



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년10월29일
(11) 등록번호 10-0990460
(24) 등록일자 2010년10월21일

- (51) Int. Cl.
H04B 7/26 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2006-7020987
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2005년03월09일
심사청구일자 2008년03월12일
- (85) 번역문제출일자 2006년10월09일
- (65) 공개번호 10-2007-0041430
- (43) 공개일자 2007년04월18일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2005/007768
- (87) 국제공개번호 WO 2005/086861
국제공개일자 2005년09월22일
- (30) 우선권주장
11/075,254 2005년03월08일 미국(US)
60/551,397 2004년03월09일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US06571089 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
뉴저지 인스티튜트 오브 테크놀로지
미국, 뉴저지 07102, 뉴어크, 마틴 루터 킹 주니어 블러바드 323
- (72) 발명자
바네스, 예헤스켈
미국 뉴저지 07746 말보로 에트나 코트 2
디아즈, 조르디
미국 뉴저지 07086 위호큰 루이자 플레이스 10
- (74) 대리인
신정건, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 52 항

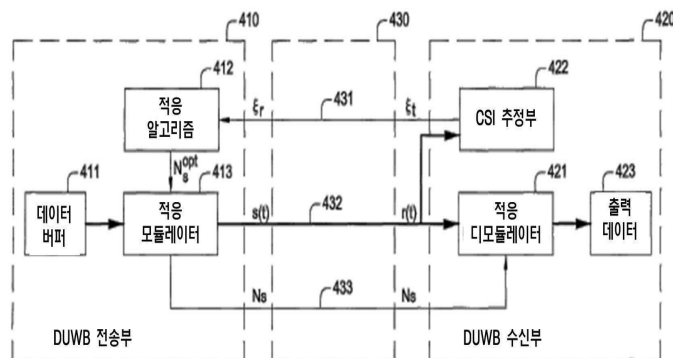
심사관 : 이성영

(54) 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크적응

(57) 요약

시간 다이버시티 및 매우 큰 데이터율의 최적화된 사용은 특정한 시간에서 채널 상태에 관한 정보에 기초한 적응 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오(UWB IR) 전송 스킴을 사용함으로써 달성된다. 채널 상태 정보를 사용함으로써, 전송 스킴은 특정한 채널 상태에 대해 조정된다. 특히, 시스템은 상기 채널 상태에 응답하여 비트당 전송되는 펄스의 수를 변경함으로써 각각의 사용자에게 동적으로 적응된다. 채널 상태는 수신부에 의하여 전형적으로 측정되거나 추정되는 전송 시스템의 동적인 파라미터이다. 적응 구성요소는 상기 채널 상태 정보에 응답하여, 후속 UWB IR 통신용 전송 채널에서 사용되는 비트당 펄스의 바람직한 개수를 결정한다. 특정한 모바일 스테이션에 의한 후속 전송을 위해 상기 비트당 바람직한 펄스의 개수는 적응 전송부에 제공되며, 이러한 적응 전송부에 의하여 사용된다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법에 있어서,

상기 시스템 내의 특정한 통신 링크에 관련되는 채널 상태 정보를 획득하는 단계; 및

사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 상기 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 단계를 포함하되,

$$N_s^{opt} = \frac{SNR_{opt}}{\xi}$$

상기 동적으로 변경하는 단계는 N_s^{opt} 를 계산하는 단계를 더 포함하며, ξ 이고,

ξ 은 상기 획득된 채널 상태 정보이고,

$$SNR_{opt} = \arg \operatorname{Min}_{SNR_{opt}} \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} \left(N_s^{opt}(\xi) - \frac{SNR_{opt}}{\xi} \right)^2 d\xi$$

SNR_{opt} 는 ξ 에 의하여 정해지는 상수인 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 2

제 1 항에서 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

적어도 상기 동적으로 변경하는 단계의 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경된 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 펄스당 평균 SNR 및 펄스당 순간 SNR로 구성되는 그룹에서 선택되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

피드백 채널을 통하여 상기 채널 상태 정보를 얻는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라

라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 7

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법에 있어서,

상기 시스템 내의 특정한 통신 링크에 관련되는 채널 상태 정보를 획득하는 단계; 및

사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 상기 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 단계를 포함하되,

상기 동적으로 변경하는 단계는 상기 채널 상태 정보 ξ 의 값에 응답하여 N_s^{opt} 를 계산하는 단계를 더 포함하며,

$$N_s^{opt}(\xi) = \arg \text{Max}_{N_s} S(N_s, \xi) \quad \text{이고,}$$

$$S(N_s, \xi) = \frac{I}{T_f \cdot N_s} \cdot (1 - Q(\sqrt{N_s \xi}))^{T_r / N_s}$$

$S(N_s, \xi)$ 는

와 같이 UWB IR 시스템 파라미터로서 T_r 및 T_f 에 관해 정의되는 처리량 함수이고, T_r 은 데이터 블록의 지속시간 이고 T_f 는 데이터 프레임의 지속시간인 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 9

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는, 울트라 와이드밴드(UWB) 임펄스 라디오(IR) 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응에 관한 방법에 있어서,

원하는 사용자와 연관된 특정한 링크와 관련되는 원격 위치로부터 채널 상태 정보를 수신하는 단계; 및

상기 사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 단계를 포함하되,

상기 동적으로 변경하는 단계는 N_s^{opt} 를 계산하는 단계를 더 포함하며,

$$N_s^{opt} \approx \frac{SNR_{opt}}{\xi} \quad \text{이고,}$$

ξ 은 상기 수신된 채널 상태 정보이고,

$$SNR_{opt} = \arg \text{Min}_{SNR_{opt}} \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} (N_s^{opt}(\xi) - \frac{SNR_{opt}}{\xi})^2 d\xi$$

SNR_{opt} 는 에 의하여 정해지는 상수인 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 10

제 9 항에서 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

적어도 상기 동적으로 변경하는 단계의 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경되는 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 펄스당 평균 SNR 및 펄스당 순간 SNR로 구성되는 그룹에서 선택되는 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 13

제 9항에 있어서,

피드백 채널을 통하여 상기 채널 상태 정보를 얻는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 15

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는, 울트라 와이드밴드(UWB) 임펄스 라디오(IR) 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응에 관한 방법에 있어서,

원하는 사용자와 연관된 특정한 링크와 관련되는 원격 위치로부터 채널 상태 정보를 수신하는 단계; 및

상기 사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 단계를 포함하되,

상기 동적으로 변경하는 단계는 상기 채널 상태 정보 ξ 의 값에 응답하여 N_s^{opt} 를 계산하는 단계를 더 포함하며,

$$N_s^{opt}(\xi) = \arg \underset{N_s}{\text{Max}} S(N_s, \xi) \quad \text{이고,}$$

$S(N_s, \xi)$ 는
$$S(N_s, \xi) = \frac{I}{T_f \cdot N_s} \cdot (1 - Q(\sqrt{N_s \xi}))^{T_r / T_f}$$
와 같이 UWB IR 시스템 파라미터로서 T_r 및 T_f 에 관해 정의되는 처리량 함수이고, T_r 은 데이터 블록의 지속시간이고 T_f 는 데이터 프레임의 지속시간인 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드 밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 17

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치에 있어서,

특정 사용자 링크 상의 통신 신호에 응답하여 그로부터 채널 상태 정보를 결정하는 채널 상태 정보 결정 수단; 및

사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 상기 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 모듈레이션 파라미터 변경 수단을 포함하되,

상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단은 N_s^{opt} 계산 수단을 포함하며, $N_s^{opt} \approx \frac{SNR_{opt}}{\xi}$ 이고,

ξ 은 상기 결정된 채널 상태 정보이고,

$$SNR_{opt} = \arg \min_{SNR_{opt}} \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} (N_s^{opt}(\xi) - \frac{SNR_{opt}}{\xi})^2 d\xi$$

SNR_{opt} 는 ξ 에 의하여 정해지는 상수인 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 18

제 17 항에서 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 모듈레이션 파라미터 전송 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

적어도 상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단에 의해 변경되는 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경된 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 모듈레이팅 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 펄스당 평균 SNR 및 펄스당 순간 SNR로 구성되는 그룹에서 선택되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 21

제 17항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 피드백 채널을 통하여 수신되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 23

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치에 있어서,

특정 사용자 링크 상의 통신 신호에 응답하여 그로부터 채널 상태 정보를 결정하는 채널 상태 정보 결정 수단; 사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 상기 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 모듈레이션 파라미터 변경 수단을 포함하되,

상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단은 상기 채널 상태 정보 ξ 의 값에 응답하여 N_s^{opt} 를 계산하는 계산 수단을 포함하며,

$$N_s^{opt}(\xi) = \underset{N_s}{arg \ Max} S(N_s, \xi) \quad \text{이고,}$$

$$S(N_s, \xi) = \frac{I}{T_f \cdot N_s} \cdot (1 - Q(\sqrt{N_s \xi}))^{T_r N_s}$$

$S(N_s, \xi)$ 는

와 같이 UWB IR 시스템 파라미터로서 T_r 및 T_f 에 관해 정의되는 처리량 함수이고, T_r 은 데이터 블록의 지속시간이고 T_f 는 데이터 프레임의 지속시간인 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 25

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치에 있어서,

원하는 사용자와 연관된 특정한 링크와 관련되는 원격 위치로부터 채널 상태 정보를 수신하는 채널 상태 정보 수신 수단; 및

상기 사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 모듈레이션 파라미터 변경 수단을 포함하되,

상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단은 N_s^{opt} 를 계산하는 N_s^{opt} 계산 수단을 포함하며,

$$N_s^{opt} = \frac{SNR_{opt}}{\xi} \quad \text{이고,}$$

ξ 은 상기 수신된 채널 상태 정보이고,

$$SNR_{opt} = \underset{SNR_{opt}}{arg \ Min} \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} (N_s^{opt}(\xi) - \frac{SNR_{opt}}{\xi})^2 d\xi$$

SNR_{opt} 는 에 의하여 정해지는 상수인 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 모듈레이션 파라미터 전송 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

적어도 상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단에 의해 변경되는 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경되는 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 모듈레이팅 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 28

제 25 항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 펄스당 평균 SNR 및 펄스당 순간 SNR로 구성되는 그룹에서 선택되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 29

제 25항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 피드백 채널을 통하여 수신되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 30

제 25 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 31

각각의 정보 비트가 다수의 펄스 N_s 에 포함되도록 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치에 있어서,

원하는 사용자와 연관된 특정한 링크와 관련되는 원격 위치로부터 채널 상태 정보를 수신하는 채널 상태 정보 수신 수단; 및

상기 사용자 링크의 데이터 처리량을 최적화하도록, 채널 상태 정보에 응답하여, 사용자 정보 비트당 펄스의 개수 N_s^{opt} 에 관한 척도인 모듈레이션 파라미터를 동적으로 변경하는 모듈레이션 파라미터 변경 수단을 포함하되,

상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단은 상기 채널 상태 정보 ξ 의 값에 응답하여 N_s^{opt} 를 계산하는 N_s^{opt} 계산 수단을 포함하며,

$$N_s^{opt}(\xi) = \arg \text{Max}_{N_s} S(N_s, \xi) \quad \text{이고,}$$

$S(N_s, \xi)$ 는
$$S(N_s, \xi) = \frac{1}{T_f \cdot N_s} \cdot (1 - Q(\sqrt{N_s \xi})) \frac{T_r}{T_f N_s}$$
와 같이 UWB IR 시스템 파라미터로서 T_r 및 T_f 에 관해 정의되는 처리량 함수이고, T_r 은 데이터 블록의 지속시간이고 T_f 는 데이터 프레임의 지속시간인 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 33

제 23항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 피드백 채널을 통하여 수신되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 34

제 23항에 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 모듈레이션 파라미터 전송 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 35

제 34항에 있어서,

적어도 상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단에 의해 변경되는 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경되는 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 모듈레이팅 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 36

제 23항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 37

제 17항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 38

제 31항에 있어서,

상기 채널 상태 정보는 피드백 채널을 통하여 수신되는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 39

제 31항에 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 모듈레이션 파라미터 전송 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 40

제 39항에 있어서,

적어도 상기 모듈레이션 파라미터 변경 수단에 의해 변경되는 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경되는 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 모듈레이팅 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 41

제 31항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 42

제 25항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 양자화 수단을 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템용 장치.

