

|                                                                                   |                                    |                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|  | (19) 대한민국특허청(KR)<br>(12) 공개특허공보(A) | (11) 공개번호 10-2013-0003620<br>(43) 공개일자 2013년01월09일       |
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>H04L 1/18 (2006.01) H04L 27/00 (2006.01)                 |                                    | (71) 출원인<br>서강대학교산학협력단<br>서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)  |
| (21) 출원번호                                                                         | 10-2011-0065066                    | (72) 발명자<br>소재우<br>서울특별시 마포구 신정동 30번지 서강GS아파트 101동 2302호 |
| (22) 출원일자                                                                         | 2011년06월30일                        | (74) 대리인<br>특허법인충현                                       |
| 심사청구일자                                                                            | 2012년09월06일                        |                                                          |

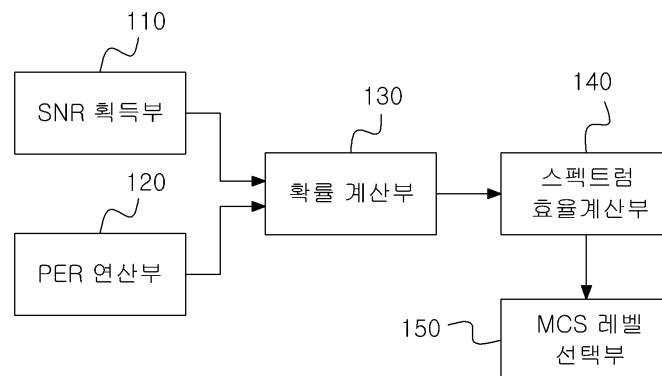
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 이동통신 시스템에서 변조 및 코딩 방식 선택 장치 및 방법

### (57) 요약

본 발명은 변조 및 코딩 방식 선택 방법에 관한 것으로서, 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산하고, 계산된 확률, 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산하고, 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 을 선택하는 것을 특징으로 하며, 시그널링 오버헤드를 고려하여 데이터 패킷과 시그널링 메시지 모두를 전송하는데 최적의 MCS 레벨을 제공함으로써, 스펙트럼 효율을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 상기 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산하는 단계;

상기 계산된 확률, 상기 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 상기 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산하는 단계; 및

상기 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 을 선택하는 단계를 포함하는 변조 및 코딩 방식 선택 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 확률  $Pr_{i,j}$ 는 상기 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률과 상기 시그널링 메시지가 성공적으로 전송될 확률로부터 계산되는 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

CC(chase combining) 기반 HARQ 메카니즘이 적용되는 경우, 상기 확률  $Pr_{i,j}$ 와 상기 스펙트럼 효율은 적어도 2회 이상 상기 데이터 패킷과 상기 시그널링 메시지를 재전송하는 것을 고려하여 연산되는 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 시그널링 메시지의 크기와 상기 데이터 패킷의 크기가 고정되어 할당되는 고정 할당 방식을 이용하는 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 방법.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 변조 및 코딩 방식 선택 방법을 VoIP 서비스에서 사용하는 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 방법.

### 청구항 6

시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 상기 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산하는 확률 계산부;

상기 계산된 확률, 상기 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 상기 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산하는 스펙트럼 효율 계산부; 및

상기 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 을 선택하는 MCS 레벨 선택부를 포함하는 변조 및 코딩 방식 선택 장치.

## 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 확률 계산부는 상기 확률  $Pr_{i,j}$ 를 상기 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률과 상기 시그널링 메시지가 성공적으로 전송될 확률로부터 계산하는 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 장치.

## 청구항 8

제 6 항에 있어서,

CC(chase combining) 기반 HARQ 메카니즘이 사용되는 경우, 상기 확률  $Pr_{i,j}$ 와 상기 스펙트럼 효율은 적어도 2회 이상 상기 데이터 패킷과 상기 시그널링 메시지를 재전송하는 것을 고려하여 연산되는 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 장치.

## 청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 시그널링 메시지의 크기와 상기 데이터 패킷의 크기가 고정되어 할당되는 고정 할당 방식인 것을 특징으로 하는 변조 및 코딩 방식 선택 장치.

