을 UKF 방식으로 수행하는 것을 의미한다. 선형 근사화 시 오류가 발생할 것으로 판단되는 경우, 예를 들어, 단말의 이동성이 높거나 채널 상태의 변화가 큰 경우, 비선형 모델링에 따른 채널 추정이 필요한 바, 기지국은 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다.

- [233] 단계(1207)에서, 기지국은 EKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 채널 벡터를 구성하는 매개 변수 파라미터들(즉, 채널 파라미터들)을 상태 벡터로 정의하고, 해당 상태 벡터의 값을 추정하기 위한 알고리즘을 EKF 방식으로 수행하는 것을 의미한다. 연산 속도 측면에서 UKF보다 유리한 바, 현재 채널 상황이 선형 모델과 유사한 것으로 판단되는 경우, 기지국은 EKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다.
- [234] 도 12에서는 UKF 방식이 사용되지 않는 경우, EKF 방식에 따라 채널 추정을 수행하는 것으로 도시되었으나, 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 지정된 조건이 충족되지 않는 경우, EKF 대신 일반 KF 방식에 따라 채널 추정이 수행되거나 다른 재귀 필터가 사용될 수도 있다.
- [235] NR 시스템에서 뉴멀로지는 변경될 수 있다. 동작 주파수 대역 혹은 채널 상황의 변화(지연 파라미터, 도플러 파라미터 등)으로 인해 서브캐리어 간격은 변경될 수 있다. 이 때, 서브캐리어 간격이 변경되더라도, 본 개시의 다양한 실시 예들에 다른 채널 예측이 수행될 수 있다. 기지국은, 변경된 뉴멀로지 정보에 기반하여 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 제1 서브캐리어 간격에서 제2 서브캐리어 간격으로 변경된 경우, 기지국은 서브캐리어 간격 변화율과 심볼 길이 변화율을 고려하여 UKF 기반 채널 추정을 수행할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 도플러 파라미터와 지연 파라미터의 스케일이 μ 에 기초하여 변경될 수 있다. 일 예로, 서브캐리어 간격이 15kHz에서 30kHz로 증가하는 경우, 기지국은, 서브캐리어 간격이 15kHz일 때 2개의 RE들에 대한 채널 추정치에 기반하여, 서브캐리어 간격이 30kHz일 때 1개의 RE에 대한 채널 추정치를 획득할 수 있다. 즉, 주파수 영역에서 뉴멀로지 변경으로 인한 차이가 보상될 수 있다. 이러한 경우, 수학식 3의 δf 이 변경될 수 있다. 또한, 서브캐리어 간격이 15kHz에서 30kHz로 증가하는 경우, 기지국은 감소되는 심볼 길이에 따른 슬롯 길이 감소를 고려하여, 채널 추정을 수행할 수 있다. 즉, 기지국은 Δt 대신 $\Delta t/2$ 단위로 채널 상태를 예측할 수 있다.
- [236] 기지국에서 SRS들을 수신하고, 각 단말에 대한 UKF 기반 채널 추정을 수행하는 경우, 구현 복잡도가 증가할 수 있다. 따라서, 단말이 UKF방식에 기반하여 채널의 경로 별 시간 지연(time delay) 및 도플러(doppler)를 추정하고, 이에 대한 채널 파라미터를 기지국에게 피드백하는 새로운 CSI 피드백 방안을 제안한다. 각 개별 단말이 UKF를 분산적으로 처리하고, 피드백 정보를 기지국에게 보고함으로써, 기지국은 피드백 정보에 기초하여 스케줄링을 수행함으로써, UKF 기반 채널 추정의 효과를 유사하게 얻을 수 있다. 이하, 도 13에서는 새로운 코드북 구조를 통해 단말의 새로운 PMI 피드백 방안이 서술된다.
- [237] 도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 코드북(codebook) 기반 채널 추정을 위한 장치의 동작 흐름을 도시한다. 채널 추정을 수행하는 장치로서, 도 1의 기지국(110)이 예시된다. 코드북은, 선형

조합(linear combination, LC) 형태의 코드북일 수 있다.

- [238] 도 13을 참고하면, 단계(1301)에서, 기지국은 도플러 팩터를 포함하는 CSI를 단말로부터 수신할 수 있다. 도플러 팩터는, 단말의 이동성(mobility)에 강건하도록 도플러 효과(doppler effect)를 반영한 주파수 요소를 의미한다. 일 예로, 단말은 도플러 팩터에 대한 인덱스를 기지국에게 피드백할 수 있다. 해당 인덱스는 행렬로서 LC 코드북 구조를 통해, 진폭 스케일링(amplitude scaling), 공간 압축(spatial compression) 등의 요소와 함께 선형 조합될 수 있다. 예를 들어, 인덱스는 하기의 수학적 식의 W_4 를 가리키도록 구성될 수 있다. MU-MIMO 강화 및 UCI 오버헤드를 줄이기 위해, Release 16에서 제안되는 Type II 코드북 구조가 예시되었다.

- [239] 【수학적 식 32】

$$PMI = W_1 W_2 W_3 W_4,$$

$$W_1 = \begin{bmatrix} b_0 \dots b_{L-1} & 0 \\ 0 & b_0 \dots b_{L-1} \end{bmatrix}$$

$$W_3 = W_f = [f_0 \dots f_{M-1}]$$

$$W_4 = \text{Diag}\{\exp(jv_0 t) \dots \exp(jv_{M-1} t)\}$$

$$W_2 = \text{inv}(W_1) H_{N,K} \text{inv}(W_f^H W_4) = W_1^H H_{N,K} W_f W_4^H$$

- [240] 단계(1305)에서, 기지국은 수신된 CSI에 기반하여 스케줄링을 수행할 수 있다. 기지국은, CSI로부터 도플러 팩터를 획득할 수 있다. 이 때, 이러한 도플러 팩터는 수학적 식 15 내지 수학적 식 17의 도플러 파라미터와 관련된 정보일 수 있다. 기지국은 다음 도플러 팩터가 수신되기 전까지, 예측 채널 정보를 생성하고 이에 기반하여 스케줄링을 수행할 수 있다. 채널 파라미터의 일부를 CSI 피드백 요소로 포함시킴으로써, 기지국의 연산 부담이 감소될 수 있다.

- [241] 한편, 기지국은, 별도의 코드북 구조를 이용하는 대신, NR Release 15의 Type II 코드북 기반 PMI 피드백에 기반하여 채널 추정을 수행할 수도 있다. Type II 코드북 기반 PMI 피드백은, 진폭(amplitude)과 위상(phase) 정보를 포함할 수 있다. 기지국은 진폭 정보와 위상 정보를 포함하는 상태 정보를 업데이트할 수도 있다. 상태 정보는 수학적 식 15와 같이 구성될 수 있다. 기지국은 UKF 기반 방식에 따라 상태 정보를 업데이트하고, 실시간으로 채널 벡터를 예측할 수 있다.

- [242] 다양한 실시 예들에 따를 때, 무선 통신 시스템에서 기지국에 의해 수행되는 방법은, 제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하는 과정과, 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정과, 상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를 생성하는

과정을 포함할 수 있다.

- [243] 일 실시 예에 따라, 상기 채널 정보를 획득하는 과정은, 하나 이상의 SRS들(sounding reference signals)을 수신하는 과정과, 상기 수신된 하나 이상의 SRS들에 기반하여 측정 결과를 생성하는 과정을 포함하고, 상기 하나 이상의 SRS들은 주기 P에 따라 주기적으로 전송되고, 상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 P에 대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응할 수 있다.
- [244] 일 실시 예에 따라, 상기 채널 정보를 획득하는 과정은, PMI(precoding matrix indicator)를 포함하는 채널 상태 정보(channel state information, CSI)를 수신하는 과정을 포함하고, 상기 CSI는 주기 T에 따라 주기적으로 전송되고, 상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 T에 대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응할 수 있다.
- [245] 일 실시 예에 따라, 상기 이전 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간 이전인 t_{k-1} 에서의 채널 파라미터들을 포함하고, 상기 현재 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간인 t_k 에서의 채널 파라미터들을 포함할 수 있다.
- [246] 일 실시 예에 따라, 상기 채널 파라미터들은, 도플러 파라미터(doppler parameter), 지연 파라미터(delay parameter), 또는 안테나에 따른 공간 벡터 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [247] 일 실시 예에 따라, 상기 현재 상태 정보를 획득하는 과정은, 이전 상태 정보에 대한 하나 이상의 시그마 포인트들을 결정하는 과정과, 상기 시그마 포인트들 각각에 대한 가중치 정보를 결정하는 과정과, 상기 가중치 정보 및 상기 시그마 포인트들에 기반하여, 예상 상태 정보를 생성하는 과정과, 상기 예상 상태 정보 및 상기 채널 정보에 기반하여, 상기 현재 상태 정보를 획득하는 과정을 포함할 수 있다.
- [248] 일 실시 예에 따라, 상기 예측 채널 정보를 생성하는 과정은, 상기 현재 채널 상태 정보의 시간 지연 파라미터 및 도플러 파라미터를 획득하는 과정과, 상기 시간 지연 파라미터, 상기 도플러 파라미터, 및 자원 차이 정보에 기반하여 상기 예측 채널 정보를 생성하는 과정을 포함하고, 상기 자원 차이 정보는, 상기 제1 시간-주파수 자원과 상기 제2 시간-주파수 자원의 시간 차이; 및 상기 제1 시간-주파수 자원과 상기 제2 시간-주파수 자원의 주파수 차이를 포함할 수 있다.
- [249] 일 실시 예에 따라, 상기 예측 채널 정보는, 하기의 수학식에 기반하여 생성되고,
- $$h_q(f, t) = \sum_{p=1}^P \gamma_{p,q} e^{-j2\pi(f\tau_p - \nu_p t)}, \quad h_q(f, t) \text{는 } q\text{번째 안테나에서}$$
- 시간-주파수 자원(t, f)에 대한 예측 채널 정보이고, (t, f)는 상기 시간 차이 및 상기 주파수 차이에 대응하고, τ_p 는 상기 지연 파라미터, ν_p 는 상기 도플러 파라미터, $\gamma_{p,q}$ 는 안테나 q 에 대한 복소 가중치(complex weight)일 수 있다.
- [250] 일 실시 예에 따라, 상기 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정은,

