(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 10 月 5 日(05.10.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/170109 A1

(51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) *H04L 27/26* (2006.01)
H04J 7/02 (2006.01) *H04L 27/36* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/011678

(22) 国際出願日: 2017 年 3 月 23 日(23.03.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-069671 2016 年 3 月 30 日(30.03.2016) JP
特願 2016-253613 2016 年 12 月 27 日(27.12.2016) JP

(71) 出願人: パナソニック インテレクチュアル プロパティ コーポレーション オブ アメリカ (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY CORPORATION OF AMERICA) [US/US]; 90503 カリフォルニア州トーランス, スイート ２００, マリナー アベニュー ２０００００ California (US).

(72) 発明者: 木村 知弘 (KIMURA Tomohiro); 〒5718501 大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP). 村上 豊 (MURAKAMI Yutaka). 大内 幹博 (OUCHI Mikihiro).

(74) 代理人: 徳田 佳昭, 外 (TOKUDA Yoshiaki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真１００６番地 パナソニック株式会社内 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

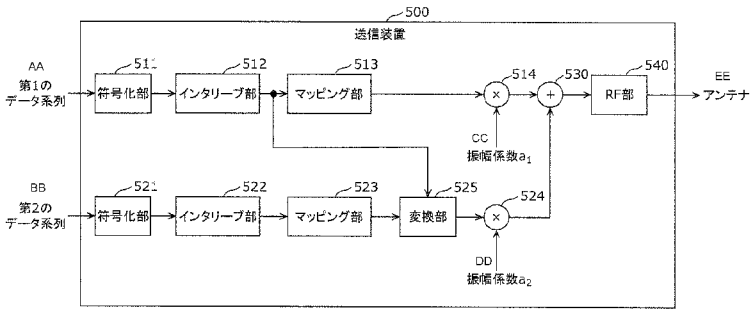
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: TRANSMISSION DEVICE, RECEPTION DEVICE, TRANSMISSION METHOD, AND RECEPTION METHOD

(54) 発明の名称 : 送信装置、受信装置、送信方法および受信方法



500 Transmission device
511, 521 Encoding unit
512, 522 Interleave unit
513, 523 Mapping unit
525 Conversion unit
540 RF unit
AA First data sequence
BB Second data sequence
CC Amplitude coefficient a_1
DD Amplitude coefficient a_2
EE Antenna

(57) **Abstract**: A transmission device comprising: a first mapping unit that, by mapping a first bit string in a first data sequence, generates a first modulation symbol string for the first data sequence; a second mapping unit that, by mapping a second bit string in a second data sequence, generates a second modulation symbol string for the second data sequence; a conversion unit that causes a conversion in accordance with the first modulation symbol string, in the second modulation symbol string; a superimposing unit that generates a multiplexed signal by superimposing, at a prescribed amplitude ratio, the first modulation symbol string and the second modulation symbol string resulting from conversion in accordance with the first modulation symbol string; and a transmission unit that transmits the multiplexed signal.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/170109 A1

送信装置は、第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成する第１のマッピング部と、第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成する第２のマッピング部と、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらす変換部と、第１の変調シンボル列と、第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより多重信号を生成する重畳部と、多重信号を送信する送信部とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： 送信装置、受信装置、送信方法および受信方法

技術分野

[0001] 本開示は、複数のデータ系列を多重して、複数のデータ系列が多重された信号を送信する送信装置等に関する。

背景技術

[0002] 複数のデータ系列を多重して送信する多重方式として重畳符号化（Ｓｕｐｅｒｐｏｓｉｔｉｏｎ　Ｃｏｄｉｎｇ）を用いた多重方式が知られている（非特許文献１）。その他の多重方式として時分割多重（Ｔｉｍｅ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ）および周波数分割多重（Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ）などが知られている（非特許文献２）。

[0003] 重畳符号化を用いた多重方式は、時分割多重および周波数分割多重に比べて、異なる雑音耐性（受信耐性）が要求される複数のデータ系列を多重する場合に好適である。重畳符号化を用いた多重方式は、階層分割多重（Ｌａｙｅｒ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅｘｉｎｇ）という名称でも知られている。また、重畳符号化を用いた多重方式は、多重アクセスに適用した非直交多重アクセス（Ｎｏｎ－Ｏｒｔｈｏｇｏｎａｌ　Ｄｉｖｉｓｉｏｎ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ａｃｃｅｓｓ：ＮＯＭＡ）としても知られている。

[0004] 重畳符号化を用いた多重方式において、送信装置は、複数のデータ系列をそれぞれ変調することで得られる複数の変調シンボルを所定の電力配分で重畳して送信する。受信装置は、重畳符号化によって多重された複数の変調シンボルの復調を、雑音耐性が高い階層の変調シンボルから順に、所望のデータ系列が属する階層の変調シンボルの復調が完了するまで行われる。

[0005] 具体的には、受信装置は、雑音耐性が最も高い階層の変調シンボルの復調を行ってデータ系列を推定する。そして、受信装置は、所望のデータ系列が推定されていない場合、推定された他のデータ系列から変調シンボルのレプ

リカを生成して、受信信号からレプリカをキャンセルし、次に雑音耐性が高い階層の変調シンボルを復調して新たなデータ系列を推定する。受信装置は、これらの処理を所望のデータ系列が推定されるまで繰り返す。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：Ｓｅｏｋｈｙｕｎ ＹＯＯＮ ａｎｄ Ｄｏｎｇｈｅｅ ＫＩＭ, Ｐｅｒｆｏｒｍａｎｃｅ ｏｆ Ｓｕｐｅｒｐｏｓｉｔｉｏｎ Ｃｏｄｅｄ Ｂｒｏａｄｃａｓｔ／Ｕｎｉｃａｓｔ Ｓｅｒｖｉｃｅ Ｏｖｅｒｌａｙ Ｓｙｓｔｅｍ, ＩＥＩＣＥ Ｔｒａｎｓａｃｔｉｏｎｓ ｏｎ Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎｓ, ｖｏｌ．Ｅ９１－Ｂ, Ｎｏ．９

非特許文献2：Ｔｈｏｍａｓ Ｍ．Ｃｏｖｅｒ, Ｂｒｏａｄｃａｓｔ Ｃｈａｎｎｅｌｓ, ＩＥＥＥ Ｔｒａｎｓａｃｔｉｏｎｓ ｏｎ Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ Ｔｈｅｏｒｙ, ｖｏｌ．ＩＴ－１８, Ｎｏ．１

非特許文献3：Ｊ．Ｚｏｅｌｌｎｅｒ ａｎｄ Ｎ．Ｌｏｇｈｉｎ, Ｏｐｔｉｍｉｚａｔｉｏｎ ｏｆ Ｈｉｇｈ－ｏｒｄｅｒ Ｎｏｎ－ｕｎｉｆｏｒｍ ＱＡＭ Ｃｏｎｓｔｅｌｌａｔｉｏｎｓ, ＩＥＥＥ Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ Ｓｙｍｐｏｓｉｕｍ ｏｎ Ｂｒｏａｄｂａｎｄ Ｍｕｌｔｉｍｅｄｉａ Ｓｙｓｔｅｍｓ ａｎｄ Ｂｒｏａｄｃａｓｔｉｎｇ ２０１３

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 重畳符号化を用いた多重方式において、複数のデータ系列に関する処理が効率的に行われていない場合がある。

[0008] 例えば、重畳符号化を用いた多重方式では、多重された複数のデータ系列を順次復号するという処理に起因し、処理遅延が発生する。また、重畳符号化を用いた多重方法では、先に復号したデータ系列を再変調するための演算資源等を受信装置が備える必要がある。また、先のデータ系列を復号して再

変調し、先のデータ系列の変調シンボル列が得られるまで、次のデータ系列の復号に用いられる受信シンボルを保持するためのメモリ資源等を受信装置が備える必要がある。

[0009] また、重畳符号化を用いた多重方式では、重畳される複数のデータ系列が互いに影響を及ぼし合うことで、伝送容量が低下する可能性がある。

[0010] 本開示は、重畳符号化を用いた多重方式における上記の課題を解決する実施の形態の一例を提供する。しかしながら、本開示は、上記の課題の全てではなく一部を解決する一態様、または、上記の課題とは異なる課題を解決する一態様も提供している。

課題を解決するための手段

[0011] 本開示の一態様における送信装置は、第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列を多重して、前記複数のデータ系列が多重された信号である多重信号を送信する送信装置であって、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより前記第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成する第１のマッピング部と、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより前記第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成する第２のマッピング部と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらす変換部と、前記第１の変調シンボル列と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた前記第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより前記多重信号を生成する重畳部と、前記多重信号を送信する送信部とを備える。

[0012] なお、これらの全般的または具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラムまたはコンピュータ読み取り可能なＣＤ－ＲＯＭなどの非一時的な記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0013] 本開示の一態様における送信装置等は、重畳符号化を用いた多重方式に関して効率的な処理を行うことができる。

[0014] 本開示の一態様における更なる利点および効果は、明細書および図面から明らかにされる。これらの利点および効果は、明細書および図面に記載された特徴によって提供されるが、これらの利点および効果の全てではなく、これらの利点および効果の一部が、明細書および図面に記載された特徴の一部によって提供されてもよい。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図１は、実施の形態１における送信装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]図２は、実施の形態１における受信装置の構成例を示すブロック図である。

[図3]図３は、重畳符号化による伝送容量を示す図である。

[図4]図４は、ＱＰＳＫのコンステレーションの一例を示す図である。

[図5]図５は、非均一コンステレーションの一例を示す図である。

[図6]図６は、ＱＰＳＫとＮｕ－２５６ＱＡＭを用いた重畳符号化による伝送容量を示す図である。

[図7]図７は、実施の形態２における受信装置の第１の構成例を示すブロック図である。

[図8]図８は、重畳コンステレーションの一例を示す図である。

[図9]図９は、実施の形態２における第１の受信動作例を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、重畳符号化における逐次復号と並列復号とを比較するためのシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図11]図１１は、実施の形態２における受信装置の第２の構成例を示すブロック図である。

[図12]図１２は、実施の形態２における第２の受信動作例を示すフローチャートである。

[図13]図１３は、実施の形態３における送信装置の第１の構成例を示すブロック図である。

[図14]図１４は、実施の形態３における送信装置の第２の構成例を示すブロック図である。

[図15]図１５は、実施の形態３における送信装置の第３の構成例を示すブロック図である。

[図16]図１６は、実施の形態３における受信装置の第１の構成例を示すブロック図である。

[図17]図１７は、実施の形態３における受信装置の第２の構成例を示すブロック図である。

[図18]図１８は、実施の形態３における受信装置の第３の構成例を示すブロック図である。

[図19]図１９は、実施の形態３における受信装置の第４の構成例を示すブロック図である。

[図20]図２０は、実施の形態３における変形重畳コンステレーションの一例を示す図である。

[図21]図２１は、実施の形態３における送信動作例を示すフローチャートである。

[図22]図２２は、実施の形態３における受信動作例を示すフローチャートである。

[図23]図２３は、変形重畳符号化における逐次復号と並列復号とを比較するためのシミュレーション結果の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態等は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態等で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、請求の範囲を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態

等における構成要素のうち、最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0017] また、符号化は、誤り制御符号化を意味する場合がある。誤り制御符号化は、誤り訂正符号化とも呼ばれる。また、復号は、誤り制御復号を意味する場合がある。誤り制御復号は、誤り訂正復号または誤り訂正とも呼ばれる。また、未知は、未確定を意味する場合がある。また、伝送は、送信を意味する場合がある。

[0018] （実施の形態１）

本実施の形態では、重畳符号化を用いた多重方式により、複数のデータ系列を複数の階層に多重して伝送する場合について説明する。

[0019] 本実施の形態を含む複数の実施の形態において、一般性を損なわない範囲で説明を簡単にするために、２つのデータ系列を互いに異なる２つの階層に多重して伝送する場合を例に説明する。しかしながら、本実施の形態を含む複数の実施の形態で説明する多重方式は、３以上のデータ系列を互いに異なる３以上の階層に多重して伝送する場合においても適用可能である。

[0020] また、本実施の形態を含む複数の実施の形態において、第１のデータ系列が属する第１の階層は、第２のデータ系列が属する第２の階層よりも雑音耐性が高い階層として利用される。

[0021] 図１は、重畳符号化を用いて２つのデータ系列を２つの階層に多重して送信する送信装置１００の構成の一例を示す。図１を参照しながら送信装置１００の構成および動作を説明する。

[0022] 送信装置１００は、符号化部１１１、インタリーブ部１１２、マッピング部１１３、乗算部１１４、符号化部１２１、インタリーブ部１２２、マッピング部１２３、乗算部１２４、加算部１３０およびＲＦ部（Ｒａｄｉｏ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ部）１４０を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。乗算部１１４、乗算部１２４および加算部１３０は、全体として重畳部とも表現され得る。ＲＦ部１４０は、送信部とも表現され得る。ＲＦ部１４０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0023] 符号化部１１１は、入力された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部１１２は、符号化部１１１で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0024] マッピング部１１３は、インタリーブ部１１２で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式（第１の変調方式）に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。第１のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部１１３は、第１のビット列を第１のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第１のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0025] 符号化部１２１は、入力された第２のデータ系列に第２の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第２のビット列を生成する。インタリーブ部１２２は、符号化部１２１で生成された第２のビット列のビット順を第２の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0026] マッピング部１２３は、インタリーブ部１２２で並べ替えられた第２のビット列に対して第２のマッピング方式（第２の変調方式）に従ったマッピング処理を施し、複数の第２の変調シンボルで構成される第２の変調シンボル列を生成する。第２のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部１２３は、第２のビット列を第２のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第２のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0027] マッピング方式として、ＢＰＳＫおよびＱＰＳＫ等のＰＳＫ変調、または、１６ＱＡＭおよび６４ＱＡＭ等のＱＡＭ変調が用いられる場合、変調シンボルは、例えば実数が同相成分の大きさを示し、虚数が直交成分の大きさを示す複素数で表され得る。また、マッピング方式としてＰＡＭ変調が用いら

れる場合、変調シンボルは、実数で表され得る。

[0028] 乗算部１１４は、第１の変調シンボル列の第１の変調シンボルに対して第１の振幅係数a_1を乗算する。乗算部１２４は、第２の変調シンボル列の第２の変調シンボルに対して第２の振幅係数a_2を乗算する。加算部１３０は、第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボルと、第２の振幅係数a_2が乗算された第２の変調シンボルとを重畳して、複数の重畳変調シンボルで構成される重畳変調シンボル列を生成する。

[0029] ＲＦ部１４０は、生成された重畳変調シンボル列を信号として送信する。具体的には、ＲＦ部１４０は、加算部１３０で生成された重畳変調シンボル列から、重畳変調シンボル列に対応する信号として無線周波数帯の信号を生成し、当該無線周波数帯の信号をアンテナから送信する。

[0030] つまり、乗算部１１４、乗算部１２４および加算部１３０で構成される重畳部は、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された信号である多重信号を生成する。そして、ＲＦ部１４０は、多重信号を送信する。なお、多重信号は、重畳変調シンボル列に対応する。また、所定の振幅比率は、１：１でもよく、乗算処理は、省略されてもよい。

[0031] 図２は、重畳符号化を用いて２つのデータ系列が２つの階層に多重された信号を受信して逐次復号し、多重された２つのデータ系列の両方またはいずれか一方を取得（抽出）することが可能な受信装置２００の構成の一例を示す。図２を参照しながら受信装置２００の構成および動作を説明する。

[0032] 受信装置２００は、ＲＦ部２３０、デマッピング部２１１、デインタリーブ部２１２、復号部２１３、符号化部２１４、インタリーブ部２１５、マッピング部２１６、乗算部２１７、遅延部２１８、減算部２１９、デマッピング部２２１、デインタリーブ部２２２および復号部２２３を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。

[0033] デマッピング部２１１、デインタリーブ部２１２、復号部２１３、符号化部２１４、インタリーブ部２１５、マッピング部２１６、乗算部２１７、遅

延部２１８、減算部２１９、デマッピング部２２１、デインタリーブ部２２２および復号部２２３は、全体として導出部とも表現され得る。ＲＦ部２３０は、受信部とも表現され得る。ＲＦ部２３０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0034] 受信装置２００は、送信装置１００から送信された多重信号をアンテナで受信してＲＦ部２３０に入力する。つまり、ＲＦ部２３０は、アンテナを介して多重信号を受信する。ＲＦ部２３０によって受信された多重信号は、受信信号とも表現され、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とが多重された重畳変調シンボル列に対応する。ＲＦ部２３０は、無線周波数帯の受信信号からベースバンドの受信信号を生成する。

[0035] デマッピング部２１１は、ベースバンドの受信信号を第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第１のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第１のコンステレーションには、振幅係数a_1が反映されている。

[0036] デインタリーブ部２１２は、第１のビット尤度列を第１の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部２１３は、デインタリーブ部２１２で並べ替えられた第１のビット尤度列を用いて第１の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を行い、復号結果を第１のデータ系列として出力する。

[0037] ここで、デマッピング部２１１は、重畳変調シンボル列に対応する受信信号のうち、第２のデータ系列の第２の変調シンボルに対応する成分を未知な信号（ノイズ）として取扱い、第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングを行う。

[0038] 受信装置２００は、第１のデータ系列のみが取得対象である場合、第１のデータ系列の推定が完了した時点で処理を終了する。一方、第１のデータ系列に加えて第２のデータ系列が取得対象である場合、または、第２のデータ系列のみが取得対象である場合、受信装置２００は、第２のデータ系列を取得するために以下の処理を実施する。

[0039] 符号化部２１４は、復号部２１３で取得された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部２１５は、符号化部２１４で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0040] マッピング部２１６は、インタリーブ部２１５で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。乗算部２１７は、マッピング部２１６が出力する第１の変調シンボル列に第１の振幅係数a_1を乗算する。

[0041] 遅延部２１８は、ＲＦ部２３０がベースバンドの受信信号を出力してから、再生された第１の変調シンボル列を乗算部２１７が出力するまでの間、ＲＦ部２３０から出力された受信信号を遅延させる。

[0042] 減算部２１９は、遅延部２１８で遅延させられた受信信号から、乗算部２１７で第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボル列を減算する。これにより、減算部２１９は、第１の変調シンボルに対応する成分と第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された受信信号から、第１の変調シンボルに対応する成分を除去する。そして、減算部２１９は、第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された信号を第２の変調シンボル列に対応する信号として出力する。

[0043] デマッピング部２２１は、減算部２１９が出力する信号を第２のマッピング方式の第２のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第２のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第２のコンステレーションには、振幅係数a_2が反映されている。

[0044] デインタリーブ部２２２は、第２のビット尤度列を第２の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部２２３は、デインタリーブ部２２２で並べ替えられた第２のビット尤度列に対して第２の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を

施し、復号結果を第２のデータ系列として出力する。

[0045] 以上のようにして、受信装置２００は、アンテナで受信した信号から第１のデータ系列および第２のデータ系列の両方またはいずれか一方を取得する。

[0046] ＜重畳符号化＞

次に、重畳符号化について説明する。

[0047] 信号電力P_s（Ｗ）、雑音電力P_n（Ｗ）および伝送帯域幅Ｂ（Ｈｚ）を用いて、伝送容量C_T（ｂｉｔ／ｓ）は、シャノン限界として式１で与えられる。

[0048] [数1]

$$C_T = B \cdot \log_2\left(1 + \frac{P_s}{P_n}\right) \qquad (式1)$$

[0049] 伝送帯域幅で正規化された１Ｈｚあたりの伝送容量Ｃ（ｂｉｔ／ｓ／Ｈｚ）は、式２で与えられる。

[0050] [数2]

$$C = \log_2\left(1 + \frac{P_s}{P_n}\right) \qquad (式2)$$

[0051] 以下では、「１Ｈｚあたりの伝送容量」を単に「伝送容量」と呼ぶ。

[0052] 第１のデータ系列と第２のデータ系列との重畳符号化において、第１のデータ系列に対応する第１の階層の信号電力P_{s1}（Ｗ）と、第２のデータ系列に対応する第２の階層の信号電力P_{s2}（Ｗ）と、全体の信号電力P_s（Ｗ）とは、$P_s = P_{s1} + P_{s2}$を満たす。

[0053] 第１の階層の復調を行う際に、受信装置２００は、第２の階層の変調シンボルの成分を第１の階層の変調シンボルに重畳された未知の成分、すなわちノイズとみなす。このため、第１の階層の伝送容量C_1は、式３で与えられる。

[0054]

[数3]

$$C_1 = \log_2\left(1 + \frac{P_{s1}}{P_{s2} + P_n}\right) \qquad (式3)$$

[0055] 受信装置２００が第２の階層の復調を行う際に、第１の階層の変調シンボルの成分は、受信信号からすでに除去されている。このため、第２の階層の伝送容量C_2は、式４で与えられる。

[0056] [数4]

$$C_2 = \log_2\left(1 + \frac{P_{s2}}{P_n}\right) \qquad (式4)$$

[0057] 第１の階層の伝送容量C_1と第２の階層の伝送容量C_2の合計は、式５に示すようにシャノン限界に一致する。

[0058] [数5]

$$\begin{aligned} C_1 + C_2 &= \log_2\left(1 + \frac{P_{s1}}{P_{s2} + P_n}\right) + \log_2\left(1 + \frac{P_{s2}}{P_n}\right) \\ &= \log_2\left(\frac{P_s + P_n}{P_{s2} + P_n}\right) + \log_2\left(\frac{P_{s2} + P_n}{P_n}\right) \\ &= \log_2\left(\frac{P_s + P_n}{P_n}\right) \\ &= \log_2\left(1 + \frac{P_s}{P_n}\right) \qquad (式5) \end{aligned}$$

[0059] 本実施の形態において、第１のデータ系列に対応する第１の階層の信号電力P_{s1}は、第１の振幅係数a_1の２乗に比例し、第２のデータ系列に対応する第２の階層の信号電力P_{s2}は、第２の振幅係数a_2の２乗に比例する。複数の階層に対する信号電力の配分は、各階層の変調シンボルに乗算される振幅係数によって決定される。

[0060] 第１の階層の信号電力P_{s1}と第２の階層の信号電力P_{s2}との比がP_{s1}：P_{s2}＝２：１である場合の各々の伝送容量のシミュレーション結果の一例を図３に示す。図３において、横軸は信号電力P_s対雑音電力P_n比（ＳＮＲ）をｄＢ（デシベル）で表し、縦軸は伝送容量を表す。図３において、一点鎖線

は第１の階層の伝送容量C_1を示し、破線は第２の階層の伝送容量C_2を示し、実線は第１の階層の伝送容量C_1と第２の階層の伝送容量C_2との合計の伝送容量を示す。

[0061] なお、ＳＮＲは、信号電力対雑音電力比を意味し、信号対雑音電力比または信号対雑音比とも呼ばれる。

[0062] ＜非均一コンステレーション＞

本実施の形態において、送信装置１００は、第１のマッピング方式および第２のマッピング方式として各々任意のマッピング方式を用いることができる。受信装置２００は、第２の階層の第２の変調シンボルが未知の状態で第１の階層の復調を行う。そのため、第１のマッピング方式として主に低いＳＮＲを対象とした、例えば、ＱＰＳＫなどのマッピング方式が好適である。

[0063] 図４は、ＱＰＳＫのコンステレーションの一例を示す。具体的には、横軸が実数部（実数成分）であり縦軸が虚数部（虚数成分）である複素平面上に、ＱＰＳＫの４個の信号点がプロットされている。ＱＰＳＫでは、図４に示されたコンステレーションに基づいて、ビット群（００、０１、１０または１１）が複素数の変調シンボルに対応付けられる。

[0064] 一方、第２の階層はすでに第１の階層の変調シンボルが除去された状態で復調される。そのため、第２のマッピング方式は、高いＳＮＲを対象とした、多値のコンステレーションを用いたマッピング方式でもよい。

[0065] 近年、多値のコンステレーションとして、非特許文献３に記載されているような非均一（Ｎｏｎ－ｕｎｉｆｏｒｍ）コンステレーションが注目されている。非均一コンステレーションは、従来のＱＡＭのような均一な間隔で配置された信号点からなる均一（Ｕｎｉｆｏｒｍ）コンステレーションと異なり、非均一な間隔で配置された信号点からなるコンステレーションである。非均一コンステレーションを用いたマッピング方式は、均一コンステレーションを用いたマッピング方式に比べて、伝送容量を向上させる場合がある。