## 청구항 10

제 1 항 내지 제 5 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 변조 및 코딩 방식 선택 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 데이터 패킷과 시그널링 메시지 모두를 전송하는데 최적의 MCS 레벨을 제공함으로써, 스펙트럼 효율을 향상시키는 변조 및 코딩 방식 선택 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 데이터 전송 시스템에서 전송오류를 제어하는 기술은 크게 두 가지로 나뉜다. FEC(Forward Error Correction) 기법과 ARQ(Automatic Repeat reQuest) 기법이다. FEC 시스템에서는 수신단에서 검출한 오류에 대하여 정정을 시도하고 성공하였을 경우 옳은 데이터를 복호하지만 오류정정에 실패하였을 경우 사용자는 잘못된 정보를 수신하게 되거나 정보가 누락되게 된다.

[0003] ARQ 시스템에서는 오류검출 능력이 좋은 부호를 사용하고 오류가 검출되었을 시에는 송신단으로 재전송을 요청하게 된다. FEC의 경우 채널 환경이 좋은 경우에는 상대적으로 낮은 효율성을 갖게 되고 오류 정정에 실패할 경우 시스템의 신뢰도를 떨어뜨리게 된다. 반면 ARQ의 경우에는 시스템의 높은 신뢰도를 보장하고 낮은 redundancy로 효율적인 전송이 가능하지만 채널 환경이 나빠질 경우 많은 재전송 요청으로 시스템을 마비시킬 위험이 있다. 이와 같은 단점은 두 기법을 적절하게 결합함으로써 극복할 수 있는데 이러한 결합을 HARQ(Hybrid Automatic Repeat reQuest)라고 한다. HARQ 기법은 기본적으로 수신된 부호에 대하여 오류정정을 시도하고 CRC(Cyclic Redundancy Check)과 같은 간단한 오류검출 부호를 사용하여 재전송 여부를 결정하게 된다.

[0004] 한편, WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access) 시스템은 베이스 스테이션(base station, BS)이 링크 바이 링크 기반으로 MCS(modulation and coding scheme)를 세팅하도록 함으로써, 각각의 사용자의

데이터 레이트를 최적화하도록 한다. 즉, 적응적 변조 및 코딩 방식으로 MCS 레벨을 조정함으로써, 무선 채널의 사용을 최대화하는 것이다.

[0005] 그러나, 채널 불확실성으로 인해 BS는 HARQ 메카니즘을 사용하여 링크 적응 에러를 보상한다. 한편, Chase Combining은 오류가 발생하여 재전송을 해야 될 경우, 먼저 보냈던 심볼과 같은 방법으로 코딩된 심볼들을 다시 재전송하여 원래 있던 신호와 더하고 난 후 디코딩하는 방식이다. Chase Combining(CC) 기반 HARQ 메카니즘에서 에러가 있는 패킷은 원래 전송에서 사용된 MCS 레벨로 재전송되고, 리시버는 수신된 두 개의 패킷을 결합함으로써, SNR을 향상시킬 수 있다.

[0006] BS는 사용자에게 각 프레임에서의 자원 할당에 대한 정보를 제공한다. 이러한 정보 제공 과정은 실질적으로 시그널링 오버헤드를 발생시키게 되는데, 시스템 수율에 영향을 주게 된다.

[0007] 종래의 MCS 레벨 선택 기법은 시스템 수율을 극대화하는 MCS 레벨 선택 기법을 제안하였다. 패킷 오류율(PER, Packet Error Ratio)를 기반으로 시스템 수율 식을 도출하고, 시스템 수율을 최대화하는 MCS 레벨을 찾았다. 그리고 HARQ 프로토콜을 사용하여 오류가 발생한 패킷을 재전송하는 경우에는 재전송 횟수 및 재전송 패킷의 에러율을 고려하여 시스템 수율 식을 도출하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 종래의 MCS 선택 기법들에서는 시그널링 오버헤드가 고려되지 않아 스펙트럼 효율이 낮은 문제점이 있었다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 데이터 패킷과 시그널링 메시지 모두를 전송하는데 최적의 MCS 레벨을 제공함으로써, 스펙트럼 효율을 향상시키는 변조 및 코딩 방식 선택 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 HARQ 메카니즘의 재전송뿐만 아니라 시그널링 오버헤드를 고려한 변조 및 코딩 방식 선택 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 또한, 상기된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 상기 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산하는 단계; 상기 계산된 확률, 상기 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 상기 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산하는 단계; 및 상기 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 를 선택하는 단계를 포함하는 변조 및 코딩 방식 선택 방법을 제공한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 확률  $Pr_{i,j}$ 는 상기 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률과 상기 시그널링 메시지가 성공적으로 전송될 확률로부터 계산될 수 있다.