청구항 43

제 7항에 있어서,

피드백 채널을 통하여 상기 채널 상태 정보를 얻는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 44

제 7항에 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 45

제 44항에 있어서,

적어도 상기 동적으로 변경하는 단계의 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경된 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 46

제 7항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 47

제 1항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 48

제 15항에 있어서,

피드백 채널을 통하여 상기 채널 상태 정보를 얻는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 49

제 15항에 있어서,

리모트 스테이션에 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 를 전송하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 50

제 49항에 있어서,

적어도 상기 동적으로 변경하는 단계의 상기 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 에 응답하여, 상기 동적으로 변경된 모듈레이션 파라미터 N_s^{opt} 값을 사용하여 상기 사용자 정보 비트를 모듈레이트하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 51

제 15항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 비트당 펄스 개수 N_s^{opt} 를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

청구항 52

제 9항에 있어서,

원하는 범위의 값의 특정한 세트 중 하나로 상기 채널 상태 정보를 양자화하는 단계를 더 포함하는 울트라 와이드밴드 통신 시스템에서 동적으로 구별된 링크 적응 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은 2004년 3월 9일 출원된 미국 특허출원 가출원 번호 60/551,397을 선출원으로 하여 우선권을 주장한다. 상기 가출원은 전체로서 본 출원서에 참조로서 결합되어 있다.

[0002] 본 발명은 무선통신 및 특히 울트라 와이드밴드(ultra-wideband) 통신 시스템에서 적응 전송을 수행하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 울트라 와이드밴드(UWB) 통신 시스템은 일반적으로 중앙 주파수의 25% 이상 또는 1.5 GHz 이상을 차지하는 3 dB의 대역폭을 가지는 무선 통신과 관련된다. 울트라 와이드밴드 임펄스 라디오(Impulse Radio, IR) 시스템은 매우 짧은 순간(전형적으로 나노초(nanosecond)의 단위)의 베이스밴드 펄스를 사용하여 통신하며, 그 결과로 광대역에 걸쳐 매우 적은 라디오 시그널의 에너지가 분포되게 된다. 대략 MHz 당 수 W의 에너지 확산이 DC 근처의 밴드의 아래 쪽 말단부터 수 기가헤르쯔 근처에 존재하는 밴드의 최상층 끝까지 이와 같은 시스템에서 발생된다. 예컨대, R.A. Scholtz "Multiple Access with Time-Hopping Impulse Modulation," Proc. Of IEEE Milcom., Vol.2, 페이지 447-450(1999년 8월)을 참고하기 바란다.

[0004] UWB IR 통신은, 다중 경로의 실내 무선통신 채널에 있어 짧은 범위, 높은 속도, 멀티 액세스, 멀티미디어 통신에 사용될 수 있는, 상대적으로 단순하고, 적은 비용, 저전력의 트랜시버(transceiver)를 만드는 데 적합한 실시 가능한 기술을 보증한다. UWB 통신의 지지자들은 UWB는 다른 서비스에 할당된 주파수 밴드에 사용되는 빔을 이용하여 스펙트럼을 재사용하려는 의도임을 주장한다. 이러한 와이드밴드 통신 기술은 해결할 수 없는 간섭을 발생시키는 문제없이, 이와 같은 매우 큰 전송 밴드폭을 동시에 차지하는, 많은 다른 협소한 밴드 시그널과 병

존하도록 설계되었다.

[0005] 이러한 와이드밴드 기술에 있어서, 효율적이고 능률적으로 채널 용량이 사용되는 것이 중요하다. 그러나 시스템 파라미터가 설계되고, 최적화되고, 구현되는 때에, 채널 조건이 변화함에 따라 채널 용량 사용의 척도로서의 시스템 효율이 변화하는 것을 볼 수 있다. 페이딩(fading) 무선통신 환경에서, UWB IR 시스템 상의 채널 용량은 품질이 떨어지는 채널 조건 하에서 비교적 효율적으로 사용되며, 페이딩이 감소된 때에는 상대적으로 불충분하게 사용된다.

[0006] IR 모듈레이션(modulation)과 관련된 UWB 통신에 있어서 시간 호핑(hopping) 시퀀스(sequence)를 사용하는 기존의 멀티 액세스는 시간 다이버시티(time diversity)를 사용하여 전력(power) 스펙트럼 밀도(density) 상의 강제성 있는 제한에 부합되는 바람직한 비트 에러율을 달성한다. 유감스럽게도, 시간 다이버시티를 사용함으로써 시스템에서 달성할 수 있는 최대 데이터율은 감소한다.

발명의 상세한 설명

[0007] 시간 다이버시티 및 매우 높은 데이터율의 최적화된 사용은, 특정한 시간에 있어 채널 상태에 대한 정보에 기초한 적응 UWB IR 전송 스킴(scheme)을 사용하여, 본 발명에 따라 달성될 수 있다. 채널 상태 정보를 사용함으로써, 전송 스킴이 특정한 채널 상태에 대하여 조정될 수 있다.

[0008] 특히, 채널의 상태에 응답하여 비트당 전송되는 펄스의 수를 변화시킴으로써, 각각의 사용자에게 대하여 동적으로 시스템이 적응된다. 채널 상태는 수신부(receiver)에 의해 전형적으로 측정되거나 추정되는 전송 시스템의 동적 파라미터이다. 적응 구성요소는 채널 상태 정보에 응답하여, 후속 UWB IR 통신을 위해 전송 채널에서 사용되는 비트당 펄스의 바람직한 개수를 결정한다. 비트당 펄스의 바람직한 개수가 이후에 제공되며, 특정 모바일(mobile) 스테이션(station)에 의한 후속 전송을 위해 적응 전송부(transmitter)에 의하여 사용된다.

[0009] 본 발명에 따른 UWB 통신용 적응 전송은 시스템 복잡성을 낮은 레벨로 유지하면서, 전체적인 채널 및 시스템 처리량(throughput)의 관점에서 종래의 비적응 UWB 시스템에 비해 우수하다.

[0010] 이하의 설명에서, 일정한 용어는 호환성있게 사용될 수 있다. "사용자"라는 용어는 "모바일", "모바일 스테이션" 및 "모바일 유저"라는 용어와 호환될 수 있다. "베이스(base) 스테이션" 또한 "베이스"라는 용어와 호환될 수 있다. 이러한 사용은 어떠한 제한하는 의도로써 사용되지 않는다.

[0011] 본 발명은 각각의 UWB 라디오 링크(link)에 대하여 심볼(symbol)(비트)당 펄스의 수를 동적으로 적응시키는 것에 연관된다. 각각의 링크가 다른 유저 링크와 독립적으로 적응되게 변경되었으므로, 각각의 링크에 대한 적응을 구별하는 것이 가능하다. UWB에 적용되는 동적으로 구별되는 링크는 다른 사용자간에 그 애플리케이션(application)에 관하여 제한을 가지고 있지 않으며, 각각의 경우에 있어 바람직한 데이터율을 할당하는 각각의 사용자에게 독립적으로 적응이 수행될 수 있다. 이러한 특성은 다양한 사용자에게 제공되는 서비스 품질의 차이를 가능하게 한다.

[0012] 도 1은 전형적인 무선 통신 네트워크(100)에 관하여 단순화된 시스템도를 보여준다. 무선 통신 네트워크(100)는 베이스 스테이션(102)과 통신하는 여러 개의 모바일 스테이션(101)을 포함한다. 모바일 스테이션(101) 및 베이스 스테이션(102)는 무선 네트워크에서 통신을 가능하게 하는 무선 트랜시버(transceiver)를 포함한다. 도 1에서 도시되지 않았음에도 불구하고, 네트워크(100)가 고정된 또는 모바일 사용자를 처리하며, 이러한 다른 네트워크를 상호연결하여 더 큰 네트워크를 형성할 수 있음을 알 수 있다. 본 발명에 있어서, 도 1과 같이 단순화된 네트워크를 처리하는 것으로 충분할 수 있다.

[0013] 베이스 스테이션과의 근접하는 것이 네트워크(100)에서 모바일 스테이션에 있어 중요하다. 도 1에서는 존(zone) A 및 존 B로 이름 붙여진 몇몇 동심원 존이 나타나있다. 존 A는 두 명의 모바일 유저를 포함하며, 베이스 스테이션에 가장 가까운 지역을 포함한다. 동심원 사이의 지역으로서 서술된 존 B는 베이스 스테이션에서 더 떨어져 위치하는 서로 다른 두 명의 모바일 유저를 포함한다. 또한, 존 B의 외곽에 존재하는 두 명의 부가적인 모바일 사용자는 베이스 스테이션으로부터 더 멀리 존재한다. 모바일 사용자가 베이스 스테이션에서 멀어짐에 따라, 그들간의 통신에 있어 부가적으로 감소, 페이딩(fading), 노이즈 악화가 발생한다. 이는 이하에서 더 자세하게 논의될 것이다.

[0014] 본 발명은 채널 상태 변화가 감지됨에 따라 각각의 모바일 스테이션에 대하여 독립적인, 비트당 펄스의 개수 N_s 를 변화시키기 위한 동적 적응 기술과 연관된다. 따라서, 최소한 UWB 임펄스 라디오 통신에 관하여 자세하게 이해하게 하는 것이 중요하다. 이러한 목적으로 모듈레이션 스킴의 간략한 설명이 이하에서 제시되어 있다. UWB

통신에 대한 기본 IR 모듈레이션이 종래 기술에서 잘 확립되어 있다. 예를 들면, 위와 같이 언급된 Scholtz 논문과 Fullerton에 양도된 미국 특허 5,677,927, Richards에 양도된 미국 특허 6,671,310, Cowle에 양도된 미국 특허 6,717,992, 미국 특허출원 공개번호 US2004/0258133 및 다음의 기술에 관한 논문을 참조한다: Moe Zin et al., "Ultra-Wide Bandwidth Time-Hopping Spread Spectrum Impulse Radio for Wireless Multiple-Access Communications," IEEE Trans. On Communications, Vol. 48, No. 4, pp. 679-691(2000년 4월) 및 Moe Zin et al., "Impulse Radio: How It Works," IEEE Communiations Lett., Vol.2, No. 2, pp. 36-38(1998년 2월).

[0015] UWB는 단지 무선 로컬 영역 네트워크(wireless local area network, WLAN) 및 무선 개인 영역 네트워크(wireless person area networks, WPAN)에 대하여 물리적인 레이어(layer)로서 제안되어 왔으며, 이를 통해 저 전력 전송이 경로 손실을 극복할 수 있다. 주로 제한된 적용범위(coverage) 때문에, 이러한 단거리 통신(short range communication, SRC) 시스템은 다른 중거리 셀룰러(cellular) 무선 시스템과 비교하면 더 적은 평균 유저 수를 갖는 것이 특징이다. 이하에서 더 자세하게 설명하는 바와 같이, 적은 로드(load) 시스템에 대하여 평균 데이터율을 급격하게 증가시키므로, UWB 시스템에 관한 동적인 링크 적응인 본 발명은 SRC 환경에 대하여 매우 적합하다.

[0016] 도 2 및 3은 무선 시스템에서 사용되는 임펄스(impulse) 라디오 모듈레이션 기술에 관하여 단순화된 블록도를 보여준다. 펄스 위치 데이터 모듈레이션(pulse-position data modulation, PPM)을 이용한 전형적인 시간 호핑(hopping) 멀티 액세스 울트라 와이드밴드 포맷은 다음과 같이 주어진다.

$$s^{(k)}(t) = \sum_j w_{tr}(t - jT_f - c_j^{(k)}T_c - \delta d_{[j/N_s]}^{(k)}). \quad (1)$$

[0017] 여기서 $w_{tr}(t)$ 는 펄스 지속시간 T_p 를 가지는, 전송부 클럭이 0 시간에서 명목상 시작하는 전송되는 펄스 모양을 의미한다. T_f 는 펄스 반복 시간(또는 프레임 지속시간)이다. $c_j^{(k)}$ 는 길이 N_p 의 주기적 의사 노이즈(periodic pseudonoise, PN) 시퀀스(sequence)를 포함하는 벡터의 j th 성분이다. 시간 호핑 코드는 $c_j^{(k)} \cdot T_c$ 만큼의 추가적인 시간 시프트를 도입시키는 $[0, N_h]$ 의 범위 내의 정수이다. $d_i^{(k)}$ 는 모바일 스테이션 k의 데이터 정보를 운반하는 이진 시퀀스의 i th 성분이다. δ 는 정보에 따르는 시간 시프트이다. $\lfloor x \rfloor$ 라는 표시는 플로어(floor) 함수를 뜻하며, 이는 함수의 독립변수인 실수 x보다 작거나 같은 가장 큰 정수를 리턴한다. N_s 는 비트당 펄스의 개수이다.