[0066] 図５は、２５６個の信号点からなる非均一コンステレーション（Ｎｕ－２５６ＱＡＭ）の一例を示す。図５では、横軸が実数部であり縦軸が虚数部で

ある複素平面上に非均一コンステレーションの２５６個の信号点がプロットされている。

[0067] 重畳符号化を用いた多重方式において、第１のマッピング方式として図４に示したＱＰＳＫを用い、第２のマッピング方式として図５に示したＮｕ－２５６ＱＡＭを用いた場合の例を以下に説明する。

[0068] 第１の階層の信号電力P_{s1}と第２の階層の信号電力P_{s2}との比がP_{s1}：P_{s2}＝２：１である場合の各々の伝送容量のシミュレーション結果の一例を図６に示す。図６において、横軸は信号電力P_s対雑音電力P_n比（ＳＮＲ）をｄＢ（デシベル）で表し、縦軸は伝送容量を表す。図６において、一点鎖線は第１の階層の伝送容量C_1を示し、破線は第２の階層の伝送容量C_2を示す。ＱＰＳＫおよびＮｕ－２５６ＱＡＭの組み合わせによって、図３に示された限界に近い伝送容量が得られる。

[0069] 以上で説明したように、本実施の形態によれば、送信装置１００は、重畳符号化を用いた多重方式により複数のデータ系列を高効率に多重して伝送することができる。そして、受信装置２００は、重畳符号化を用いた多重方式により高効率に多重された複数のデータ系列を受信することができる。さらに、送信装置１００および受信装置２００は、非均一コンステレーションを用いて伝送容量を向上することができる。

[0070] なお、並び替え（インタリーブおよびデインタリーブ）は、誤りが連続して発生した場合の影響を抑制する。また、並び替え（インタリーブおよびデインタリーブ）は、誤り訂正符号の符号語を構成するビットと変調シンボルおよびその変調シンボルを構成するビットとの対応付けを制御する。しかし、並び替え（インタリーブおよびデインタリーブ）は、省略されてもよい。

[0071] すなわち、インタリーブ部１１２およびインタリーブ部１２２は、任意の構成要素であって、送信装置１００に含まれなくてもよい。同様に、デインタリーブ部２１２、インタリーブ部２１５およびデインタリーブ部２２２は、任意の構成要素であって、受信装置２００に含まれなくてもよい。

[0072] ただし、インタリーブとデインタリーブとは対を構成する。したがって、

基本的には、送信装置１００がインタリーブ部１１２およびインタリーブ部１２２を備える場合、受信装置２００は、デインタリーブ部２１２、インタリーブ部２１５およびデインタリーブ部２２２を備える。一方、送信装置１００がインタリーブ部１１２およびインタリーブ部１２２を備えない場合、受信装置２００は、デインタリーブ部２１２、インタリーブ部２１５およびデインタリーブ部２２２を備えない。

[0073] また、受信装置２００のマッピング部２１６におけるマッピングに振幅係数a_1が反映されてもよい。この場合、受信装置２００において、乗算処理が省略されてもよく、受信装置２００は、乗算部２１７を備えていなくてもよい。

[0074] また、第１のデータ系列および第２のデータ系列の誤り制御符号化は、送信装置１００とは異なる外部の装置によって行われてもよい。この場合、送信装置１００において、誤り制御符号化が省略されてもよい。そして、送信装置１００は、符号化部１１１および符号化部１２１を備えていなくてもよい。

[0075] （実施の形態２）

＜重畳符号化で得られた信号の並列復号＞

本実施の形態では、重畳符号化で得られた信号を並列復号する受信方法について説明する。送信装置の構成は、図１に示した送信装置１００と同じであるため説明を省略する。重畳符号化における並列復号では、受信装置は、受信信号に含まれる第１の階層の変調シンボル列の成分を除去せずに、第１の階層の変調シンボル列の成分を未知な信号（ノイズ）として取扱い、第２の階層を復号する。

[0076] 図７は、重畳符号化を用いて２つのデータ系列が２つの階層に多重された信号を受信して並列復号し、多重された２つのデータ系列の両方またはいずれか一方を取得することが可能な受信装置３００の構成の一例を示す。図７を参照しながら受信装置３００の構成および動作を説明する。

[0077] 受信装置３００は、ＲＦ部３３０、デマッピング部３１０、デインタリー

ブ部３１２、復号部３１３、デインタリーブ部３２２および復号部３２３を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。デマッピング部３１０、デインタリーブ部３１２、復号部３１３、デインタリーブ部３２２および復号部３２３は、全体として導出部とも表現され得る。ＲＦ部３３０は、受信部とも表現され得る。ＲＦ部３３０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0078] 受信装置３００は、送信装置１００から送信された多重信号をアンテナで受信してＲＦ部３３０に入力する。つまり、ＲＦ部３３０は、アンテナを介して多重信号を受信する。ＲＦ部３３０によって受信された多重信号は、受信信号とも表現され得る。ＲＦ部３３０は、無線周波数帯の受信信号からベースバンドの受信信号を生成する。

[0079] デマッピング部３１０は、ベースバンドの受信信号をデマッピングし、第１のビット尤度列および第２のビット尤度列を生成する。デマッピング部３１０は、例えば、重畳符号化を用いて第１の変調シンボルと第２の変調シンボルとが重畳された重畳変調シンボルの信号点の配置を示す重畳コンステレーションに基づいてデマッピングを行う。

[0080] 重畳コンステレーションは、第１のマッピング方式の第１のコンステレーション、第２のマッピング方式の第２のコンステレーション、第１の振幅係数a_1および第１の振幅係数a_2等に応じて決まる。

[0081] 図８は、重畳コンステレーションの一例を示す。具体的には、図４に示されたＱＰＳＫのコンステレーションと、図５に示されたＮｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションとが組み合わされている。より具体的には、ＱＰＳＫのコンステレーションの４つの信号点に従って、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーション（２５６個の信号点）が、複素平面上の４つの領域のそれぞれに配置されている。Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションに対応するこれらの４つの領域は、部分的に重なっていてもよい。

[0082] デマッピング部３１０は、図８に示されているような重畳コンステレーションに基づいてデマッピングを行う。すなわち、デマッピング部３１０は、

第２の階層の変調シンボル列が未知な状態で第１のビット尤度列を生成し、第１の階層の変調シンボル列が未知な状態で第２のビット尤度列を生成する。

[0083] なお、デマッピング部３１０は、第１のビット尤度列の生成に、第１のマッピング方式の第１のコンステレーションを用い、第２のビット尤度列の生成には、上述した重畳コンステレーションを用いてもよい。

[0084] デマッピング部３１０は、第１のビット尤度列の生成に第１のコンステレーションを用いた場合、第１のビット尤度列の生成にも重畳コンステレーションを用いる場合と比較して、第１のビット尤度列の生成に考慮される信号点の数を減らすことができる。したがって、この場合、デマッピング部３１０は、演算量を削減することができる。

[0085] また、例えば、デマッピング部３１０は、受信信号をデマッピングすることにより第１のビット尤度列を生成する第１のデマッピング部と、受信信号をデマッピングすることにより第２のビット尤度列を生成する第２のデマッピング部とに対応する。デマッピング部３１０は、受信信号をデマッピングすることにより第１のビット尤度列を生成する第１のデマッピング部と、受信信号をデマッピングすることにより第２のビット尤度列を生成する第２のデマッピング部とを備えていてもよい。

[0086] デインタリーブ部３１２は、第１のビット尤度列を第１の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部３１３は、デインタリーブ部３１２で並べ替えられた第１のビット尤度列に対して第１の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第１のデータ系列として出力する。

[0087] デインタリーブ部３２２は、第２のビット尤度列を第２の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部３２３は、デインタリーブ部３２２で並べ替えられた第２のビット尤度列に対して第２の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第２のデータ系列として出力する。

[0088] なお、実施の形態１と同様に、並び替え（デインタリーブ）は省略されてもよい。すなわち、デインタリーブ部３１２およびデインタリーブ部３２２は、任意の構成要素であって、受信装置３００に含まれなくてもよい。

[0089] ただし、インタリーブとデインタリーブとは対を構成する。したがって、基本的には、送信装置１００がインタリーブ部１１２およびインタリーブ部１２２を備える場合、受信装置３００は、デインタリーブ部３１２およびデインタリーブ部３２２を備える。一方、送信装置１００がインタリーブ部１１２およびインタリーブ部１２２を備えない場合、受信装置３００は、デインタリーブ部３１２およびデインタリーブ部３２２を備えない。

[0090] 図９は、受信装置３００の動作例を示すフローチャートである。まず、ＲＦ部３３０は、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された信号である多重信号を受信する（Ｓ１０１）。

[0091] 次に、デマッピング部３１０は、多重信号をデマッピングすることにより、第１のデータ系列の第１のビット尤度列を生成する（Ｓ１０２）。また、デマッピング部３１０は、多重信号をデマッピングすることにより、第２のデータ系列の第２のビット尤度列を生成する（Ｓ１０３）。デインタリーブ部３１２は、生成された第１のビット尤度列をデインタリーブしてもよい。また、デインタリーブ部３２２は、生成された第２のビット尤度列をデインタリーブしてもよい。

[0092] そして、復号部３１３は、第１のビット尤度列に対して誤り制御復号を行うことにより、第１のデータ系列を導出する（Ｓ１０４）。また、復号部３２３は、第２のビット尤度列に対して誤り制御復号を行うことにより、第２のデータ系列を導出する（Ｓ１０５）。

[0093] なお、基本的に、第１のビット尤度列に対する処理（生成、デインタリーブおよび誤り制御復号）と、第２のビット尤度列に対する処理（生成、デインタリーブおよび誤り制御復号）とは、並列して行われる。

[0094] 図７に示した並列復号を行う受信装置３００では、図２に示した逐次復号を行う受信装置２００に比べて、第２の階層に対する復号性能が劣化する。

[0095] 第１の階層の信号電力P_{s1}と第２の階層の信号電力P_{s2}との比がP_{s1}：P_{s2}＝２：１である場合の第２の階層の伝送容量のシミュレーション結果の一例を図１０に示す。図１０において、横軸は信号電力P_s対雑音電力P_n比（ＳＮＲ）をｄＢ（デシベル）で表し、縦軸は伝送容量を表す。図１０において、実線は逐次復号を行う場合の第２の階層の伝送容量を示し、破線は並列復号を行う場合の第２の階層の伝送容量を示す。

[0096] 図１０に示すように、並列復号を行う場合は、逐次復号を行う場合と比較して、第２の階層の復号において、同じ伝送容量に対して必要なＳＮＲが増加し、同じＳＮＲに対して伝送容量が減少する。

[0097] 以上のように、本実施の形態における並列復号を行う受信装置３００は、逐次復号を行う受信装置２００と比較して、第２の階層で伝送される第２のデータ系列に関する復号性能は劣化する。しかし、第２の階層の復号に必要な構成を減らすことが可能である。

[0098] 具体的には、受信装置３００は、図２に示した逐次復号を行う受信装置２００と比較して、第１の階層の変調シンボル列を再生するための符号化部２１４、インタリーブ部２１５、マッピング部２１６および乗算部２１７が不要となる。また、受信信号を遅延させるための遅延部２１８、および、受信信号から再生された第１の階層の変調シンボルの成分を除去する減算部２１９が不要となる。

[0099] よって、回路規模を削減することが可能である。また、受信装置３００は、受信装置２００と比較して演算量を低減することができ、消費電力を削減することができる。

[0100] さらに、図２に示した逐次復号を行う受信装置２００は、受信信号の第１の階層を復調して第１のデータ系列を取得し、取得された第１のデータ系列から第１の変調シンボル列を生成した後に、受信信号の第２の階層の復調を開始して第２のデータ系列を取得する。一方、本実施の形態における並列復号を行う受信装置３００は、第１のデータ系列の取得と第２のデータ系列の取得とを同時に並行して実行することができるため、処理遅延を短縮するこ

とができる。

[0101] また、受信装置は、受信信号のＳＮＲを観測し、ＳＮＲが高い場合には並列復号を行い、ＳＮＲが低い場合には逐次復号を行うように復号処理を切り替えてもよい。

[0102] その場合、例えば、図２に示す受信装置２００が、ＳＮＲに応じて逐次復号と並列復号とを切り替える制御部を備える。制御部は、ＲＦ部２３０またはデマッピング部２２１に含まれていてもよい。さらに、デマッピング部２２１が、第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理に加え、図７のデマッピング部３１０の動作として説明した、重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理の動作を行う構成を備える。

[0103] そして、デマッピング部２２１は、減算部２１９から出力された信号に対する第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理と、ＲＦ部２３０から出力された信号に対する重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理とを切り替える。例えば、デマッピング部２２１は、制御部からの制御信号に応じて、これらのデマッピング処理を切り替える。

[0104] 図１１は、並列復号と逐次復号とを選択的に行う受信装置４００の構成の一例を示す。受信装置４００は、ＲＦ部４３０、デマッピング部４１１、デインタリーブ部４１２、復号部４１３、符号化部４１４、インタリーブ部４１５、マッピング部４１６、乗算部４１７、遅延部４１８、減算部４１９、デマッピング部４２１、デインタリーブ部４２２および復号部４２３を備える。図１１に示す受信装置４００の複数の構成要素と、図２に示す受信装置２００の複数の構成要素とは、基本的に同じである。

[0105] ただし、受信装置４００のデマッピング部４２１は、第２のマッピング方式の第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理に加え、重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理を行う。例えば、デマッピング部４２１は、減算部４１９から出力された信号を第２のコンステレーションに基づいてデマッピングする処理と、ＲＦ部４３０から出力された信号を重畳コンステレーションに基づいてデマッピングする処理とをＳＮＲに応じて切

り替える。

[0106] また、図１１の例では、ＳＮＲに応じて逐次復号と並列復号を切り替える制御部が、省略されているが、デマッピング部４２１に含まれてもよいし、ＲＦ部４３０に含まれてもよいし、新たな構成要素として受信装置４００に含まれてもよい。

[0107] 図１２は、受信装置４００の動作例を示すフローチャートである。まず、ＲＦ部４３０は、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された信号である多重信号を受信する（Ｓ２０１）。そして、ＲＦ部４３０は、多重信号が所定の基準を満たすか否かを判定する。例えば、所定の基準は、ＳＮＲが所定の閾値よりも高いことである。

[0108] ここで、多重信号が所定の基準を満たす場合（Ｓ２０２でＹｅｓ）、デマッピング部４１１は、多重信号をデマッピングすることにより、第１のデータ系列の第１のビット尤度列を生成する（Ｓ２０３）。また、デマッピング部４２１は、多重信号をデマッピングすることにより、第２のデータ系列の第２のビット尤度列を生成する（Ｓ２０４）。デインタリーブ部４１２は、生成された第１のビット尤度列をデインタリーブしてもよい。デインタリーブ部４２２は、生成された第２のビット尤度列をデインタリーブしてもよい。

[0109] そして、復号部４１３は、第１のビット尤度列に対して誤り制御復号を行うことにより、第１のデータ系列を導出する（Ｓ２０５）。また、復号部４２３は、第２のビット尤度列に対して誤り制御復号を行うことにより、第２のデータ系列を導出する（Ｓ２０６）。

[0110] これらの動作（Ｓ２０３～Ｓ２０６）は、基本的に、図９に示された動作（Ｓ１０２～Ｓ１０５）と同じである。

[0111] 一方、多重信号が所定の基準を満たさない場合（Ｓ２０２でＮｏ）、デマッピング部４１１は、多重信号をデマッピングすることにより、第１のデータ系列の第１のビット尤度列を生成する（Ｓ２０７）。デインタリーブ部４１２は、生成された第１のビット尤度列をデインタリーブしてもよい。次に

、復号部４１３は、第１のビット尤度列に対して誤り制御復号を行うことにより、第１のデータ系列を導出する（Ｓ２０８）。

[0112] 次に、符号化部４１４は、第１のデータ系列に対して誤り制御符号化を行うことにより、第１のビット列を生成する（Ｓ２０９）。インタリーブ部４１５は、生成された第１のビット列をインタリーブしてもよい。次に、マッピング部４１６は、第１のビット列をマッピングすることにより、第１の変調シンボル列を生成する（Ｓ２１０）。乗算部４１７は、第１の変調シンボル列に振幅係数a_1を乗算してもよい。

[0113] また、遅延部４１８は、第１の変調シンボル列が生成されるまで、多重信号を遅延させる（Ｓ２１１）。そして、減算部４１９は、多重信号から第１の変調シンボル列を減算する（Ｓ２１２）。

[0114] 次に、デマッピング部４２１は、第１の変調シンボル列が減算された多重信号をデマッピングすることにより、第２のビット尤度列を生成する（Ｓ２１３）。デインタリーブ部４２２は、生成された第２のビット尤度列をデインタリーブしてもよい。次に、復号部４２３は、第２のビット尤度列に対して誤り制御復号を行うことにより、第２のデータ系列を導出する（Ｓ２１４）。

[0115] これにより、ＳＮＲが高い場合、受信装置４００は並列復号を行うことによって、演算量を低減し消費電力を削減することができる。また、ＳＮＲが高い場合、受信装置４００は並列復号を行うことによって、処理遅延を短縮することができる。一方、ＳＮＲが低い場合、受信装置４００が逐次復号を行うことによって、第２のデータ系列を正しく復号できる可能性が高くなる。

[0116] なお、基本的に、本実施の形態における第１のマッピング方式および第２のマッピング方式は、実施の形態１における第１のマッピング方式および第２のマッピング方式と同じである。すなわち、基本的に、本実施の形態における第１のコンステレーションおよび第２のコンステレーションは、実施の形態１における第１のコンステレーションおよび第２のコンステレーション

と同じである。第２のマッピング方式には、均一コンステレーションが用いられてもよいし、非均一コンステレーションが用いられてもよい。

[0117] （実施の形態３）

＜変形重畳符号化（変型重畳符号化）＞

本実施の形態では、上述した重畳符号化を変形した変形重畳符号化（変型重畳符号化）を用いて複数のデータ系列を多重して伝送する方法について説明する。

[0118] 図１３は、変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列を２つの階層に多重して送信する送信装置５００の構成の一例を示す。図１３を参照しながら送信装置５００の構成および動作を説明する。

[0119] 送信装置５００は、符号化部５１１、インタリーブ部５１２、マッピング部５１３、乗算部５１４、符号化部５２１、インタリーブ部５２２、マッピング部５２３、変換部５２５、乗算部５２４、加算部５３０およびＲＦ部５４０を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。乗算部５１４、乗算部５２４および加算部５３０は、全体として重畳部とも表現され得る。ＲＦ部５４０は、送信部とも表現され得る。ＲＦ部５４０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0120] 符号化部５１１は、入力された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部５１２は、符号化部５１１で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0121] マッピング部５１３は、インタリーブ部５１２で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。第１のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部５１３は、第１のビット列を第１のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第１のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つ

の信号点へマッピングする。

[0122] 第１のマッピング方式として、ＢＰＳＫおよびＱＰＳＫ等のＰＳＫ変調、または、１６ＱＡＭおよび６４ＱＡＭ等のＱＡＭ変調が用いられる場合、第１の変調シンボルは、例えば実数が同相成分の大きさを示し、虚数が直交成分の大きさを示す複素数で表され得る。また、第１のマッピング方式としてＰＡＭ変調が用いられる場合、第１の変調シンボルは、実数で表され得る。

[0123] 符号化部５２１は、入力された第２のデータ系列に第２の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第２のビット列を生成する。インタリーブ部５２２は、符号化部５２１で生成された第２のビット列のビット順を第２の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0124] マッピング部５２３は、インタリーブ部５２２で並べ替えられた第２のビット列に対して第２のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第２の変調シンボルで構成される第２の変調シンボル列を生成する。第２のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部５２３は、第２のビット列を第２のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第２のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0125] 第２のマッピング方式として、ＢＰＳＫおよびＱＰＳＫ等のＰＳＫ変調、または、１６ＱＡＭおよび６４ＱＡＭ等のＱＡＭ変調が用いられる場合、第２の変調シンボルは、例えば実数が同相成分の大きさを示し、虚数が直交成分の大きさを示す複素数で表され得る。また、第２のマッピング方式としてＰＡＭ変調が用いられる場合、第２の変調シンボルは、実数で表され得る。第２のマッピング方式には、均一コンステレーションが用いられてもよいし、非均一コンステレーションが用いられてもよい。

[0126] 変換部５２５は、第１の変調シンボルの生成に用いられたビットの値に基づいて、当該第１の変調シンボルと重畳される第２の変調シンボルに変換を施す。これにより、変換部５２５は、第２の変調シンボル列に変換を施す。

[0127] 乗算部５１４は、第１の変調シンボル列の第１の変調シンボルに対して第１の振幅係数a_1を乗算する。乗算部５２４は、変換部５２５で変換された第２の変調シンボル列の第２の変調シンボルに対して第２の振幅係数a_2を乗算する。加算部５３０は、第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボルと、第２の振幅係数a_2が乗算された第２の変調シンボルとを重畳して、複数の重畳変調シンボルで構成される重畳変調シンボル列を生成する。

[0128] ＲＦ部５４０は、生成された重畳変調シンボル列を信号として送信する。具体的には、ＲＦ部５４０は、加算部５３０で生成された重畳変調シンボル列から、重畳変調シンボル列に対応する信号として無線周波数帯の信号を生成し、当該無線周波数帯の信号をアンテナから送信する。

[0129] つまり、乗算部５１４、乗算部５２４および加算部５３０で構成される重畳部は、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された信号である多重信号を生成する。そして、ＲＦ部５４０は、多重信号を送信する。なお、多重信号は、重畳変調シンボル列に対応する。また、所定の振幅比率は、１：１でもよく、乗算処理は、省略されてもよい。

[0130] 第１のマッピング方式としてＱＰＳＫを用いる場合を例に挙げて、変換部５２５の動作を説明する。

[0131] 例えば、$S_1(t)$が、マッピング部５１３で生成される第１の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルであり、$b_1(t)$および$b_2(t)$が、$S_1(t)$にマッピングされる複数のビットである場合、変調シンボル$S_1(t)$は、式６で与えられる。

[0132] [数6]

$$S_1(t) = \frac{(2 \cdot b_1(t) - 1) + i \cdot (2 \cdot b_2(t) - 1)}{\sqrt{2}} \qquad (式6)$$

[0133] ここで、ｉは虚数単位である。変調シンボル$S_1(t)$は、式６の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性（正負）が反転された式で与えられてもよい。ビット$b_1(t)$は、変調シンボル$S_1(t)$の実数部に寄

与しているビットである。ビットｂ$_2$（ｔ）は、変調シンボルＳ$_1$（ｔ）の虚数部に寄与しているビットである。

[0134] 変換部５２５は、マッピング部５２３で生成された第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルＳ$_2$（ｔ）を式７のようにｂ$_1$（ｔ）およびｂ$_2$（ｔ）に基づいてＳ’$_2$（ｔ）に変換する。

[0135] [数7]

$$S'_2(t) = (-1)^{b_1(t)} \cdot \mathrm{Re}[S_2(t)] + i \cdot (-1)^{b_2(t)} \cdot \mathrm{Im}[S_2(t)] \qquad (式7)$$

[0136] ここで、Ｓ’$_2$（ｔ）は、変換された第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルである。また、Ｒｅ［Ｓ$_2$（ｔ）］はＳ$_2$（ｔ）の実数部の値であり、Ｉｍ［Ｓ$_2$（ｔ）］はＳ$_2$（ｔ）の虚数部の値である。変調シンボルＳ’$_2$（ｔ）は、式７の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。

[0137] 以上のように、変形重畳符号化では、第２の変調シンボルの実数部および虚数部の極性が、第２の変調シンボルと重畳される第１の変調シンボルにマッピングされるビットの値に応じて制御される。なお、第２の変調シンボルの実数部および虚数部の極性が、第２の変調シンボルと重畳される第１の変調シンボルに応じて制御されてもよい。また、第２の変調シンボルの実数部および虚数部のいずれか一方が制御されてもよいし、両方の極性が制御されてもよい。

[0138] 図１４は、変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列を２つの階層に多重して送信する送信装置６００の構成の一例を示す。送信装置６００の構成は、送信装置５００の構成とは異なる。図１４を参照しながら送信装置６００の構成および動作を説明する。

[0139] 送信装置６００は、符号化部６１１、インタリーブ部６１２、マッピング部６１３、乗算部６１４、符号化部６２１、インタリーブ部６２２、マッピング部６２３、変換部６２５、乗算部６２４、加算部６３０およびＲＦ部６４０を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。乗算部６１４、乗算部６２４および加算部６３０は、全体として重畳部とも表現され得