뉴멀로지(numerology) 정보를 획득하는 과정과, 상기 뉴멀로지 정보에 기반하여 상기 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정을 포함하고, 상기 뉴멀로지 정보는, 상기 단말과의 하향링크 채널의 시간-주파수 자원 구조에서 서브캐리어 간격 및 심볼 기이를 나타낼 수 있다.

- [251] 일 실시 예에 따라, 상기 채널 정보는 도플러 팩터(doppler factor)를 포함하는 PMI(precoding matrix indicator)를 포함하고, 상기 PMI는 LC(linear combination) 코드북의 구성 요소에 대응하고, 상기 도플러 팩터는 상기 단말에서 UKF 기반 채널 추정에 의해 획득될 수 있다.
- [252] 다양한 실시 예들에 따라, 무선 통신 시스템에서 기지국은, 적어도 하나의 송수신기와 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하고, 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하고, 상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를 생성하도록 구성될 수 있다.
- [253] 일 실시 예에 따라, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 채널 정보를 획득하기 위해, 하나 이상의 SRS들(sounding reference signals)을 수신하고, 상기 수신된 하나 이상의 SRS들에 기반하여 측정 결과를 생성하도록 구성되고, 상기 하나 이상의 SRS들은 주기 P에 따라 주기적으로 전송되고, 상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 P에 대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응할 수 있다.
- [254] 일 실시 예에 따라, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 채널 정보를 획득하기 위해, PMI(precoding matrix indicator)를 포함하는 채널 상태 정보(channel state information, CSI)를 수신하도록 구성되고, 상기 CSI는 주기 T에 따라 주기적으로 전송되고, 상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 T에 대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응할 수 있다.
- [255] 일 실시 예에 따라, 상기 이전 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간 이전인 t_{k-1} 에서의 채널 파라미터들을 포함하고, 상기 현재 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간인 t_k 에서의 채널 파라미터들을 포함할 수 있다.
- [256] 일 실시 예에 따라, 상기 채널 파라미터들은, 도플러 파라미터(doppler parameter), 지연 파라미터(delay parameter), 또는 안테나에 따른 공간 벡터 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [257] 일 실시 예에 따라, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 현재 상태 정보를 획득하기 위해, 이전 상태 정보에 대한 하나 이상의 시그마 포인트들을 결정하고, 상기 시그마 포인트들 각각에 대한 가중치 정보를 결정하고, 상기 가중치 정보 및 상기 시그마 포인트들에 기반하여, 예상 상태 정보를 생성하고, 상기 예상 상태 정보 및 상기 채널 정보에 기반하여, 상기 현재 상태 정보를 획득하도록 구성될 수 있다.
- [258] 일 실시 예에 따라, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 예측 채널 정보를

생성하기 위해, 상기 현재 채널 상태 정보의 시간 지연 파라미터 및 도플러 파라미터를 획득하고, 상기 시간 지연 파라미터, 상기 도플러 파라미터, 및 자원 차이 정보에 기반하여 상기 예측 채널 정보를 생성하도록 구성되고, 상기 자원 차이 정보는, 상기 제1 시간-주파수 자원과 상기 제2 시간-주파수 자원의 시간 차이; 및 상기 제1 시간-주파수 자원과 상기 제2 시간-주파수 자원의 주파수 차이를 포함할 수 있다.

- [259] 일 실시 예에 따라, 상기 예측 채널 정보는, 하기의 수학식에 기반하여 생성되고,

$$h_q(f, t) = \sum_{p=1}^P \gamma_{p,q} e^{-j2\pi(f\tau_p - \nu_p t)}$$

, $h_q(f, t)$ 는 q 번째 안테나에서

시간-주파수 자원(t, f)에 대한 예측 채널 정보이고, (t, f)는 상기 시간 차이 및 상기 주파수 차이에 대응하고, τ_p 는 상기 지연 파라미터, ν_p 는 상기 도플러 파라미터, $\gamma_{p,q}$ 는 안테나 q 에 대한 복소 가중치(complex weight)일 수 있다.

- [260] 일 실시 예에 따라, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 현재 채널 상태 정보를 획득하기 위해, 뉴멀로지(numerology) 정보를 획득하고, 상기 뉴멀로지 정보에 기반하여 상기 현재 채널 상태 정보를 획득하도록 구성되고, 상기 뉴멀로지 정보는, 상기 단말과의 하향링크 채널의 시간-주파수 자원 구조에서 서브캐리어 간격 및 심볼 기이를 나타낼 수 있다.

- [261] 일 실시 예에 따라, 상기 채널 정보는 도플러 팩터(doppler factor)를 포함하는 PMI(precoding matrix indicator)를 포함하고, 상기 PMI는 LC(linear combination) 코드북의 구성 요소에 대응하고, 상기 도플러 팩터는 상기 단말에서 UKF 기반 채널 추정에 의해 획득될 수 있다.

- [262] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 채널 추정 방안은, 기존의 채널 정보(예: 단말이 전송한 CSI, SRS에 의해 획득된 CSI)에 기반하여 채널 파라미터 추출 시, UKF를 통해 시그마 포인트들을 추출하고, 채널 추정을 위한 상태 벡터 및 오차 공분산을 지속적으로 예측/업데이트함으로써, 채널 예측을 보다 효율적으로 수행하기 위한 목적이 있습니다. 이에 따라, 단말의 이동에 따라 비선형으로 구성되는 채널 모델에서, UKF 기반 알고리즘을 통해 저복잡도 및 고성능의 채널 예측이 달성될 수 있습니다.

- [263] 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.

- [264] 소프트웨어로 구현하는 경우, 하나 이상의 프로그램(소프트웨어 모듈)을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되는 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치(device) 내의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능하도록 구성된다(configured for execution). 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치로 하여금 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어(instructions)를 포함한다.

- [265] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리 (random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(read only memory, ROM), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(electrically erasable programmable read only memory, EEPROM), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 콤팩트 디스크 롬(compact disc-ROM, CD-ROM), 디지털 다목적 디스크(digital versatile discs, DVDs) 또는 다른 형태의 광학 저장 장치, 마그네틱 카세트(magnetic cassette)에 저장될 수 있다. 또는, 이들의 일부 또는 전부의 조합으로 구성된 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 각각의 구성 메모리는 다수 개 포함될 수도 있다.
- [266] 또한, 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(local area network), WAN(wide area network), 또는 SAN(storage area network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.
- [267] 상술한 본 개시의 구체적인 실시 예들에서, 개시에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다. 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 본 개시가 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.
- [268] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 무선 통신 시스템에서 기지국에 의해 수행되는 방법에 있어서,
제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하는
과정과,
무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및
상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정과,
상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를
생성하는 과정을 포함하는 방법.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 채널 정보를 획득하는 과정은,
하나 이상의 SRS들(sounding reference signals)을 수신하는 과정과,
상기 수신된 하나 이상의 SRS들에 기반하여 측정 결과를 생성하는
과정을 포함하고,
상기 하나 이상의 SRS들은 주기 P에 따라 주기적으로 전송되고,
상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 P에
대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응하는 방법.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서, 상기 채널 정보를 획득하는 과정은,
PMI(precoding matrix indicator)를 포함하는 채널 상태 정보(channel state
information, CSI)를 수신하는 과정을 포함하고,
상기 CSI는 주기 T에 따라 주기적으로 전송되고,
상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 T에
대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응하는 방법.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,
상기 이전 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간 이전인 t_{k-1} 에서의 채널
파라미터들을 포함하고,
상기 현재 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간인 t_k 에서의 채널 파라미터들을
포함하는 방법.
- [청구항 5] 청구항 4에 있어서, 상기 채널 파라미터들은, 도플러 파라미터(doppler
parameter), 지연 파라미터(delay parameter), 또는 안테나에 따른 공간 벡터
중에서 적어도 하나를 포함하는 방법.
- [청구항 6] 청구항 4에 있어서, 상기 현재 상태 정보를 획득하는 과정은,
이전 상태 정보에 대한 하나 이상의 시그마 포인트들을 결정하는 과정과,
상기 시그마 포인트들 각각에 대한 가중치 정보를 결정하는 과정과,
상기 가중치 정보 및 상기 시그마 포인트들에 기반하여, 예상 상태 정보를
생성하는 과정과,
상기 예상 상태 정보 및 상기 채널 정보에 기반하여, 상기 현재 상태
정보를 획득하는 과정을 포함하는 방법.
- [청구항 7] 청구항 1에 있어서, 상기 예측 채널 정보를 생성하는 과정은,