[0019] 윗첨자 (k)로 정의된 수량은 전송부에 따르는 수량을 나타낸다. 따라서, k th 전송부(모바일 스테이션)에 의하여 방출되는 시그널은 다른 시간으로 시프트되는 많은 펄스 형상으로 구성되며, 여기서 j th 펄스는 $jT_f + c_j^{(k)}T_c + \delta d_{[j/N_s]}^{(k)}$ 시간에서 시작된다. 시그널 모델에서의 데이터율은 다음과 같이 주어진다.

$$R_s = \frac{1}{T_f \cdot N_s}. \quad (2)$$

[0020] 각각의 시간 시프트의 구성요소는 이하에서 더 자세히 설명되어 있으며, 도 2에서 도시되어 있다. 시간 시프트의 구성요소는 시간 베이스(201)(도 3에서는 시간 베이스(301))에 의해서 생성된 균일한 펄스 연속 간격(uniform pulse train spacing), 시간 호핑 코드 지연(202)(도 3에서 이는 사용자 선택부(302), 시간 호핑 코드 생성부(303) 및 코드 지연(304)에 의하여 수행됨)에 의해서 생성된 의사 랜덤 시간 호핑 및 PPM(203)(도 3에서 이는 데이터 비트 소스(305), N_s 소스(307), 플로어 함수 구성요소(306) 및 펄스 위치 모듈레이터(308)에 의해 수행됨)에 의한 펄스 위치 모듈레이션(PPM)을 포함하는 데이터 모듈레이션으로 주어진다. 시간 시프트가 완료된 때에는, 울트라 와이드밴드 시스템의 단일주기 펄스 형상이 UWB 펄스 생성부(204)(도 3에서 UWB 펄스 생성부(309))에 의하여 생성되며, 수식 (1)에서 보여진 전송된 펄스 스퀀스가 생성된다.

[0022] 시간 베이스(201)(301)은 T_f 초가 떨어져 위치하는 단일주기 펄스로 구성되는 $\sum_{j=-\infty}^{\infty} w(t - jT_f)$ 의 형식인 균일하게 위치하는 펄스의 연속을 생성한다. 이러한 프레임 시간 또는 펄스 반복 시간 T_f 는 펄스 폭보다 훨씬 크며, 사

용 가능한 클록 소스의 안정도에 종속적이다. 이러한 펄스 연속은 낮은 듀티 사이클(duty cycle)을 갖는다. 이러한 시그널은 균일하게 위치하는 펄스가 존재하는 멀티 액세스 환경에서 나타나기 때문에, 때때로 둘 이상의 시그널로부터 많은 수의 펄스가 동시에 도달되는 파국적인 충돌이 발생하기 쉽다. 이러한 충돌의 회수는 의사(pseudo) 랜덤 시간 호핑을 사용함으로써 계수될 수 있다.

[0023] 도 1에서 도시되는 바와 같이 멀티 액세스 환경에서 파국적인 충돌을 제거하기 위해서, 각각의 모바일 스테이션 또는 링크(정수 K로 인덱싱)가 별개의 펄스 시프트 패턴 $c_j^{(k)}$ 로 할당되며, 이는 시간 호핑 코드로서 참조된다.

각각의 코드 구성요소 $c_j^{(k)}$ 는 $0 \leq c_j^{(k)} < N_h$ 범위 내의 정수이다. 시간 호핑 코드는 주기 N_p 에서 주기적 의사 랜덤 코드이므로, $c_j^{(k)} = c_{j+iN_p}^{(k)}$ 이다(여기서 i, j 는 모두 정수). 시간 호핑 코드는 $c_j^{(k)} \cdot T_c$ 초의 부가되는 시프트가 발생하는 j^{th} 펄스를 이용하여, 펄스 연속에서 각각의 펄스에 부가적인 시간 시프트를 제공한다. 코드에 의한 이들 부가되는 시간 시프트는 0 및 $N_h T_c$ 사이의 이산(discrete) 시간들이다.

[0024] 사용자 선택부(302)는 모바일 스테이션에 의하여 사용되는 링크에 대하여 인덱스 k 를 결정한다. 시간 호핑 코드 생성부(303)는 모바일 스테이션에 의하여 사용되는 시간 호핑 코드를 생성한다. 코드 지연(304)(또는 도 2에서 시간 호핑 코드 지연(202))은 이러한 정보를 사용하여 다음의 형태로 펄스 시퀀스를 생성한다.

$$\sum_j w(t - jT_f - c_j^{(k)}T_c). \quad (3)$$

[0025]

[0026] 시간 호핑 코드는 주기적이며 주기가 N_p 이므로, 이러한 파형은 주기적이며 주기 $T_p = N_p T_f$ 이다. 이러한 코드는 균일하게 위치한 펄스 연속의 선형 스펙트럼 밀도($1/T_f$ 이격)로부터 더 미세한 선형 공간을 갖는 스펙트럼 밀도($1/T_p$ 이격)로 전력 스펙트럼 밀도를 감소시키는 효과를 실질적으로 갖는다.

[0027] $N_h T_c \leq T_f$ 라고 가정하면, 그 비율은 시간 호핑이 허락되는 프레임 시간의 단편을 정의한다. 일반적으로, $N_h T_c / T_f$ 는 소정의 트랜시버 동작 및 재설정에 있어서 허용되는 시간보다 엄격하게 더 작은 것으로 가정된다. $N_h T_c$ 가 너무 작은 것으로 선택된 때에 파국적인 충돌이 발생할 가능성이 있다. 그러나 $N_h T_c$ 가 충분히 크고, 시간 호핑 코드가 잘 설계된 경우에는, 멀티 액세스 간섭이 가우시안 랜덤 프로세스로 가정될 수 있다.

[0028] 사용자 데이터 정보 스트림의 콘텐츠에 기초한 펄스 위치 모듈레이션은 수식 (1)에서 보여진 바와 같은 펄스 시퀀스에 대하여 부가적인 시간 시프트를 제공한다. PPM(203)은 도 2에서의 펄스 위치 모듈레이션을 수행한다. 더 자세한 사항은 j^{th} 모바일 스테이션(사용자)를 위한 사용자 데이터 소스(305), N_s 소스(307), 플로어 함수 구성요소(306) 및 펄스 위치 모듈레이터(308) 들이 결합되어 전체 펄스 위치 모듈레이션을 수행하는 도 3에 도시되어 있다. N_s 소스(307)는 UWB IR 시스템에 관하여 비트당 펄스의 개수 N_s 에 대한 값을 저장한다. 플로어 함수 구성요소(306)는 사용자 인덱스 j 및 비트당 펄스의 개수 N_s 의 비율에 따라 플로어 함수를 수행한다.

[0029] 모바일 스테이션 k 의 비트 소스(305), $d_i^{(k)}$ 로 부터의 사용자 데이터 시퀀스는 소정의 형태로 정보를 전송하는 전형적인 이진 심볼 스트림이다. 이러한 형태의 통신 시스템은 오버샘플링(oversampling)되어 있다. 즉, 모든 N_s 시간 호핑(hopping) 후에는 비트당 전송되는 N_s 펄스가 존재하고, 모듈레이팅 데이터 비트가 변화한다. 본 모듈레이션 기술에서, 데이터 비트가 0인 때에는 어떠한 부가적인 시간 시프트가 펄스상에서 모듈레이트되지 않으나, 사용자 데이터 비트가 1인 때에는 펄스에 δ 의 시간 시프트가 부가된다. 데이터 모듈레이션이 의사 랜덤 시간 호핑 모듈레이션의 전력 스펙트럼 밀도를 더욱 부드럽게 한다. 이러한 모듈레이션 형식에서, 하나의 비트는 지속시간 $T_s = N_s T_f$ 를 갖는다. 고정 프레임(펄스 반복) 시간 T_f 에서, 이진 심볼 비율 또는 데이터율 R_s 는 수식 (2)에서 보여진 바와 같이 주어진 이진 심볼(비트)에 의하여 모듈레이트되는 단일주기 펄스의 수 N_s 를 결정한다.

[0030] UWB 펄스 생성부(204) 및 UWB 펄스 생성부(309)는 모듈레이트된 데이터 시퀀스를 UWB IR 단일주기와 정상적으로 연관되는 펄스 형상으로 변환한다. 이러한 단일주기 펄스는 각각의 모바일 스테이션에 의하여 베이스 스테이션으로 브로드캐스팅된다.

[0031] 베이스 스테이션에서, 전송받은 시그널은 도 1에서 보여지는 바와 같이 연관된 모바일 스테이션들에 의하여 브로드캐스팅되는 시그널들이 혼합된 것이다. N_u 사용자가 멀티 액세스 시스템에서 활성화된 때에, 수신부의 안테나의 출력에서 혼합 수신된 시그널의 모델이 다음과 같이 주어진다.

$$r(t) = \sum_{k=1}^{N_u} A_k s_{rec}^{(k)}(t - \tau_k) + n(t) \quad (4)$$

[0032] 여기서 A_k 는 모바일에서 베이스 스테이션 수신부로의 전파경로(propagation path)에 걸친 모바일 스테이션 k의 시그널 감쇠를 나타내며, $S_{rec}^{(k)}(t)$ 는 사용자 k에서 발생하여 수신되는 시그널을 의미하고, τ_k 는 사용자 k의 모바일 스테이션(전송부) 및 베이스 스테이션(수신부)에서의 클록들 사이의 잠재적인 시간 다이버시티를 표현하는 랜덤 변수이며, 이는 또한 시간 비동시성이라고 일컬어지기도 한다. 그리고 파형 $n(t)$ 는 추가 화이트 가우시안 노이즈(additive white Gaussian noise, AWGN)를 의미한다. 활성화된 사용자 N_u 의 수 및 시그널 진폭 A_k 는 데이터 심볼 간격(interval) 동안에 일정한 것으로 가정한다.

[0034] 안테나/전파 시스템은 전송되는 단일주기 $w_{tr}(t)$ 의 형상을 그 출력에 있어 $w(t)$ 가 되도록 수정하며, 일정한 감쇠 및 지연을 야기시킨다. 이하의 이론에 관한 내용에서, 채널 모델은 다중 경로 및 분산 효과(dispersive effect)를 무시하는 것으로 가정될 것이다.

[0035] 바람직한 시그널을 추출하는 최적의 프로세서는 간섭하는 시그널의 형태에 관한 모든 수신부 또는 베이스 스테이션 지식을 사용하는 복합적인 구조이다. 그러나, 사용자가 많고 완전한 멀티유저 정보가 사용되지 않는다면, 다른 사용자로부터 간섭하는 시그널의 결합 효과를 가우시안 랜덤 프로세스(Gaussian Random Process)로 근사화하는 것이 합리적이다. 위에서 언급된 Scholtz에 의하여 게재되고 참조로서 본 출원서에 결합되는 IEEE MILCOM에서 설명되는 베이스 UWB 수신부는, 간섭에 대하여 가우시안 가설에 기초한다. AWGN에서 이진 모듈레이트된 임펄스 시그널의 단일 비트에 관한 최적의 수신부는 상관(correlation) 수신부이며, 이는

$$\underbrace{\sum_{j=0}^{N_c-1} \int_{t=\tau_j+T_f}^{\tau_j+(j+1)T_f} r(t)v(t-jT_f-c_j^l T_c-\tau_j) dt}_{\text{테스터 통계지} = \alpha} > 0, \quad (5)$$

필스 상관 출력 = α_j

[0036] 인 때에, $d_0^{(1)} = 0$ 을 결정한다. 여기서 $v(t)=w(t)-w(t-\delta)$ 은 하나의 펄스를 상관시키도록 사용하는 템플리트(template) 시그널이다.

[0038] 수식 (5)의 결정 절차를 사용하는 때에, 에러 P_e 의 확률은 다음의 수식으로 주어진다.

$$P_e = \frac{1}{2\pi} \int_{\sqrt{SNR}}^{\infty} \exp(-x^2/2) dx = Q(\sqrt{SNR}) \quad (6)$$

[0039] 종래 기술에서, 몇몇 가정 하에 수식 (6)에서 사용되는 노이즈에 대한 시그널 비율(signal-to-noise ratio, SNR)은 다음과 같이 표현된다.

$$SNR = \frac{A_l^2 m_p^2 N_s^2}{\sigma_{rec}^2 + N_s \sigma_a^2 \sum_{k=2}^{N_u} A_k^2} \quad (7)$$

[0041] 여기서, 하나의 수신된 펄스가 템플리트 시그널과 상관될 때, m_p 는 상관부(correlator) 출력이며, 아래의 수식에서 다른 변수를 이용하여 정의된다.

$$m_p = \int_{-\infty}^{\infty} w(t)[w(t) - w(t - \delta)] dt$$

$$\sigma_a^2 = T_f^{-2} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} w(t-s)v(t) dt \right]^2 ds$$

$$\sigma_{rec}^2 = E \left\{ \left[\int_{t \in \tau_i} n(t)v_{bit}(t) dt \right]^2 \right\}$$

[0043]

[0044]

여기서 간격 τ_i 는 데이터 비트를 표현하는 파형을 포함하며, 수신된 비트 $w_{bit}(t)$ 에 대한 이상적인 파형은 다음의 수식으로 주어진다.

$$w_{bit}(t) = \sum_{j=1}^{N_s} w(t - jT_f - c_j^{(1)}T_c - \tau_j),$$

[0045]

[0046]

$v_{bit}(t)$ 는 하나의 비트 $v_{bit}(t) = w_{bit}(t) - w_{bit}(t - \delta)$ 와 상호연관되는 템플릿이다. 이러한 시스템 모델에 따르면, 동적 적응 전송 방법 및 장치는 이러한 시스템 파라미터에 기초한 다음의 절에서 설명된다. 위에서 제시된 데이터율, 에러 확률 및 SNR사이의 관계가 본 신규한 적응 전송 기술의 성능을 평가하기 위하여 이하에서 사용될 것이다. 이러한 개선된 시스템은 도 4-6을 참조하여 설명된다.