る。ＲＦ部６４０は、送信部とも表現され得る。ＲＦ部６４０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0140] 符号化部６１１は、入力された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部６１２は、符号化部６１１で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0141] マッピング部６１３は、インタリーブ部６１２で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。第１のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部６１３は、第１のビット列を第１のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第１のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0142] 符号化部６２１は、入力された第２のデータ系列に第２の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第２のビット列を生成する。インタリーブ部６２２は、符号化部６２１で生成された第２のビット列のビット順を第２の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0143] マッピング部６２３は、インタリーブ部６２２で並べ替えられた第２のビット列に対して第２のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第２の変調シンボルで構成される第２の変調シンボル列を生成する。第２のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部６２３は、第２のビット列を第２のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第２のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0144] 変換部６２５は、生成された第１の変調シンボルに基づいて、当該第１の変調シンボルと重畳される第２の変調シンボルに変換を施す。これにより、

変換部６２５は、第２の変調シンボル列に変換を施す。

[0145] 乗算部６１４は、第１の変調シンボル列の第１の変調シンボルに対して第１の振幅係数a_1を乗算する。乗算部６２４は、変換部６２５で変換された第２の変調シンボル列の第２の変調シンボルに対して第２の振幅係数a_2を乗算する。加算部６３０は、第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボルと、第２の振幅係数a_2が乗算された第２の変調シンボルとを重畳して、複数の重畳変調シンボルで構成される重畳変調シンボル列を生成する。

[0146] ＲＦ部６４０は、生成された重畳変調シンボル列を信号として送信する。具体的には、ＲＦ部６４０は、加算部６３０で生成された重畳変調シンボル列から、重畳変調シンボル列に対応する信号として無線周波数帯の信号を生成し、当該無線周波数帯の信号をアンテナから送信する。

[0147] つまり、乗算部６１４、乗算部６２４および加算部６３０で構成される重畳部は、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された信号である多重信号を生成する。そして、ＲＦ部６４０は、多重信号を送信する。なお、多重信号は、重畳変調シンボル列に対応する。また、所定の振幅比率は、１：１でもよく、乗算処理は、省略されてもよい。

[0148] 第１のマッピング方式としてＱＰＳＫを用いる場合を例に挙げて、変換部６２５の動作を説明する。

[0149] 例えば、$S_1(t)$が、マッピング部６１３で生成される第１の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルであり、$b_1(t)$および$b_2(t)$が、$S_1(t)$にマッピングされる複数のビットである場合、変調シンボル$S_1(t)$は、式８で与えられる。

[0150] [数8]

$$S_1(t) = \frac{(2 \cdot b_1(t) - 1) + i \cdot (2 \cdot b_2(t) - 1)}{\sqrt{2}} \qquad (式8)$$

[0151] ここで、ｉは虚数単位である。変調シンボル$S_1(t)$は、式８の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられて

もよい。ビットｂ$_1$（ｔ）は、変調シンボルＳ$_1$（ｔ）の実数部に寄与しているビットである。ビットｂ$_2$（ｔ）は、変調シンボルＳ$_1$（ｔ）の虚数部に寄与しているビットである。

[0152] 変換部６２５は、マッピング部６２３で生成された第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルＳ$_2$（ｔ）を式９のように変調シンボルＳ$_1$（ｔ）に基づいてＳ’$_2$（ｔ）に変換する。

[0153] [数9]

$$S'_2(t) = -\mathrm{sgn}(\mathrm{Re}[S_1(t)]) \cdot \mathrm{Re}[S_2(t)] - i \cdot \mathrm{sgn}(\mathrm{Im}[S_1(t)]) \cdot \mathrm{Im}[S_2(t)] \quad (式9)$$

[0154] ここで、Ｓ’$_2$（ｔ）は、変換された第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルである。また、Ｒｅ［Ｓ$_2$（ｔ）］はＳ$_2$（ｔ）の実数部の値であり、Ｉｍ［Ｓ$_2$（ｔ）］はＳ$_2$（ｔ）の虚数部の値である。また、ｓｇｎ（Ｒｅ［Ｓ$_1$（ｔ）］）はＳ$_1$（ｔ）の実数部の極性であり、ｓｇｎ（Ｉｍ［Ｓ$_1$（ｔ）］）はＳ$_1$（ｔ）の虚数部の極性である。

[0155] 変調シンボルＳ’$_2$（ｔ）は、式９の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。なお、式９に基づく変換は、式７に基づく変換と実質的に同じである。

[0156] 以上のように、変形重畳符号化では、第２の変調シンボルの実数部および虚数部の極性が、第２の変調シンボルと重畳される第１の変調シンボルに応じて制御される。なお、第２の変調シンボルの実数部および虚数部の極性が、第２の変調シンボルと重畳される第１の変調シンボルにマッピングされるビットの値に応じて制御されてもよい。また、第２の変調シンボルの実数部および虚数部のいずれか一方が制御されてもよいし、両方の極性が制御されてもよい。

[0157] 図１５は、変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列を２つの階層に多重して送信する送信装置７００の構成の一例を示す。送信装置７００の構成は、送信装置５００および６００の構成とは異なる。図１５を参照しながら送信装置７００の構成および動作を説明する。

[0158] 送信装置７００は、符号化部７１１、インタリーブ部７１２、マッピング部７１３、乗算部７１４、符号化部７２１、インタリーブ部７２２、マッピング部７２３、乗算部７２４、加算部７３０およびＲＦ部７４０を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。乗算部７１４、乗算部７２４および加算部７３０は、全体として重畳部とも表現され得る。ＲＦ部７４０は、送信部とも表現され得る。ＲＦ部７４０は、アンテナを含んでいてもよい。マッピング部７２３は、変換部を含んでいてもよい。

[0159] 符号化部７１１は、入力された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部７１２は、符号化部７１１で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0160] マッピング部７１３は、インタリーブ部７１２で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。第１のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部７１３は、第１のビット列を第１のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第１のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0161] 符号化部７２１は、入力された第２のデータ系列に第２の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第２のビット列を生成する。インタリーブ部７２２は、符号化部７２１で生成された第２のビット列のビット順を第２の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0162] マッピング部７２３は、マッピング部７１３で第１の変調シンボル列にマッピングされる第１のビット列に応じて第２のマッピング方式を変換（変形）する。そして、マッピング部７２３は、インタリーブ部７２２で並べ替えられた第２のビット列に対して、第１のビット列に応じて変換された第２の

マッピング方式に従ったマッピング処理を施す。これにより、マッピング部７２３は、複数の第２の変調シンボルで構成される第２の変調シンボル列を生成する。

[0163] 第２のマッピング方式に従ったマッピング処理において、マッピング部７２３は、第２のビット列を第２のビット数のビット群毎に、当該ビット群の値に従って第２のコンステレーションにおける複数の信号点のうちのいずれか１つの信号点へマッピングする。

[0164] 乗算部７１４は、第１の変調シンボル列の第１の変調シンボルに対して第１の振幅係数a_1を乗算する。乗算部７２４は、第２の変調シンボル列の第２の変調シンボルに対して第２の振幅係数a_2を乗算する。加算部７３０は、第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボルと、第２の振幅係数a_2が乗算された第２の変調シンボルとを重畳して、複数の重畳変調シンボルで構成される重畳変調シンボル列を生成する。

[0165] ＲＦ部７４０は、生成された重畳変調シンボル列を信号として送信する。具体的には、ＲＦ部７４０は、加算部７３０で生成された重畳変調シンボル列から、重畳変調シンボル列に対応する信号として無線周波数帯の信号を生成し、当該無線周波数帯の信号をアンテナから送信する。

[0166] つまり、乗算部７１４、乗算部７２４および加算部７３０で構成される重畳部は、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された信号である多重信号を生成する。そして、ＲＦ部７４０は、多重信号を送信する。なお、多重信号は、重畳変調シンボル列に対応する。また、所定の振幅比率は、１：１でもよく、乗算処理は、省略されてもよい。

[0167] 第１のマッピング方式としてＱＰＳＫを用いる場合を例に挙げて、マッピング部７２３の動作を説明する。

[0168] 例えば、$S_1(t)$が、マッピング部７１３で生成される第１の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルであり、$b_1(t)$および$b_2(t)$が、$S_1(t)$にマッピングされる複数のビットである場合、変調シンボル$S_1(t)$は、

式１０で与えられる。

[0169] [数10]

$$S_1(t) = \frac{(2\cdot b_1(t)-1)+i\cdot(2\cdot b_2(t)-1)}{\sqrt{2}} \quad (式１０)$$

[0170] ここで、ｉは虚数単位である。変調シンボルＳ$_1$（ｔ）は、式１０の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。ビットｂ$_1$（ｔ）は、変調シンボルＳ$_1$（ｔ）の実数部に寄与しているビットである。ビットｂ$_2$（ｔ）は、変調シンボルＳ$_1$（ｔ）の虚数部に寄与しているビットである。

[0171] マッピング部７２３は、インタリーブ部７２２から入力された第２のビット列のうち、第２のコンステレーションの実数部にもっとも寄与するビットに対して、ｂ$_1$（ｔ）の排他的論理和を施す。また、マッピング部７２３は、インタリーブ部７２２から入力された第２のビット列のうち、第２のコンステレーションの虚数部にもっとも寄与するビットに対して、ｂ$_2$（ｔ）の排他的論理和を施す。そして、これらの排他的論理和が施された第２のビット列を第２のコンステレーションに基づいてマッピングする。

[0172] ここで、第２のコンステレーションの実数部にもっとも寄与するビットとは、例えば当該ビットの値を０から１へまたは１から０へ反転すると、第２のコンステレーションの実数部の極性が反転するビットを意味する。すなわち、第２のコンステレーションの実数部にもっとも寄与するビットとは、例えば当該ビットの値を０から１へまたは１から０へ反転すると、変調シンボルにおける実数部の値の正負の符号が反転するビットを意味する。

[0173] 同様に、第２のコンステレーションの虚数部にもっとも寄与するビットとは、例えば当該ビットの値を０から１へまたは１から０へ反転すると、第２のコンステレーションの虚数部の極性が反転するビットを意味する。すなわち、第２のコンステレーションの虚数部にもっとも寄与するビットとは、例えば当該ビットの値を０から１へまたは１から０へ反転すると、変調シンボルにおける虚数部の値の正負の符号が反転するビットを意味する。

[0174] 上記において、マッピング部７２３は、第２のビット列を変換することにより、実質的に第２のマッピング方式（第２のコンステレーション）を変換する。しかしながら、マッピング部７２３は、第２のビット列を変換することなく、直接的に第２のマッピング方式（第２のコンステレーション）を変換してもよい。つまり、マッピング部７２３は、第２のコンステレーションにおけるビット群と信号点との対応付けを変換してもよい。

[0175] また、マッピング部７２３によって行われる変換は、マッピング部７２３に含まれる変換部によって行われてもよい。

[0176] 以上のように、変形重畳符号化では、第２の変調シンボルの実数部および虚数部の極性が、第２の変調シンボルと重畳される第１の変調シンボルにマッピングされるビットの値に応じて制御される。なお、第２の変調シンボルの実数部および虚数部の極性が、第２の変調シンボルと重畳される第１の変調シンボルに応じて制御されてもよい。また、第２の変調シンボルの実数部および虚数部のいずれか一方が制御されてもよいし、両方の極性が制御されてもよい。

[0177] ＜変形重畳符号化で得られた信号の逐次復号＞

図１６は、上述した変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列が２つの階層に多重された信号を受信して逐次復号し、多重された２つのデータ系列の両方またはいずれか一方を取得することが可能な受信装置８００の構成の一例を示す。図１６を参照しながら受信装置８００の構成および動作を説明する。

[0178] 受信装置８００は、ＲＦ部８３０、デマッピング部８１１、デインタリーブ部８１２、復号部８１３、符号化部８１４、インタリーブ部８１５、マッピング部８１６、乗算部８１７、遅延部８１８、減算部８１９、変換部８２０、デマッピング部８２１、デインタリーブ部８２２および復号部８２３を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。

[0179] デマッピング部８１１、デインタリーブ部８１２、復号部８１３、符号化部８１４、インタリーブ部８１５、マッピング部８１６、乗算部８１７、遅

延部８１８、減算部８１９、変換部８２０、デマッピング部８２１、デインタリーブ部８２２および復号部８２３は、全体として導出部とも表現され得る。ＲＦ部８３０は、受信部とも表現され得る。ＲＦ部８３０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0180] 受信装置８００は、送信装置５００、６００または７００から送信された多重信号をアンテナで受信してＲＦ部８３０に入力する。つまり、ＲＦ部８３０は、アンテナを介して多重信号を受信する。ＲＦ部８３０によって受信された多重信号は、受信信号とも表現され、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とが多重された重畳変調シンボル列に対応する。ＲＦ部８３０は、無線周波数帯の受信信号からベースバンドの受信信号を生成する。

[0181] デマッピング部８１１は、ベースバンドの受信信号を第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第１のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第１のコンステレーションには、振幅係数a_1が反映されている。

[0182] デインタリーブ部８１２は、第１のビット尤度列を第１の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部８１３は、デインタリーブ部８１２で並べ替えられた第１のビット尤度列を用いて第１の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を行い、復号結果を第１のデータ系列として出力する。

[0183] ここで、デマッピング部８１１は、重畳変調シンボル列に対応する受信信号のうち、第２のデータ系列の第２の変調シンボルに対応する成分を未知な信号（ノイズ）として取扱い、第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングを行う。

[0184] 受信装置８００は、第１のデータ系列のみが取得対象である場合、第１のデータ系列の推定が完了した時点で処理を終了する。一方、第１のデータ系列に加えて第２のデータ系列が取得対象である場合、または、第２のデータ系列のみが取得対象である場合、受信装置８００は、第２のデータ系列を取得するために以下の処理を実施する。

[0185] 符号化部８１４は、復号部８１３で取得された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部８１５は、符号化部８１４で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0186] マッピング部８１６は、インタリーブ部８１５で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。乗算部８１７は、マッピング部８１６が出力する第１の変調シンボル列に第１の振幅係数a_1を乗算する。

[0187] 遅延部８１８は、ＲＦ部８３０がベースバンドの受信信号を出力してから、再生された第１の変調シンボル列を乗算部８１７が出力するまでの間、ＲＦ部８３０から出力された受信信号を遅延させる。

[0188] 減算部８１９は、遅延部８１８で遅延させられた受信信号から、乗算部８１７で第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボル列を減算する。これにより、減算部８１９は、第１の変調シンボルに対応する成分と第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された受信信号から、第１の変調シンボルに対応する成分を除去する。そして、減算部８１９は、第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された信号を第２の変調シンボル列に対応する信号として出力する。

[0189] 変換部８２０は、符号化およびインタリーブ等により再生された第１のビット列を用いて、減算部８１９から第２の変調シンボル列に対応する信号として出力された信号に変換を施す。デマッピング部８２１は、変換部８２０が出力する信号を第２のマッピング方式の第２のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第２のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第２のコンステレーションには、振幅係数a_2が反映されている。

[0190] デインタリーブ部８２２は、第２のビット尤度列を第２の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブ

とも呼ばれる。復号部８２３は、デインタリーブ部８２２で並べ替えられた第２のビット尤度列に対して第２の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第２のデータ系列として出力する。

[0191] 第１のマッピング方式としてＱＰＳＫを用いる場合を例に挙げて、変換部８２０の動作を説明する。

[0192] 例えば、S_1（ｔ）が、マッピング部８１６で生成される第１の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルであり、b_1（ｔ）およびb_2（ｔ）が、S_1（ｔ）にマッピングされる複数のビットである場合、変調シンボルS_1（ｔ）は、式１１で与えられる。

[0193] [数11]

$$S_1(t) = \frac{(2 \cdot b_1(t) - 1) + i \cdot (2 \cdot b_2(t) - 1)}{\sqrt{2}} \quad (式１１)$$

[0194] ここで、ｉは虚数単位である。変調シンボルS_1（ｔ）は、式１１の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。ビットb_1（ｔ）は、変調シンボルS_1（ｔ）の実数部に寄与しているビットである。ビットb_2（ｔ）は、変調シンボルS_1（ｔ）の虚数部に寄与しているビットである。

[0195] 変換部８２０は、減算部８１９によって出力された信号のうち第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルに対応する信号S_2（ｔ）を式１２のようにb_1（ｔ）およびb_2（ｔ）に基づいてS'_2（ｔ）に変換する。

[0196] [数12]

$$S'_2(t) = (-1)^{b_1(t)} \cdot \mathrm{Re}[S_2(t)] + i \cdot (-1)^{b_2(t)} \cdot \mathrm{Im}[S_2(t)] \quad (式１２)$$

[0197] ここで、S'_2（ｔ）は、変換後の信号である。また、Ｒｅ［S_2（ｔ）］はS_2（ｔ）の実数部の値であり、Ｉｍ［S_2（ｔ）］はS_2（ｔ）の虚数部の値である。変換後の信号S'_2（ｔ）は、式１２の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。

[0198] 以上のようにして、受信装置８００は、アンテナで受信した信号から第１のデータ系列および第２のデータ系列の両方またはいずれか一方を取得する

。

[0199] 図１７は、上述した変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列が２つの階層に多重された信号を受信して逐次復号し、多重された２つのデータ系列の両方またはいずれか一方を取得することが可能な受信装置９００の構成の一例を示す。受信装置９００の構成は、受信装置８００の構成とは異なる。図１７を参照しながら受信装置９００の構成および動作を説明する。

[0200] 受信装置９００は、ＲＦ部９３０、デマッピング部９１１、デインタリーブ部９１２、復号部９１３、符号化部９１４、インタリーブ部９１５、マッピング部９１６、乗算部９１７、遅延部９１８、減算部９１９、変換部９２０、デマッピング部９２１、デインタリーブ部９２２および復号部９２３を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。

[0201] デマッピング部９１１、デインタリーブ部９１２、復号部９１３、符号化部９１４、インタリーブ部９１５、マッピング部９１６、乗算部９１７、遅延部９１８、減算部９１９、変換部９２０、デマッピング部９２１、デインタリーブ部９２２および復号部９２３は、全体として導出部とも表現され得る。ＲＦ部９３０は、受信部とも表現され得る。ＲＦ部９３０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0202] 受信装置９００は、送信装置５００、６００または７００から送信された多重信号をアンテナで受信してＲＦ部９３０に入力する。つまり、ＲＦ部９３０は、アンテナを介して多重信号を受信する。ＲＦ部９３０によって受信された多重信号は、受信信号とも表現され、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とが多重された重畳変調シンボル列に対応する。ＲＦ部９３０は、無線周波数帯の受信信号からベースバンドの受信信号を生成する。

[0203] デマッピング部９１１は、ベースバンドの受信信号を第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第１のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第１のコンステレーションには、振幅係数a_1が反映されている。

[0204] デインタリーブ部９１２は、第１のビット尤度列を第１の並び替え規則と

逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部９１３は、デインタリーブ部９１２で並べ替えられた第１のビット尤度列を用いて第１の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を行い、復号結果を第１のデータ系列として出力する。

[0205] ここで、デマッピング部９１１は、重畳変調シンボル列に対応する受信信号のうち、第２のデータ系列の第２の変調シンボルに対応する成分を未知な信号（ノイズ）として取扱い、第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングを行う。

[0206] 受信装置９００は、第１のデータ系列のみが取得対象である場合、第１のデータ系列の推定が完了した時点で処理を終了する。一方、第１のデータ系列に加えて第２のデータ系列が取得対象である場合、または、第２のデータ系列のみが取得対象である場合、受信装置９００は、第２のデータ系列を取得するために以下の処理を実施する。

[0207] 符号化部９１４は、復号部９１３で取得された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部９１５は、符号化部９１４で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0208] マッピング部９１６は、インタリーブ部９１５で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。乗算部９１７は、マッピング部９１６が出力する第１の変調シンボル列に第１の振幅係数a_1を乗算する。

[0209] 遅延部９１８は、ＲＦ部９３０がベースバンドの受信信号を出力してから、再生された第１の変調シンボル列を乗算部９１７が出力するまでの間、ＲＦ部９３０から出力された受信信号を遅延させる。

[0210] 減算部９１９は、遅延部９１８で遅延させられた受信信号から、乗算部９１７で第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボル列を減算する。こ

れにより、減算部９１９は、第１の変調シンボルに対応する成分と第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された受信信号から、第１の変調シンボルに対応する成分を除去する。そして、減算部９１９は、第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された信号を第２の変調シンボル列に対応する信号として出力する。

[0211] 変換部９２０は、符号化、インタリーブおよびマッピング等により再生された第１の変調シンボル列を用いて、減算部９１９から第２の変調シンボル列に対応する信号として出力された信号に変換を施す。デマッピング部９２１は、変換部９２０が出力する信号を第２のマッピング方式の第２のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第２のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第２のコンステレーションには、振幅係数a_2が反映されている。

[0212] デインタリーブ部９２２は、第２のビット尤度列を第２の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部９２３は、デインタリーブ部９２２で並べ替えられた第２のビット尤度列に対して第２の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第２のデータ系列として出力する。

[0213] 第１のマッピング方式としてＱＰＳＫを用いる場合を例に挙げて、変換部９２０の動作を説明する。

[0214] 例えば、$S_1(t)$が、マッピング部９１６で生成される第１の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルであり、$b_1(t)$および$b_2(t)$が、$S_1(t)$にマッピングされる複数のビットである場合、変調シンボル$S_1(t)$は、式１３で与えられる。

[0215] [数13]

$$S_1(t) = \frac{(2 \cdot b_1(t) - 1) + i \cdot (2 \cdot b_2(t) - 1)}{\sqrt{2}} \quad (式13)$$

[0216] ここで、ｉは虚数単位である。変調シンボル$S_1(t)$は、式１３の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられ

てもよい。ビットb_1（ｔ）は、変調シンボルS_1（ｔ）の実数部に寄与しているビットである。ビットb_2（ｔ）は、変調シンボルS_1（ｔ）の虚数部に寄与しているビットである。

[0217] 変換部９２０は、減算部９１９によって出力された信号のうち第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルに対応する信号S_2（ｔ）を式１４のように変調シンボルS_1（ｔ）に基づいてS'_2（ｔ）に変換する。

[0218] [数14]

$$S'_2(t) = -\mathrm{sgn}(\mathrm{Re}[S_1(t)]) \cdot \mathrm{Re}[S_2(t)] - i \cdot \mathrm{sgn}(\mathrm{Im}[S_1(t)]) \cdot \mathrm{Im}[S_2(t)] \quad \text{（式１４）}$$

[0219] ここで、S'_2（ｔ）は、変換後の信号である。また、Ｒｅ［S_2（ｔ）］はS_2（ｔ）の実数部の値であり、Ｉｍ［S_2（ｔ）］はS_2（ｔ）の虚数部の値である。また、ｓｇｎ（Ｒｅ［S_1（ｔ）］）はS_1（ｔ）の実数部の極性であり、ｓｇｎ（Ｉｍ［S_1（ｔ）］）はS_1（ｔ）の虚数部の極性である。変換後の信号S'_2（ｔ）は、式１４の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。なお、式１４に基づく変換は、式１２に基づく変換と実質的に同じである。

[0220] 以上のようにして、受信装置９００は、アンテナで受信した信号から第１のデータ系列および第２のデータ系列の両方またはいずれか一方を取得する。

[0221] 図１８は、上述した変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列が２つの階層に多重された信号を受信して逐次復号し、多重された２つのデータ系列の両方またはいずれか一方を取得することが可能な受信装置１０００の構成の一例を示す。受信装置１０００の構成は、受信装置８００および９００の構成とは異なる。図１８を参照しながら受信装置１０００の構成および動作を説明する。

[0222] 受信装置１０００は、ＲＦ部１０３０、デマッピング部１０１１、デインタリーブ部１０１２、復号部１０１３、符号化部１０１４、インタリーブ部１０１５、マッピング部１０１６、乗算部１０１７、遅延部１０１８、減算

部１０１９、デマッピング部１０２１、デインタリーブ部１０２２および復号部１０２３を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。

[0223] デマッピング部１０１１、デインタリーブ部１０１２、復号部１０１３、符号化部１０１４、インタリーブ部１０１５、マッピング部１０１６、乗算部１０１７、遅延部１０１８、減算部１０１９、デマッピング部１０２１、デインタリーブ部１０２２および復号部１０２３は、全体として導出部とも表現され得る。ＲＦ部１０３０は、受信部とも表現され得る。ＲＦ部１０３０は、アンテナを含んでいてもよい。デマッピング部１０２１は、変換部を含んでいてもよい。