상기 현재 채널 상태 정보의 시간 지연 파라미터 및 도플러 파라미터를 획득하는 과정과,

상기 시간 지연 파라미터, 상기 도플러 파라미터, 및 자원 차이 정보에 기반하여 상기 예측 채널 정보를 생성하는 과정을 포함하고,

상기 자원 차이 정보는,

상기 제1 시간-주파수 자원과 상기 제2 시간-주파수 자원의 시간 차이; 및
상기 제1 시간-주파수 자원과 상기 제2 시간-주파수 자원의 주파수 차이를 포함하는 방법.

[청구항 8] 청구항 7에 있어서, 상기 예측 채널 정보는, 하기의 수학적식에 기반하여 생성되고,

$$h_q(f, t) = \sum_{p=1}^P \gamma_{p,q} e^{-j2\pi(f\tau_p - \nu_p t)}$$

$h_q(f, t)$ 는 q번째 안테나에서 시간-주파수 자원(t,f)에 대한 예측 채널 정보이고, (t,f)는 상기 시간 차이 및 상기 주파수 차이에 대응하고, τ_p 는 상기 지연 파라미터, ν_p 는 상기 도플러 파라미터, $\gamma_{p,q}$ 는 안테나 q에 대한 복소 가중치(complex weight)인 방법.

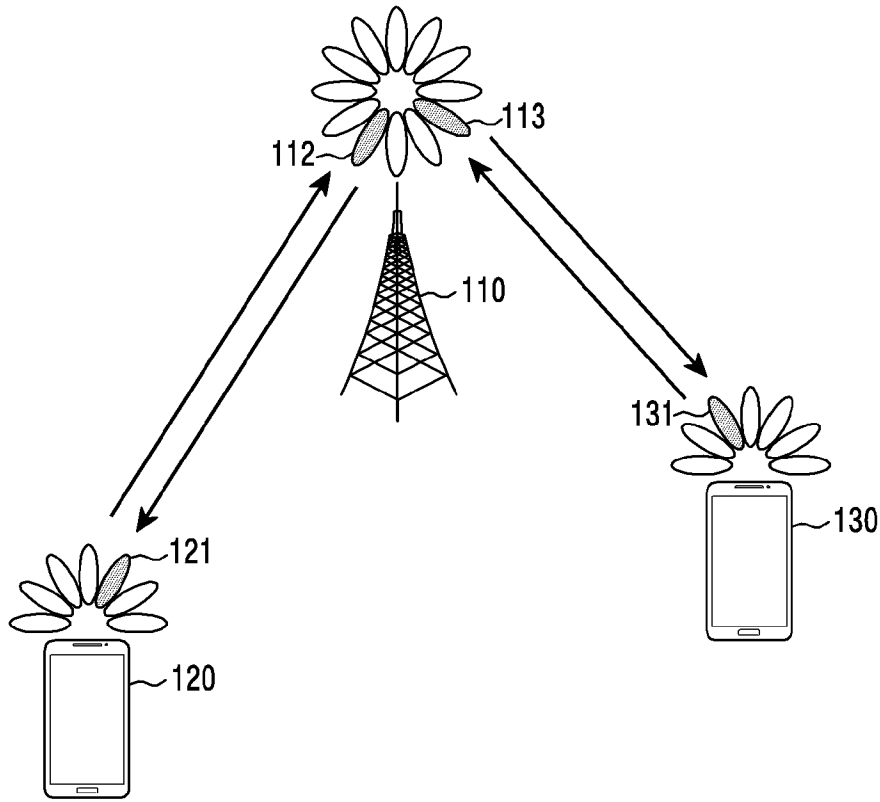
[청구항 9] 청구항 1에 있어서, 상기 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정은, 뉴멀로지(numerology) 정보를 획득하는 과정과, 상기 뉴멀로지 정보에 기반하여 상기 현재 채널 상태 정보를 획득하는 과정을 포함하고, 상기 뉴멀로지 정보는, 상기 단말과의 하향링크 채널의 시간-주파수 자원 구조에서 서브캐리어 간격 및 심볼 기이를 나타내는 방법.

[청구항 10] 청구항 1에 있어서, 상기 채널 정보는 도플러 팩터(doppler factor)를 포함하는 PMI(precoding matrix indicator)를 포함하고, 상기 PMI는 LC(linear combination) 코드북의 구성 요소에 대응하고, 상기 도플러 팩터는 상기 단말에서 UKF 기반 채널 추정에 의해 획득되는 방법.

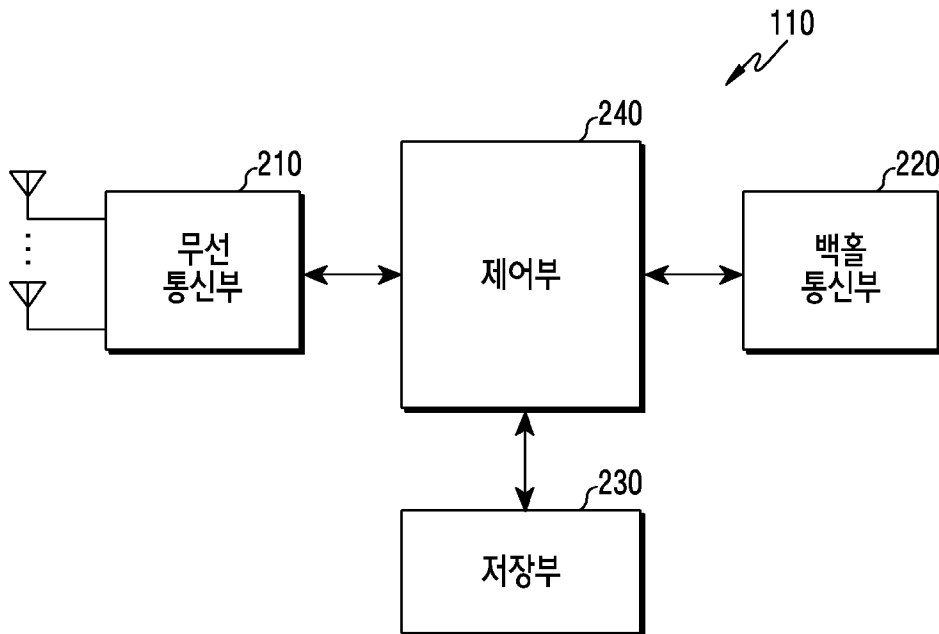
[청구항 11] 무선 통신 시스템에서 기지국에 있어서, 적어도 하나의 송수신기와 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 제1 시간 구간에서 단말과의 하향링크 채널에 대한 채널 정보를 획득하고, 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter)에 기반하여, 이전 상태 정보 및 상기 채널 정보로부터 현재 채널 상태 정보를 획득하고, 상기 현재 채널 상태 정보로부터, 제2 시간 구간에서의 예측 채널 정보를

- 생성하도록 구성되는 기지국.
- [청구항 12] 청구항 11에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 채널 정보를 획득하기 위해,
 하나 이상의 SRS들(sounding reference signals)을 수신하고,
 상기 수신된 하나 이상의 SRS들에 기반하여 측정 결과를 생성하도록 구성되고,
 상기 하나 이상의 SRS들은 주기 P에 따라 주기적으로 전송되고,
 상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 P에 대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응하는 기지국.
- [청구항 13] 청구항 11에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 상기 채널 정보를 획득하기 위해,
 PMI(precoding matrix indicator)를 포함하는 채널 상태 정보(channel state information, CSI)를 수신하도록 구성되고,
 상기 CSI는 주기 T에 따라 주기적으로 전송되고,
 상기 제2 시간 구간은, 상기 제1 시간 구간 이후부터 상기 주기 T에 대응하는 구간 전까지의 시간 구간에 대응하는 기지국.
- [청구항 14] 청구항 11에 있어서,
 상기 이전 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간 이전인 t_{k-1} 에서의 채널 파라미터들을 포함하고,
 상기 현재 상태 정보는, 상기 제1 시간 구간인 t_k 에서의 채널 파라미터들을 포함하는 기지국.
- [청구항 15] 청구항 14에 있어서, 상기 채널 파라미터들은, 도플러 파라미터(doppler parameter), 지연 파라미터(delay parameter), 또는 안테나에 따른 공간 벡터 중에서 적어도 하나를 포함하는 기지국.

