(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
2024年11月14日(14.11.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/232005 A1

(51) 国際特許分類:
H04W 24/00 (2009.01) *H04W 16/22* (2009.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/017400

(22) 国際出願日： 2023年5月9日(09.05.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

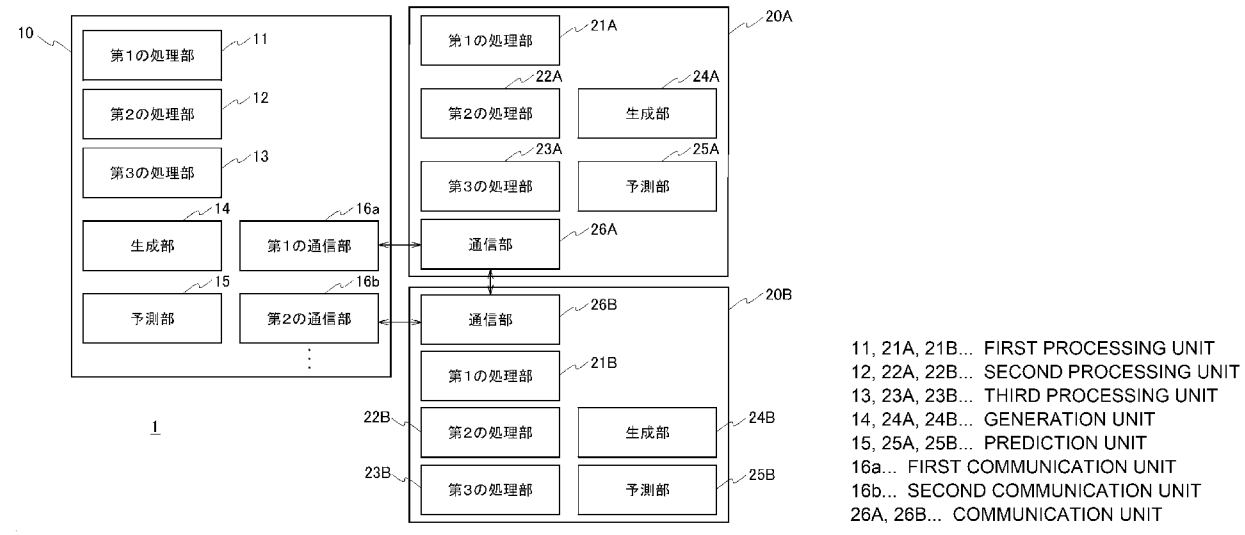
(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP). 株式会社ＮＴＴドコモ(**NTT DOCOMO, INC.**) [JP/JP]; 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目１１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 永田 尚志 (**NAGATA Hisashi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 工藤 理一(**KUDO Riichi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 小川 智明(**OGAWA Tomoaki**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 高橋 馨子(**TAKAHASHI Kahoko**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ知的財産センタ内 Tokyo (JP). 青木 祐也(**AOKI Yuya**); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目１１番１号 山王パークタワー 株式会社ＮＴＴドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 森広 芳文(**MORIHIRO Yoshifumi**); 〒1006150 東

(54) **Title:** WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称： 無線通信システム

[図1]



(57) **Abstract:** A wireless communication system 1 comprises at least two devices among a plurality of devices that include a base station device and one or more mobile wireless communication devices, wherein at least one device of said two devices comprises a first processing unit 11, 21A, 21B that processes device information including at least one among the location, the orientation, the speed, an operation, a control state, and a use state of the own device or the counterpart device, a second processing unit 12, 22A, 22B that processes surrounding environment information relating to the surrounding environment of the device, a third processing unit 13, 23A, 23B that processes communication information relating to the wireless communication of the device, a generation unit 14, 24A, 24B that performs machine learning on the relationship between the device information, the surrounding environment information, and the communication information, and generates a predictive model for predicting communication information relating to wireless communication

WO 2024/232005 A1

［続葉有］

京都千代田区永田町二丁目１１番１号 山王パークタワー 株式会社ＮＴＴドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 堀瀬 友貴(**HORISE Yuki**); 〒1006150 東京都千代田区永田町二丁目１１番１号 山王パークタワー 株式会社ＮＴＴドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 三好 秀和, 外 (**MIYOSHI Hidekazu** et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門１丁目２番８号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)）

on the basis of device information and surrounding environment information, and a prediction unit 15, 25A, 25B that uses the predictive model to predict communication information relating to wireless communication on the basis of inputted device information and surrounding environment information.