[0013] 또한, CC 기반 HARQ 메카니즘이 적용되는 경우, 상기 확률  $Pr_{i,j}$ 와 상기 스펙트럼 효율은 적어도 2회 이상 상기 데이터 패킷과 상기 시그널링 메시지를 재전송하는 것을 고려하여 연산되는 것이 바람직하다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 시그널링 메시지의 크기와 상기 데이터 패킷의 크기가 고정되어 할당되는 고정 할당 방식을 이용하는 것이 스펙트럼 효율을 높일 수 있다.

[0015] 한편, 상기 변조 및 코딩 방식 선택 방법을 VoIP 서비스에서 사용할 수 있다.

[0016] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 상기 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산하는 확률 계산부; 상기 계산된 확률, 상기 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 상기 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산하는 스펙트럼 효율 계산부; 및 상기 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 를 선택하는 MCS 레벨 선택부를 포함하는 변조 및 코딩 방식 선택 장치를 제공한다.

[0017] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 상기된 변조 및 코딩 방식 선택 방법을 컴퓨터에서 실행

시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

### 발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따르면, 종래의 MCS 레벨 선택 기법이 단지 데이터 전송에 대한 MCS 레벨을 제공하는 것과는 달리, HARQ 메카니즘의 재전송뿐만 아니라 시그널링 오버헤드를 고려하여 데이터 패킷과 시그널링 메시지 모두를 전송 하는데 최적의 MCS 레벨을 제공함으로써, 스펙트럼 효율을 향상시킨다.
- [0019] 또한, 본 발명에 따르면, CC 기반 HARQ 메카니즘을 이용하는 모바일 WiMAX 시스템에서 스펙트럼 효율을 최대화 하는 최적의 MCS 레벨을 선택함으로써, 제한된 대역폭을 효과적으로 사용할 수 있도록 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 방법의 흐름도이다.
- 도 3은 BS가 normal-MAP 메시지 포맷을 사용할 때, MCS 선택 방식에 따른 스펙트럼 효율을 나타낸 것이다.
- 도 4는 BS가 SUB-DL/UL MAP 메시지 포맷을 사용할 때, MCS 선택 방식에 따른 스펙트럼 효율을 나타낸 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안 의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 방법은 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 상 기 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산하는 단계; 상기 계산된 확률, 상기 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 상기 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산하는 단계; 및 상기 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 를 선택하는 단계를 포함한다. 즉, 본 발명은 HARQ 메카니즘을 갖는 모바일 WiMAX 시스템에 적용가능한 최적의 MCS 선택 방식에 관한 것이다. 본 발명에서는 시그널링 오버헤드와 HARQ 메카니즘 을 고려하여 스펙트럼 효율을 측정하고, 스펙트럼 효율을 최대화하는 최적의 MCS 레벨을 선택한다.
- [0023] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실 시할 수 있는 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명 할 것이다.
- [0024] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예 에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시 예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0025] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 구성 요소를 '포함'한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0026] 본 발명은 BS가 자원 할당에 대한 정보를 제공하기 위해 시그널링 메시지를 브로드캐스팅하는 모바일 WiMAX에 적용될 수 있는 기술이다. 동기식 CC 기반 HARQ 메카니즘은 천천히 변화하는 채널에 사용되므로 채널 상태가 재 전송 중에 일정하게 유지된다고 가정한다. 이하, SNR  $\gamma$ 의 확률 밀도 함수를  $f_{\gamma}(\gamma)$ 로 표시하고, MCS 레벨의 전 체 수를  $M$ 으로 표시한다.  $PER_i(\gamma)$ 는 SNR  $\gamma$ 에 대하여 MCS 레벨  $i$ 의 PER를 나타낸다.
- [0027] 최근의 이동 통신 시스템은 표 1과 같은 다양한 MCS 레벨을 사용한다.

표 1

| MCS level, $i$ | Modulation and coding | bits/symbol, $R_i$ |
|----------------|-----------------------|--------------------|
| 1              | QPSK 1/12             | 0.17               |
| 2              | QPSK 1/8              | 0.25               |
| 3              | QPSK 1/4              | 0.5                |
| 4              | QPSK 1/2              | 1.0                |
| 5              | QPSK 3/4              | 1.5                |
| 6              | 16-QAM 1/2            | 2.0                |
| 7              | 16-QAM 3/4            | 3.0                |

[0028]

[0029]

그리고 무선 채널 상태에 따라 MCS 레벨을 동적으로 변경함으로써 시스템 성능을 극대화한다. 일례로 기지국에 가까이 위치하는 단말은 무선 채널 상태가 좋으므로 높은 MCS 레벨을 사용하여 데이터를 송수신함으로써 높은 데이터 전송률을 가진다. 반면 기지국으로부터 멀리 위치하는 단말은 무선 채널 상태가 안 좋으므로 낮은 MCS 레벨을 사용하여 데이터를 송수신함으로써 데이터 전송률은 낮지만 링크의 안정성을 가진다. 따라서 무선 채널 상태에 따라 적절한 MCS 레벨을 선택하는 것은 시스템 성능을 결정짓는 주요한 요소이다.