[0224] 受信装置１０００は、送信装置５００、６００または７００から送信された多重信号をアンテナで受信してＲＦ部１０３０に入力する。つまり、ＲＦ部１０３０は、アンテナを介して多重信号を受信する。ＲＦ部１０３０によって受信された多重信号は、受信信号とも表現され、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とが多重された重畳変調シンボル列に対応する。ＲＦ部１０３０は、無線周波数帯の受信信号からベースバンドの受信信号を生成する。

[0225] デマッピング部１０１１は、ベースバンドの受信信号を第１のマッピング方式の第１のコンステレーションに基づいてデマッピングし、第１のビット尤度列を生成する。例えば、デマッピングのための第１のコンステレーションには、振幅係数a_1が反映されている。

[0226] デインタリーブ部１０１２は、第１のビット尤度列を第１の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部１０１３は、デインタリーブ部１０１２で並べ替えられた第１のビット尤度列を用いて第１の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を行い、復号結果を第１のデータ系列として出力する。

[0227] ここで、デマッピング部１０１１は、重畳変調シンボル列に対応する受信信号のうち第２のデータ系列の第２の変調シンボルに対応する成分を未知な信号（ノイズ）として取扱い、第１のマッピング方式の第１のコンステレー

ションに基づいてデマッピングを行う。

[0228] 受信装置１０００は、第１のデータ系列のみが取得対象である場合、第１のデータ系列の推定が完了した時点で処理を終了する。一方、第１のデータ系列に加えて第２のデータ系列が取得対象である場合、または、第２のデータ系列のみが取得対象である場合、受信装置１０００は、第２のデータ系列を取得するために以下の処理を実施する。

[0229] 符号化部１０１４は、復号部１０１３で取得された第１のデータ系列に第１の誤り制御符号化方式に基づく符号化を施して第１のビット列を生成する。インタリーブ部１０１５は、符号化部１０１４で生成された第１のビット列のビット順を第１の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、インタリーブとも呼ばれる。

[0230] マッピング部１０１６は、インタリーブ部１０１５で並べ替えられた第１のビット列に対して第１のマッピング方式に従ったマッピング処理を施し、複数の第１の変調シンボルで構成される第１の変調シンボル列を生成する。乗算部１０１７は、マッピング部１０１６が出力する第１の変調シンボル列に第１の振幅係数a_1を乗算する。

[0231] 遅延部１０１８は、ＲＦ部１０３０がベースバンドの受信信号を出力してから、再生された第１の変調シンボル列を乗算部１０１７が出力するまでの間、ＲＦ部１０３０から出力された受信信号を遅延させる。

[0232] 減算部１０１９は、遅延部１０１８で遅延させられた受信信号から、乗算部１０１７で第１の振幅係数a_1が乗算された第１の変調シンボル列を減算する。これにより、減算部１０１９は、第１の変調シンボルに対応する成分と第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された受信信号から、第１の変調シンボルに対応する成分を除去する。そして、減算部１０１９は、第２の変調シンボルに対応する成分とノイズとが重畳された信号を第２の変調シンボル列に対応する信号として出力する。

[0233] デマッピング部１０２１は、減算部１０１９から第２の変調シンボル列に対応する信号として出力された信号を第２のマッピング方式の第２のコンス

テレーションに基づいてデマッピングし、第２のビット尤度列を生成する。その際、符号化およびインタリーブ等により再生された第１のビット列が、この処理に反映される。また、例えば、デマッピングのための第２のコンステレーションには、振幅係数a_2が反映されている。

[0234] デインタリーブ部１０２２は、第２のビット尤度列を第２の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部１０２３は、デインタリーブ部１０２２で並べ替えられた第２のビット尤度列に対して第２の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第２のデータ系列として出力する。

[0235] 第１のマッピング方式としてＱＰＳＫを用いる場合を例に挙げて、デマッピング部１０２１の動作を説明する。

[0236] 例えば、$S_1(t)$が、マッピング部１０１６で生成される第１の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルであり、$b_1(t)$および$b_2(t)$が、$S_1(t)$にマッピングされる複数のビットである場合、変調シンボル$S_1(t)$は、式１５で与えられる。

[0237] [数15]

$$S_1(t)=\frac{(2\cdot b_1(t)-1)+i\cdot(2\cdot b_2(t)-1)}{\sqrt{2}} \quad (式15)$$

[0238] ここで、ｉは虚数単位である。変調シンボル$S_1(t)$は、式１５の実数部および虚数部のいずれか一方あるいは両方の極性が反転された式で与えられてもよい。ビット$b_1(t)$は、変調シンボル$S_1(t)$の実数部に寄与しているビットである。ビット$b_2(t)$は、変調シンボル$S_1(t)$の虚数部に寄与しているビットである。

[0239] デマッピング部１０２１は、減算部１０１９から第２の変調シンボル列のｔ番目の変調シンボルに対応する信号として出力された信号$S_2(t)$を第２のマッピング方式の第２のコンステレーションに基づいてデマッピングする。

[0240] デマッピング部１０２１は、デマッピングで得られたビット尤度列のうち

、第２のコンステレーションの実数部にもっとも寄与するビットに対応するビット尤度に対して$b_1(t)$に応じた反転処理を施す。また、デマッピング部１０２１は、デマッピングで得られたビット尤度列のうち、第２のコンステレーションの虚数部にもっとも寄与するビットに対応するビット尤度に対して$b_2(t)$に応じた反転処理を施す。

[0241] 例えば、デマッピング部１０２１は、デマッピングで得られたビット尤度列のうち、第２のコンステレーションの実数部にもっとも寄与するビットに対応するビット尤度に対して$b_1(t)$の排他的論理和を施す。また、デマッピング部１０２１は、デマッピングで得られたビット尤度列のうち、第２のコンステレーションの虚数部にもっとも寄与するビットに対応するビット尤度に対して$b_2(t)$の排他的論理和を施す。

[0242] デマッピング部１０２１は、上記の反転処理を施した後のビット尤度列を第２のビット尤度列として出力する。

[0243] 上記において、デマッピング部１０２１は、ビット尤度列を変換することにより、実質的に第２のマッピング方式（第２のコンステレーション）を変換する。しかしながら、デマッピング部１０２１は、ビット尤度列を変換することなく、直接的に第２のマッピング方式（第２のコンステレーション）を変換してもよい。つまり、デマッピング部１０２１は、第２のコンステレーションにおけるビット群と信号点との対応付けを変換してもよい。

[0244] また、デマッピング部１０２１によって行われる変換は、デマッピング部１０２１に含まれる変換部によって行われてもよい。

[0245] 以上のようにして、受信装置１０００は、アンテナで受信した信号から第１のデータ系列および第２のデータ系列の両方またはいずれか一方を取得する。

[0246] ＜変形重畳符号化で得られた信号の並列復号＞

以下では、本実施の形態における変形重畳符号化で得られた信号を並列復号する受信方法について説明する。送信装置の構成は、図１３に示した送信装置５００、図１４に示した送信装置６００、または、図１５に示した送信

装置７００と同じであるため説明を省略する。変形重畳符号化における並列復号では、受信装置は、受信信号に含まれる第１の階層の変調シンボル列の成分を除去せずに、第１の階層の変調シンボル列の成分を未知な信号（ノイズ）として取扱い、第２の階層を復号する。

[0247] 図１９は、変形重畳符号化を用いて２つのデータ系列が２つの階層に多重された信号を受信して並列復号し、多重された２つのデータ系列の両方またはいずれか一方を取得することが可能な受信装置１１００の構成の一例を示す。図１９を参照しながら受信装置１１００の構成および動作を説明する。

[0248] 受信装置１１００は、ＲＦ部１１３０、デマッピング部１１１０、デインタリーブ部１１１２、復号部１１１３、デインタリーブ部１１２２および復号部１１２３を備える。各構成要素は、専用または汎用の回路でもよい。デマッピング部１１１０、デインタリーブ部１１１２、復号部１１１３、デインタリーブ部１１２２および復号部１１２３は、全体として導出部とも表現され得る。ＲＦ部１１３０は、受信部とも表現され得る。ＲＦ部１１３０は、アンテナを含んでいてもよい。

[0249] 受信装置１１００は、送信装置５００、６００または７００から送信された多重信号をアンテナで受信してＲＦ部１１３０に入力する。つまり、ＲＦ部１１３０は、アンテナを介して多重信号を受信する。ＲＦ部１１３０によって受信された多重信号は、受信信号とも表現され得る。ＲＦ部１１３０は、無線周波数帯の受信信号からベースバンドの受信信号を生成する。

[0250] デマッピング部１１１０は、ベースバンドの受信信号をデマッピングし、第１のビット尤度列および第２のビット尤度列を生成する。デマッピング部１１１０は、例えば、変形重畳符号化を用いて第１の変調シンボルと第２の変調シンボルとが重畳された重畳変調シンボルの信号点の配置を示す変形重畳コンステレーションに基づいてデマッピングを行う。

[0251] 変形重畳コンステレーションは、第１のマッピング方式の第１のコンステレーション、第２のマッピング方式の第２のコンステレーション、第１の振幅係数a_1および第１の振幅係数a_2等に応じて決まる。

[0252] 図２０は、変形重畳符号化に対応する変形重畳コンステレーションの一例を示す。具体的には、図４に示されたＱＰＳＫのコンステレーションと、図５に示されたＮｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションとが組み合わされている。

[0253] より具体的には、ＱＰＳＫのコンステレーションの４つの信号点に従って、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーション（２５６個の信号点）が、複素平面上の４つの領域のそれぞれに配置されている。Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションに対応するこれらの４つの領域は、部分的に重なっていてもよい。そして、この変形重畳コンステレーションでは、第２の変調シンボル列の変換が反映されている。

[0254] 例えば、ＱＰＳＫのコンステレーションの４つの信号点のうち、実数部が正である信号点に対して、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションが組み合わされる際に、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションの実数部の極性が反転される。また、例えば、ＱＰＳＫのコンステレーションの４つの信号点のうち、虚数部が正である信号点に対して、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションが組み合わされる際に、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションの虚数部の極性が反転される。

[0255] 具体的には、図２０に、第１の信号点、第２の信号点、第３の信号点、第４の信号点、第５の信号点および第６の信号点が示されている。Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションの実数部の極性が反転されない場合、第１の信号点と第３の信号点とは、第２のビット列について同じビット値に対応する。同様に、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションの虚数部の極性が反転されない場合、第４の信号点と第６の信号点とは、第２のビット列について同じビット値に対応する。

[0256] Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションの実数部の極性が反転された場合、第１の信号点と第２の信号点とが、第２のビット列について同じビット値に対応する。また、Ｎｕ－２５６ＱＡＭのコンステレーションの虚数部の極性が反転された場合、第４の信号点と第５の信号点とが、第２のビット列

について同じビット値に対応する。つまり、第２のビット列について同じビット値に対応する複数の信号点が、反転によって近付き、まとめられる。これにより、ノイズによってデマッピングに及ぼされる影響が抑制される。

[0257] デマッピング部１１１０は、図２０に示されているような変形重畳コンステレーションに基づいてデマッピングを行う。すなわち、デマッピング部１１１０は、第２の階層の変調シンボル列が未知な状態で第１のビット尤度列を生成し、第１の階層の変調シンボル列が未知な状態で第２のビット尤度列を生成する。

[0258] なお、デマッピング部１１１０は、第１のビット尤度列の生成に、第１のマッピング方式の第１のコンステレーションを用い、第２のビット尤度列の生成には、上述した変形重畳コンステレーションを用いてもよい。

[0259] デマッピング部１１１０は、第１のビット尤度列の生成に第１のコンステレーションを用いた場合、第１のビット尤度列の生成にも変形重畳コンステレーションを用いる場合と比較して、第１のビット尤度列の生成に考慮される信号点の数を減らすことができる。したがって、この場合、デマッピング部１１１０は、演算量を削減することができる。

[0260] また、例えば、デマッピング部１１１０は、受信信号をデマッピングすることにより第１のビット尤度列を生成する第１のデマッピング部と、受信信号をデマッピングすることにより第２のビット尤度列を生成する第２のデマッピング部とに対応する。デマッピング部１１１０は、受信信号をデマッピングすることにより第１のビット尤度列を生成する第１のデマッピング部と、受信信号をデマッピングすることにより第２のビット尤度列を生成する第２のデマッピング部とを備えていてもよい。

[0261] また、デマッピング部１１１０は、変形重畳コンステレーションではなく、重畳コンステレーションで生成された第２のビット尤度列を第１のビット尤度列に応じて変換してもよい。これにより、デマッピング部１１１０は、変形重畳コンステレーションで生成される第２のビット尤度列と同じ第２のビット尤度列を取得することができる。

[0262] また、デマッピング部１１１０は、変形重畳コンステレーションを用いずに、多重信号を変換することにより、変形重畳コンステレーションで生成される第２のビット尤度列と同じ第２のビット尤度列を取得してもよい。

[0263] デインタリーブ部１１１２は、第１のビット尤度列を第１の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部１１１３は、デインタリーブ部１１１２で並べ替えられた第１のビット尤度列に対して第１の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第１のデータ系列として出力する。

[0264] デインタリーブ部１１２２は、第２のビット尤度列を第２の並び替え規則と逆の並び替え規則に基づいて並べ替える。この並び替えは、デインタリーブとも呼ばれる。復号部１１２３は、デインタリーブ部１１２２で並べ替えられた第２のビット尤度列に対して第２の誤り制御符号化方式に基づく復号処理を施し、復号結果を第２のデータ系列として出力する。

[0265] 以上のようにして、受信装置１１００は、アンテナで受信した信号から第１のデータ系列および第２のデータ系列の両方またはいずれか一方を取得する。

[0266] なお、送信装置５００、６００および７００、並びに、受信装置８００、９００、１０００および１１００において、実施の形態１と同様に、並び替え（インタリーブおよびデインタリーブ）は省略されてもよい。すなわち、各インタリーブ部および各デインタリーブ部は、任意の構成要素であって、これらの装置に含まれていなくてもよい。

[0267] ただし、インタリーブとデインタリーブとは対を構成する。したがって、基本的には、送信装置５００、６００および７００が各インタリーブ部を備える場合、受信装置８００、９００、１０００および１１００は、各デインタリーブ部および各インタリーブ部を備える。一方、送信装置５００、６００および７００が各インタリーブ部を備えない場合、受信装置８００、９００、１０００および１１００は、各デインタリーブ部および各インタリーブ部を備えない。

[0268] また、受信装置８００、９００および１０００において、第１の変調シンボルを生成するためのマッピングに振幅係数a_1が反映されていてもよい。この場合、振幅係数a_1の乗算処理が省略されてもよい。そして、受信装置８００、９００および１０００は、それぞれ、乗算部８１７、９１７および１０１７を備えていなくてもよい。

[0269] また、第１のデータ系列および第２のデータ系列の誤り制御符号化は、外部の装置によって行われてもよい。この場合、送信装置５００、６００および７００において、誤り制御符号化が省略されてもよい。そして、送信装置５００、６００および７００は、符号化部５１１、５２１、６１１、６２１、７１１および７２１を備えなくてもよい。

[0270] 図２１は、送信装置５００の動作例を示すフローチャートである。まず、マッピング部５１３は、第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成する（Ｓ３０１）。そして、マッピング部５２３は、第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成する（Ｓ３０２）。

[0271] 変換部５２５は、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらす（Ｓ３０３）。具体的には、変換部５２５は、第１のビット列に応じて、第２の変調シンボル列を変換することにより、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらす。

[0272] 次に、第１の乗算部５１４と第２の乗算部５２４と加算部５３０とで構成される重畳部は、第１の変調シンボル列と、第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することで多重信号を生成する（Ｓ３０４）。そして、ＲＦ部５４０は、生成された多重信号を送信する（Ｓ３０５）。

[0273] なお、上記の動作例において、送信装置５００は、第１のビット列に応じて、第２の変調シンボル列を変換することにより、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらす（Ｓ３０３）。これに代えて

、送信装置６００のように、第１の変調シンボル列に応じて、第２の変調シンボル列を変換することにより、第１の変調シンボル列に応じた変換が第２の変調シンボル列にもたらされてもよい。

[0274] あるいは、送信装置７００のように、第１のビット列に応じて、第２の変調シンボル列を生成するための第２のビット列または第２のマッピング方式（第２のコンステレーション）が変換されてもよい。そして、これにより、第１の変調シンボル列に応じた変換が第２の変調シンボル列にもたらされてもよい。この場合、第２の変調シンボル列の生成前に、第２のビット列または第２のマッピング方式が変換される。

[0275] すなわち、第１のビット列または第１の変調シンボル列に応じて、第２のビット列、第２のマッピング方式または第２の変調シンボル列を変換することにより、第１の変調シンボル列に応じた変換が第２の変調シンボル列にもたらされてもよい。

[0276] また、変換部５２５は、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらすことにより、第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御してもよい。これにより、変換部５２５は、第１の変調シンボルの実数部が所定の実数部条件を満たす場合に第２の変調シンボルの実数部の極性を反転させ、第１の変調シンボルの虚数部が所定の条件を満たす場合に第２の変調シンボルの虚数部の極性を反転させてもよい。

[0277] 所定の実数部条件は、実数部の極性が所定の実数部極性であるという条件でもよいし、実数部が所定の１以上の実数部範囲内であるという条件でもよい。所定の１以上の実数部範囲は、正の範囲でもよいし、負の範囲でもよい。同様に、所定の虚数部条件は、虚数部の極性が所定の虚数部極性であるという条件でもよいし、虚数部が所定の１以上の虚数部範囲内であるという条件でもよい。所定の１以上の虚数部範囲は、正の範囲でもよいし、負の範囲でもよい。

[0278] 図２２は、受信装置８００、９００、１０００および１１００の動作例を

示すフローチャートである。まず、受信部は、多重信号を受信する（Ｓ４０１）。ここで、受信部は、受信装置８００のＲＦ部８３０、受信装置９００のＲＦ部９３０、受信装置１０００のＲＦ部１０３０、または、受信装置１１００のＲＦ部１１３０である。

[0279] 多重信号は、第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列が多重された信号である。また、この多重信号は、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列とが所定の振幅比率で重畳された信号である。

[0280] 第１の変調シンボル列は、第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより生成された変調シンボル列である。第２の変調シンボル列は、第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより生成され、第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた変調シンボル列である。

[0281] 次に、導出部は、多重信号から第１のデータ系列と第２のデータ系列とのうち少なくとも一方を導出する（Ｓ４０２）。

[0282] 例えば、受信装置８００の導出部は、デマッピング部８１１、デインタリーブ部８１２、復号部８１３、符号化部８１４、インタリーブ部８１５、マッピング部８１６、乗算部８１７、遅延部８１８、減算部８１９、変換部８２０、デマッピング部８２１、デインタリーブ部８２２および復号部８２３で構成される。

[0283] また、例えば、受信装置９００の導出部は、デマッピング部９１１、デインタリーブ部９１２、復号部９１３、符号化部９１４、インタリーブ部９１５、マッピング部９１６、乗算部９１７、遅延部９１８、減算部９１９、変換部９２０、デマッピング部９２１、デインタリーブ部９２２および復号部９２３で構成される。

[0284] また、例えば、受信装置１０００の導出部は、デマッピング部１０１１、デインタリーブ部１０１２、復号部１０１３、符号化部１０１４、インタリーブ部１０１５、マッピング部１０１６、乗算部１０１７、遅延部１０１８

、減算部１０１９、デマッピング部１０２１、デインタリーブ部１０２２および復号部１０２３で構成される。

[0285] また、例えば、受信装置１１００の導出部は、デマッピング部１１１０、デインタリーブ部１１１２、復号部１１１３、デインタリーブ部１１２２および復号部１１２３で構成される。

[0286] 上記の動作に従って、第１の変調シンボル列と、第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とが重畳された多重信号が受信される。そして、その多重信号から、多重信号から第１のデータ系列と第２のデータ系列とのうち少なくとも一方が導出される。すなわち、並列復号時の性能劣化が低減されるように重畳された多重信号を受信し、その多重信号から第１のデータ系列および第２のデータ系列の両方またはいずれか一方を効率的に導出することが可能である。

[0287] 図１９に示した並列復号を行う受信装置１１００では、図１６、１７および１８に示した逐次復号を行う受信装置８００、９００および１０００に比べて、第２の階層に対する復号性能が劣化する。

[0288] 第１の階層の信号電力P_{s1}と第２の階層の信号電力P_{s2}との比がP_{s1}：P_{s2}＝２：１である場合の第２の階層の伝送容量のシミュレーション結果の一例を図２３に示す。図２３において、横軸は信号電力P_s対雑音電力P_n比（ＳＮＲ）をｄＢ（デシベル）で表し、縦軸は伝送容量を表す。図２３において、実線は逐次復号を行う場合の第２の階層の伝送容量を示し、破線は並列復号を行う場合の第２の階層の伝送容量を示す。

[0289] 図２３に示すように、並列復号を行う場合は、逐次復号を行う場合と比較して、第２の階層の復号において、同じ伝送容量に対して必要なＳＮＲが増加し、同じＳＮＲに対して伝送容量が減少する。

[0290] 以上のように、本実施の形態における並列復号を行う受信装置１１００は、逐次復号を行う受信装置８００、９００および１０００と比較して、第２の階層で伝送される第２のデータ系列に関する復号性能は劣化する。しかし、第２の階層の復号に必要な構成を減らすことが可能である。

[0291] 具体的には、受信装置１１００では、図１６、１７および１８に示した逐次復号を行う受信装置８００、９００および１０００と比較して、第１の階層の変調シンボル列を再生するための構成要素が不要となる。すなわち、符号化部８１４、９１４および１０１４、インタリーブ部８１５、９１５および１０１５、マッピング部８１６、９１６および１０１６、並びに、乗算部８１７、９１７および１０１７が不要となる。

[0292] また、受信信号を遅延させるための遅延部８１８、９１８および１０１８、並びに、受信信号から再生された第１の階層の変調シンボルの成分を除去する減算部８１９、９１９および１０１９が不要となる。

[0293] よって、回路規模を削減することが可能である。また、受信装置１１００は、受信装置８００、９００および１０００と比較して演算量を低減することができ、消費電力を削減することができる。

[0294] さらに、図１６、１７および１８に示した逐次復号を行う受信装置８００、９００および１０００は、受信信号の第１の階層を復調して第１のデータ系列を取得し、取得された第１のデータ系列から第１の変調シンボル列を生成する。そして、その後に、受信装置８００、９００および１０００は、受信信号の第２の階層の復調を開始して第２のデータ系列を取得している。

[0295] 一方、本実施の形態における並列復号を行う受信装置１１００は、第１のデータ系列の取得と第２のデータ系列の取得とを同時に並行して実行することができるため、処理遅延を短縮することができる。

[0296] また、受信装置は、受信信号のＳＮＲを観測し、ＳＮＲが高い場合には並列復号を行い、ＳＮＲが低い場合には逐次復号を行うように復号処理を切り替えてもよい。

[0297] その場合、例えば、図１６に示す受信装置８００が、ＳＮＲに応じて逐次復号と並列復号とを切り替える制御部を備える。制御部は、ＲＦ部８３０またはデマッピング部８２１に含まれていてもよい。さらに、デマッピング部８２１が、第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理に加え、図１９のデマッピング部１１１０の動作として説明した、変形重畳コンステレ

ーションに基づくデマッピング処理の動作を行う構成を備える。

[0298] そして、デマッピング部８２１は、変換部８２０から出力された信号に対する第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理と、ＲＦ部８３０から出力された信号に対する変形重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理とを切り替える。例えば、デマッピング部８２１は、制御部からの制御信号に応じて、これらのデマッピング処理を切り替える。

[0299] なお、このような構成は、図１１に示す受信装置４００と、図１６に示す受信装置８００（変換部８２０およびデマッピング部８２１等）と、図１９に示す受信装置１１００（デマッピング部１１１０等）との組み合わせによっても得られる。

[0300] さらに別の構成として、例えば、図１７に示す受信装置９００が、ＳＮＲに応じて逐次復号と並列復号とを切り替える制御部を備える。制御部は、ＲＦ部９３０またはデマッピング部９２１に含まれていてもよい。さらに、デマッピング部９２１が、第１のビット列と第２のコンステレーションとに基づくデマッピング処理に加え、図１９のデマッピング部１１１０の動作として説明した、変形重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理の動作を行う構成を備える。

[0301] そして、デマッピング部９２１は、変換部９２０から出力された信号に対する第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理と、ＲＦ部９３０から出力された信号に対する変形重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理とを切り替える。例えば、デマッピング部９２１は、制御部からの制御信号に応じて、これらのデマッピング処理を切り替える。