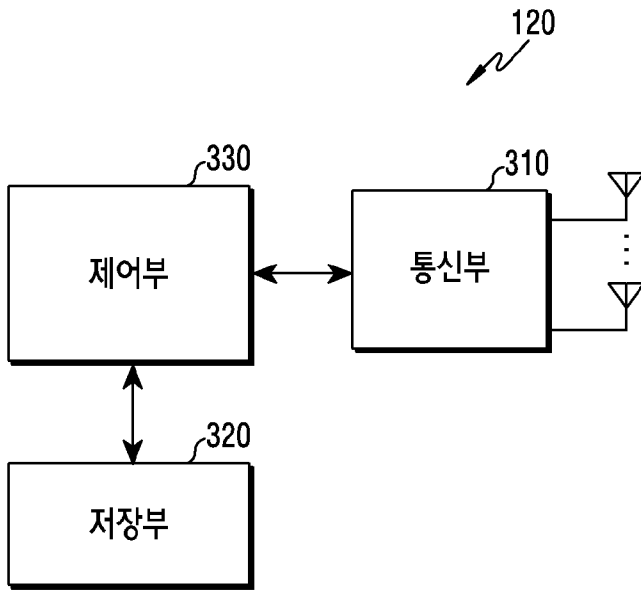
[도1]



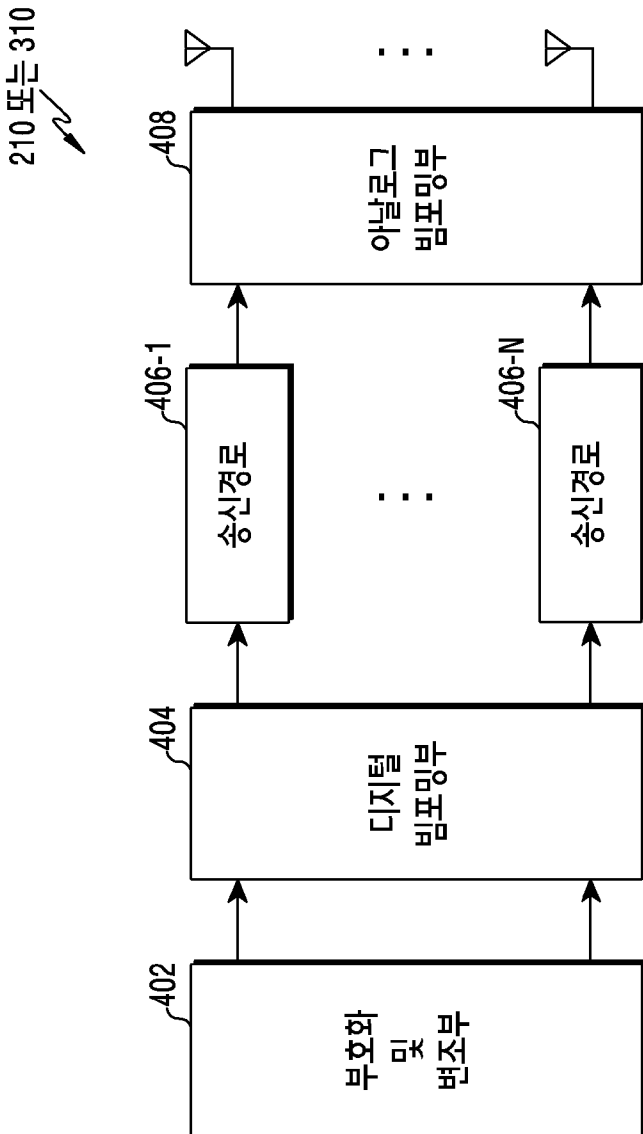
[도2]



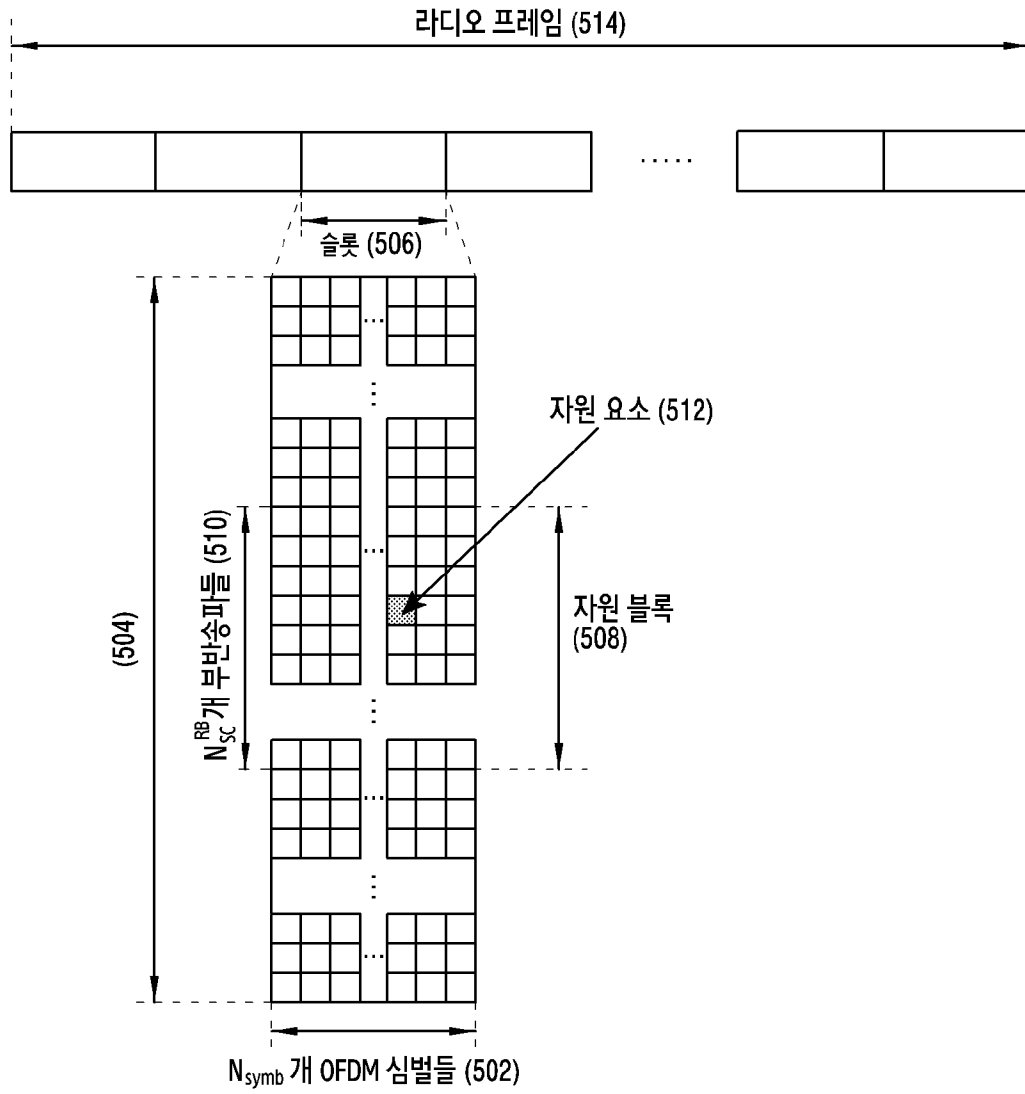
[도3]



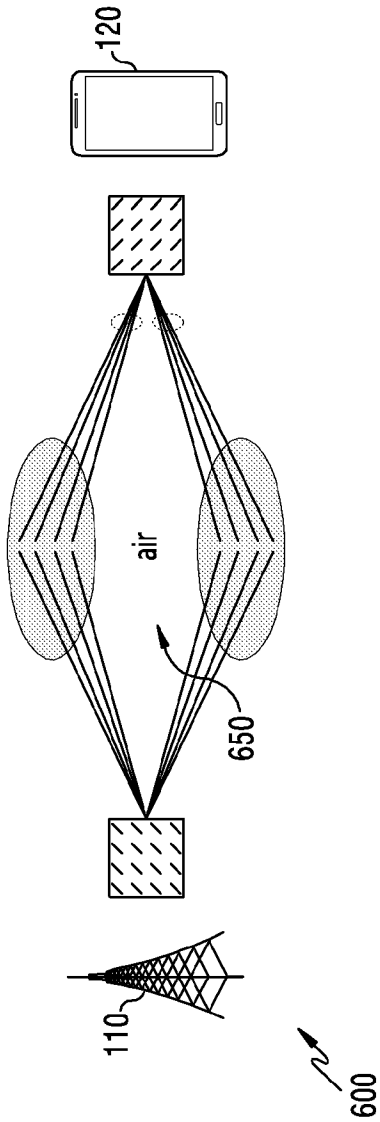
[도4]