[0030]

이하에서는 본 발명에 따른 MCS 선택 방법에 대하여 상세하게 살펴보기로 한다.

[0031]

도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 장치의 구성도이다.

[0032]

도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 SNR 획득부(110), PER 연산부(120), 확률 계산부(130), 스펙트럼 효율 계산부(140), 및 MCS 레벨 선택부(150)로 구성된다.

[0033]

SNR 획득부(110)는 기지국과 데이터 패킷을 송수신하는 단말기의 SNR을 획득한다.

[0034]

PER 연산부(120)는 HARQ 동작시의 시그널링 메시지의 전송 오류 확률과 데이터 패킷을 전송 오류 확률을 연산한다. 단말기의 SNR을 알고 있으면, SNR과 PER과의 관계를 나타내는 그래프가 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 결정되어 SNR과 대응하는 PER을 연산할 수 있다.

[0035]

확률 계산부(130)는 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $Pr_{i,j}$ 를 계산한다.

[0036]

스펙트럼 효율 계산부(140)는 확률 계산부(130)에서 계산된 확률, 데이터 패킷의 크기와 데이터 레이트, 및 시그널링 메시지의 크기와 데이터 레이트를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산한다.

[0037]

MCS 레벨 선택부(150)는 스펙트럼 효율을 최대화 하는 MCS 레벨  $j$ 과 MCS 레벨  $i$ 을 선택한다.

[0038]

본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 기지국에 포함되어 있을 수 있다. 기지국은 매 프레임 단말기의 변조 및 코딩 방식 레벨을 선택해야 한다. 이를 위해 먼저, 기지국은 단말기의 SNR(Signal-to-Noise Ratio) 정보를 획득하고 HARQ 동작시 재전송 확률과 시그널링 오버헤드를 고려하여 스펙트럼 효율을 계산한다. 기지국은 이상에서 살펴본 바와 같이 계산된 스펙트럼 효율 값을 최대화하도록 MCS 레벨을 선택할 수 있을 것이다.

[0039]

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 방법의 흐름도이다.

[0040]

도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 방법은 도 1에 도시된 변조 및 코딩 방식 선택 장치에서 시계열적으로 처리되는 단계들로 구성된다. 따라서, 이하 생략된 내용이라 하더라도 도 1에 도시된 변조 및 코딩 방식 선택 장치에 관하여 이상에서 기술된 내용은 본 실시예에 따른 변조 및 코딩 방식 선택 방법에도 적용된다.

- [0041] 210 단계에서 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 기지국과 데이터 패킷을 송수신하는 단말기의 SNR 정보를 획득한다.
- [0042] 220 단계에서 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 HARQ 동작시의 시그널링 메시지의 전송 오류 확률과 데이터 패킷을 전송 오류 확률을 연산한다.
- [0043] 230 단계에서 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려하여, 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로 전송될 확률  $\text{Pr}_{i,j}$ 를 계산한다.
- [0044] 본 발명은 시그널링 오버헤드와 시그널링 메시지의 전송 오류 확률을 고려한다. 여기서, 시그널링 오버헤드는 시그널링 메시지의 크기를 포함하는 개념이다.
- [0045] 데이터 패킷 또는 시그널링 메시지 중 어느 하나의 전송에서도 에러가 없을 때 리시버는 데이터 패킷을 성공적으로 디코드할 수 있다.
- [0046] 그러므로, SNR  $\gamma$ 인 CC기반 HARQ 메카니즘이 사용되고, 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송되는 경우, MCS 레벨  $i$ 로 전송되는 데이터 패킷이 성공적으로  $k$ 번째 전송에서 디코드될 확률  $\text{Pr}_{i,j}$ 는 다음과 같이 계산된다.
- [0047] 먼저,  $k=1$ 인 경우에는 다음과 같이 계산된다.