[0047]

적응 전송은 무선 통신 시스템의 효율을 향상시키는 가능성을 제공한다. 이하에서 설명되는 UWB IR 무선 통신에 관한 적응 전송 기술은, UWB IR 수신부가 다중 펄스를 통합하여 전송되는 정보 각각의 비트를 복원하는 모듈레이션에서의 오버샘플링에 기초한다. 이하에서 언급되는 동적 적응에는, UWB IR 수신부가 통합하여 사용자 정보의 비트를 복원하는 펄스의 최적의 수는 펄스율, 비트율, 재밍(jamming) 레벨 및 거리(coverage)를 포함하는 많은 변수에 종속적이라는 사실이 이용된다. 이러한 적응 스킴의 성능 평가는 범위 및 멀티유저 간섭에 의해 제한되는 시스템에 관하여, 이하에서 설명될 것이다. 시간이 변화하는 전송 채널에서의 처리량(throughput)을 최대화하는 적응 전략에 관한 최적화 또한 설명된다.

[0048]

도 4는 본 발명의 원칙에 따라, 전송 채널에서의 변화에 기초한 동적 적응을 사용하여 도 1의 무선 시스템에서 UWB IR 전송부 및 수신부의 통신을 단순화한 블록도이다. 도 4에서 시스템은 동적 UWB(DUWB) 전송부(410), 동적 UWB(DUWB) 수신부(420) 및 전송채널(430)을 포함한다. 실제로 전송부(410)는 도 1에서 베이스 스테이션(또는 모바일 스테이션)의 전송부에 대응되며, 반면 수신부(420)는 도 1에서 모바일 스테이션(또는 베이스 스테이션)의 수신부 부분에 대응된다.

[0049]

채널(430)은 무선 채널이다. 시그널은 안테나 장치(도면 미도시)를 통하여 베이스 스테이션 및 모바일 스테이션에서 수신된다. 실선이 도 4의 전송 채널을 가로질러, 시그널이 어디서 그리고 어떻게 사용되는지를 보다 명확하게 보여주기 위하여 사용된다. 각각의 베이스 및 모바일 사이트(site)에서 전송 및 수신용으로 안테나 장치를 사용하고, UWB는 시그널링(signaling) 프로토콜을 따르므로, 본 기술에 숙련된 사람에게는 피드백 채널(431) 및 동기화 채널(433)이 무선 채널을 통하여 전송되는 멀티 액세스 UWB IR 스트림에서 임베드되는 논리적 또는 가상 채널임이 이해될 수 있을 것이다.

[0050]

비트당 펄스의 수 N_s 가 모든 사용자에게 동일하고 전체 시스템에 고정된 상수인 종래의 멀티 액세스 UWB IR 시스템에 대조적으로, 도 4-6과 관련하여 도시되고 설명되는 바와 같이, 본 발명은 시스템에 의하여 추정되는 채널 상태 변경에 기초하여 각각의 사용자에게 관한 N_s 의 최적화된 값을 결정한다. 사용자 데이터에 적용되는 시간 다이버시티가, 하나의 펄스에서 또다른 펄스로 자주 변화하는 채널 변수와 함께 변화하고, BER의 통계적 감소를 제공하는 것에 반해, 멀티 액세스 UWB 채널은 외부 간섭, 섀도잉(shadowing), 이동성 및 사용자 수의 변화에 기인하여 늦은 속도의 변화를 겪는다. 따라서 N_s 의 고정된 값이 항상 최적이지 아니며, 따라서 채널 용량 및 처리량과 같은 시스템 리소스를 낭비하게 된다. 본 발명은 이를 부가적인 시스템 처리량을 달성하는 더 최적화된 채널의 사용으로 변환시킨다.

[0051] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 전송되는 시그널(s(t))은 비트당 최적화된 펄스의 수, N_s^{opt} 이며 이는 도 5 및 6에서의 동적 적응 기술에 의해 계산된다. 적응 기술은 N_s^{opt} 을 적응시키기 위하여 채널 상태 정보를 사용한다. 채널 상태 정보(Channel state information, CSI)는 전송되는 펄스 당 평균 SNR로 수신부에서 추정된다. 이러한 정보는 적응 알고리즘 구성요소에 전달되어, N_s^{opt} 의 새로운 값을 생성한다. 적응 알고리즘 구성요소는 CSI 추정부와 같이 배열되거나 전송 사이트에 존재할 수 있다. 후자에서, CSI 정보는 피드백 채널을 통하여 전송부에 전달된다. 피드백 채널은 정규 UWB 스트림에 있어 논리적 채널이다. N_s^{opt} 의 값이 업데이트되는 경우에, UWB 스트림에 임베드되는 논리 채널인 동기화 채널을 사용하여 대응 전송부 또는 수신부에서 공유되어, 업데이트된 N_s^{opt} 값을 사용하는 통신이 중단없이 모바일 및 베이스 스테이션 사이에서 계속된다.

[0052] 본 장치에서, N_s^{opt} 의 값은 적응될 수 있고, 각각의 사용자에게 개별적인 동적 베이스에 기반하여 업데이트되며, 다른 사용자에게 독립적임이 고려된다. 비트당 펄스의 수 N_s^{opt} 에 대한 값을 동적으로 변경함으로써, 채널의 상태에 있어 일반적으로 느린 속도로 변화하게 되며, 이것은 개별 채널에 대한 개별적인 사용자의 용량 사용을 최적화시키고, 따라서 소정의 비트-에러율 요구사항을 충족하면서 가능한 최대 데이터율을 얻을 수 있다.

[0053] 도 4에서 도시된 실시예에서, DUWB 전송부(410)는 데이터 버퍼(411), 적응 모듈레이터(413) 및 적응 알고리즘 구성요소(412)를 포함한다. 데이터 버퍼(411)는 사용자 데이터 정보가 수신부에 전송되도록 처리한다. 데이터 버퍼(411)는 사용자 데이터를 상기 UWB IR 모듈레이션을 위해 적응 모듈레이터(413)에 제공한다. 적응 모듈레이터(413)는 버퍼(411)로부터 사용자 데이터를 수신하며, 구성요소(412)로부터 특정 사용자에게 관하여 비트당 펄스의 수 N_s^{opt} 의 업데이트된 값을 수신한다. 모듈레이터(413)는 수식 (1)에서 보여지는 바와 같이 사용자 k에 대하여 전송되는 시그널 $s_{(k)}(t)$ 를 생성하기 위하여, N_s^{opt} 의 값을 사용하여 데이터를 모듈레이트한다. 이러한 시그널은 전송 안테나 장치(도시되지 않음)에 의하여 무선 멀티 액세스(432)를 통하여 전송된다. 모듈레이터(413)는 또한 사용자 k에 관한 N_s 의 새로운 값, N_s^{opt} 을 동기화 채널(433)을 통하여 수신부에 전달하며, 구성요소(412)는 UWB 스트림에서의 또다른 논리적 채널인 피드백 채널(431)을 통하여 수신부로부터 추정된 채널 상태 정보 $\hat{\xi}_r$ 을 수신한다. 이러한 논리적 채널은 많은 다양한 방법으로 실현된다. 예를 들면, CSI 정보 또는 N_s^{opt} 정보는 사용자 데이터 전송의 오버헤드(overhead) 또는 페이로드(payload) 부분에 조립될 수 있다.

[0054] DUWB 수신부(420)는 데이터 출력 버퍼(423), 적응 모듈레이터(421) 및 채널 상태 정보(channel state information, CSI) 추정부(421)를 포함한다. 수신부(420)에 의해 수신되고, 수신부로부터 전송되는 시그널은 UWB 통신용 안테나 장치(도면 미도시)에 의하여 처리된다. 수식 (4)에서 보여진 바와 같이 수신된 UWB 시그널 $r(t)$ 는 디모듈레이터(demodulator)(421) 및 추정부(422)에 의하여 결합된다. 적응 디모듈레이터(421)는 사용자 데이터를 수신된 시그널로부터 복원하고, 출력 데이터 버퍼(423)로 데이터를 전달한다. 모듈레이터(421)는 또한 디모듈레이션(demodulation) 루틴을 적응시키고, N_s^{opt} 의 업데이트되는 값을 사용하여 모듈레이트되는 후속 사용자 데이터를 복원할 수 있도록, 동기화 채널(433)을 통하여 업데이트된 N_s^{opt} 의 값을 수신한다. 데이터 버퍼(423)는 수신부에 의하여 사용자 데이터가 출력이 되도록 처리하는 선택적인 구성요소이다. 명백하게, 데이터 출력은 직접적으로 디모듈레이터(421)의 출력으로부터 처리된다. 수신된 시그널은 CSI 추정부(422)에 의하여 채널 조건을 결정하기 위하여 사용된다. 채널 조건 또는 상태의 추정은 선행기술에서 알려져 있으며, 여기에서는 제시하지 않기로 한다. 채널 상태 추정은 평균 또는 아주 순간적인 베이스(basis)에서 펄스당 SNR을 의미하는 시그널을 도출할 것으로 기대된다. 본 발명은 느리게 채널 조건을 변화하는 것에 관련되므로, 평균 SNR이 선호된다. CSI 추정부(422)는 피드백 채널(431)을 통하여 송신부에 채널 상태 추정 시그널 $\hat{\xi}_t$ 를 전송한다. 앞서 언급된 바와 같이 피드백 및 동기화를 위한 논리 채널은 다양한 방법으로 구현되는데, 예컨대 사용자 데이터 전송에 있어 X 심볼의 오버헤드 부분 또는 페이로드 부분을 사용함으로써 구현할 수 있다. CSI 정보 및 업데이트된 비트당 펄스 정보는 사용자 데이터에서 정규 베이스(basis)에 기반하여 전송되거나, 데이터 스트림으로 CSI 정보 또는 업데이트된 비트당 펄스 정보 중 적어도 하나가 운반되는 트리거 비트 시그널이 포함된 특별한 시그

널 형식에 의하여 전송될 수 있다.