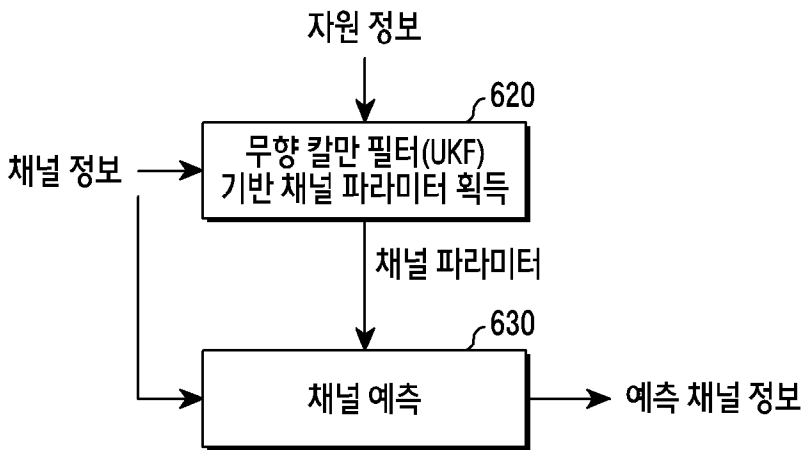
[도5]



[도6a]



[도6b]

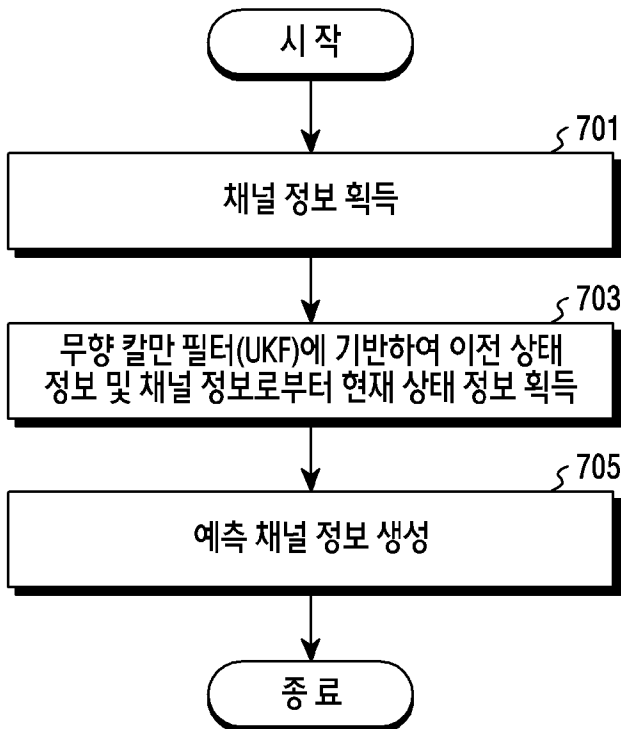


[도6c]

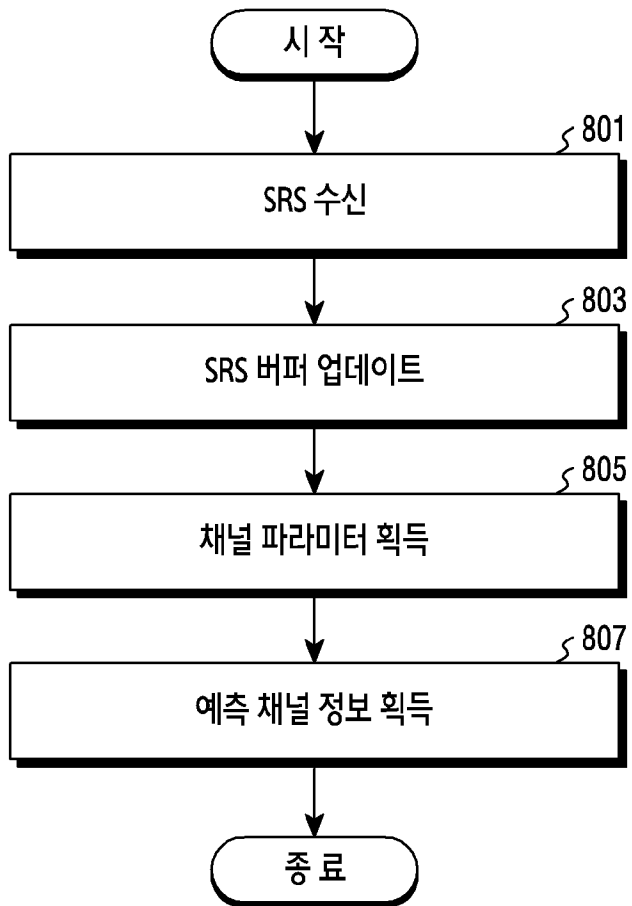
Freq	TTI	1	11	21	31	41	51	61	71	72-80
1		■				■				
2				■				■		
3			■				■			
4					■				■	

← 4 SRSs 650
← 8 SRSs 655

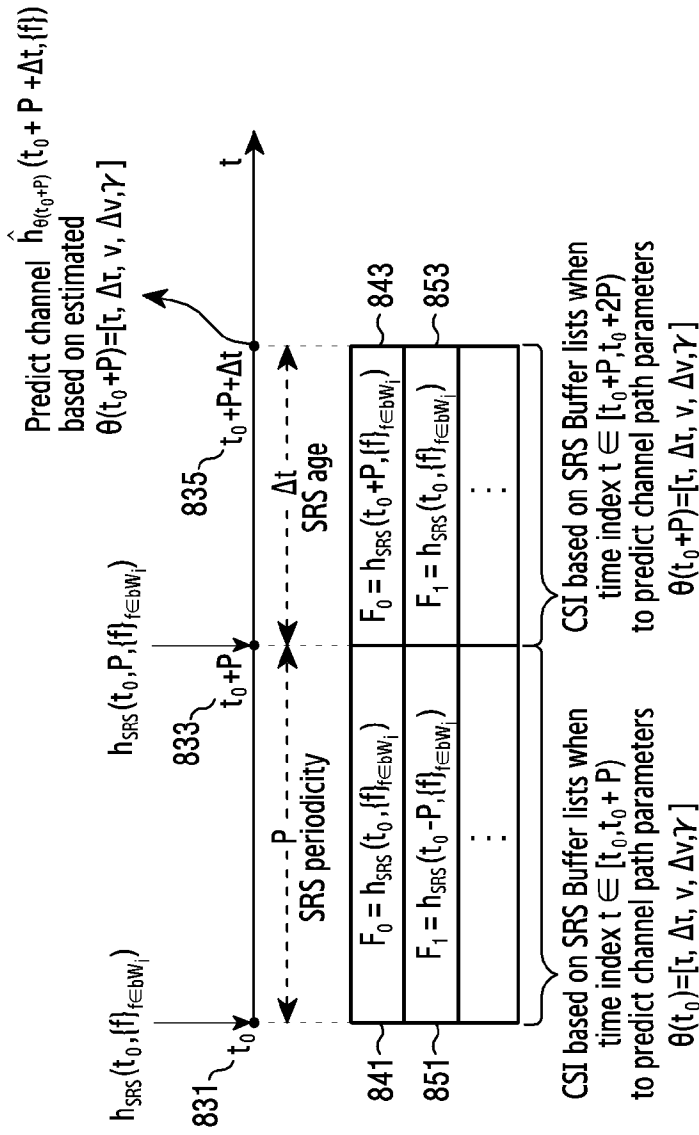
[도7]