### 수학식 1

[0048] 
$$\text{Pr}_{i,j}(k|\gamma) = (1 - \text{PER}_i(\gamma))(1 - \text{PER}_j(\gamma))$$

- [0049] 여기서,  $(1 - \text{PER}_i(\gamma))$ 는 데이터 패킷이 성공적으로 디코드될 확률을 의미하고,  $(1 - \text{PER}_j(\gamma))$ 는 시그널링 메시지가 성공적으로 디코드될 확률을 의미한다.
- [0050] 그리고  $k$ 가 1보다 클 때, 즉 2 이상일 때는 다음과 같이 계산된다.

### 수학식 2

[0051] 
$$\begin{aligned} & \text{Pr}_{i,j}(k|\gamma) \\ &= \prod_{m=1}^{k-1} \left\{ 1 - (1 - \text{PER}_i(m\gamma))(1 - \text{PER}_j(\gamma)) \right\} \\ & \quad \times (1 - \text{PER}_i(k\gamma))(1 - \text{PER}_j(\gamma)) \end{aligned}$$

- [0052] 여기서, SNR  $\gamma$ 에서 MCS 레벨  $i$ 의 PER은  $\text{PER}_i(\gamma)$ 로 표현된다.

- [0053] 240 단계에서 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 스펙트럼 효율을 계산한다.
- [0054] 주어진 대역폭으로 전송될 수 있는 데이터 레이트로 정의되는 스펙트럼 효율은 주어진 주파수 자원을 얼마나 효율적으로 사용할 수 있는지를 나타내는 지표가 된다. 따라서, 스펙트럼 효율이란, 데이터 패킷과 시그널링 메시지 둘 다 전송하는데 사용되는 자원에 대응하는 데이터 레이트를 의미하는 것이 더 바람직할 것이다.
- [0055] 따라서, HARQ 메카니즘이 사용되지 않는 경우, 즉 재전송이 일어나지 않는 경우의 스펙트럼 효율은 다음과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 3

$$S_{i,j}(\gamma) = \frac{L}{L/R_i + H/R_j} (1 - \text{PER}_i(\gamma))(1 - \text{PER}_j(\gamma))$$

$$= \frac{R_i}{1 + \zeta_{i,j}} (1 - \text{PER}_i(\gamma))(1 - \text{PER}_j(\gamma))$$

[0056]

[0057]

[0058]

i는 데이터 전송을 위한 MCS 레벨이고, j는 시그널링 메시지 전송을 위한 MCS 레벨이다.

한편, H를 사용자에게 자원을 할당하는 데 사용되는 시그널링 메시지의 양을 나타내고, L은 데이터 패킷의 사이즈를 나타낸다고 할 때, 비율  $\zeta_{i,j}$ 는 다음과 같이 정의된다. 비율  $\zeta_{i,j}$ 는 시그널링 오버헤드를 고려하기 위한 파라미터이다.

### 수학식 4

$$\zeta_{i,j} \equiv \frac{\text{Resource used to transmit a signaling message}}{\text{Resource used to transmit an } L\text{-sized data packet}}$$

$$= \frac{H/R_j}{L/R_i}$$

[0059]

[0060]

여기서,  $R_i$ 는 데이터 패킷이 MCS 레벨 i로 전송될 때의 데이터 레이트를 의미하고,  $R_j$ 는 시그널링 메시지가 MCS 레벨 j로 전송될 때의 데이터 레이트를 의미한다. 스펙트럼 효율은 데이터 패킷 사이즈와 데이터 패킷 데이터 레이트만을 고려할 때보다 시그널링 오버헤드와 시그널링 메시지 데이터 레이트를 추가적으로 고려하여 계산할 때 더 효율적으로 MCS 레벨을 선택할 수 있다.

[0061]

한편, 최대 전송 횟수  $N_{\max}$ 이고, SNR  $\gamma$ , CC 기반 HARQ 메카니즘이 사용되는 경우의 스펙트럼 효율은 다음과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 5

$$S_{i,j}(\gamma) = \sum_{k=1}^{N_{\max}} \frac{R_i}{k(1 + \zeta_{i,j})} \text{Pr}_{i,j}(k|\gamma) \text{ [bps/Hz]}$$

[0062]

[0063]

수학식 5에서의  $\text{Pr}_{i,j}$ 는 수학식 2에 기재된 확률을 의미한다.

[0064]

250 단계에서 변조 및 코딩 방식 선택 장치는 스펙트럼 효율을 최대로 하는 MCS 레벨을 선택한다.

[0065]

PER이 일정한 임계값 아래에 있는 경우 주어진 대역폭 내에서 스펙트럼 효율성을 최대화하기 위해 MCS 레벨 i와 j가 선택된다.

[0066]

이 MCS 레벨들은 다음과 같이 표현될 수 있다.