- [0055] 추정부(422)가 적응 알고리즘 구성요소(412)로서 동일한 장치 내에서 배치될 수 있다. 예를 들면, 두 개의 구성요소 모두가 베이스 스테이션에 위치한다면, 채널 상태 정보는 적응 구성요소에 바로 전달되어 N_s^{opt} 의 새로운 값을 결정한다. 일단 결정되면, 새로운 값이 모바일 스테이션에 전달될 것이고, 그 때 모바일 스테이션은 N_s^{opt} 의 새로운 값을 사용하여 통신이 개시될 준비가 된 때에, 동기화 채널을 통하여 베이스에 이를 단지 통지할 것이다.
- [0056] 적응 알고리즘 구성요소(412)는 수신된 채널 상태 정보 \hat{H}_r 에 응답하여 N_s^{opt} 의 새로운 값을 결정한다. 이는 도 5 및 6에서 묘사된 여러 방법에 의하여 가능하다. 각각의 방법에 대한 결과로서 사용자 k 및 사용자 k와 통신하는 베이스 스테이션에 대하여 관련되는 모듈레이터 또는 디모듈레이터에 의하여 사용되는 비트당 펄스의 업데이트된 최적의 값 N_s^{opt} 가 출력된다. 상기 방법의 설명과 함께 이러한 방법에 동기를 부여한 이론이 다음의 내용에서 설명된다.
- [0057] 본 설명에 앞서, 심볼당 통합된 펄스의 수 N_s 와 에러가 발생할 확률 P_e 와의 관계가 보여진다. 특히, N_s 는 수식 (7)에 따라 SNR에 영향을 미치나, 반면에 SNR은 수식 (6)에 따라 BER을 결정하는 것을 알 수 있다. 이러한 수식에 따르면, N_s 가 SNR에 영향을 미치는 유일한 파라미터인 경우에, 비트당 펄스의 수 N_s 가 증가함에 따라 에러가 발생할 확률이 더 낮아진다. BER 요구사항을 충족시키는 N_s 의 최소값이 최적값인데, 이는 수식 (4)에 따르면 최대 데이터율이 달성되기 때문이다.
- [0058] 채널 조건은 정적이지 않으며, 시간에 따라 변하며, SNR 또한 마찬가지인데 이는 SNR이 심볼당 얼마나 많은 펄스 수 N_s 가 전송되는가가 아니라 사용자, 재밍 레벨 및 거리의 수와 같이 시간에 따라 본질적으로 변화하는 다른 인자에 기초하기 때문이다. 그러므로, 이러한 다른 인자의 시간 다이버시티 때문에 N_s 에 관하여 정적인 고정된 값은 최적일 수 없다. 결과적으로, 임의의 채널 조건에 대하여 특정 BER을 유지하기 위해서 이러한 다른 인자의 변화에 대하여 이를 보상하는 N_s 의 값이 존재한다. 이러한 값을 최적이라고 명명할 수 있다. 소위 최적값보다 더 작은 N_s 의 값은 수용할 수 없는 BER을 도출해내며, 최적 N_s 보다 더 큰 값은 요구되는 BER을 잠재적으로 초과하는 BER을 야기한다. 이는 해가 되지 않으나, 몇몇 리소스가 낭비되고 있음을 드러낸다.
- [0059] 모든 리소스를 사용하기 위하여, 본 발명의 원칙에 따르는 적응은 최적 상태를 결정하는 비트당 펄스의 수 N_s^{opt} 에 기초한다. 이와 같이, 이러한 적응을 사용함으로써 UWB IR 시그널의 모듈레이션이, 변화하는 채널 조건에 응답하여 동적으로 변화한다.
- [0060] N_s 또는 N_s^{opt} 를 적응 파라미터로 간주함으로써, 모듈레이션 모드는 각각의 N_s 값에 대하여 정의될 수 있다. 낮은 N_s 를 갖는 모드가 스펙트럼상 더 효율적이며, 사용자에게 더 높은 달성 가능한 데이터율을 제공하는데, 이는 수식 (4)에 따라 더 적은 펄스를 가지고도 동일한 정보의 양이 전송될 수 있기 때문이다. 반대로, 더 높은 N_s 를 가지는 모드는 더 낮은 에러 발생율을 달성하기 위하여, 심볼당 더 많은 펄스를 전송함으로써 데이터율이 감소된다. 높은 N_s 모듈레이션 모드는 낮은 N_s 모드에 비해서 강건한데, 이는 동일한 BER을 유지하기 위하여 더 낮은 SNR이 요구되기 때문이다. 따라서, N_s 를 변화시킴으로써, SNR의 강건성 및 모듈레이션 모드의 스펙트럼 효율을 변화시키는 것이 가능하다.
- [0061] 본 발명의 원칙에 따르면, UWB 시스템은, 심볼당 펄스의 수 N_s 를 최적의 수 N_s^{opt} 로 동적으로 변화시킴으로써, 사용자 및 베이스 스테이션간의 모든 링크 또는 채널이 채널 조건에 적응되는 방법에 의하여 동작한다. 이러한 방법에서, 처리량은 주어진 채널 조건에 가장 최적화된 모듈레이션 모드, 즉, 현재의 채널 상태에 대하여 최고의 스펙트럼 효율을 내는 모듈레이션 모드를 항상 사용함으로써 증가한다.
- [0062] 단계 501에서 507 까지, 수신된 추정 채널 상태 정보(CSI) \hat{H}_r 에 응답하여 최적의 비트당 펄스의 수 N_s^{opt} 에 관한 새로운 값을 결정하는 하나의 예시적인 방법이 서술되어 있다. 본 발명에서, 제공된 채널 상태 정보는 실제

SNR 또는 평균 SNR과 같은 UWB 펄스당 SNR의 척도로서 고려된다. 시스템의 작동에 앞서 오프라인으로 504-507 단계가 수행될 수 있음이 고려되어야 한다.

[0063] 단계 501에서 채널 상태 정보(CSI)는 수신된 시그널로부터 잘 알려진 기술에 의하여 얻어진다. 이러한 시그널로부터, UWB 시그널의 펄스당 SNR을 추정하는 것이 가능하다. 평균적인 척도가 더 선호됨에도 불구하고, 추정 ξ 는 순간적인 척도 또는 평균 척도가 된다. 위에서 언급한 바와 같이, 추정치는 리모트(remote) 스테이션에서 결정되며, 리모트 스테이션에서 수신되거나 또는 동일한 스테이션에서 결정된다. ξ 의 형식의 CSI는 단계 502에서 제공된다.

[0064] 단계 502에서 주어진 채널 상태 정보에 대하여 N_s 의 최적값을 근사화한다. 근사화를 수행하기 위하여, 단계 502는 단계 507로부터 부가적인 변수, 즉 SNR_{opt} 를 수신한다. 단계 502는 다음의 계산을 수행한다.

$$N_s^{opt} = \frac{SNR_{opt}}{\xi}$$

[0065]

[0066] 이후 제어가 선택적인 단계 503으로 전달되며, 그렇지 않으면 N_s^{opt} 의 근사화 값이 모듈레이터에 출력되고, 리모트 스테이션에 통신된다. 이러한 근사화에 관한 자세한 내용은 이하에서 바로 언급될 것이다.

[0067] 선택적인 단계 503에서, 원하는 때에 N_s^{opt} 의 값은 양자화되어 모듈레이터에 의하여 처리되는 N_s 의 가능한 값의 수를 줄인다. 예컨대, 시스템은 5, 10, 15, 20 등의 N_s 값으로 작동하도록 설계되어 있다. 이러한 경우에, N_s 에 관한 단계 502에 의한 결과 값이 17이라면, 양자화하는 실제 값 17에 반하여 특정한 양자화부 구성에 따라 15 또는 20의 값을 출력한다. 양자화부 단계의 크기 및 사실상 양자화 단계 전체를 사용할 것인지의 결정은 시스템의 복잡성 및 정확성에 영향을 미치는 사항이다. 가장 복잡하고 정확한 방법으로 이러한 단계에서 양자화의 사용을 피하는 것이 가장 가능성 있는 방법이다.

[0068] 단계 504-507은 SNR_{opt} 의 값을 결정하기 위하여 사용한다. 상기 방법을 더 설명하기 이전에, 상기 방법의 이러한 부분에 사용되는 기술에 기초가 되는 이론 및 실제에 대하여 이해하는 것이 중요하다.

[0069] 본 절에서, 처리량을 최대화하는 최적의 모듈레이션 모드를 찾는 방법이 공개되며, 이 처리량은 단위 시간당 정확하게 전송될 수 있는 데이터량이다. SNR과 같이 일반적으로 측정되는 주어진 링크 품질에 대하여, 심볼당 펄스 N_s 를 사용하여 달성되는 처리량 S는 다음의 관계에 따라 표현 가능하다.

$$S = R_s \cdot (1 - BLER(N_s, SNR)) \tag{8}$$

[0070]

[0071] 여기서 BLER은 주어진 모듈레이션 스킴(N_s 에 의하여 특정됨)에 관하여 링크 품질의 함수로서 블록 에러율(block error rate)이며, 적어도 하나의 비트 에러가 발생한 경우에 블록에 에러가 있는 것으로 간주되고, R_s 는 수식 (4)에 의하여 위에서 정의된 데이터율이다. 적용되는 전송의 태스크는 수식 (8)에 따른 처리량 S를 최대화하는 심볼당 펄스의 최적화된 수 N_s^{opt} 를 항상 선택되는 것이라고 형식적으로 표현된다.

[0072] BLER은 블록의 적어도 하나의 비트에 에러가 발생하는 확률을 의미한다. 이는 모든 비트가 정확하게 수신되는 확률에 대해 명백한 보수 관계이며, $BLER=(1-P_c)$ 로 표현된다. 또한, 모든 비트가 정확하게 수신되는 확률은 $P_c=(1-BER)^L$ 에 의한 비트 에러율(bit error rate, BER)과 관련되며, 여기서 L은 블록당 비트 수이다($L=T_f/(T_f N_s)$) 여기서 T_f 은 단위 시간에 있어 블록 지속시간). 수식 8에 대입함으로써, 다음의 수식을 얻을 수 있다.

$$S = \frac{I}{T_f \cdot N_s} \cdot (1 - (1 - (1 - BER)^L)), \tag{9}$$

[0073]

[0074] 소정의 수정을 거치면 다음과 같다.

$$S = \frac{I}{T_f \cdot N_s} \cdot (1 - BER)^{\frac{T_r}{T_f N_s}} \quad (10)$$

[0075]

[0076] 처리량에 대한 위 표현은 SNR을 포함하지 않으며, 따라서 더 수정되어야 한다.

[0077] 수식 (6)에서 BER은 심볼당 SNR과 관련되나, 반면 심볼당 SNR은 아래의 수식과 같이, 펄스당 SNR 및 심볼당 펄스의 수 N_s 의 곱과 같다.

$$SNR = N_s \xi \quad (11)$$

[0078]

[0079] 이러한 사실은 처리량에 대한 최종 표현을 도출해내며, 이는 다음과 같다.

$$S(N_s, \xi) = \frac{I}{T_f \cdot N_s} \cdot \left(1 - Q\left(\sqrt{N_s \xi}\right)\right)^{\frac{T_r}{T_f N_s}} \quad (12)$$

[0080]

[0081] 수식 (12)에서 설명되는 처리량 S 는 두 개의 변수 N_s 및 ξ 의 스칼라 함수이며, 이는 그래픽적으로 도 10에서 보여지는 표면으로 표현된다. 도 10에서 보면, 본 발명의 원칙에 따르는 UWB 통신 시스템에서 적응 전송의 이점을 누구나 쉽게 확인할 수 있다. N_s 의 값이 고정되고, ξ 의 값이 SNR에 동적으로 적응되지 않는 표준 UWB 시스템에서, 얻을 수 있는 처리량은 앞서 선택된 고정된 N_s 의 값에 대응하는 표면의 값에 의하여 제한된다. 따라서, 정적인 UWB 시스템에서 SNR이 변경되는 때에는 단지 SNR 축을 따라서 이동하는 것만이 가능하며, 처리량에 있어 더 이상의 이득이 얻어지지 않는다. 더 많은 처리량은 도 10에서 표면상 동일한 높이에 머무르는 대신에 위로 움직이는 경우에 한하여 얻어질 수 있다. DUWB의 동적인 적응은 시스템이 더 좋은 처리량을 얻을 수 있게 한다.

[0082] 다음 단계는 수식 (12)의 처리량 S 에 관한 수식을 이용하여, 적응에 필수적인 펄스당 주어진 SNR, $N_s^{opt}(\xi)$ 에 대하여 전송되는 심볼당 최적의 펄스 수를 발견하도록 한다. $N_s^{opt}(\xi)$ 분석적으로 발견하는 방법은 다음의 수식으로 구성된다.

$$\frac{\partial S(N_s, \xi)}{\partial N_s} = 0 \quad (13)$$

[0083]

[0084] Q 함수의 편미분으로 부터 나오는 수식 (13)에서 도출되는 $N_s^{opt}(\xi)$ 의 정확한 표현은 계산 가능한(amenable) 함수가 아니다. 이런 이유로, $S(N_s, \xi)$ 의 그래픽적인 표현의 관찰에 기초한 $N_s^{opt}(\xi)$ 에 대하여 적절한 근사치를 구하는 대체적인 방법을 고려해야 할 필요가 있다. 다시 도 10에서, 소정의 펄스당 SNR ξ 에 관하여, 최대 처리량은 처리량 표면의 "에지"에서 달성된다. 그러므로, 최대 전체적인 처리량을 얻는 방법은 S 의 "에지"를 항상 따라서 움직이는 것이다. 사실, $N_s^{opt}(\xi)$ 을 알고, 3차원 곡선 $S_{opt}(N_s^{opt}(\xi), \xi)$ 을 그리면, 이 곡선은 표면 S 의 "에지"에 정확하게 맞는 곡선일 것이다. 이러한 명제로부터, $N_s^{opt}(\xi)$ 의 표현을 찾는 것은 3차원 표현이 S 의 "에지"에 맞는 곡선을 찾는 것이라고 간주하는 것은 합리적이다. 이러한 곡선을 찾기 위하여, 본 발명의 시스템에 의한 동적 적응의 결과로서 BER이 일정하다고 가정한다. 가정이 맞다면, 수식 (6)의 따라 심볼당 SNR도 여전히 일정하다. 이러한 조건에서 $N_s^{opt}(\xi)$ 의 표현은 수식 (11)으로부터 다음과 같이 표현된다.