(57) 要約：基地局装置と１つ以上の移動無線通信装置とを含む複数の装置のうち少なくとも２つの装置を備えた無線通信システム１において、前記２つの装置のうち少なくとも１つの装置は、自装置又は相手装置の位置、向き、速度、動作、制御状況、利用状況のうち少なくとも１つを含む装置情報を処理する第１の処理部１１、２１Ａ、２１Ｂと、装置の周辺環境に関する周辺環境情報を処理する第２の処理部１２、２２Ａ、２２Ｂと、装置の無線通信に係る通信情報を処理する第３の処理部１３、２３Ａ、２３Ｂと、前記装置情報及び前記周辺環境情報と前記通信情報との関係性を機械学習し、装置情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測モデルを生成する生成部１４、２４Ａ、２４Ｂと、前記予測モデルを用いて、入力された装置情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測部１５、２５Ａ、２５Ｂと、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 無線通信システム

技術分野

[0001] 本開示は、無線通信システムに関する。

背景技術

[0002] 現在、様々な用途で無線通信が使用されている。しかし、サービスによっては無線通信が一定の通信品質要求を満たすことができない場合がある。

[0003] 例えば、無線通信端末が動くことにより、アンテナ指向性の向きや電波伝搬環境が変化するため、無線通信の通信品質が低下する。そこで、非特許文献１には、基地局との間の距離情報を用いて無線通信の通信品質を予測する技術が開示されている。

[0004] 例えば、２８ＧＨｚ等の高周波数帯では、電波の直進性が高いため、無線通信端末が動くだけでなく、周辺のオブジェクトが動くことによっても、電波の遮蔽により無線通信の通信品質が低下する。そこで、非特許文献２には、無線通信端末を固定して電波の遮蔽の有無を判定する技術が開示されている。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Christopher J. Lowrance、外1名、“An active and incremental learning framework for the online prediction of link quality in robot networks”、Engineering Applications of Artificial Intelligence 77、2019年、p.197-p.211

非特許文献2：Takayuki Nishio、外7名、“Proactive Received Power Prediction Using Machine Learning and Depth Images for mmWave Networks”、IEEE Journal on Selected Areas in Communications、vol.37、no.11、2019年11月、p.2413-p.2427

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、動きのある移動無線通信端末において、周辺のオブジェクトにより電波が遮蔽の影響を受けているかを正確に判定することは、困難であった。

[0007] 本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、本開示の目的は、無線通信の通信品質を高精度に予測可能であり、予測モデルの学習及び利用に係るコストを軽減可能な技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一態様の無線通信システムは、基地局装置と１つ以上の移動無線通信装置とを含む複数の装置のうち少なくとも２つの装置を備えた無線通信システムにおいて、前記２つの装置のうち少なくとも１つの装置は、自装置又は相手装置の位置、向き、速度、動作、制御状況、利用状況のうち少なくとも１つを含む装置情報を処理する第１の処理部と、装置の周辺環境に関する周辺環境情報を処理する第２の処理部と、装置の無線通信に係る通信情報を処理する第３の処理部と、前記装置情報及び前記周辺環境情報と前記通信情報との関係性を機械学習し、装置情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測モデルを生成する生成部と、前記予測モデルを用いて、入力された装置情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測部と、を備える。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、無線通信の通信品質を高精度に予測可能であり、予測モデルの学習及び利用に係るコストを軽減可能な技術を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、無線通信システムの構成を示す図である。

[図2]図２は、予測モデルの生成方法を示す図である。

[図3A]図３Ａは、周辺環境情報の例を示す図である。

[図3B]図３Ｂは、周辺環境情報の例を示す図である。

[図4A]図４Ａは、予測モデルの生成例を示す図である。

[図4B]図４Ｂは、予測モデルの生成例を示す図である。

[図5]図５は、ターゲット情報の予測方法を示す図である。

[図6]図６は、屋内実験環境及び端末の動きを示す上面図である。

[図7A]図７Ａは、スループットの予測例を示す図である。

[図7B]図７Ｂは、スループットの予測例を示す図である。

[図7C]図７Ｃは、スループットの予測例を示す図である。

[図7D]図７Ｄは、スループットの予測例を示す図である。

[図8]図８は、各スループットの予測結果のＲ２スコアを示す図である。

[図9]図９は、基地局や移動無線通信端末のハードウェア構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、本開示の実施形態を説明する。図面の記載において同一部分には同一符号を付し説明を省略する。

[0012] ［本開示の概要］

無線通信端末の状態（例えば、位置、姿勢、動き）や無線通信端末の周辺に存在する静的又は動的なオブジェクトの状態により、通信相手との間の電波伝搬環境が変化し、無線通信の通信品質が低下し、無線通信により実現されるサービスに大きな影響を及ぼすことがある。特に、高い周波数を用いるほど電波の直進性が強く、無線通信の通信品質は影響を受けやすい。