## 수학식 6

$$\begin{aligned} \text{MCS}_{i,j}(\gamma) &= \arg \max_{i,j \in M} S_{i,j}(\gamma) \\ \text{s.t. } 1 - Q_{i,j}(\gamma) &\leq \varepsilon \end{aligned}$$

[0067]

[0068]

[0069]

여기서,  $i$ 는 데이터 패킷의 MCS 레벨이고,  $j$ 는 시그널링 메시지의 MCS 레벨이다.

데이터 패킷이 MCS 레벨  $i$ 로 전송되고, 시그널링 메시지가 MCS 레벨  $j$ 로 전송될 때,  $N_{\max}$ 번의 전송 동안 데이터 패킷이 리시버에서 성공적으로 디코드될 확률은 다음과 같다.

## 수학식 7

$$Q_{i,j}(\gamma) = \sum_{k=1}^{N_{\max}} \text{Pr}_{i,j}(k|\gamma)$$

[0070]

[0071]

모바일 WiMAX 시스템에서 BS는 맵 메시지를 브로크캐스팅하여 자원 할당에 대한 정보를 제공한다. 이 할당 과정에서 시스템 수율에 상당히 영향을 미치는 실제적인 시그널링 오버헤드가 발생하게 된다. 시그널링 오버헤드에 의해 야기되는 효율 감소는 특히 VoIP 서비스에서 중요하다. 이것은 음성 패킷의 사이즈가 시그널링 메시지의 사이즈보다 훨씬 더 작기 때문이다. 고정 할당 방식에서는 시그널링 오버헤드를 줄임으로써, VoIP 서비스의 효율을 향상시키게 된다.

[0072]

따라서, 이하에서는 고정 할당 방식에 대하여 보다 상세하게 살펴보기로 한다.

[0073]

고정 할당(persistent allocation)은 주기적인 트래픽 패턴을 갖고, 상대적으로 고정된 페이로드(payload) 크기를 가질 때, 시그널링 오버헤드를 감소시키는데 사용되는 기술이다. BS는 고정적으로 자원을 할당함으로써, 시그널링 오버헤드를 감소시킨다. 따라서, 고정 할당은 VoIP 서비스에서 효율적이다. 그 이유는 패킷 도달율이 어느 정도 예측가능하고, 패킷 사이즈가 고정되어 있기 때문이다.

[0074]

고정 할당에서는 채널 상태가 변화하지 않는다면, 마지막 사용된 할당을 시그널링 메시지를 알리지 않으면서 패킷을 전송하는데 사용할 수 있다.

[0075]

그러나, 현재 프레임에서의 최적화된 MCS 레벨이 BS에 의해 표시된 최근의 MCS 레벨과 다르다면, BS는 고정적으로 할당된 자원의 속성을 조정하기 위해 시그널링 메시지를 전송할 수 있다.

[0076]

낮은 페이딩 조건 하에서, 현재 프레임에서의 MCS 레벨  $m$ 이 다음 프레임에서 MCS 레벨  $n$ 이 될 상태 변이 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

## 수학식 8

$$\begin{aligned} P_t(m, n) &= \begin{cases} (N_{m+1}T_f)/P_\gamma(m), & \text{if } n = m + 1 \leq M \\ (N_mT_f)/P_\gamma(m), & \text{if } n = m - 1 \leq M \\ 1 - P_t(m, m + 1) - P_t(m, m - 1), & \text{if } n = m \leq M \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

[0077]

[0078]

여기서,  $T_f$ 는 프레임 기간,  $P_\gamma(m)$ 은 MCS 레벨  $m$ 이 패킷을 전송하는데 사용될 확률,  $N_m$ 은 레벨 교차율(level crossing rate)을 의미한다.

[0079] 상기 식을 단순하게 하기 위해  $P_{\gamma}(m)$ 의 값을  $\int_{\gamma_m}^{\gamma_{m+1}} f_{\gamma}(\gamma) d\gamma$ 로 근사화한다.  $\gamma_m$ 은 1%의 PER를 갖기 위해 필요한 최소 SNR이다.

[0080] p 프레임 동안 같은 MCS 레벨 i에 머무를 확률은 다음과 같이 표현될 수 있다.

### 수학식 9

$$\alpha_i = \sum_{\forall n_l \in M, n_1=n_p=i} \left\{ \prod_{l=1}^{p-1} P_i(n_l, n_{l+1}) \right\}$$

[0081]

[0082] 고정 할당에서  $H^{PA}$ 는 사용자에게 자원을 고정적으로 할당하는데 사용하는 시그널링 정보의 양을 나타낸다.