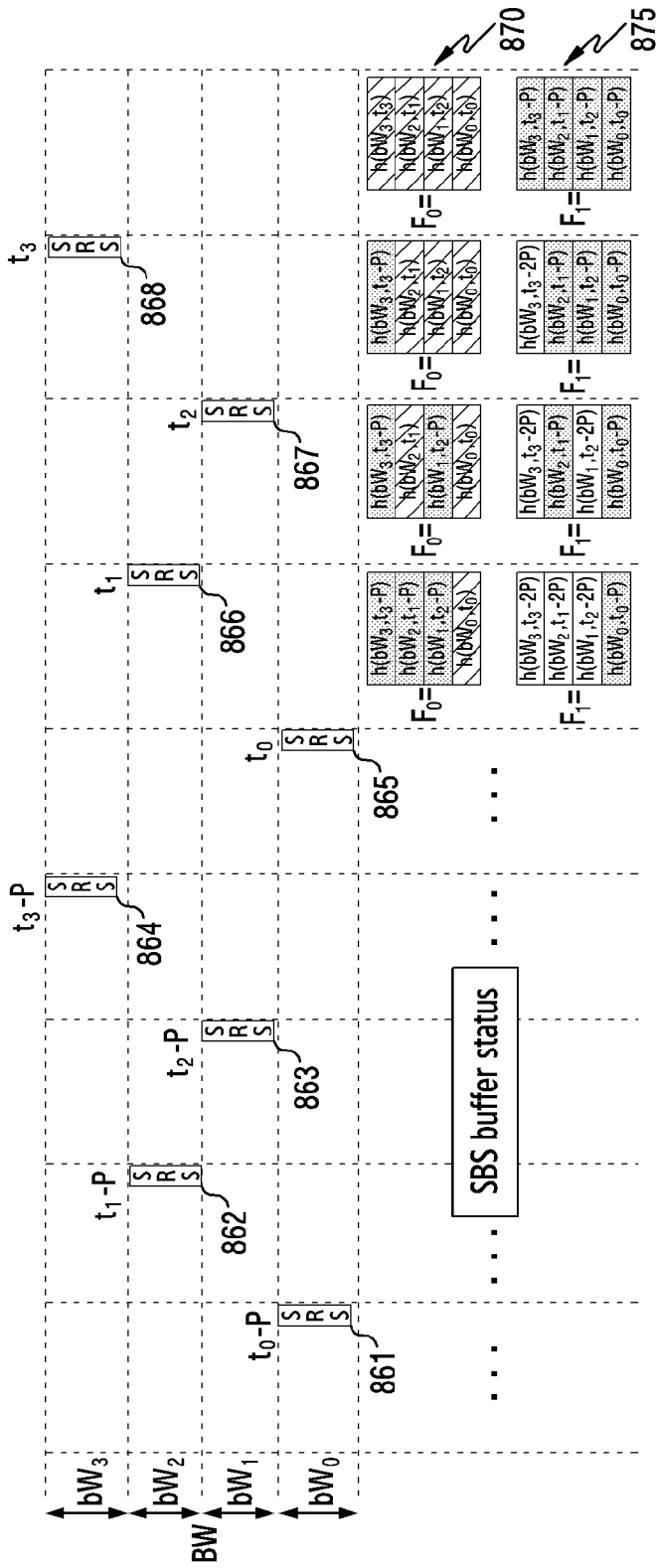
[도8a]



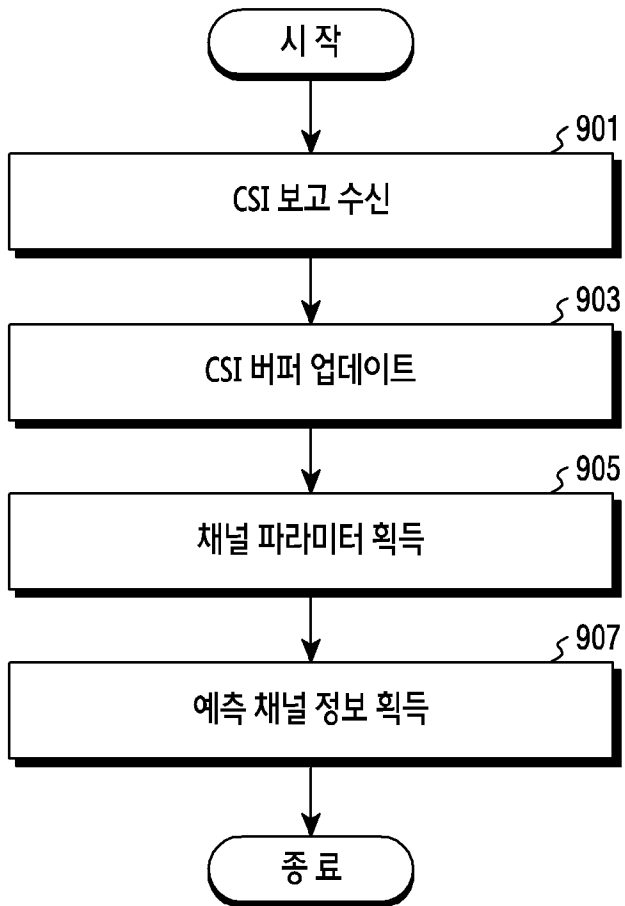
[Fig. 8b]



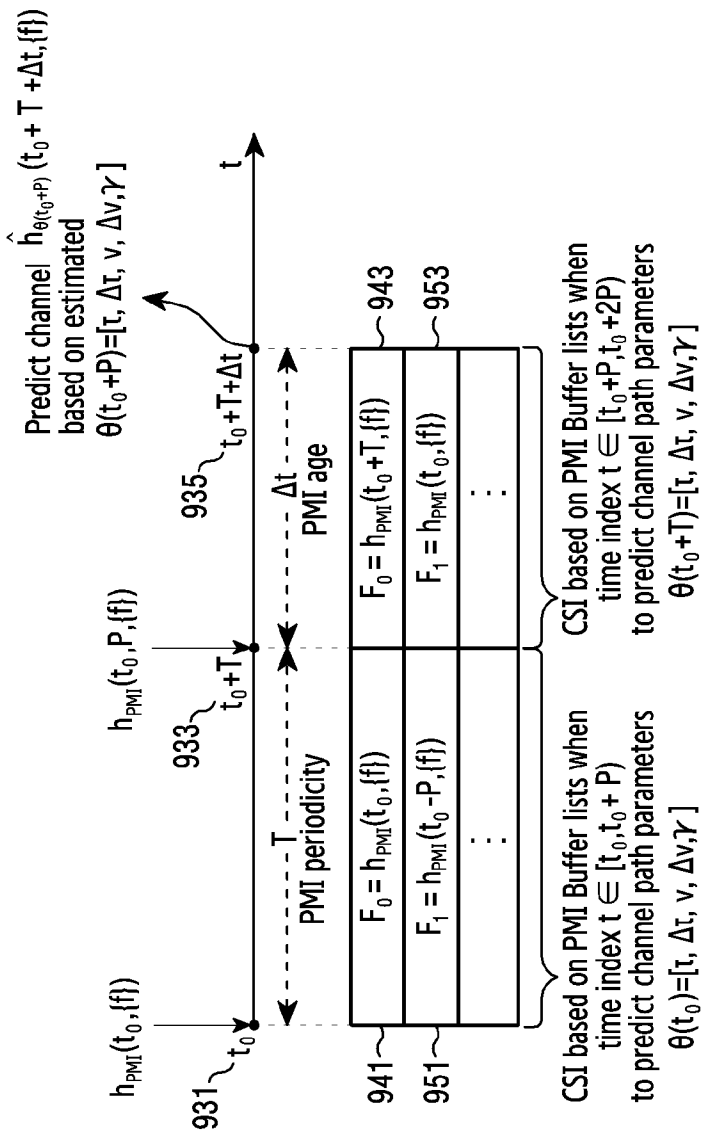
[도 8c]