[0302] なお、このような構成は、図１１に示す受信装置４００と、図１７に示す受信装置９００（変換部９２０およびデマッピング部９２１等）と、図１９に示す受信装置１１００（デマッピング部１１１０等）との組み合わせによっても得られる。

[0303] さらに別の構成として、例えば、図１８に示す受信装置１０００が、ＳＮＲに応じて逐次復号と並列復号とを切り替える制御部を備える。制御部は、

ＲＦ部１０３０またはデマッピング部１０２１に含まれていてもよい。さらに、デマッピング部１０２１が、第１のビット列と第２のコンステレーションとに基づくデマッピング処理に加え、図１９のデマッピング部１１１０の動作として説明した、変形重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理の動作を行う構成を備える。

[0304] そして、デマッピング部１０２１は、減算部１０１９から出力された信号に対する第２のコンステレーションに基づくデマッピング処理と、ＲＦ部１０３０から出力された信号に対する変形重畳コンステレーションに基づくデマッピング処理とを切り替える。例えば、デマッピング部１０２１は、制御部からの制御信号に応じて、これらのデマッピング処理を切り替える。

[0305] なお、このような構成は、図１１に示す受信装置４００と、図１８に示す受信装置１０００（デマッピング部１０２１等）と、図１９に示す受信装置１１００（デマッピング部１１１０等）との組み合わせによっても得られる。

[0306] このように、ＳＮＲが高い場合、受信装置８００、９００および１０００は並列復号を行うことによって、演算量を低減し消費電力を削減することができる。また、ＳＮＲが高い場合、受信装置８００、９００および１０００は並列復号を行うことによって、処理遅延を短縮することができる。一方、ＳＮＲが低い場合、受信装置８００、９００および１０００は逐次復号を行うことによって、第２のデータ系列を正しく復号できる可能性が高くなる。

[0307] 図１０に示した重畳符号化を用いた多重方式による伝送容量と、図２３に示した変形重畳符号化を用いた多重方式による伝送容量を比較すると、次の事項が見出される。

[0308] すなわち、逐次復号（実線）による伝送容量の特性は、重畳符号化を用いた多重方式（図１０）と変形重畳符号化を用いた多重方式（図２３）とで同じである。一方、並列復号（破線）による伝送容量の特性は、重畳符号化を用いた多重方式（図１０）よりも変形重畳符号化を用いた多重方式（図２３）で改善されている。すなわち、変形重畳符号化を用いた多重方式は、逐次

復号の場合と並列復号の場合とのいずれにおいても望ましい結果を提供する。

[0309] 以上の通り、本開示の一態様における送信装置は、第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列を多重して、前記複数のデータ系列が多重された信号である多重信号を送信する送信装置であって、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより前記第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成する第１のマッピング部と、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより前記第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成する第２のマッピング部と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらす変換部と、前記第１の変調シンボル列と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた前記第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより前記多重信号を生成する重畳部と、前記多重信号を送信する送信部とを備える。

[0310] これにより、例えば、送信装置は、第１のデータ系列の第１の変調シンボル列に応じて第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を調整し、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列との多重信号から第２のデータ系列を導出しやすくすることができる。よって、送信装置は、受信装置における処理遅延を抑制することができる。すなわち、送信装置は、重畳符号化を用いた多重方式に関して効率的な処理を行うことができる。

[0311] 例えば、前記変換部は、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらすことにより、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御してもよい。

[0312] これにより、送信装置は、第１のデータ系列の第１の変調シンボル列に応じて第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を適切に調整することができる。

[0313] また、例えば、前記重畳部は、前記第１の変調シンボル列と前記第２の変調シンボル列とを前記所定の振幅比率で重畳することにより、前記第１の変

調シンボル列における第１の変調シンボルと、前記第２の変調シンボル列における第２の変調シンボルとを前記所定の振幅比率で重畳し、前記変換部は、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御することにより、前記第１の変調シンボルの実数部が所定の実数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの実数部の極性を反転させ、前記第１の変調シンボルの虚数部が所定の虚数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの虚数部の極性を反転させてもよい。

[0314] これにより、送信装置は、第１の変調シンボルと、第１の変調シンボルに応じて極性が反転された第２の変調シンボルとが重畳された信号を多重信号として送信することができる。第２の変調シンボルの極性の反転によって、第２のデータ系列の同じビット群に対応付けられる複数の信号点が近づけられる。したがって、送信装置は、第１のデータ系列の第１の変調シンボル列に応じて第２のデータ系列の第２の変調シンボル列をより適切に調整し、多重信号から第２のデータ系列を導出しやすくすることができる。

[0315] また、例えば、前記変換部は、前記第１のビット列または前記第１の変調シンボル列に応じて、前記第２のビット列、前記第２のビット列のマッピングに用いられるコンステレーション、または、前記第２の変調シンボル列を変換することにより、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらしてもよい。

[0316] これにより、送信装置は、第１の変調シンボル列に対応する情報に応じて第２の変調シンボル列に対応する情報を変換し、適切に、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらすことができる。

[0317] また、本開示の一態様における受信装置は、第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列が多重された信号であり、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより生成された第１の変調シンボル列と、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより生成され、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とが、所定の振幅比率で

重畳された信号である多重信号を受信する受信部と、前記多重信号から前記第１のデータ系列と前記第２のデータ系列とのうち少なくとも一方を導出する導出部とを備える。

[0318] これにより、受信装置は、第１の変調シンボル列と、第１の変調シンボル列に応じて調整された第２の変調シンボル列との多重信号を受信することができる。したがって、受信装置は、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが適切に多重された多重信号から、第１のデータ系列または第２のデータ系列を適切に導出することができる。すなわち、受信装置は、重畳符号化を用いた多重方式に関して効率的な処理を行うことができる。

[0319] また、本開示の一態様における送信方法は、第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列を多重して、前記複数のデータ系列が多重された信号である多重信号を送信する送信方法であって、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより前記第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成し、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより前記第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成し、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらし、前記第１の変調シンボル列と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた前記第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより前記多重信号を生成し、前記多重信号を送信する。

[0320] これにより、例えば、この送信方法を用いる送信装置等は、第１のデータ系列の第１の変調シンボル列に応じて第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を調整し、第１の変調シンボル列と第２の変調シンボル列との多重信号から第２のデータ系列を導出しやすくすることができる。よって、この送信方法を用いる送信装置等は、受信装置における処理遅延を抑制することができる。すなわち、この送信方法を用いる送信装置等は、重畳符号化を用いた多重方式に関して効率的な処理を行うことができる。

[0321] 例えば、前記送信方法において、前記第１の変調シンボル列に応じた変換

を前記第２の変調シンボル列にもたらすことにより、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御してもよい。

[0322] これにより、この送信方法を用いる送信装置等は、第１のデータ系列の第１の変調シンボル列に応じて第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を適切に調整することができる。

[0323] また、例えば、前記送信方法において、前記第１の変調シンボル列と前記第２の変調シンボル列とを前記所定の振幅比率で重畳することにより、前記第１の変調シンボル列における第１の変調シンボルと、前記第２の変調シンボル列における第２の変調シンボルとを前記所定の振幅比率で重畳し、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御することにより、前記第１の変調シンボルの実数部が所定の実数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの実数部の極性を反転させ、前記第１の変調シンボルの虚数部が所定の虚数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの虚数部の極性を反転させてもよい。

[0324] これにより、この送信方法を用いる送信装置等は、第１の変調シンボルと、第１の変調シンボルに応じて極性が反転された第２の変調シンボルとが重畳された信号を多重信号として送信することができる。第２の変調シンボルの極性の反転によって、第２のデータ系列の同じビット群に対応付けられる複数の信号点が近づけられる。したがって、この送信方法を用いる送信装置等は、第１のデータ系列の第１の変調シンボル列に応じて第２のデータ系列の第２の変調シンボル列をより適切に調整し、多重信号から第２のデータ系列を導出しやすくすることができる。

[0325] また、例えば、前記送信方法において、前記第１のビット列または前記第１の変調シンボル列に応じて、前記第２のビット列、前記第２のビット列のマッピングに用いられるコンステレーション、または、前記第２の変調シンボル列を変換することにより、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらしてもよい。

[0326] これにより、この送信方法を用いる送信装置等は、第１の変調シンボル列に対応する情報に応じて第２の変調シンボル列に対応する情報を変換し、適切に、第１の変調シンボル列に応じた変換を第２の変調シンボル列にもたらすことができる。

[0327] また、本開示の一態様における受信方法は、第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列が多重された信号であり、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより生成された第１の変調シンボル列と、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより生成され、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とが、所定の振幅比率で重畳された信号である多重信号を受信し、前記多重信号から前記第１のデータ系列と前記第２のデータ系列とのうち少なくとも一方を導出してもよい。

[0328] これにより、この受信方法を用いる受信装置等は、第１の変調シンボル列と、第１の変調シンボル列に応じて調整された第２の変調シンボル列との多重信号を受信することができる。したがって、この受信方法を用いる受信装置等は、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが適切に多重された多重信号から、第１のデータ系列または第２のデータ系列を適切に導出することができる。すなわち、この受信方法を用いる受信装置等は、重畳符号化を用いた多重方式に関して効率的な処理を行うことができる。

[0329] なお、上述した各実施の形態の説明では、説明を簡単にするために２つのデータ系列を２つの階層に多重して伝送する場合を例に説明したが、３以上のデータ系列を多重して伝送する場合も実施の形態に倣って容易に拡張できることは明らかである。

[0330] また、図１および１３～１５は、送信装置がアンテナを備えず、送信装置に接続された外部のアンテナから無線周波数帯の信号が送信される例を示している。しかし、送信装置がアンテナを備え、送信装置のアンテナから無線周波数帯の信号が送信されてもよい。また、図２、７および１６～１９では、受信装置がアンテナを備えず、受信装置に接続された外部のアンテナから

無線周波数帯の信号が送信される例を示している。しかし、受信装置がアンテナを備え、受信装置のアンテナで無線周波数帯の信号が受信されてもよい。

[0331] また、無線周波数帯の信号の送信または受信に用いられるアンテナは、複数のアンテナで構成されるアンテナユニットであってもよい。

[0332] また、図１および１３～１５には図示されていないが、送信装置は、加算部で生成された重畳信号を所定のフレーム構成に従って配置することでフレームを生成して、当該フレームをＲＦ部へと出力するフレーム構成部を備えていてもよい。

[0333] ここで、フレーム構成部で生成されるフレームの構成は、固定であってもよいし、図示されていない制御部から送信される制御信号に応じて変更されてもよい。フレーム構成部は、第１のデータ系列と第２のデータ系列とが多重された重畳変調シンボル列を所定の規則に従ってフレームに配置する。

[0334] また、フレーム構成部で生成されるフレームは、データシンボル以外に、パイロットシンボル、制御情報シンボルおよびプリアンブル等を含んでいてもよい。なお、パイロットシンボル、制御情報シンボルおよびプリアンブルのそれぞれは、異なる名称で呼ばれる場合もある。

[0335] 例えば、パイロットシンボルは、受信装置にとって既知のビット列をＢＰＳＫおよびＱＰＳＫ等のＰＳＫ変調に基づくマッピング処理を行って生成されたシンボルでもよい。また、パイロットシンボルは、受信装置にとって既知の振幅および位相（または既知の複素値）を有するシンボルでもよい。また、パイロットシンボルは、送信装置によって送信された振幅および位相（または複素値）を受信装置が推定することができるシンボルでもよい。

[0336] そして、受信装置は、パイロットシンボルを用いて、受信した信号に対する周波数同期、時間同期およびチャネル推定等を行う。チャネル推定は、ＣＳＩ（Ｃｈａｎｎｅｌ　Ｓｔａｔｅ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ）の推定とも呼ばれる。

[0337] 制御情報シンボルは、受信信号を復調して所望のデータ系列を取得するた

めの情報として受信装置に通知すべき情報の伝送に用いられるシンボルである。

[0338] 例えば、送信装置は、制御情報に対応する制御情報シンボルを送信する。制御情報は、各データ系列に用いられているマッピング（変調）方式、誤り制御符号化方式、誤り制御符号化方式の符号化率および符号長、並びに、当該データ系列の変調シンボルがフレームにおいて配置される位置等を示してもよい。受信装置は、制御情報シンボルを復調して、制御情報を取得する。そして、受信装置は、取得された制御情報に基づいて、データシンボルを復調し、データ系列を取得する。

[0339] また、制御情報は、アプリケーションの動作を制御する、上位レイヤーでの設定情報等を含んでいてもよい。

[0340] プリアンブルは、フレームの先頭に付加される信号である。受信装置は、プリアンブルを含む信号を受信し、プリアンブルに基づいて、例えば、フレームの検出、および、フレーム同期の処理等を行ってもよい。また、プリアンブルが、パイロットシンボルおよび制御情報シンボルを含んでいてもよい。また、フレームは、プリアンブルだけでなく、フレームの後端に付加される信号であるポストアンブルを含んでいてもよい。

[0341] 符号化部は、誤り制御符号化方式として、例えばＬＤＰＣ（Ｌｏｗ Ｄｅｎｓｉｔｙ Ｐａｒｉｔｙ Ｃｈｅｃｋ）符号またはターボ符号等を用いる。また、符号化部は、それ以外の符号化方式を用いてもよい。

[0342] 図１および１３～１５の送信装置は、インタリーブ部を備えているが、上述したように、送信装置はインタリーブ部を備えていなくてもよい。その場合、送信装置は、符号化部で生成されたビット列を直接マッピング部に入力してもよいし、インタリーブとは異なる処理を施してからマッピング部に入力してもよい。また、送信装置がインタリーブ部を備えない場合、図２、７および１６～１９の受信装置は、デインタリーブ部を備えていなくてもよい。

[0343] また、図２、７および１６～１９の受信装置のデインタリーブ部は、送信

側で行われた並び替え規則とは逆の並び替え規則に基づく並び替えを行うが、このような並び替えとは異なる動作を行ってもよい。例えば、デインタリーブ部は、デマッピング部で生成されたビット尤度列の複数のビット尤度を、復号部で実施される復号処理において要求されるビット順で復号部に入力してもよい。

[0344] また、上記において、重畳符号化および変形重畳符号化が、無線伝送に適用されているが、無線伝送に限らず、有線伝送または光伝送等に適用されてもよく、記録媒体への記録に適用されてもよい。また、伝送に用いられる周波数帯は、無線周波数帯に限らず、ベースバンドであってもよい。

[0345] また、本開示において使用されている「複数」は「２以上」と同義である。また、第１、第２および第３などの序数は、表現上、適宜、取り除かれてもよいし、付け替えられてもよいし、新たに付けられてもよい。

[0346] また、本開示における装置および方法等は、各実施の形態に限定されず、種々変更して実施され得る。例えば、各実施の形態では、本開示の技術が通信装置（送信装置または受信装置）として実現されているが、本開示の技術は、これに限られない。本開示の技術は、この通信装置によって行われる通信方法（送信方法または受信方法）を実行するためのソフトウェアとして実現されてもよい。

[0347] また、送信装置または受信装置における２以上の構成要素が１つの構成要素に統合されてもよいし、１つの構成要素が２以上の構成要素に分けられてもよい。また、送信装置と受信装置とが１つの送受信装置を構成してもよい。この場合、同種の複数の構成要素が、１つの構成要素に統合されてもよい。例えば、送信アンテナおよび受信アンテナは、１つのアンテナにより構成されていてもよい。

[0348] また、例えば、特定の構成要素が実行する処理を別の構成要素が実行してもよい。また、処理を実行する順番が変更されてもよいし、複数の処理が並行して実行されてもよい。

[0349] また、例えば、上記通信方法を実行するためのプログラムが、予めＲＯＭ

（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）に格納され、そのプログラムがＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ　Ｕｎｉｔ）によって実行されてもよい。

[0350] また、上記通信方法を実行するためのプログラムが、コンピュータで読み取り可能な記憶媒体に格納されてもよい。そして、記憶媒体に格納されたプログラムが、コンピュータのＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）に記録され、コンピュータが、そのプログラムにしたがって通信方法を実行してもよい。

[0351] そして、上記の複数の実施の形態などにおける各構成要素は、典型的な集積回路であるＬＳＩ（Ｌａｒｇｅ　Ｓｃａｌｅ　Ｉｎｔｅｇｒａｔｉｏｎ）として実現されてもよい。各構成要素は、個別に１チップ化されてもよいし、各実施の形態の全ての構成要素または一部の構成要素が１チップ化されてもよい。ここでは、ＬＳＩを例示しているが、このような集積回路は、集積度の違いにより、ＩＣ（Ｉｎｔｅｇｒａｔｅｄ　Ｃｉｒｃｕｉｔ）、システムＬＳＩ、スーパーＬＳＩまたはウルトラＬＳＩと呼称される場合もある。

[0352] 集積回路化の手法は、ＬＳＩに限られない。各構成要素は、専用回路または汎用プロセッサで実現されてもよい。ＬＳＩ製造後に、プログラミングが可能なＦＰＧＡ（Ｆｉｅｌｄ　Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｇａｔｅ　Ａｒｒａｙ）、あるいは、ＬＳＩ内部の回路セルの接続または設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサが利用されても良い。

[0353] さらに、半導体技術の進歩または派生する別技術によりＬＳＩに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて各実施の形態で説明した装置またはその一部の構成の集積化が行われてもよい。例えば、バイオ技術の適応等が可能性としてあり得る。

[0354] 本開示は、複数のアンテナからそれぞれ異なる変調信号（多重信号）を送信する無線システムにも広く適用され得る。また、本開示は、複数の送信箇所を持つ有線通信システムにおけるＭＩＭＯ（Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ｉｎｐｕｔ　Ｍｕｌｔｉｐｌｅ　Ｏｕｔｐｕｔ）伝送にも適用され得る。このような

有線通信システムの例として、ＰＬＣ（Ｐｏｗｅｒ　Ｌｉｎｅ　Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ）システム、光通信システム、および、ＤＳＬ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｓｕｂｓｃｒｉｂｅｒ　Ｌｉｎｅ：デジタル加入者線）システムがある。

産業上の利用可能性

[0355] 本開示は、無線通信システムおよび放送システム等に適用可能である。また、本開示は、重畳符号化を用いて複数のデータ系列を多重するシステムに広く適用され得る。

[0356] また、本開示は、例えば、ＰＬＣ（Ｐｏｗｅｒ　Ｌｉｎｅ　Ｃｏｍｍｕｎｉｃａｔｉｏｎ）システム、光通信システムおよびＤＳＬ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｓｕｂｓｃｒｉｂｅｒ　Ｌｉｎｅ：デジタル加入者線）システムのような有線通信システム等にも適用され得る。また、本開示は、光ディスクおよび磁気ディスク等の記録媒体への記録を行うストレージシステム等にも適用され得る。

符号の説明

[0357] １００、５００、６００、７００　送信装置

１１１、１２１、２１４、４１４、５１１、５２１、６１１、６２１、７１１、７２１、８１４、９１４、１０１４　符号化部

１１２、１２２、２１５、４１５、５１２、５２２、６１２、６２２、７１２、７２２、８１５、９１５、１０１５　インタリーブ部

１１３、１２３、２１６、４１６、５１３、５２３、６１３、６２３、７１３、７２３、８１６、９１６、１０１６　マッピング部

１１４、１２４、２１７、４１７、５１４、５２４、６１４、６２４、７１４、７２４、８１７、９１７、１０１７　乗算部

１３０、５３０、６３０、７３０　加算部

１４０、２３０、３３０、４３０、５４０、６４０、７４０、８３０、９３０、１０３０、１１３０　ＲＦ部（Ｒａｄｉｏ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ部）

２００、３００、４００、８００、９００、１０００、１１００　受信装

置

２１１、２２１、３１０、４１１、４２１、８１１、８２１、９１１、９２１、１０１１、１０２１、１１１０　デマッピング部

２１２、２２２、３１２、３２２、４１２、４２２、８１２、８２２、９１２、９２２、１０１２、１０２２、１１１２、１１２２　デインタリーブ部

２１３、２２３、３１３、３２３、４１３、４２３、８１３、８２３、９１３、９２３、１０１３、１０２３、１１１３、１１２３　復号部

２１８、４１８、８１８、９１８、１０１８　遅延部

２１９、４１９、８１９、９１９、１０１９　減算部

５２５、６２５、８２０、９２０　変換部

請求の範囲

[請求項1] 第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列を多重して、前記複数のデータ系列が多重された信号である多重信号を送信する送信装置であって、

前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより前記第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成する第１のマッピング部と、

前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより前記第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成する第２のマッピング部と、

前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらす変換部と、

前記第１の変調シンボル列と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた前記第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより前記多重信号を生成する重畳部と、

前記多重信号を送信する送信部とを備える

送信装置。

[請求項2] 前記変換部は、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらすことにより、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御する

請求項１に記載の送信装置。

[請求項3] 前記重畳部は、前記第１の変調シンボル列と前記第２の変調シンボル列とを前記所定の振幅比率で重畳することにより、前記第１の変調シンボル列における第１の変調シンボルと、前記第２の変調シンボル列における第２の変調シンボルとを前記所定の振幅比率で重畳し、

前記変換部は、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御することにより、前記第１の変調シンボルの実数部が所定の実数部条件を満たす場合に前記第２の変調

シンボルの実数部の極性を反転させ、前記第１の変調シンボルの虚数部が所定の虚数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの虚数部の極性を反転させる

請求項２に記載の送信装置。

[請求項4] 前記変換部は、前記第１のビット列または前記第１の変調シンボル列に応じて、前記第２のビット列、前記第２のビット列のマッピングに用いられるコンステレーション、または、前記第２の変調シンボル列を変換することにより、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらす

請求項１～３のいずれか１項に記載の送信装置。

[請求項5] 第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列が多重された信号であり、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより生成された第１の変調シンボル列と、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより生成され、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とが、所定の振幅比率で重畳された信号である多重信号を受信する受信部と、

前記多重信号から前記第１のデータ系列と前記第２のデータ系列とのうち少なくとも一方を導出する導出部とを備える

受信装置。

[請求項6] 第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列とを含む複数のデータ系列を多重して、前記複数のデータ系列が多重された信号である多重信号を送信する送信方法であって、

前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより前記第１のデータ系列の第１の変調シンボル列を生成し、

前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより前記第２のデータ系列の第２の変調シンボル列を生成し、

前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル

列にもたらし、

前記第１の変調シンボル列と、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた前記第２の変調シンボル列とを所定の振幅比率で重畳することにより前記多重信号を生成し、

前記多重信号を送信する

送信方法。

[請求項7] 前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらすことにより、前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御する

請求項６に記載の送信方法。

[請求項8] 前記第１の変調シンボル列と前記第２の変調シンボル列とを前記所定の振幅比率で重畳することにより、前記第１の変調シンボル列における第１の変調シンボルと、前記第２の変調シンボル列における第２の変調シンボルとを前記所定の振幅比率で重畳し、

前記第２の変調シンボル列における各変調シンボルの実数部および虚数部の極性を制御することにより、前記第１の変調シンボルの実数部が所定の実数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの実数部の極性を反転させ、前記第１の変調シンボルの虚数部が所定の虚数部条件を満たす場合に前記第２の変調シンボルの虚数部の極性を反転させる

請求項７に記載の送信方法。

[請求項9] 前記第１のビット列または前記第１の変調シンボル列に応じて、前記第２のビット列、前記第２のビット列のマッピングに用いられるコンステレーション、または、前記第２の変調シンボル列を変換することにより、前記第１の変調シンボル列に応じた変換を前記第２の変調シンボル列にもたらす