[0083] 그러므로,  $\zeta_{i,j}^{PA}$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

### 수학식 10

$$\zeta_{i,j}^{PA} = \frac{H^{PA}/R_j}{L/R_i}$$

[0084]

[0085] 여기서, i는 데이터 패킷의 MCS 레벨이고, j는 시그널링 메시지의 MCS 레벨이다. 현재 프레임의 MCS 레벨이 마지막 할당 프레임에서의 MCS 레벨과 매칭되지 않을 때 또는 BS가 패킷을 재전송할 때 고정 할당에서 BS는 시그널링 메시지를 전송한다.

[0086] 따라서, 고정 할당에서 CC 기반 HARQ 메카니즘으로 얻는 스펙트럼 효율은 SNR이  $\gamma$ 라고 할 때 다음과 같이 표현할 수 있다.

### 수학식 11

$$S_{i,j}^{PA}(\gamma) = \left\{ (1 - \alpha_i) \frac{R_i}{1 + \zeta_{i,j}^{PA}} + \alpha_i R_i \right\} \Pr_{i,j}(1|\gamma) + \sum_{k=2}^{N_{max}} \frac{R_i}{k(1 + \zeta_{i,j})} \Pr_{i,j}(k|\gamma) \text{ [bps/Hz]} \quad (10)$$

[0087]

[0088] 본 발명에 따른 MCS 선택 방법의 성능은 모바일 WiMAX 시스템에서 스펙트럼 효율성 측면에서 고정 할당이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 측정되었다.

[0089] 도 3은 BS가 normal-MAP 메시지 포맷을 사용할 때, MCS 선택 방식에 따른 스펙트럼 효율을 나타낸 것이다.

[0090] 도 3을 참조하면, 스펙트럼 효율은 SNR 값이 증가함에 따라 증가함을 알 수 있다. 불연속적인 MCS 레벨로 인해 스펙트럼 효율은 MCS 레벨이 변화할 때마다 급격하게 변한다.

[0091] 본 발명에 따른 MCS 레벨 선택기법은 도 3의 영역 A와 영역 B에서 종래의 ET 기반 MCS 선택기법보다 좋은 성능을 나타낸다.

[0092] 종래의 ET 기반 MCS 레벨 선택기법은 전송시 시그널링 오버헤드를 고려하지 않기 때문에 도 3의 영역 A와 영역 B에서 과도하게 강한 MCS 레벨을 갖고 있다. 과도하게 강한 MCS 레벨은 잦은 재전송을 야기하므로, 종래의 ET 기반 MCS 레벨 선택기법의 스펙트럼 효율은 영역 A와 영역 B에서 감소하는 것이다.

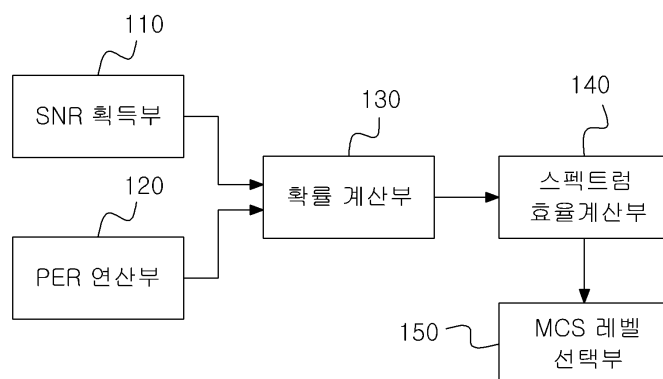
[0093] 한편, 고정 할당에서는 시그널링 메시지의 전송 횟수를 감소시킴으로써, 스펙트럼 효율을 증가시킬 수 있음을

알 수 있다.