$$N_s^{opt}(\xi) = SNR_{opt} / \xi \quad (14)$$

[0085]

[0086] 여기서 SNR_{opt} 는 알려지지 않은 상수이다. 도 10은 또한 4 개의 SNR_{opt} 값, 즉 15, 19, 34 및 30에 대한 가정으로부터 얻어지는 4개의 $SNR_{opt}(N_s^{opt})$ 곡선과 표면 S의 중첩을 보여준다. 이러한 분석으로부터, 생성되는 곡선의 일군(一群)(family)이 S의 "에지"에 실제로 부합하도록 구현하는 것이 가능하다. 곡선 $SNR_{opt}(N_s^{opt})$ 이 S의 에지에 부합하도록 하는 SNR_{opt} 의 값을 발견하는 것이 가능하므로, 상기 언급된 추정에 대한 본 가정이 유효함을 확인할 수 있다. 도 10에서 곡선을 생성하는데 사용되는 파라미터 T_r 및 T_f 의 특정한 선택을 위하여, $SNR_{opt}=19$ 인 때에 최적의 부합이 얻어지는지를 판단하는 게 가능하다. 따라서, 다음에 의하여 근사화되는 본 예시적인 시스템에서 사용된 특정 구성 (T_r , T_f)에 따라, 전송되는 최적의 펄스당 펄스 수 N_s 에 대하여 결론을 내리는 것은 합리적이다.

$$N_s^{opt}(\xi) = 19 / \xi. \tag{15}$$

[0087]

[0088] 요약하면, 이러한 접근은 적응 $N_s^{opt}(\xi)$ 에 대하여 핵심이 되는 함수를 액세스(assess)하는 간단한 방법을 제공한다. 수식 (15)에서 사용되는 SNR_{opt} 의 값은 지속시간 변수 T_r 및 T_f 의 상이한 파라미터 선택에 따라 달라질 수 있다. 그럼에도 불구하고, SNR_{opt} 는 다음의 동일한 절차에 의해 발견되어야 한다: 이러한 파라미터에 따라 S 표면을 결정하는 단계, SNR_{opt} 의 상이한 값들에 관한 커브를 추가하는 단계 및 표면에 가장 잘 부합하는 SNR_{opt} 의 값을 선택하는 단계. 이러한 절차에 따라, 누구나 임의의 채널 상태에서 사용되는 심볼당 펄스의 개수 N_s 의 최적 값에 대하여 바람직한 근사화를 할 수 있다.

[0089] 위에서 언급된 방법론에 따라, 단계 504는 선택된 T_r 및 T_f 값의 세트에 따라 수식 (12)에 따른 시스템의 처리량을 계산한다. T_r 가 프레임의 지속 시간인 반면, T_f 이 블록의 지속 시간임을 상기하라. N_s 및 ξ 는 이러한 계산에서 넓은 범위의 값으로 변화한다. 대부분의 시스템에서 N_s 의 실제 범위는 1에서부터 약 500까지이나, 2000과 같은 더 큰 최대값이 센서 네트워크와 같은 저 데이터를 애플리케이션에서는 고려된다. ξ 의 실제적인 범위는 0.001부터 약 0.1까지이나, ξ 이 10이거나 그 이상의 차수인 경우에는 더 큰 최대값이 고려될 수 있다.

[0090] 단계 505에서, $N_s^{opt}(\xi)$ 의 값은 다음의 함수에 따라서 단계 504에서 계산되는 처리량 값의 일군을 이용하여 결정된다.

$$N_s^{opt}(\xi) = \arg \text{Max}_{N_s} S(N_s, \xi).$$

[0091] 여기서 "arg" 함수는 N_s 의 전체값에 대하여 최대 처리량을 리턴하는 특정 $N_s(\xi)$ 를 제공한다.

[0092]

[0093] 단계 506에서 N_s 의 최적값은 수식 (14)를 사용하여 추정된다. 단계 502에서 시스템에 의해 사용되는 시스템 값은 다음의 수식으로 결정된다.

$$SNR_{opt} = \arg \text{Min}_{SNR_{opt}} \int_{\xi_{min}}^{\xi_{max}} (N_s^{opt}(\xi) - \frac{SNR_{opt}}{\xi})^2 d\xi.$$

[0094]

[0095] 상기 수식에서, 적분되는 함수는 누적된 에러를 제공한 것이다. ξ 에 관하여 최소값부터 최대값까지의 넓은 범위의 값에 대하여 적분이 행해진다. "Min" 함수는 모든 가능한 SNR_{opt} 의 값에 관한 적분 함수에 대하여 최소값을 결정한다. 이전과 같이, "arg" 함수는 Min 함수에 의하여 발견되는 최소값인 SNR_{opt} 의 값을 리턴한다. 이 SNR_{opt} 의 값이 단계 507에 출력되고, 단계 507에서 이후에 사용하기 위해 저장된다. 단계 502에서 $N_s^{opt}(\xi)$ 의 계산이 사용된다.

[0096] $N_s^{opt}(\xi)$ 를 결정하는 또 다른 방법도 도 6에서 보여진다. 단계 601 및 602는 ξ 의 형식으로 CSI가 얻어지고 선택적으로 양자화되면서 실시간으로 수행된다. 단계 603-605는 모듈레이터에 임의의 N_s 의 업데이트 지연을 피하기 위하여, 전형적으로 오프라인(실시간이 아님)으로 수행된다.

[0097] 단계 601에서, CSI가 얻어지며 펄스당 BER ξ 이 그것으로부터 추정된다. 선택적인 단계로서, 단계 601은 또한 ξ 의 값에 관한 양자화 확률을 포함한다. ξ 가 실수일 수 있으므로, 양자화는 단지 반올림 연산 또는 ξ 의 정수 부분만을 단순히 리턴하는 것을 포함할 수 있다. 상기 방법의 정확성에 중대한 영향을 주지않고 ξ 의 가능한 값을 제한하기 위한 추가 양자화도 고려될 수 있다. 단계 605로부터 룩업(look-up) 테이블에는 스토리지가 한정되므로, ξ 의 값은 양자화되어 단지 룩업 테이블에 존재하는 동일한 개수의 값을 가질 수 있다.

[0098] 단계 602에서, CSI인 ξ 값이 단계 601로부터 전달되며, 룩업 테이블 검색을 수행하기 위하여 입력값으로 사용된다. 단계 605에서 저장되는 테이블은 $N_s^{opt}(\xi)$ 값 및 관련된 ξ 값의 범위를 포함한다. $N_s^{opt}(\xi)$ 의 값이 룩업 테이블 검색에 의하여 찾아지면, 이는 단계 602에서 출력되며, 적응 모듈레이터 및 디모듈레이터에 전달된다.

[0099] 단계 603에서, 처리량 값의 일군은 단계 504에서 사용되는 것과 유사한 방법으로 시스템 값의 전체 범위에 관하여 계산된다. 상기 언급된 방법론에 따라, 단계 603은 시스템 파라미터, T_r 및 T_f 의 선택된 세트 값에 관하여 수식 (12)에 따른 시스템의 처리량을 계산한다. 또한 T_r 가 프레임의 지속시간인 한편, T_f 이 블록의 지속시간임을 상기하라. N_s 및 ξ 이 본 계산에서 값의 넓은 범위에 대해 변화한다. 위에서 언급된 바와 같이, 대부분의 시스템에서 N_s 의 실제적인 범위는 1부터 약 500까지이나, 센서 네트워크와 같은 저 데이터율 애플리케이션에서는 2000과 같은 더 큰 최대값이 고려된다. 위에서 언급한 바와 같이, ξ 의 실제적인 범위는 0.001부터 약 0.1까지이나, ξ 이 10 이거나 그 이상의 차수인 경우에는 더 큰 최대값이 고려될 수 있다.

[0100] 단계 505와 유사한 단계 604에서, $N_s^{opt}(\xi)$ 의 값이 다음의 함수에 따라 단계 603에서 계산되는 일군의 처리량 값을 사용하여 결정된다.

$$N_s^{opt}(\xi) = \arg \text{Max}_{N_s} S(N_s, \xi).$$

[0101]

[0102] 여기서 "arg" 함수는 N_s 의 전체값에 대하여 최대 처리량을 리턴하는 특정 $N_s(\xi)$ 를 제공한다. 모든 가능한 ξ 의 값에서 이러한 연산이 수행된다. 값 (N_s^{opt}, ξ) 의 쌍이 룩업 테이블에 저장된다. 단계 602에 의하여 룩업 테이블 검색 동작에 ξ 의 값이 입력되면, $N_s^{opt}(\xi)$ 의 값이 검색 동작에 의해 출력된다.

[0103] 채널 상태 정보(CSI)에 응답하여 N_s 의 업데이트되는 값을 결정하기 위하여 도 5 및 6에서 도시되는 방법들간에 많은 트레이드 오프(trade-off)가 존재한다. 이러한 트레이드 오프에는 계산의 속도 및 복잡성, 가용 스토리지 그리고 결과의 정확성 및 정밀성이 포함된다.

[0104] 다음의 내용은 종래의 멀티 액세스, 시간 호핑 UWB IR 시스템에 부가되는 제안되는 동적 링크 적응 기술에 대한 평가한 결과를 제시한다. 이러한 평가는 N_s 의 적응이 실제 기대되는 용량 증가량을 도출해냈는지를 보여준다. 이러한 평가는 또한 본 발명의 DUWB 기술을 도입함으로써 종래의 UWB 시스템이 향상될 수 있는 조건을 보여준다.

[0105] 특히, DUWB의 특성이 관찰되었으며, 단거리, 저전력, 멀티유저 통신에 대하여 평가되었다. 두 개의 이상적인 시나리오가 본 절에서 제시된다. 첫째, 멀티유저멀티유저하여 제한되는 시스템 및 거리에 의하여 제한되는 시스템이 제시된다. 이러한 평가의 목적은, 이 둘 두 개의 조건하에서 각각 DUWB의 성능에 관하여 정확한 검토를 제공하기 위함이다. 이러한 결과로부터, DUWB를 사용하여 UWB 시스템 효율을 크게 향상시키는 조건을 결정하는 것이 가능하다.

[0106] 동적 UWB IR 시스템과 종래의 UWB IR의 성능을 비교하기 위하여, 시스템 성능의 적절한 지표인 사용자당 평균 데이터율이 고려되는데, 이는 사용자가 단위 시간당 시스템으로 전송할 수 있는 비트의 예상 개수를 제공하기 때문이다. 평균 데이터율 \hat{R}_s 가 다음의 수식에 따라 주어진다.

[0107]
$$\hat{R}_s = E \left\{ \frac{\text{전송된 데이터양}}{\text{경과된 시간}} \right\}.$$

[0108] 멀티유저 간섭으로 제한되는 시스템에서, 최대 데이터율은 동일한 시스템의 다른 사용자에게 대하여 생성되는 간섭에 의해 제한된다. 멀티유저 환경에서, 어떤 위치는 UWB에 의해 커버(cover)되며, 예를 들면 회의 센터에서의 룸(room)이 이에 해당한다. 사용자가 랜덤하게 그 위치에 도착하고 떠나며, 랜덤 시간 동안 그 위치에 각각 머무른다. 그들이 룸에 있는 동안, UWB 시스템은 데이터 서비스를 각각의 사용자에게 제공하며, 사용자들이 지도, 스케줄 및 신문과 같은 회의와 관련된 정보를 다운로드(download)하는 것이 허락된다. 사실상, 룸은 회의에 있어 정보 센터와 같이 작용한다.

[0109] 단순화하면, 사용자의 도착 및 출발에 관하여 푸아송 트래픽 모델(Poisson traffic model)이 가정된다. 이는 사용자는 도착율 λ 로 시스템에 도착하고, 평균 $1/\mu$ 의 지수적으로 분포된 시간 동안 사용자가 시스템에 남아있음을 의미한다. 또한 시스템은 항상 최소 데이터율 이상을 공급하며, 이러한 이유로 동시에 활성화되는 사용자 N의 제한이 있다. N의 값은 제공된 로드(load) 및 필요한 손실 확률에 의하여 결정된다. 이러한 서비스 모델은 다음의 확률분포를 갖는 M/M/c/c 큐잉(queing) 시스템과 동등하다.

[0110]
$$p(k) = \frac{\rho^k}{k!} p_0$$

[0111] 여기서

[0112]
$$p_0 = \left\{ \sum_{j=0}^N \frac{\rho^j}{j!} \right\}^{-1},$$

[0113] $\rho = \mu / \lambda$ 는 제공되는 로드이다. 손실 확률이 매우 낮다면, ρ 은 시스템 내의 사용자의 평균 수에 근접한다. 이러한 시스템에서 사용자당 평균 데이터율 \hat{R}_s 는 다음과 같이 주어진다.