請求項６～８のいずれか１項に記載の送信方法。

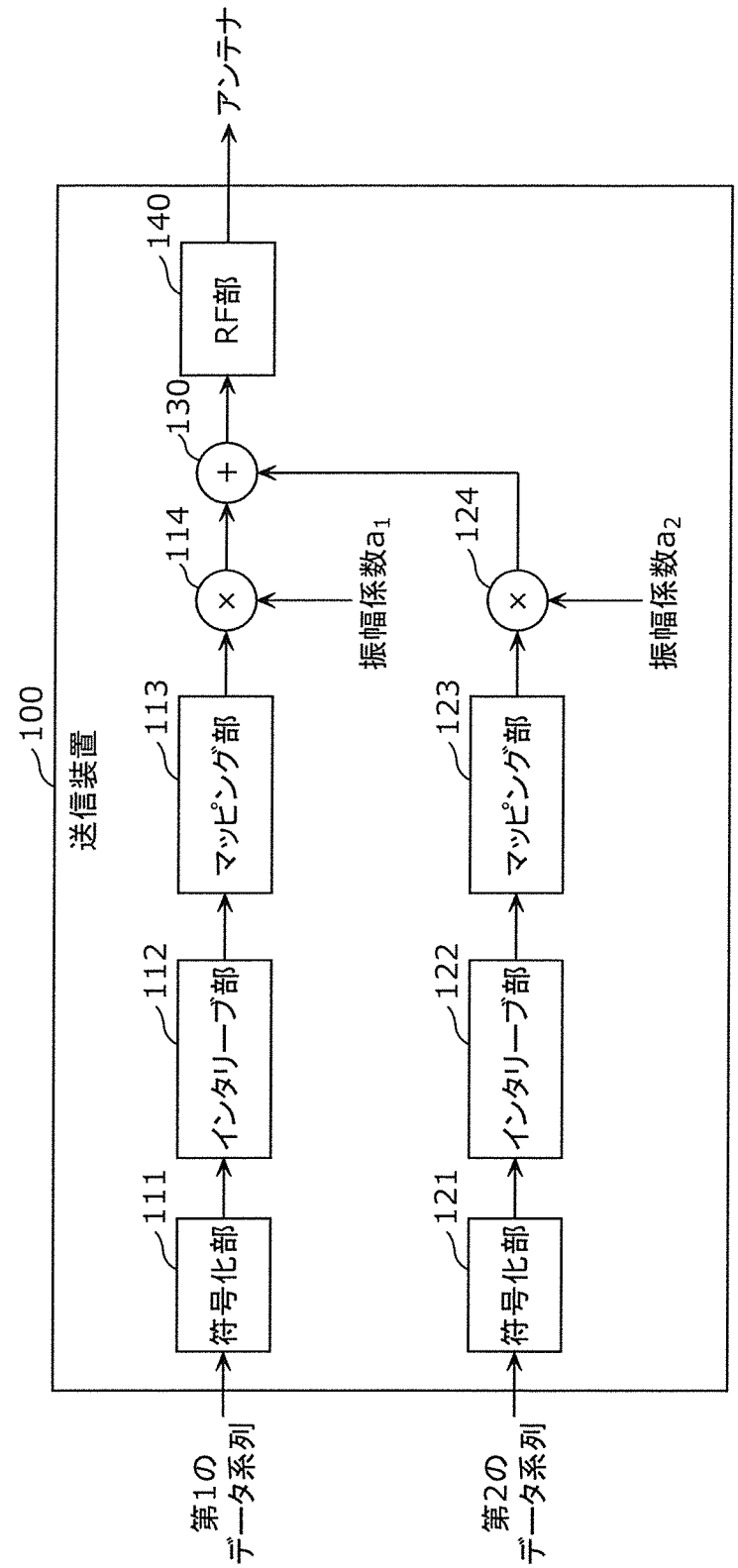
[請求項10] 第１の階層の第１のデータ系列と第２の階層の第２のデータ系列と

を含む複数のデータ系列が多重された信号であり、前記第１のデータ系列の第１のビット列をマッピングすることにより生成された第１の変調シンボル列と、前記第２のデータ系列の第２のビット列をマッピングすることにより生成され、前記第１の変調シンボル列に応じた変換がもたらされた第２の変調シンボル列とが、所定の振幅比率で重畳された信号である多重信号を受信し、

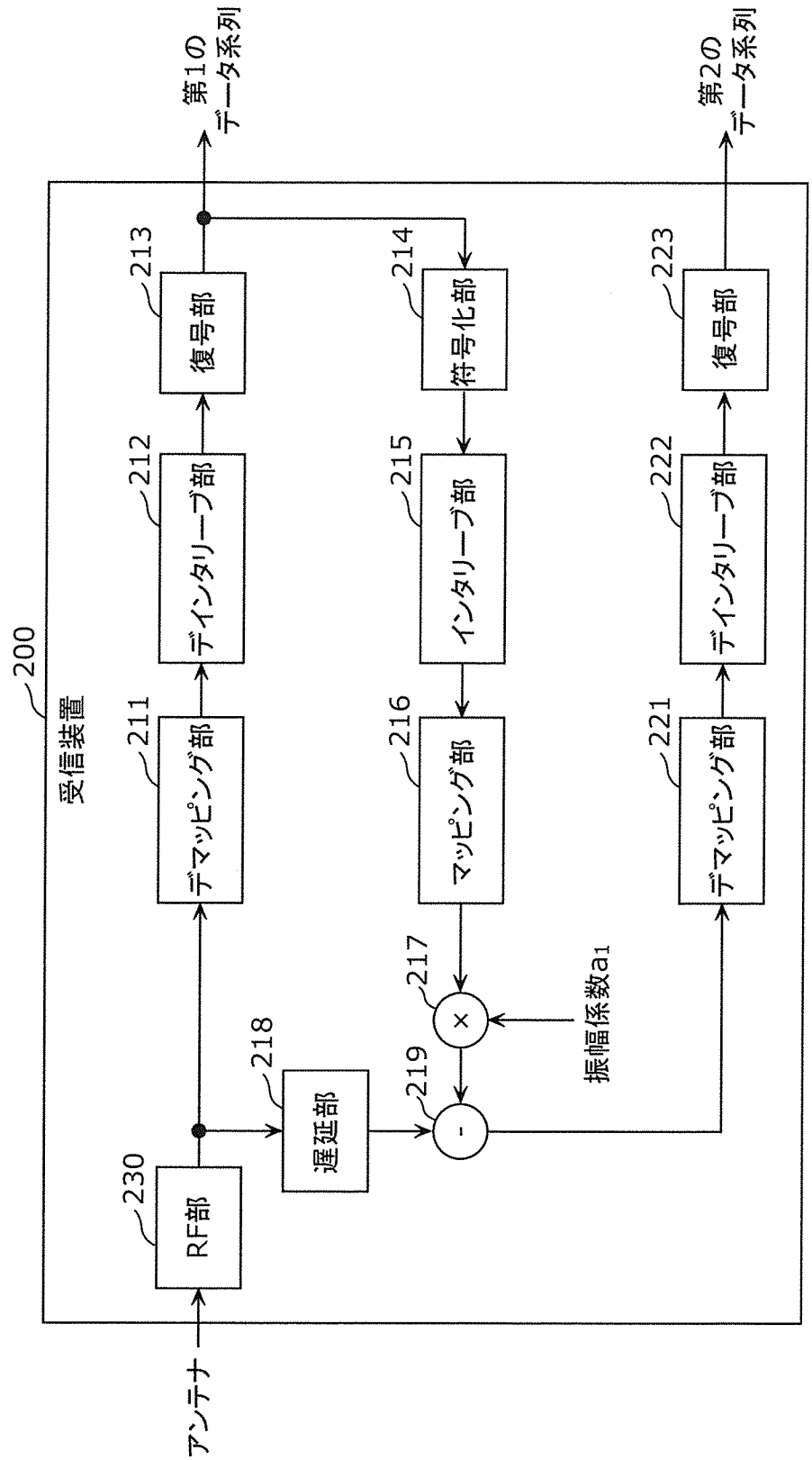
前記多重信号から前記第１のデータ系列と前記第２のデータ系列とのうち少なくとも一方を導出する

受信方法。

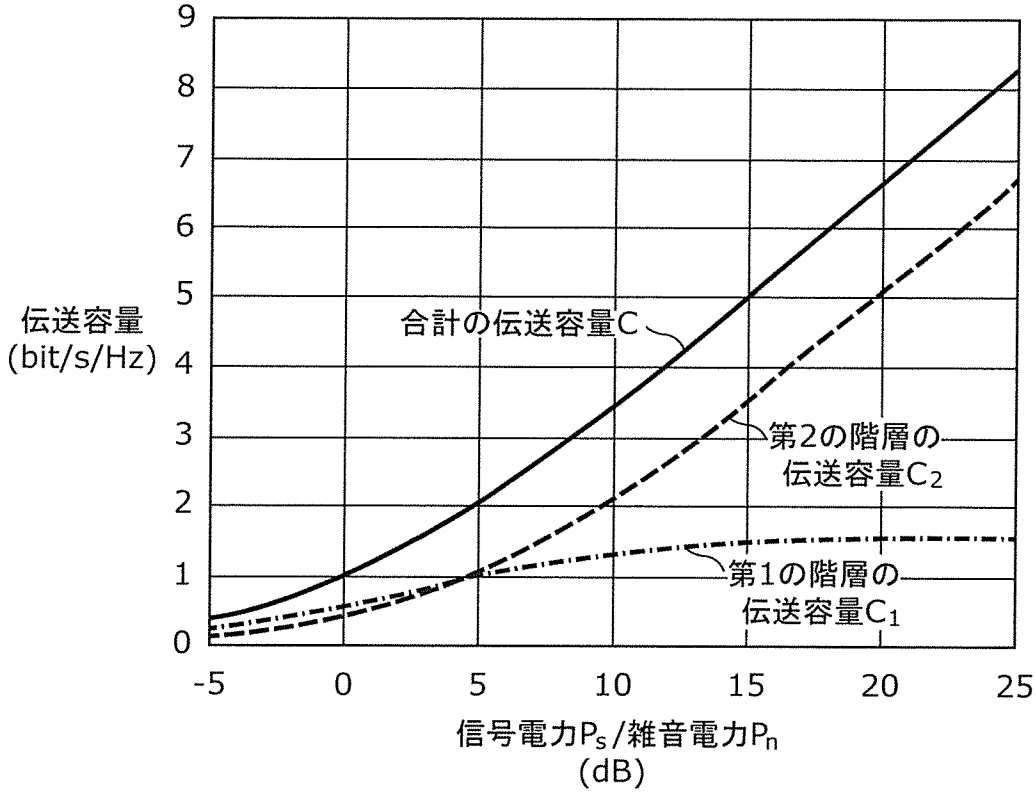
[図1]


100
送信装置
第1のデータ系列
第2のデータ系列
111
符号化部
121
符号化部
112
インタリーブ部
122
インタリーブ部
113
マッピング部
123
マッピング部
114
×
124
×
振幅係数a_1
振幅係数a_2
130
+
140
RF部
アンテナ

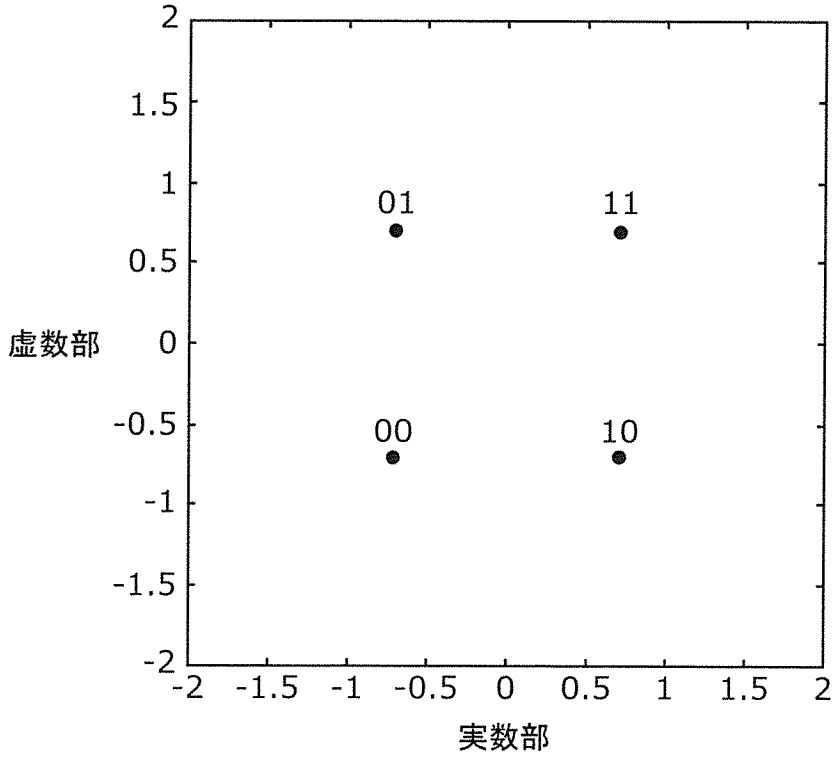
[図2]


200
受信装置
アンテナ
230
RF部
211
デマッピング部
212
デインタリーブ部
213
復号部
第1の
データ系列
218
遅延部
219
-
217
×
振幅係数a1
216
マッピング部
215
インタリーブ部
214
符号化部
221
デマッピング部
222
デインタリーブ部
223
復号部
第2の
データ系列

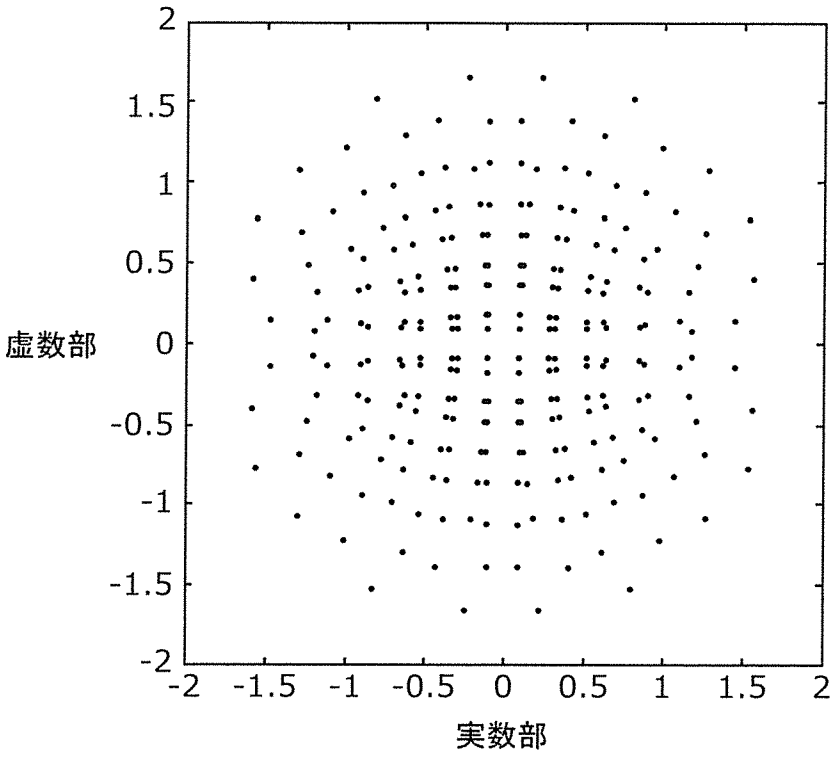
[図3]


伝送容量
(bit/s/Hz)
合計の伝送容量C
第2の階層の
伝送容量C2
第1の階層の
伝送容量C1
信号電力Ps/雑音電力Pn
(dB)

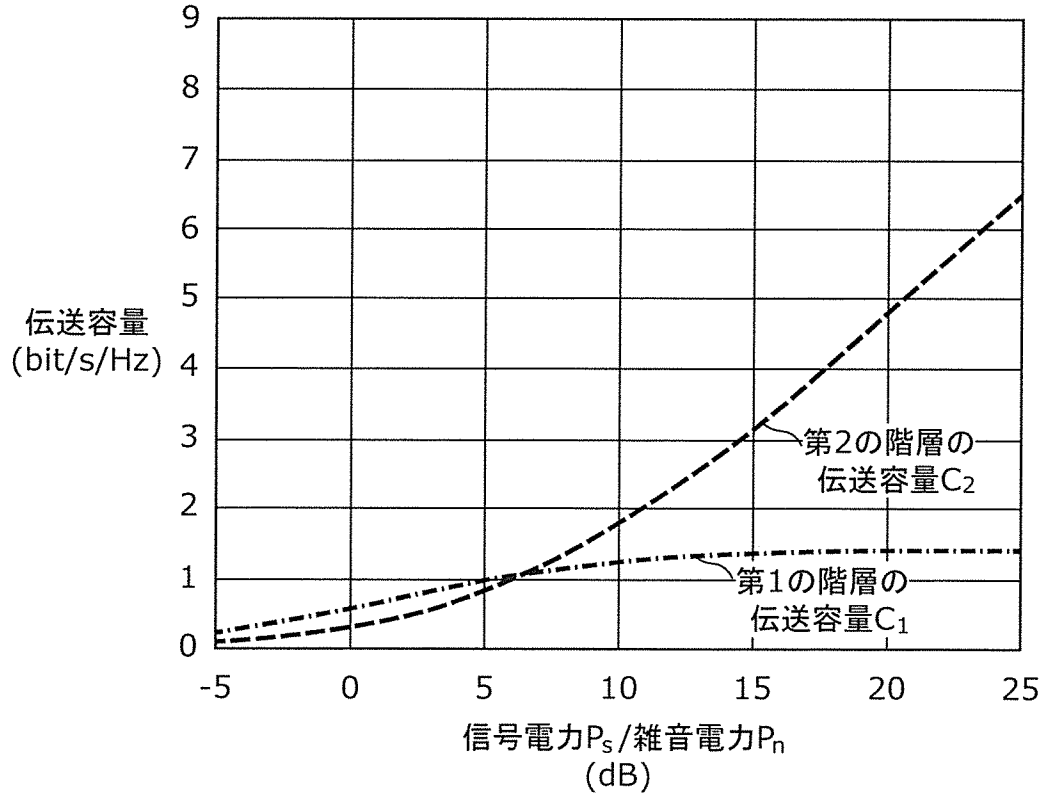
[図4]


虚数部
実数部
01
11
00
10

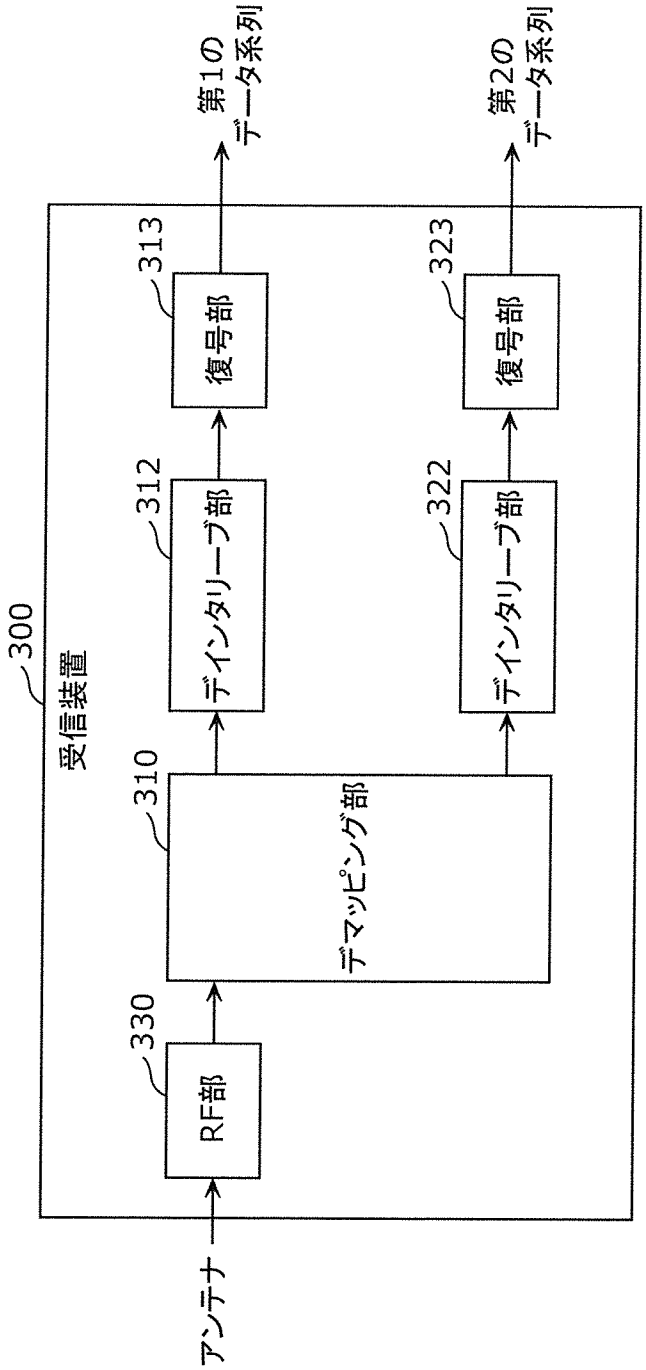
[図5]


2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
虚数部
-2 -1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5 2
実数部

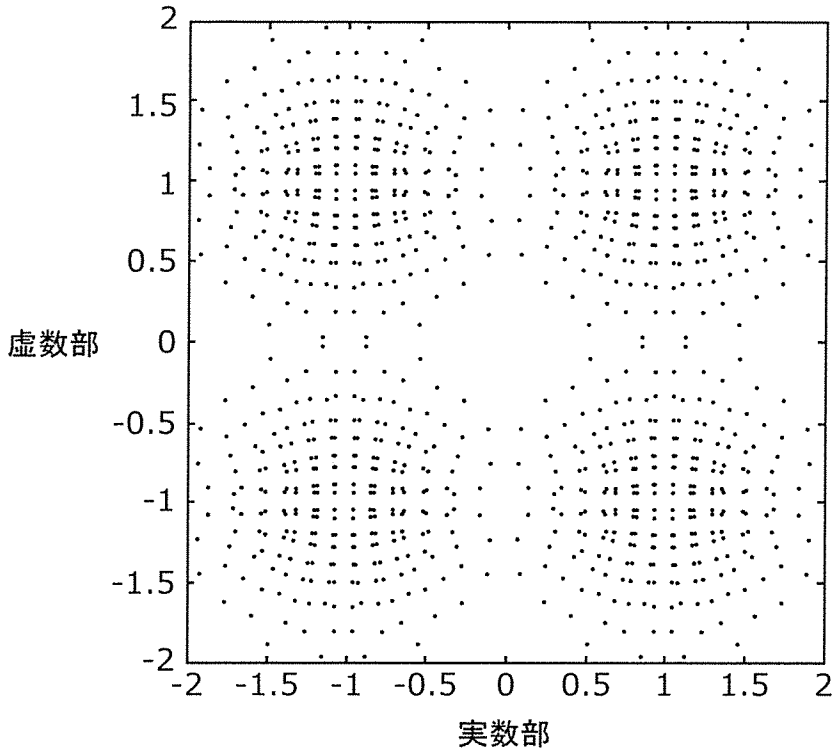
[図6]


9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
伝送容量
(bit/s/Hz)
第2の階層の
伝送容量C2
第1の階層の
伝送容量C1
-5 0 5 10 15 20 25
信号電力Ps/雑音電力Pn
(dB)

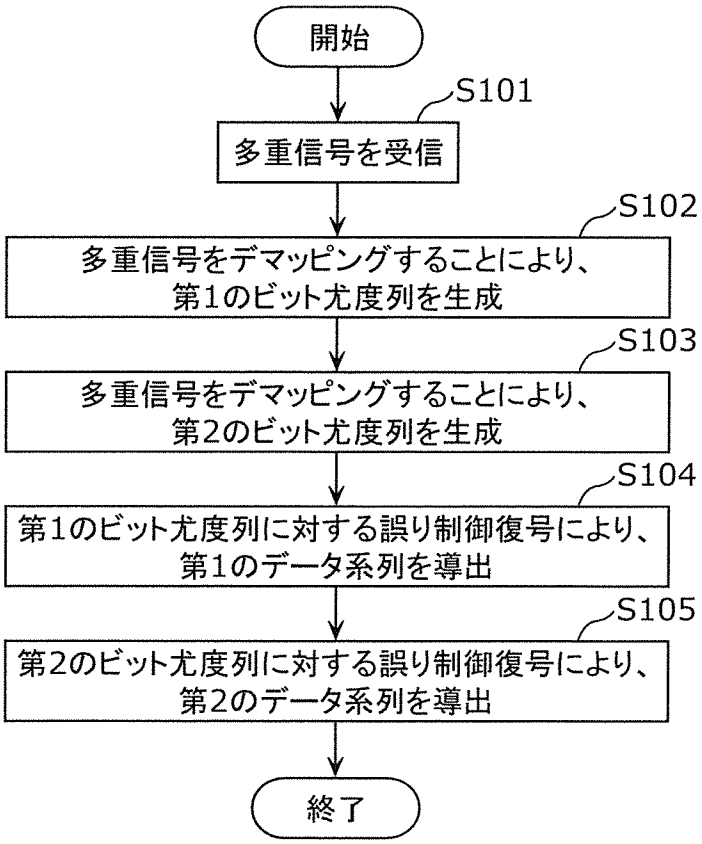
[図7]


300
受信装置
アンテナ
330
RF部
310
デマッピング部
312
デインタリーブ部
313
復号部
第1の
データ系列
322
デインタリーブ部
323
復号部
第2の
データ系列