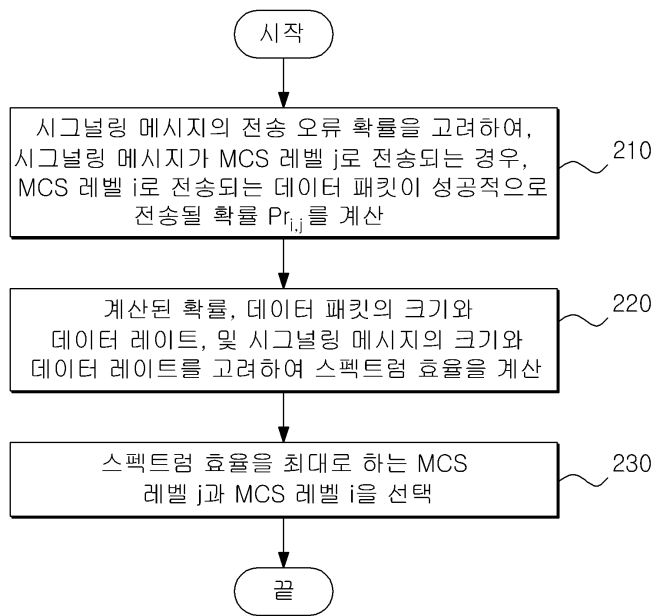
- [0094] 도 4는 BS가 SUB-DL/UL MAP 메시지 포맷을 사용할 때, MCS 선택 방식에 따른 스펙트럼 효율을 나타낸 것이다.
- [0095] 종래의 ET 기반 MCS 레벨 선택기법에서 시그널링 메시지를 전송하는데 사용하는 MCS 레벨과 데이터를 전송하는데 사용하는 MCS 레벨은 동일하다. 종래의 ET 기반 MCS 레벨 선택기법에서는 시그널링 메시지를 전송하기 위한 MCS 선택 기법이 없기 때문이다.
- [0096] 낮은 SNR 영역에서 ET 기반 MCS 레벨 선택기법의 스펙트럼 효율은 좋지 못하다. 그 이유는 데이터 패킷 에러는 재전송으로 복구가 가능한 반면에 시그널링 메시지 에러는 재전송으로 복구될 수 없기 때문이다. 따라서, 본 발명과 같이 시그널링 메시지의 재전송과 시그널링 메시지의 에러 확률을 고려함으로써, 스펙트럼 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0097] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0098] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0099] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

## 도면

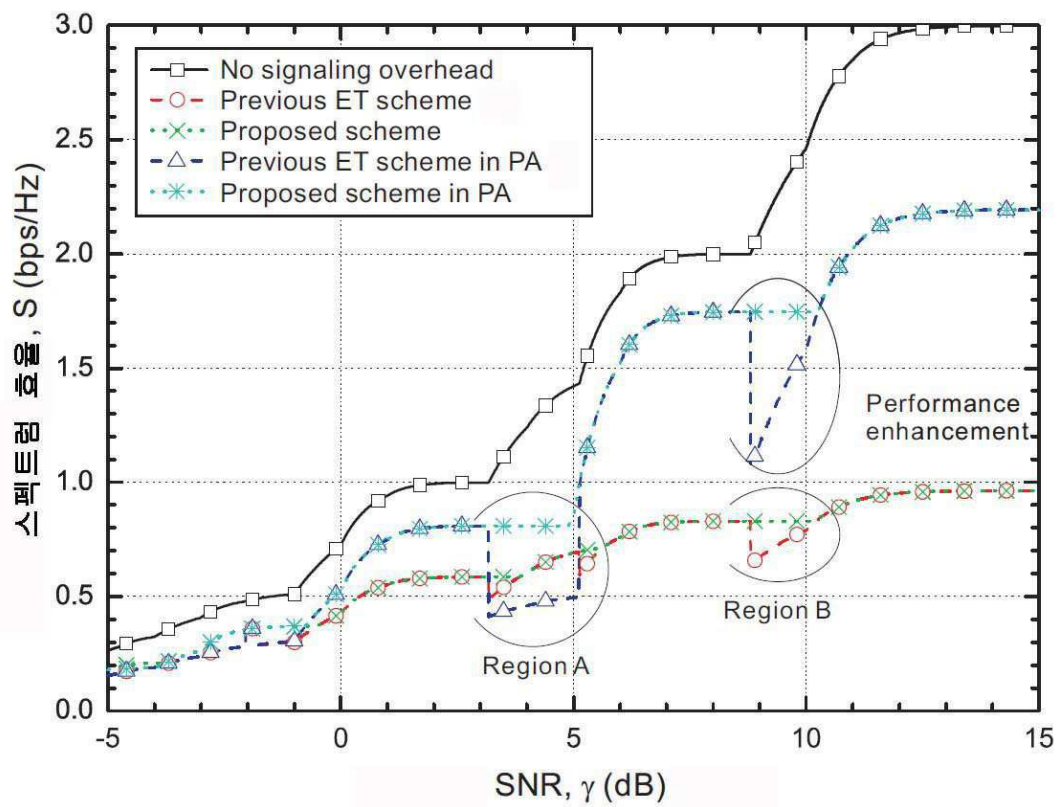
### 도면1



도면2



도면3



도면4