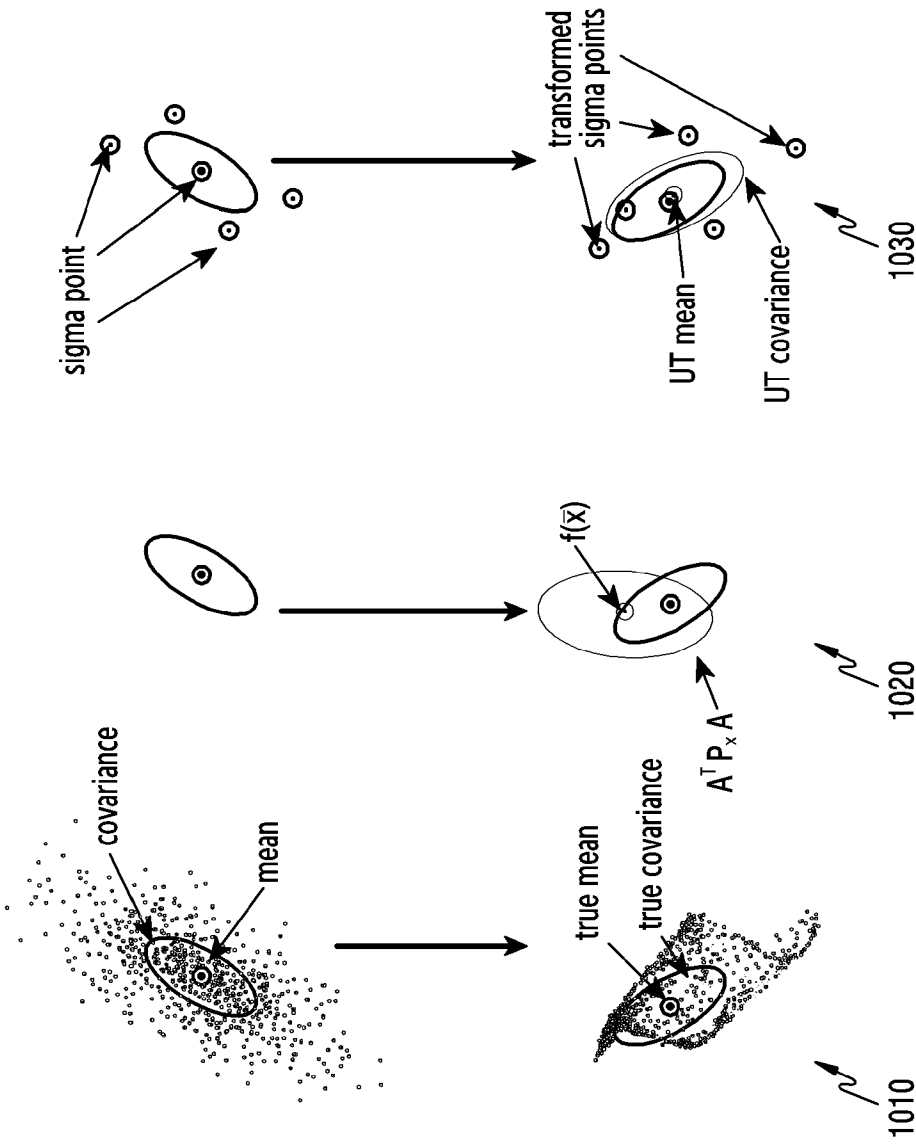
[도9a]



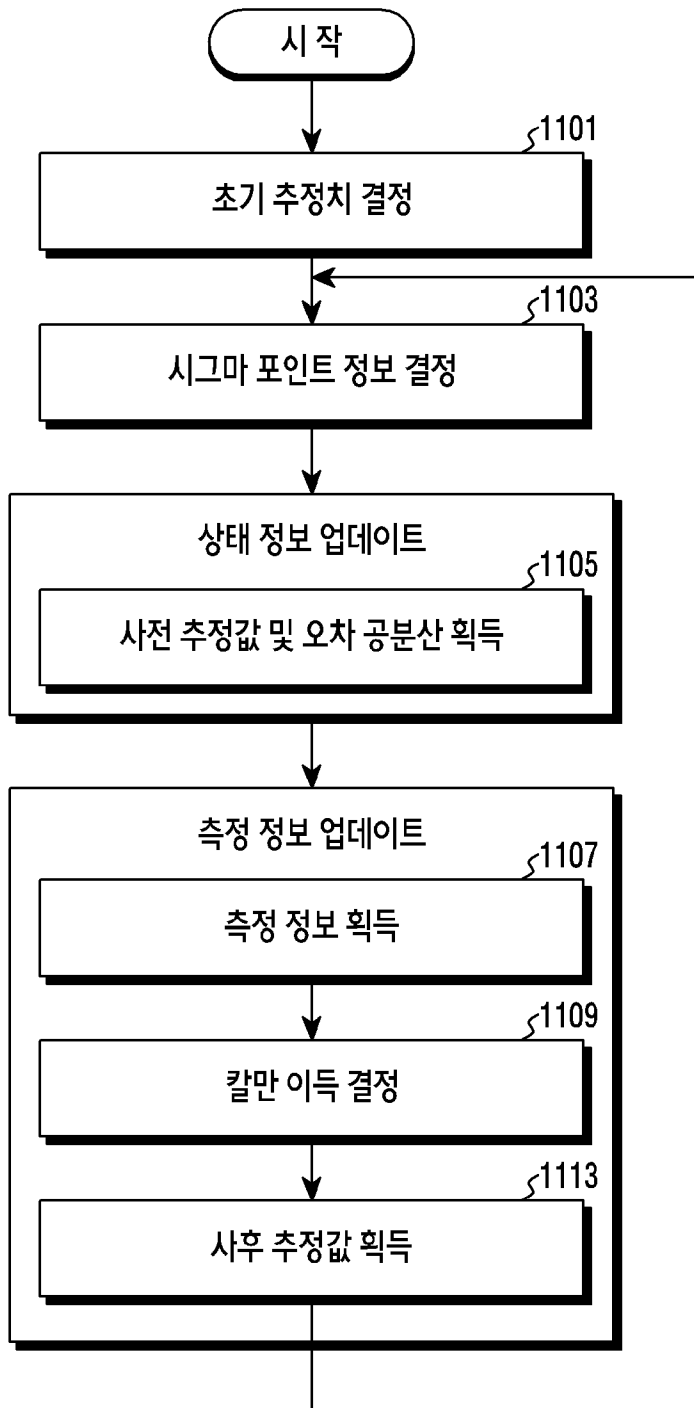
[도 9b]



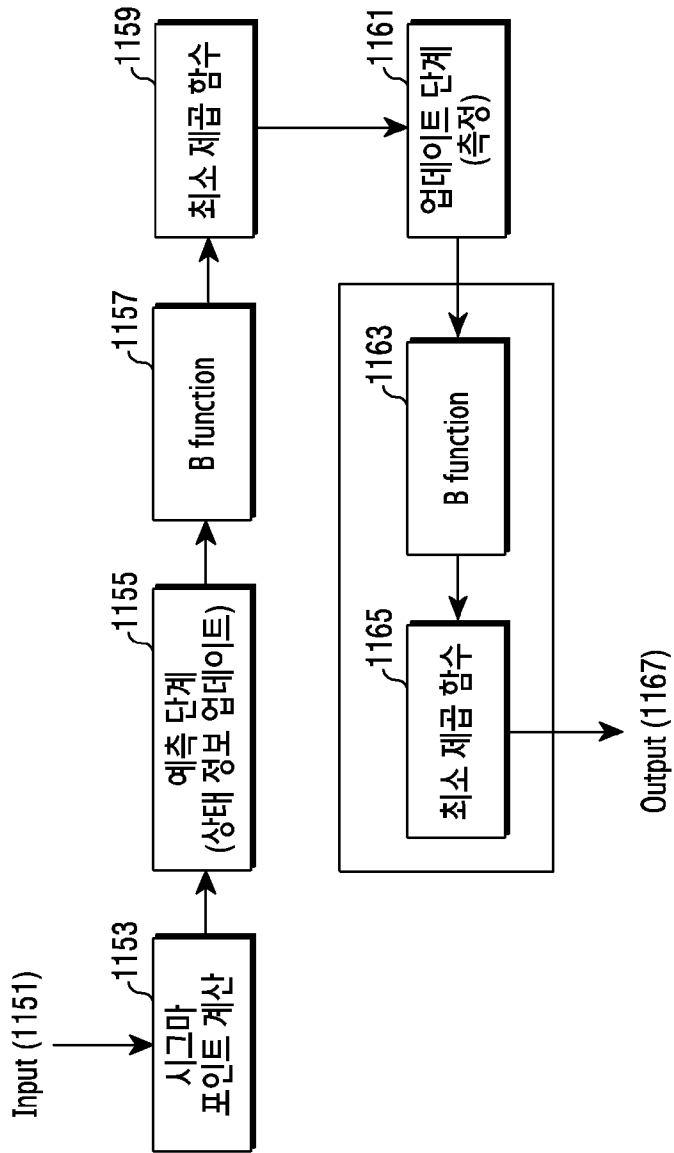
[도10]