[0114]
$$\bar{R}_{S_m} = \sum_{N_u=1}^N R_{S_m}(N_u) p_m(N_u),$$

[0115] 여기서 m은 UWB 또는 DUWB인 모드이며, N_u 는 시스템내의 사용자의 수에 해당한다. N은 시스템에 의해 지원되는 최대사용자 수를 의미하며, $R_{S_m}(N_u)$ 은 모드 m에 대하여 시스템에서 활성화된 사용자의 수에 관한 함수인 데이터율이며, $p_m(N_u)$ 는 모드 m에서 시스템 내에 N_u 사용자를 가지는 경우에 관한 확률을 의미한다.

[0116] UWB 및 DUWB 모드에서, $R_{S_m}(N_u)$ 는 수식 (6) 및 (7)에 의해 유도되는 특징 함수 $\tilde{R}_s(\cdot)$ 와 강하게 관련된다. 이러한 함수는 N_u 사용자가 동시에 동작할 수 있는 데이터율을 확정하는데, 그들 사이에서 발생하는 멀티유저 간섭이 특정한 값보다 작은 BER을 도출하도록 한다. 이러한 특징 함수가 상이한 BER 요구사항에 대하여 도 7에서 묘사된다. 도 7은 10^{-6} (곡선 708), 10^{-5} (곡선 706), 10^{-4} (곡선 704), 및 10^{-3} (곡선 702)의 비트 에러율에 대한 사용자 수의 함수로서 데이터율을 도시한다.

[0117] 종래의 UWB에서 모든 사용자는 동일한 데이터율로 동작한다. 시스템 내의 활성화된 사용자의 수에 관계없이, 시스템은 최악의 경우에서도, 즉 활성화된 사용자 수가 최대로 허용되는 수인 경우에도 일정한 BER을 보장하는 데이터율을 항상 제공한다. 따라서,

[0118]

$$R_{S_{UWB}}(N_u) = \tilde{R}_S(N).$$

[0119]

본 발명에 따르는 DUWB에서, 요구되는 BER을 여전히 달성하면서도, 존재하는 사용자의 수에 대하여 데이터율 R_s 가 최대값에 항상 적응되어 있다고 가정된다. 데이터율은 단지 사용자의 수가 변화하는 때에 변화한다. 결과적으로 다음과 같다.

[0120]

$$R_{S_{DUWB}}(N_u) = \tilde{R}_S(N_u).$$

[0121]

사용자의 분포를 고려하면, $p_m(N_u)$ 는 두 개의 모드 모두에 대하여 동일하며, 사용자당 평균 데이터율은 도 8에서 도시된 바와 같이, 멀티유저 간섭에 관하여 제한되는 종래의 UWB 시스템 및 DUWB 시스템 각각의 트래픽 로드의 함수로서 계산될 수 있다. 도 8은 푸아송 로드율에 따르는 상이한 사용자 로드들에 대하여 각각의 시스템에서의 평균 데이터율을 보여준다. 각각의 시스템에 대한 BER은 10^{-5} 로 유지되었다. 곡선 802는 종래의 UWB 시스템에서의 성능을 보여주며, 반면에 곡선 804는 본 발명의 원칙에 따라 작동하는 DUWB 시스템의 성능을 보여준다.

[0122]

도 8에서 DUWB 시스템에서 동적 링크 적응이 사용자의 로드에서 상관없이 종래의 UWB 시스템보다 더 높은 평균 데이터율을 제공하는 것을 주목하여야 한다. 예를 들면, 평균 사용자 수가 4인 때에 종래의 UWB에서는 17 Mbps의 평균 데이터율이 달성된다. 반면에, DUWB 시스템에서 동적 링크 적응은 동일한 트래픽 로드에서 35 Mbps를 제공한다. 더욱이, 10 및 100사이의 로드를 고려할 때, 사용자당 평균 데이터율에서의 이득은 낮은 로딩(<10)에서 제일 크고 100 이상의 로드에서는 무시될 수 있다. 평균 데이터율의 100%에 이르는 이득은 로드가 낮은 때 DUWB 시스템에서 동적 링크 적응으로 달성될 수 있다. 이러한 결과는 DUWB 시스템에서 동적 링크 적응을 도입하는 것은 낮은 트래픽 로드 시스템에서 적합함을 증명한다. 시스템 로드가 감소함에 따라, 본 발명의 원칙에 따르는 가능한 동적 링크 적응으로부터의 가용 이득이 증가한다.

[0123]

본 절에서는 거리에 의하여 제한되는 시스템에서 평균 데이터율을 증대시키는 동적 UWB의 잠재력을 연구한다. 이러한 시스템에서, 최대 데이터율은 전송부 및 수신부 사이에서 경로 손실에 의하여 제한된다. 따라서 내적 및 외적 간섭은 고려되지 않는다. 위에서 강조한 바와 같이, 종래의 UWB 시스템, 비적응 시스템 설계는 모든 사용자에게 동일한 데이터율을 제공한다. 이러한 동일한 "선택된" 데이터율은 최악의 경우에서 가용 가능한 최대값이다. 거리에 의해 제한되는 시스템에서 최악의 경우는 가장 먼 위치에 사용자가 존재하는 때이다. 그러므로 전송부에 가장 근접한 사용자라 할지라도 더 높은 데이터율에서 동작할 수 없다. 이는 시스템 설계하는데 있어, 각각의 사용자가 커버되는 영역에서 가장 먼 사용자에게 제공되는 것과 동일한 데이터율을 사용할 것이 요구되기 때문이다. 반면 본 발명에 따르는 동적으로 적응되는 UWB 시스템은 커버되는 영역에서 모든 위치에서의 각각 및 모든 사용자에게 사용 가능한 최대 데이터율을 제공하는 것이 가능하다. 상이한 위치에서의 사용자는 상이한 데이터율을 사용할 수 있는데, 이는 사용 가능한 데이터율이 동등하게 분배되지 않기 때문이다. 이는 거리(베이스 스테이션에서 사용자까지의 거리)에 반비례한다.

[0124]

다음과 같이 거리 편차가 모델화된다. 하나의 유저는 UWB 시스템이 커버되는 영역에서 이동하며, 이는 도 1에서 예시되는 원 B에서 보여지는 바와 같이, 반지름 R인 원으로 간주된다. 이 사용자는 각각의 위치에서 특정한 일정 시간 동안 남아있기 때문에 위치 및 시간은 랜덤이다. 이러한 시스템은 베이스 스테이션에서 떨어져 있는 사용자의 확률분포함수(probability distribution function, pdf)에 따라 특징지어 질 수 있다. 이러한 시스템 비교에서, 셀(cell) 반지름 R 및 커버되는 영역에서의 사용자 분포에 대한 영향과 연관되어 있음이 또한 중요하다. 전자의 영향을 알기 위하여, 평균 데이터율은 셀 반지름 R의 함수로서 UWB 및 DUWB 각각에 대하여 계산된다. 모든 경우에 있어 평균 데이터율이 다음과 같이 계산된다.

[0125]

$$\bar{R}_{S_m} = \sum_{d=1}^D R_{S_m}(d) p_m(d),$$

[0126]

여기서 m 은 UWB 시스템 또는 DUWB 시스템인 모드를 의미하며, d 는 전송부 및 수신부 사이의 거리를 의미하고, D 는 최대 거리를 의미한다. 또한, $R_{S_m}(d)$ 는 거리의 함수로서 데이터율이며, $p_m(d)$ 는 거리 d 에 위치하는 사용자의 확률이다.

- [0127] 반지름 R인 원형의 커버되는 영역에서, $p_m(d)$ 의 세 개의 다른 분포(균일, 거리에 따라 선형 및 $p_m(d)$ 가 d^2 (이차 함수)에 비례하는 분포)가 고려된다. 거리 $R_{sm}(d)$ 의 함수로서의 데이터율은 링크 버짓(budget) 수식을 사용하여 얻어질 수 있다.
- [0128] 위의 수식을 사용하여, 반지름 R인 커버되는 영역을 랜덤하게 움직이는 하나의 사용자에게 대해 얻어지는 평균 데이터율 \bar{R}_s 및 경로 손실 지수 n이 도 9에서 도시되어 있다. 도 9는 두 개의 시스템의 커버되는 영역 반지름의 함수로서 달성되는 평균 데이터율을 보여준다. 곡선 902(n=2.4) 및 곡선 906(n=2)은 종래의 UWB 시스템의 성능을 도시한다. 곡선 904(n=2.4, 이차함수), 곡선 908(n=2.4, 선형) 및 곡선 910(n=2.4, 균일)은 본 발명의 원칙에 따르는 DUWB 시스템에 대하여 동적 링크 적응의 성능을 도시한다.
- [0129] 도 9에서, DUWB 시스템은 임의의 커버되는 영역 반지름 R에 대하여 사용자당 평균 데이터량의 관점에서, 종래의 UWB 시스템을 능가한다고 추론할 수 있다. 예컨대, 반지름 R=10m인 원형 영역에서, 하나의 사용자는 종래의 UWB 시스템에서 60 Mbps의 평균 데이터율을 달성할 수 있으나, 반면 그 위치 분포가 이차함수인 경우에 DUWB 시스템을 사용함으로써 200Mbps의 평균 데이터율을 동일한 사용자가 달성할 수 있다. 이러한 시나리오에서, DUWB의 사용자는 선형 및 균일 위치 분포에서 각각 600Mbps 및 2Gbps의 평균 데이터율을 달성할 수 있다. 이러한 극도로 높은 데이터율은 단지 데이터율에 대한 제한이 통신 범위, 즉 경로 손실인 경우에 대한 분석에 있어서 일례임을 이해하여야 한다. 그러나 이러한 분석은 전송부 및 수신부 사이의 거리에 대한 전송 파라미터를 적용시킬 수 있는 방법에 대하여 유용한 비교 및 검토를 제공하며, 사용자에게 제공된 평균 데이터율을 급격하게 증가시키도록 제한된 리소스를 사용할 수 있게 한다.
- [0130] 또한, 도 9에서 예시된 바에 의하면, 더 좋은 사용자당 평균 데이터율이 균일 및 선형 위치 분포에 대하여 얻어진다. 이는 균일한 분포에 따르면, 전송부(베이스 스테이션)가 위치하는 원형의 커버되는 영역의 중심에 사용자의 위치가 집중된다는 사실에 기인한다. 선형 분포는 균일한 분포보다 더 사용자의 위치가 퍼져있는데, 이로 인해 사용자당 낮은 평균 데이터율을 제공한다. 거리보다는 영역에서 선형 분포로서 해석될 수 있는, 이차함수 분포는 셀룰러 시스템에서 가장 공통적인 사용자 분포 모델이다. 도 9는 또한 경로 손실 지수 n=2인 종래의 UWB 시스템에 대하여 얻어지는 사용자당 평균 데이터율을 보여줌으로써, 본 발명의 DUWB 시스템에서의 동적 링크 적응에 의하여 달성되는 개선의 레벨에 대한 참조를 제공한다. 이러한 분석으로부터, 일정 위치들의 선형 분포에 있어서, 경로 손실 지수 n=2.4인 DUWB 시스템에서의 사용자당 평균 데이터율이, 경로 손실 지수 n=2인 경우에 종래의 UWB 시스템으로 얻어질 수 있는 사용자당 평균 데이터율보다 더 좋음을 알 수 있다.
- [0131] 본 절에서, DUWB 시스템의 장점은 두 개의 이상적인 시나리오로 분석되었는데, 하나는 멀티유저 간섭에 의하여 제한된 것이며, 다른 하나는 거리에 의하여 제한된 것이다. 각각의 시나리오에서, DUWB 시스템은 종래의 비적응 UWB 시스템보다 훨씬 좋은 성능을 갖는다. 정확한 채널 상태 평가 및 채널 상태 정보(CSI)에 기초한 각각의 사용자에게 관하여 개별적으로 최적화된 N_s 의 값을 사용하여, 사용자당 데이터율을 갖는 SNR을 교환함으로써, DUWB 시스템이 실제로 동작하는 환경에서의 종래 UWB 시스템의 성능을 능가하는 것으로 기대된다. 채널 품질이 감소한 경우에, DUWB 시스템 사용자는 소망하는 BER을 달성하기 위하여 데이터율을 감소시킬 수 있다. 그리고, 채널 품질이 좋은 경우에 사용자는 데이터율을 증가시키기 위하여 BER을 초과시킬 수 있다.
- [0132] 심볼당 펄스의 수를 사용하는 UWB 라디오 링크의 동적 적응은 비교적 낮은 복잡도를 갖는다. 적응에 사용되는 모드의 수는 크므로, 채널 예측에 완벽하게 부합되는 정확한 적응임이 보증되어야 한다. DUWB는 상이한 사용자들 사이에 그 애플리케이션상 어떠한 제한도 없으며, 각각의 경우에 바람직한 데이터율이 할당되는 각각의 사용자에게 독립적으로 적응이 수행될 수 있다. 이러한 특성은 다양한 사용자에게 관하여 서비스의 질을 차별화 하는 것을 가능하게 한다.
- [0133] 전술한 내용은 본 발명의 실시예에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 실시예 및 더 나은 실시예가 본 기본적인 개념을 이용하여 고안될 수 있으며, 그 범위는 다음의 청구항에 의하여 정해진다.