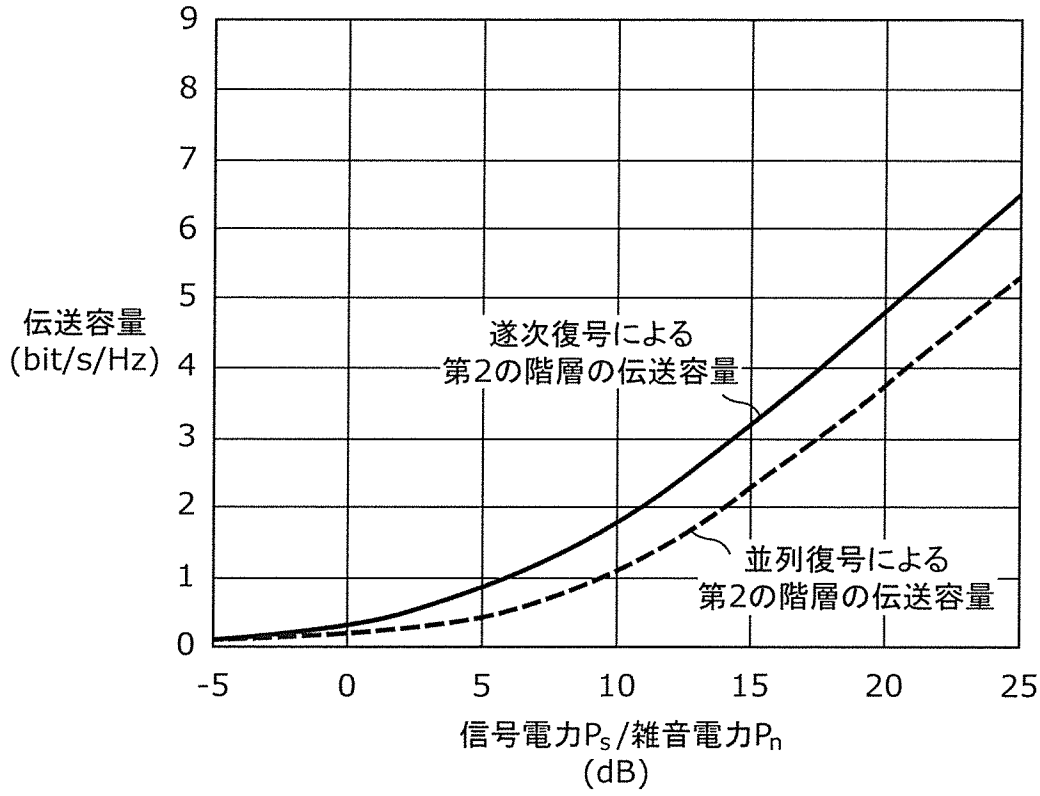
[図8]


2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
虚数部
-2 -1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5 2
実数部

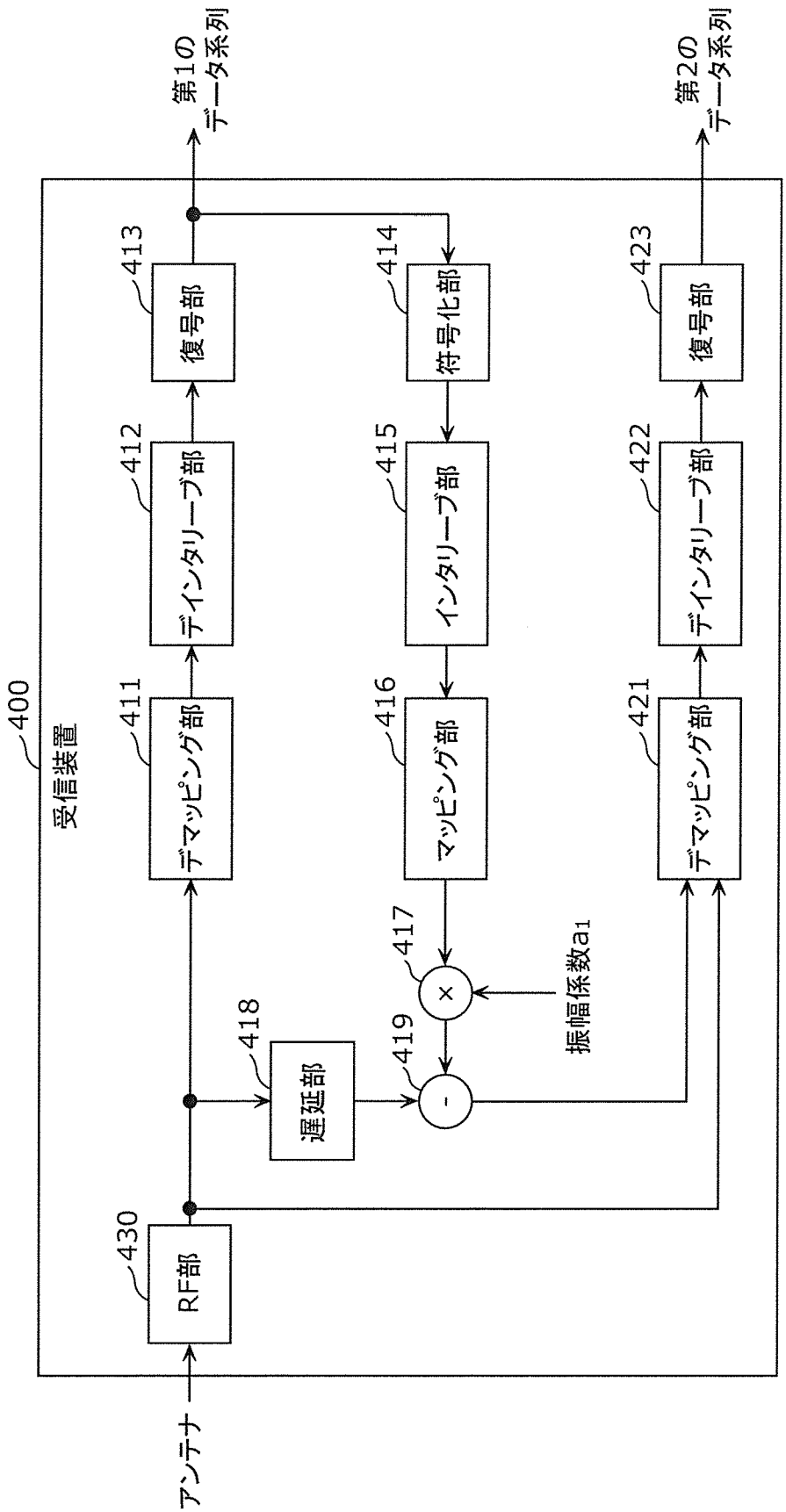
[図9]


開始
S101
多重信号を受信
S102
多重信号をデマッピングすることにより、
第1のビット尤度列を生成
S103
多重信号をデマッピングすることにより、
第2のビット尤度列を生成
S104
第1のビット尤度列に対する誤り制御復号により、
第1のデータ系列を導出
S105
第2のビット尤度列に対する誤り制御復号により、
第2のデータ系列を導出
終了

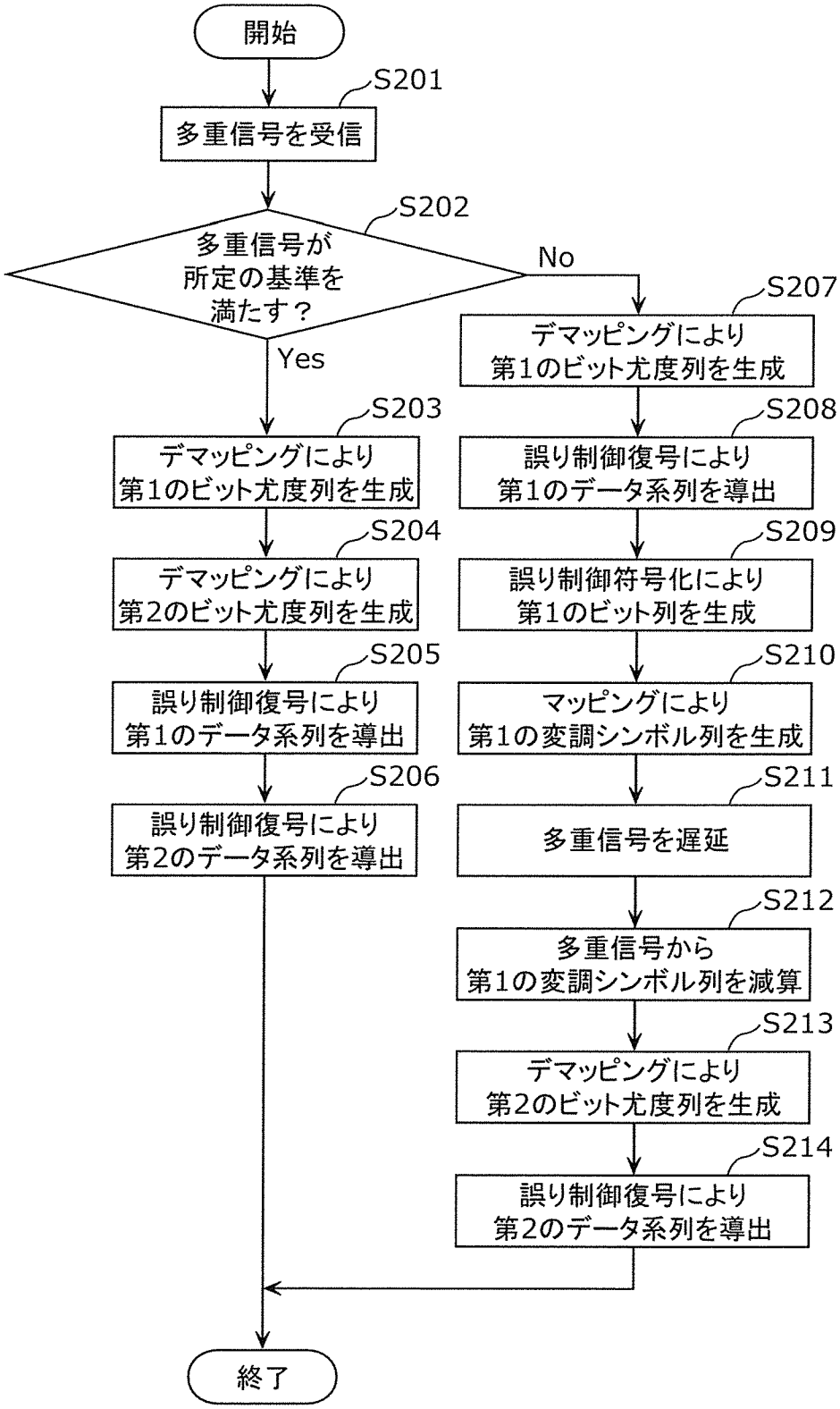
[図10]


伝送容量
(bit/s/Hz)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
遂次復号による
第2の階層の伝送容量
並列復号による
第2の階層の伝送容量
-5
0
5
10
15
20
25
信号電力Ps/雑音電力Pn
(dB)

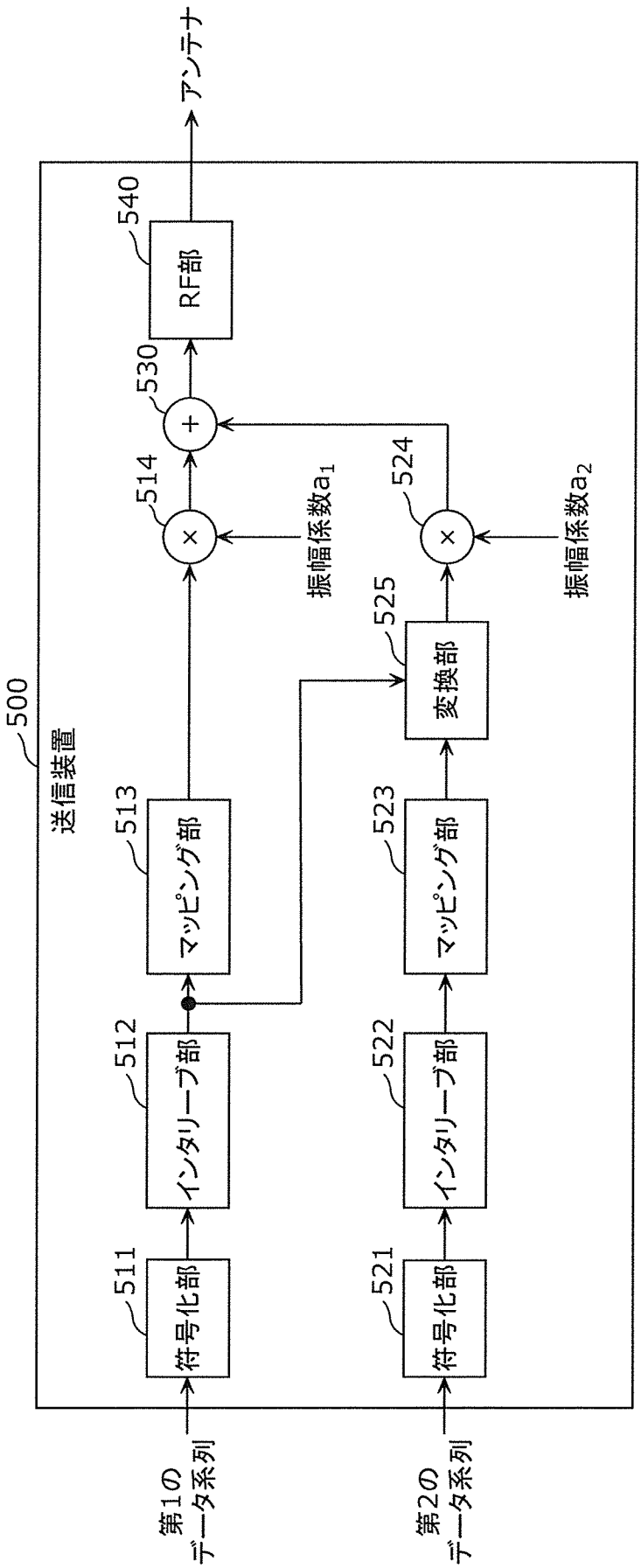
[図11]


400
受信装置
アンテナ
430
RF部
411
デマッピング部
412
デインタリーブ部
413
復号部
第1の
データ系列
416
マッピング部
415
インタリーブ部
414
符号化部
421
デマッピング部
422
デインタリーブ部
423
復号部
第2の
データ系列
418
遅延部
417
×
振幅係数a1
419
-

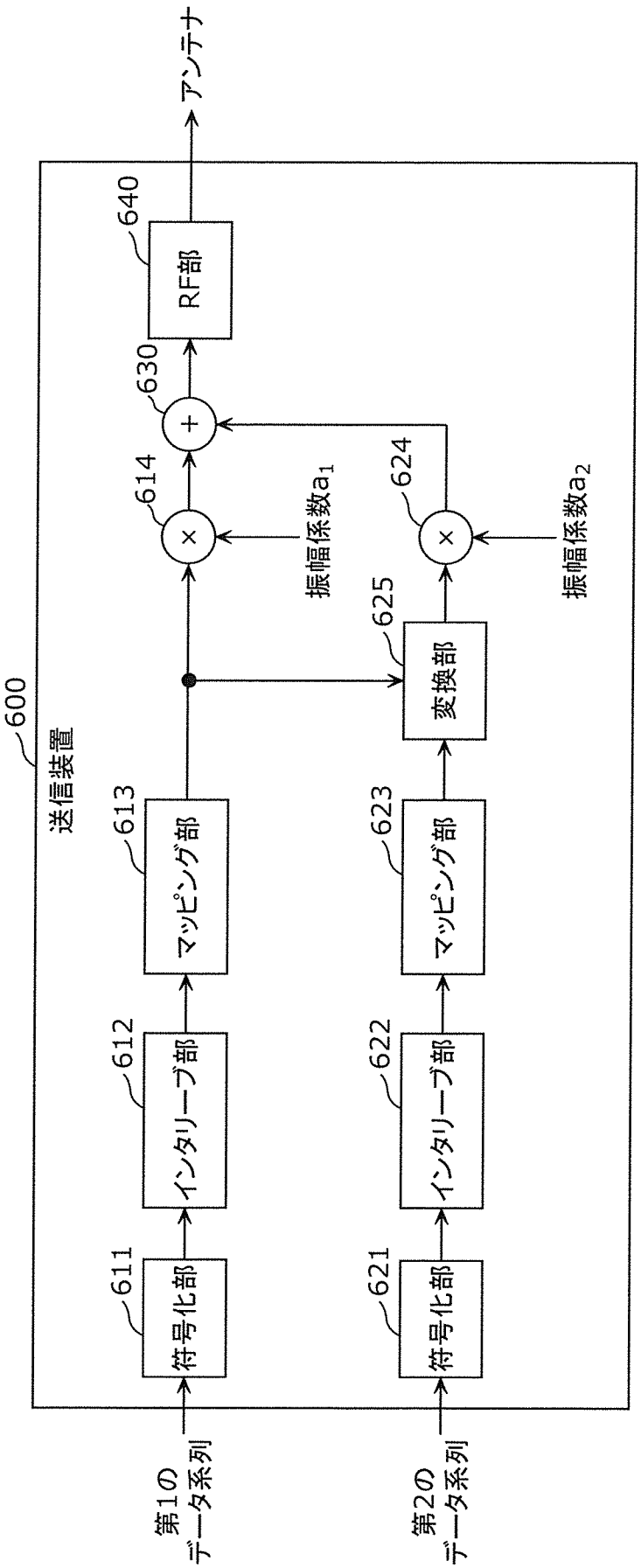
[図12]


開始
S201
多重信号を受信
S202
多重信号が
所定の基準を
満たす？
No
Yes
S207
デマッピングにより
第1のビット尤度列を生成
S208
誤り制御復号により
第1のデータ系列を導出
S209
誤り制御符号化により
第1のビット列を生成
S210
マッピングにより
第1の変調シンボル列を生成
S211
多重信号を遅延
S212
多重信号から
第1の変調シンボル列を減算
S213
デマッピングにより
第2のビット尤度列を生成
S214
誤り制御復号により
第2のデータ系列を導出
S203
デマッピングにより
第1のビット尤度列を生成
S204
デマッピングにより
第2のビット尤度列を生成
S205
誤り制御復号により
第1のデータ系列を導出
S206
誤り制御復号により
第2のデータ系列を導出
終了

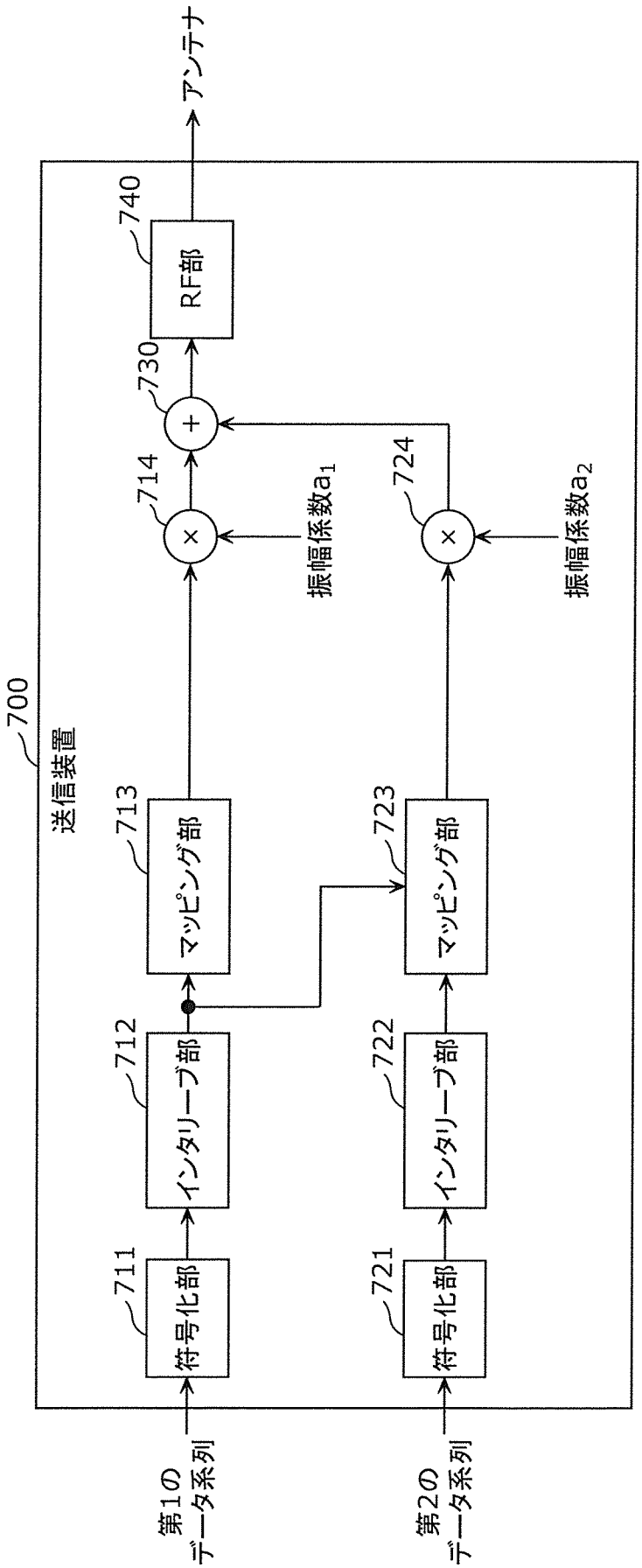
[図13]


500
送信装置
第1のデータ系列
第2のデータ系列
511
符号化部
512
インタリーブ部
513
マッピング部
514
×
振幅係数a_1
521
符号化部
522
インタリーブ部
523
マッピング部
524
×
振幅係数a_2
525
変換部
530
+
540
RF部
アンテナ

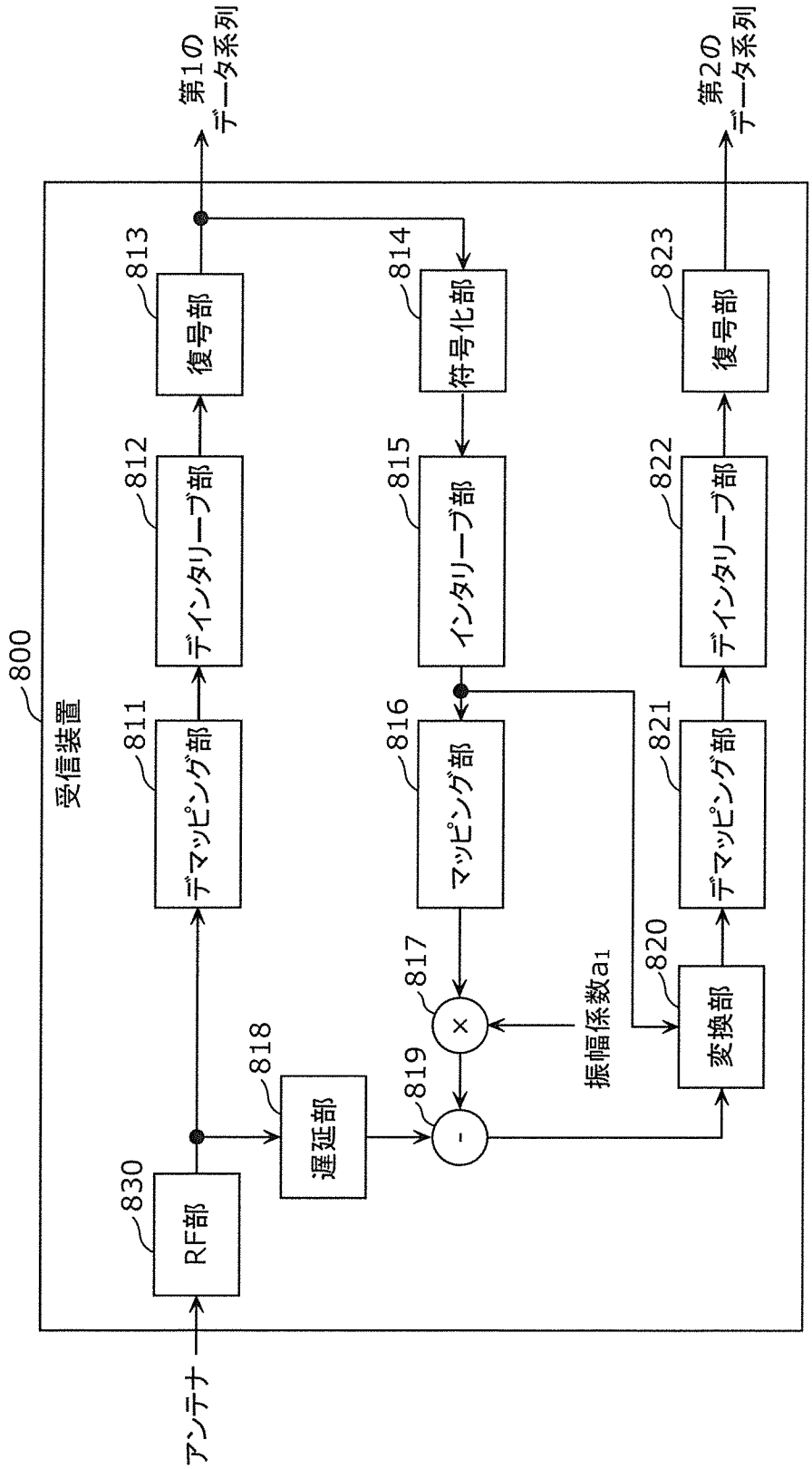
[図14]