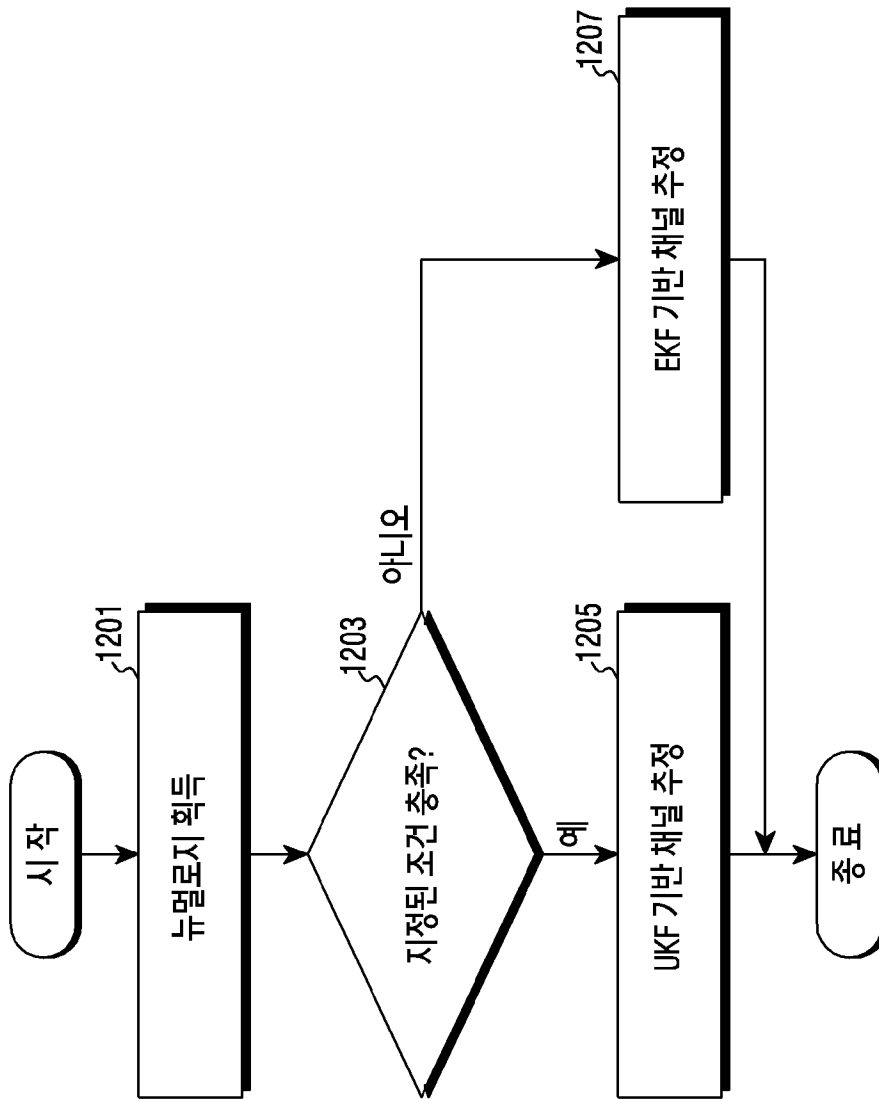
[도 11a]



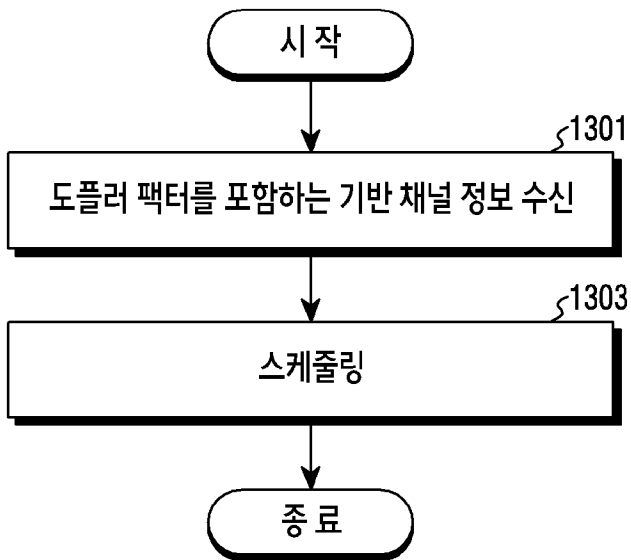
[도 11b]



[도12]



[도13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/014126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04L 25/02(2006.01)i; H04L 5/00(2006.01)i; H04B 7/06(2006.01)i; H04B 17/373(2014.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04L 25/02(2006.01); G01S 19/22(2010.01); H03D 1/00(2006.01); H04B 1/10(2006.01); H04J 11/00(2006.01); H04L 27/06(2006.01); H04L 27/28(2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models: IPC as above Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter), 현재 채널 상태 정보(current channel state information), SRS들(sounding reference signals), 도플러 파라미터(doppler parameter)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	LAREW, Stephen G. et al. Adaptive Beam Tracking with the Unscented Kalman Filter for Millimeter Wave Communication. arXiv:1804.08640v1. 23 April 2018, pp. 1-5. [retrieved on 15 January 2021]. Retrieved from <URL: https://arxiv.org/pdf/1804.08640.pdf >. See pages 2-3.	1-6,9-15 7-8
A	US 2006-0013340 A1 (REID, Anthony) 19 January 2006 (2006-01-19) See paragraphs [0033]-[0044]; claim 1; and figure 2.	1-15
A	US 9007260 B2 (RACHLIN, Yaron et al.) 14 April 2015 (2015-04-14) See column 10, line 4 – column 11, line 43; claim 1; and figures 5-6.	1-15
A	KR 10-1376400 B1 (QUALCOMM INCORPORATED) 20 March 2014 (2014-03-20) See paragraphs [0010], [0012]-[0013] and [0032]-[0035]; claim 1; and figure 2.	1-15
A	US 2009-0052566 A1 (MALTSEV, Alexander Alexandrovich et al.) 26 February 2009 (2009-02-26) See paragraphs [0024]-[0036]; claim 1; and figure 2.	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 25 January 2021		Date of mailing of the international search report 26 January 2021
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/014126

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2006-0013340	A1	19 January 2006	EP	1774734	A1	18 April 2007
				TW	200623748	A	01 July 2006
				US	7356096	B2	08 April 2008
				WO	2006-008611	A1	26 January 2006

US	9007260	B2	14 April 2015	US	2012-0127029	A1	24 May 2012
				WO	2012-071320	A1	31 May 2012
				WO	2012-071320	A8	02 August 2012

KR	10-1376400	B1	20 March 2014	EP	1961111	A1	27 August 2008
				EP	1961111	A4	31 July 2013
				KR	10-2008-0083262	A	17 September 2008
				TW	200723746	A	16 June 2007
				US	2007-0133696	A1	14 June 2007
				US	7573965	B2	11 August 2009
				WO	2007-070136	A1	21 June 2007

US	2009-0052566	A1	26 February 2009	CN	101375567	A	25 February 2009
				CN	101375567	B	23 January 2013
				EP	2005683	A1	24 December 2008
				US	8428158	B2	23 April 2013
				WO	2007-105980	A1	20 September 2007

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H04L 25/02(2006.01)i; H04L 5/00(2006.01)i; H04B 7/06(2006.01)i; H04B 17/373(2014.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H04L 25/02(2006.01); G01S 19/22(2010.01); H03D 1/00(2006.01); H04B 1/10(2006.01); H04J 11/00(2006.01); H04L 27/06(2006.01); H04L 27/28(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 무향 칼만 필터(unscented Kalman filter), 현재 채널 상태 정보(current channel state information), SRS들(sounding reference signals), 도플러 파라미터(doppler parameter)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X A	STEPHEN G. LAREW 등. Adaptive Beam Tracking with the Unscented Kalman Filter for Millimeter Wave Communication. arXiv:1804.08640v1. 2018.04.23. 페이지 1-5. [retrieved on 2021.01.15.]. Retrieved from <URL: https://arxiv.org/pdf/1804.08640.pdf> 페이지 2-3	1-6,9-15 7-8
A	US 2006-0013340 A1 (ANTHONY REID) 2006.01.19 단락 [0033]-[0044]; 청구항 1; 및 도면 2	1-15
A	US 9007260 B2 (YARON RACHLIN 등) 2015.04.14 컬럼 10, 라인 4 - 컬럼 11, 라인 43; 청구항 1; 및 도면 5-6	1-15
A	KR 10-1376400 B1 (헬컴 인코퍼레이티드) 2014.03.20 단락 [0010], [0012]-[0013], [0032]-[0035]; 청구항 1; 및 도면 2	1-15
A	US 2009-0052566 A1 (ALEXANDER ALEXANDROVICH MALTSEV 등) 2009.02.26 단락 [0024]-[0036]; 청구항 1; 및 도면 2	1-15
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌		
국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일	
2021년01월25일 (25.01.2021)	2021년01월26일 (26.01.2021)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)	양정록	
팩스 번호 +82-42-481-8578	전화번호 +82-42-481-5709	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2006-0013340 A1	2006/01/19	EP 1774734 A1	2007/04/18
		TW 200623748 A	2006/07/01
		US 7356096 B2	2008/04/08
		WO 2006-008611 A1	2006/01/26
US 9007260 B2	2015/04/14	US 2012-0127029 A1	2012/05/24
		WO 2012-071320 A1	2012/05/31
		WO 2012-071320 A8	2012/08/02
KR 10-1376400 B1	2014/03/20	EP 1961111 A1	2008/08/27
		EP 1961111 A4	2013/07/31
		KR 10-2008-0083262 A	2008/09/17
		TW 200723746 A	2007/06/16
		US 2007-0133696 A1	2007/06/14
		US 7573965 B2	2009/08/11
		WO 2007-070136 A1	2007/06/21
US 2009-0052566 A1	2009/02/26	CN 101375567 A	2009/02/25
		CN 101375567 B	2013/01/23
		EP 2005683 A1	2008/12/24
		US 8428158 B2	2013/04/23
		WO 2007-105980 A1	2007/09/20