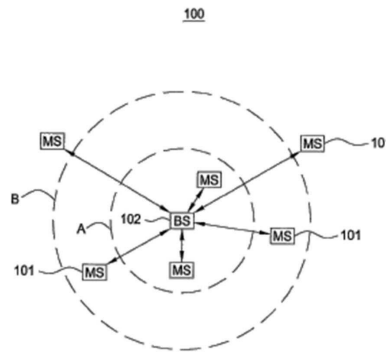
도면의 간단한 설명

- [0134] 다음에 첨부된 도면과 관련하여, 발명의 특정한 설명에 도움이 되는 실시예에 관한 이하의 설명을 읽음으로써 본 발명을 보다 더 완전하게 이해할 수 있게 된다.
- [0135] 도 1은 멀티유저 무선 시스템의 일례를 보여준다.

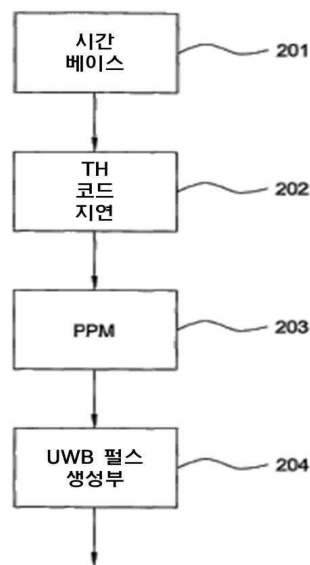
- [0136] 도 2 및 도 3은 본 발명에 따른 무선 시스템에서 사용되는 임펄스 라디오 모듈레이터를 단순화한 블록도를 보여준다.
- [0137] 도 4는 본 발명에 따른 도 1의 무선 시스템에서 통신하는 전송부와 수신부를 단순화한 블록도를 보여준다.
- [0138] 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 동적 링크 적응을 수행하는 다른 기술을 보여준다.
- [0139] 도 7-9는 본 발명에 따른 적응 무선 시스템에 대한 다양한 성능 곡선을 보여준다.
- [0140] 도 10은 SNR_{opt} 의 다른 값에 대하여 3차원 처리량 표면의 에지에 따른 적응 함수 곡선을 보여준다.
- [0141] 본 발명에 대하여 다른 동등한 효과적인 실시예가 허용되므로, 첨부된 도면은 단지 본 발명의 전형적인 실시예를 설명하며, 그러므로 범위를 제한하는 것으로 해석되지 않음을 주의해야 한다. 가능한 한, 동일한 참조 번호가 동일한 구성요소를 표현하기 위하여, 도면에 삽입되었다.

도면

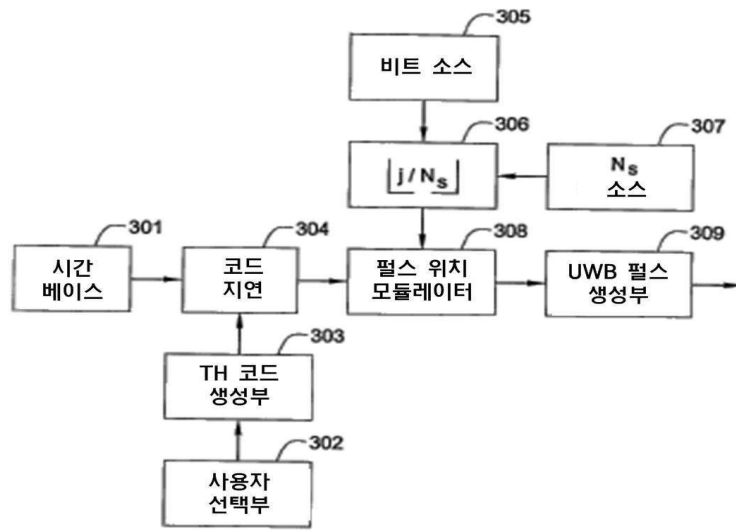
도면1



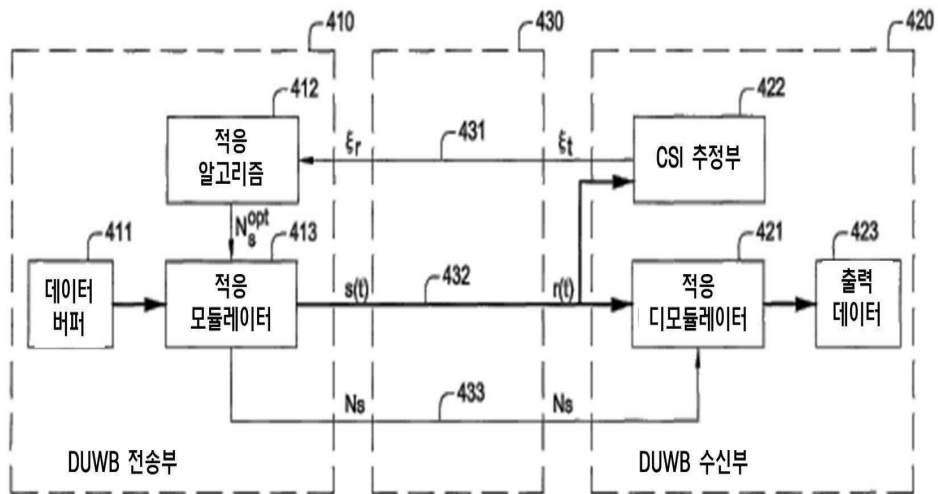
도면2



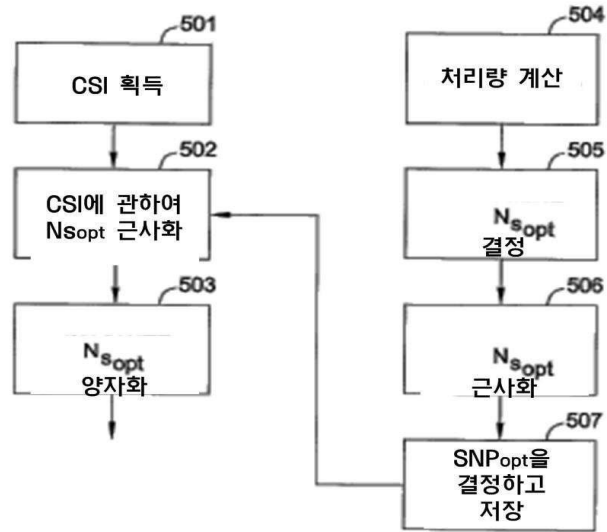
도면3



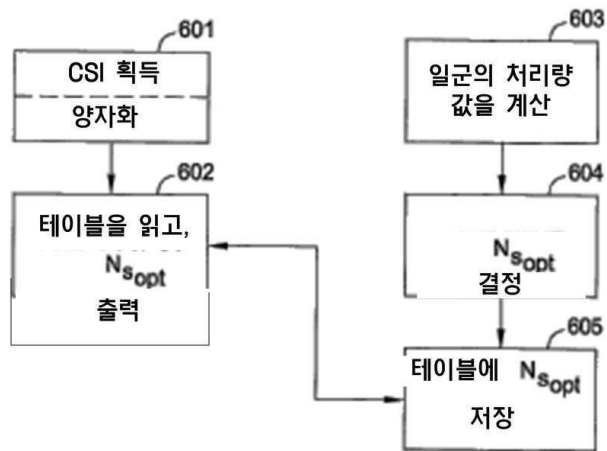
도면4



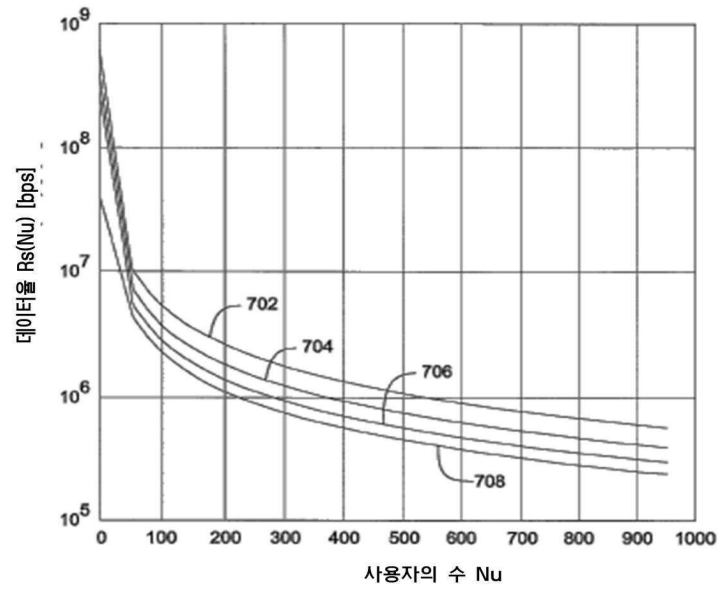
도면5



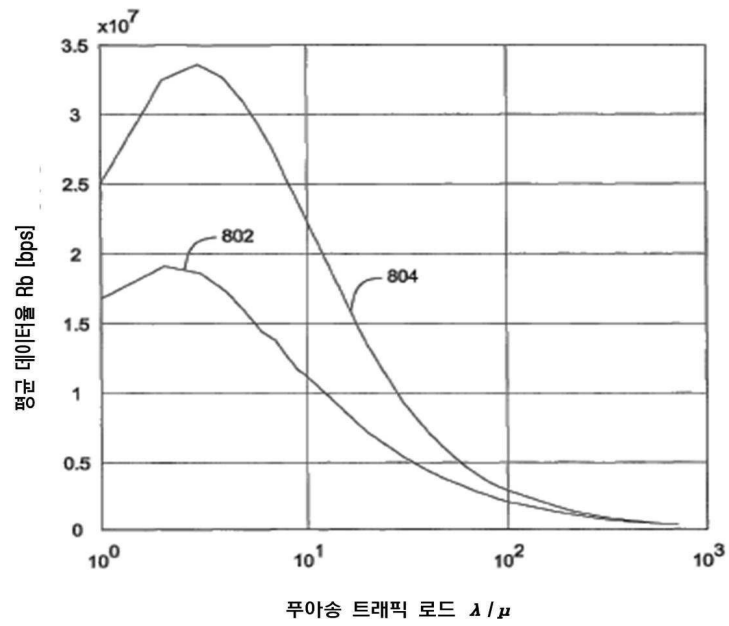
도면6



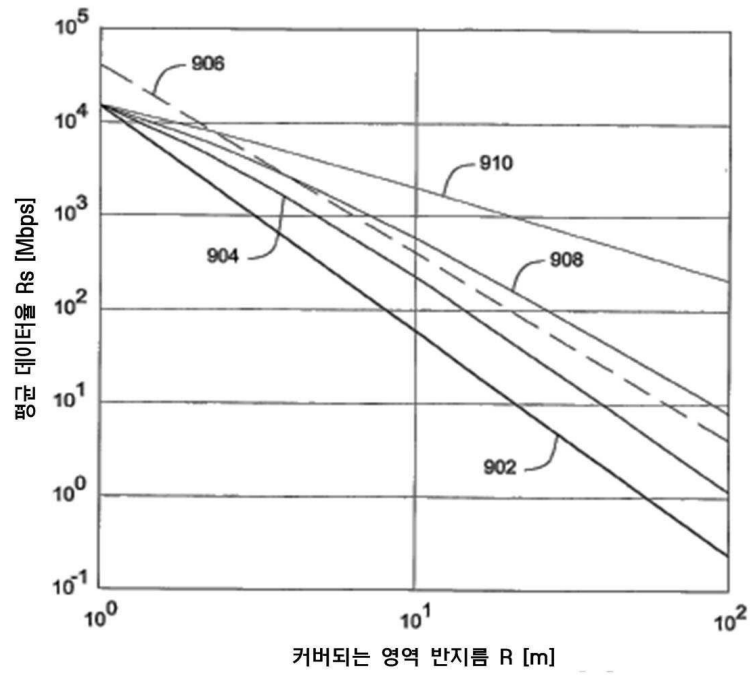
도면7



도면8



도면9



도면10