600
送信装置
第1のデータ系列
第2のデータ系列
611
符号化部
612
インタリーブ部
613
マッピング部
621
符号化部
622
インタリーブ部
623
マッピング部
625
変換部
614
振幅係数a_1
624
振幅係数a_2
630
+
640
RF部
アンテナ

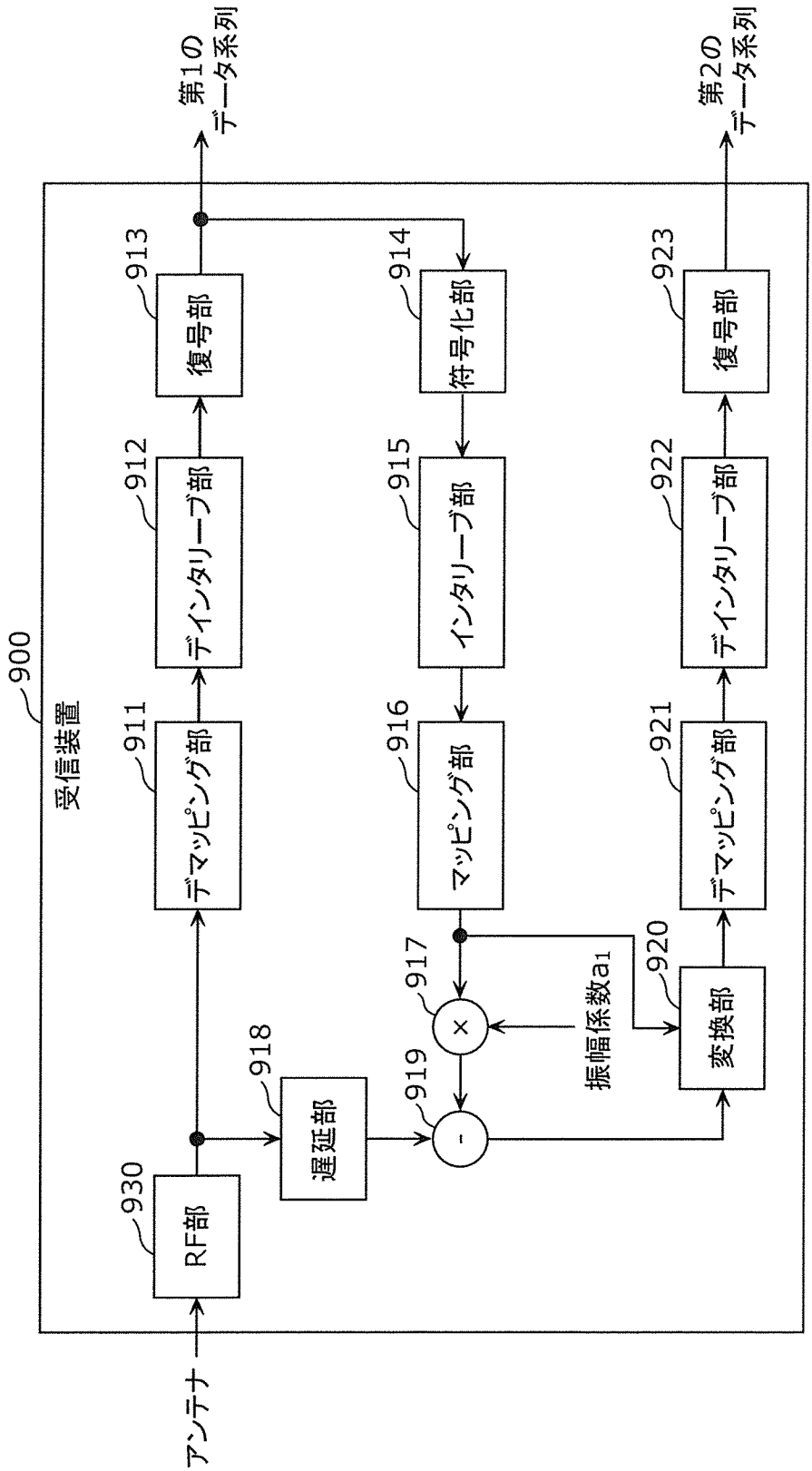
[図15]


700
送信装置
第1のデータ系列
第2のデータ系列
711
符号化部
712
インタリーブ部
713
マッピング部
714
×
振幅係数a_1
721
符号化部
722
インタリーブ部
723
マッピング部
724
×
振幅係数a_2
730
+
740
RF部
アンテナ

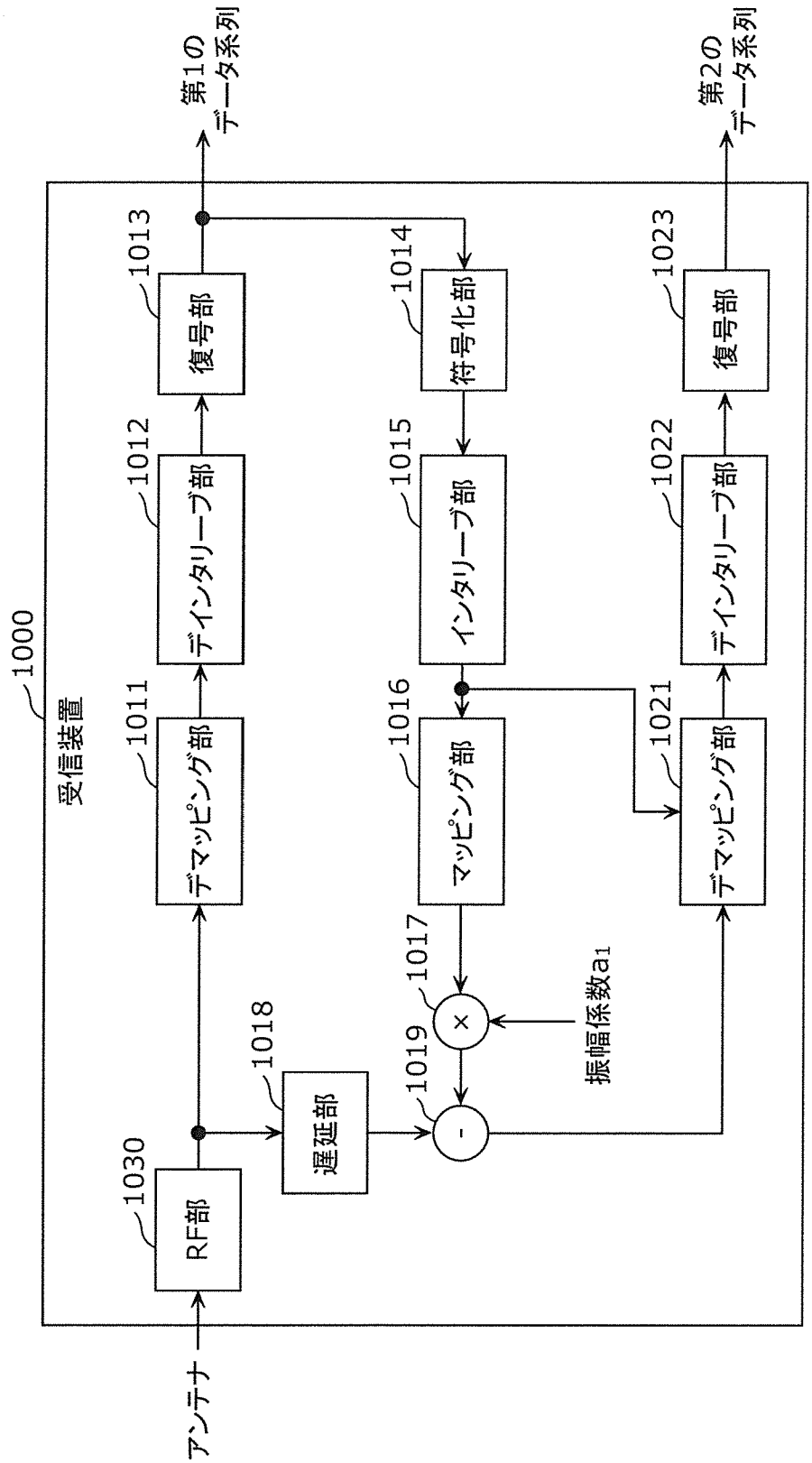
[図16]


800
受信装置
アンテナ
830
RF部
811
デマッピング部
812
デインタリーブ部
813
復号部
第1の
データ系列
818
遅延部
819
-
817
×
振幅係数a1
816
マッピング部
815
インタリーブ部
814
符号化部
820
変換部
821
デマッピング部
822
デインタリーブ部
823
復号部
第2の
データ系列

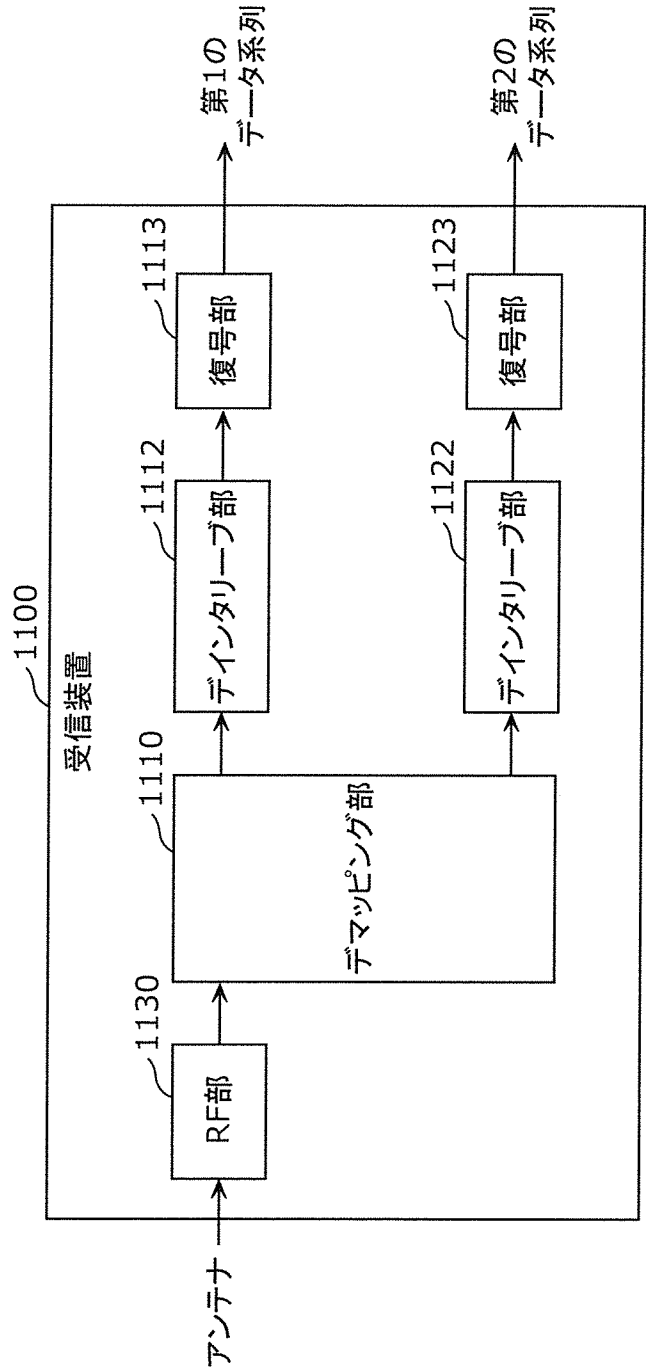
[図17]


900
受信装置
アンテナ
930
RF部
911
デマッピング部
912
デインタリーブ部
913
復号部
第1の
データ系列
914
符号化部
915
インタリーブ部
916
マッピング部
917
×
振幅係数a1
918
遅延部
919
-
920
変換部
921
デマッピング部
922
デインタリーブ部
923
復号部
第2の
データ系列

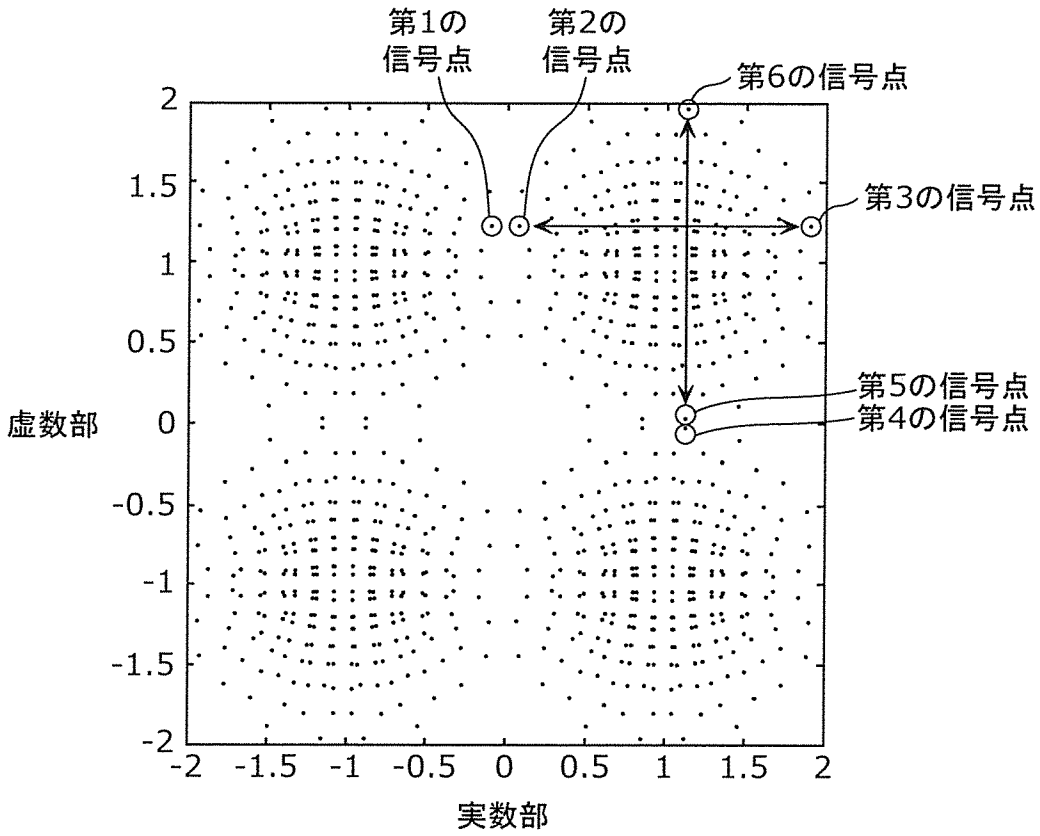
[図18]


1000
受信装置
アンテナ
1030
RF部
1011
デマッピング部
1012
デインタリーブ部
1013
復号部
第1の
データ系列
1018
遅延部
1019
-
1017
×
振幅係数a_1
1016
マッピング部
1015
インタリーブ部
1014
符号化部
1021
デマッピング部
1022
デインタリーブ部
1023
復号部
第2の
データ系列

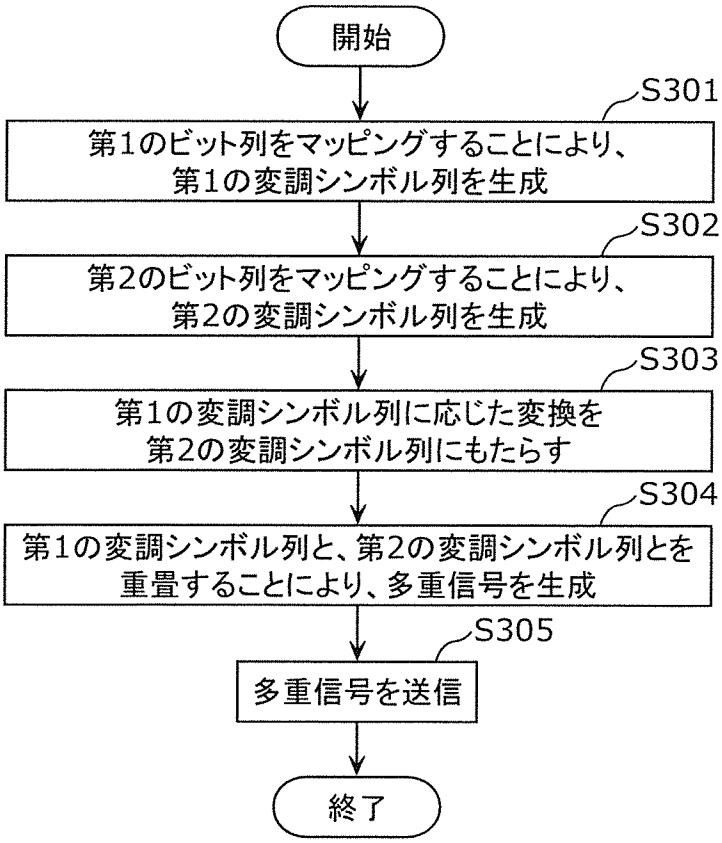
[図19]


1100
受信装置
アンテナ
1130
RF部
1110
デマッピング部
1112
デインタリーブ部
1113
復号部
第1の
データ系列
1122
デインタリーブ部
1123
復号部
第2の
データ系列

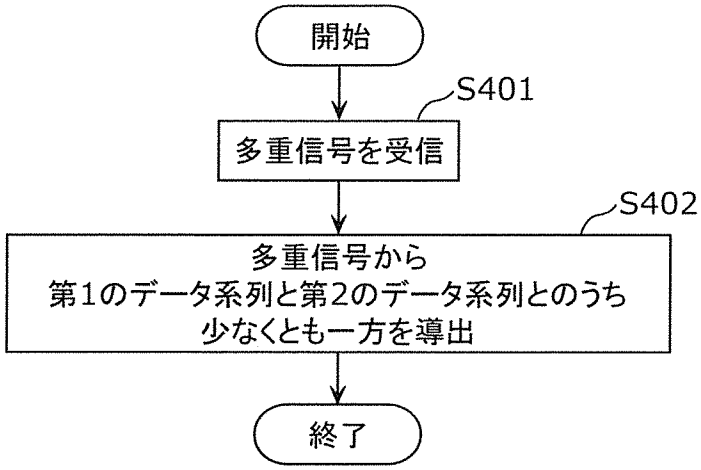
[図20]


第1の
信号点
第2の
信号点
第6の信号点
第3の信号点
第5の信号点
第4の信号点
虚数部
実数部
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
1.5
2

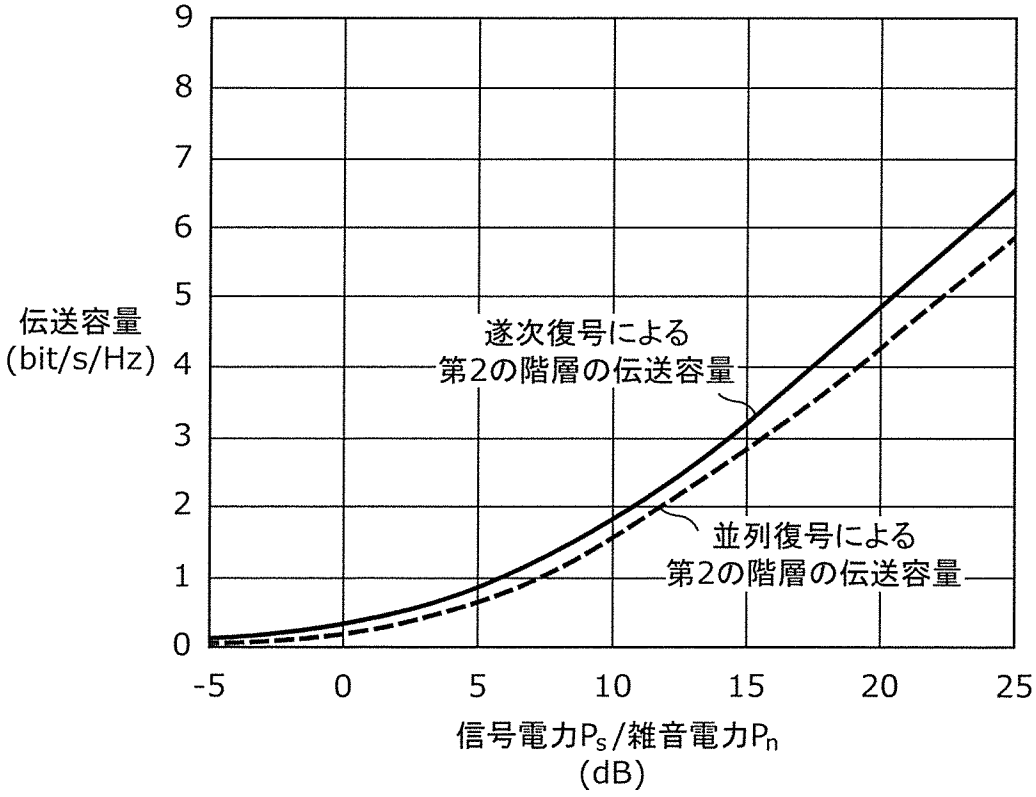
[図21]


開始
S301
第1のビット列をマッピングすることにより、
第1の変調シンボル列を生成
S302
第2のビット列をマッピングすることにより、
第2の変調シンボル列を生成
S303
第1の変調シンボル列に応じた変換を
第2の変調シンボル列にもたらす
S304
第1の変調シンボル列と、第2の変調シンボル列とを
重畳することにより、多重信号を生成
S305
多重信号を送信
終了

[図22]


開始
S401
多重信号を受信
S402
多重信号から
第1のデータ系列と第2のデータ系列とのうち
少なくとも一方を導出
終了

[図23]


伝送容量
(bit/s/Hz)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
遂次復号による
第2の階層の伝送容量
並列復号による
第2の階層の伝送容量
-5
0
5
10
15
20
25
信号電力Ps/雑音電力Pn
(dB)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/011678

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04J99/00(2009.01)i, *H04J7/02*(2006.01)i, *H04L27/26*(2006.01)i, *H04L27/36*(2006.01)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)
H04J99/00, H04J7/02, H04L27/26, H04L27/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2013/176042 A1 (Sharp Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), paragraphs [0091] to [0105]; fig. 8, 9 & JP 2013-247513 A & EP 2858281 A1 & US 2015/0171983 A1 paragraphs [0123] to [0137]; fig. 8, 9	1-10
Y	WO 2013/168790 A1 (Sharp Corp.), 14 November 2013 (14.11.2013), paragraphs [0048] to [0051] & JP 2013-239777 A & US 2015/0124902 A1 paragraphs [0064] to [0067]	1-10
A	WO 2007/089110 A2 (LG ELECTRONICS INC.), 09 August 2007 (09.08.2007), & JP 2009-525665 A & US 2007/0195907 A1 & CN 101444060 A	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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
"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	Date of mailing of the international search report
01 June 2017 (01.06.17)	13 June 2017 (13.06.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１１６７８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04J99/00(2009.01)i, H04J7/02(2006.01)i, H04L27/26(2006.01)i, H04L27/36(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04J99/00, H04J7/02, H04L27/26, H04L27/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2013/176042 A1 (シャープ株式会社) 2013.11.28, [0091]-[0105], 図 8,9 & JP 2013-247513 A & EP 2858281 A1 & US 2015/0171983 A1, [0123]-[0137], 図 8,9	1-10
Y	WO 2013/168790 A1 (シャープ株式会社) 2013.11.14, [0048]-[0051] & JP 2013-239777 A & US 2015/0124902 A1, [0064]-[0067]	1-10

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０１．０６．２０１７	１３．０６．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｋ　３３６０
原田　聖子
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５５６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	WO 2007/089110 A2 (LG ELECTRONICS INC.) 2007.08.09, & JP 2009-525665 A & US 2007/0195907 A1 & CN 101444060 A	1-10