[0013] ゆえに、無線通信端末が安定した無線通信を行ったり、無線通信の通信品質をより高度に管理したりするためには、無線通信端末の状態と無線通信端末の周辺環境の状態とによる通信品質の変動に対する対策が必要である。

[0014] この点に対し、機械学習を用いた通信品質と環境情報の関係性のモデル化は有用な手段として考えられる。機械学習により予測モデルを構築すれば、無線通信端末の状態と環境情報とから得られる入力信号を用い、無線通信の通信品質の予測値や無線通信システムの制御情報等を出力できる。

[0015] そこで、本開示は、端末情報や周辺環境情報を含む様々な物理空間に関す

る物理空間情報を入力情報に用いて、機械学習モデルにより無線通信の通信品質を予測する。例えば、本開示は、無線通信の通信品質を予測するため、入力情報として、無線通信を行う端末の位置、向き、速度、動作、制御状況、利用状況のうち少なくとも１つを含む端末情報と、端末の周辺環境に関する周辺環境情報と、を予測モデルに入力して予測する。これにより、無線通信の通信品質を高精度に予測できる。

[0016] 特に、端末の位置、向き、速度、動作、制御状況、利用状況のうち少なくとも１つを含む端末情報を用いるので、最適化するべき機械学習のパラメータが削減され、予測モデルの学習及び利用に係るコストを軽減できる。

[0017] また、通信に係るパラメータを出力する予測モデルを生成する際に、同じ係数や構造で構築される機械学習ブロックを共用するので、予測モデルを効率的に構築でき、予測モデルに係るコストを削減できる。

[0018] ［無線通信システムの構成］

図１は、本実施形態に係る無線通信システムの構成を示す図である。

[0019] 無線通信システム１は、所定の通信網に接続された基地局１０と、基地局１０との間及び／又は相互に無線通信を行う第１の移動無線通信端末２０Ａ及び第２の移動無線通信端末２０Ｂと、を備える。移動無線通信端末の数は、１つ以上であればよい。

[0020] ［基地局の構成］

基地局１０は、第１の処理部１１と、第２の処理部１２と、第３の処理部１３と、生成部１４と、予測部１５と、第１の通信部１６ａと、第２の通信部１６ｂと、を備える。通信部の数は、１つ以上であればよい。基地局１０は、無線ＬＡＮルータ等でもよい。

[0021] 第１の処理部１１は、予測対象端末に関する端末情報（装置情報）を処理（生成、取得）する機能を備える。予測対象端末とは、例えば、無線通信を行う相手端末である第１の移動無線通信端末２０Ａである。

[0022] 端末情報とは、例えば、無線通信を行う相手端末である第１の移動無線通信端末２０Ａの位置、向き、速度、動作（例えば、端末の回転、アンテナの

角度変更）、制御状況（例えば、回路に対する制御命令の有無や制御指令の情報、アプリケーションプログラムの実行命令の総量）、利用状況（例えば、ＣＰＵ使用率、データ通信量）である。第１の処理部１１は、それらのうち少なくとも１つを含む端末情報を処理する。

[0023] 第２の処理部１２は、基地局１０や相手端末の周辺環境に関する周辺環境情報を処理（生成、取得）する機能を備える。

[0024] 周辺環境情報とは、例えば、基地局１０の内蔵カメラや周辺環境内の設置カメラで撮影された画像情報、周辺環境内の設置センサでセンシングされたセンサ情報、画像情報及びセンサ情報から抽出された情報、基地局１０の周辺に存在する他の端末に関する情報（例えば、無線通信を行う相手端末でない第２の移動無線通信端末２０Ｂの位置情報、向き情報、速度情報、端末情報、制御情報）、基地局１０の周辺に存在する他の端末以外に関する情報（例えば、通行人の位置情報、向き情報、速度情報）である。すなわち、周辺環境情報とは、基地局１０や相手端末の周辺に存在するオブジェクト（例えば、端末、通行人、車両、建物）に関する情報である。

[0025] 周辺環境情報は、それらの情報を基に生成された情報でもよい。例えば、第２の処理部１２は、センサ情報から得られるオブジェクト分布データ（基地局１０、その管理者、当該管理者の持ち物、第１の移動無線通信端末２０Ａ、その所有者・占有者、当該所有者・占有者の所有物・占有物等を含むオブジェクト分布データ）を基に周辺環境情報を生成してもよい。

[0026] 第３の処理部１３は、基地局１０と相手端末との間の無線通信に係る通信情報を処理（取得、生成）する機能を備える。例えば、第３の処理部１３は、基地局１０と第１の移動無線通信端末２０Ａとの間の無線通信に係る通信情報を取得する。

[0027] 無線通信に係る通信情報とは、第１の通信部１６ａや第２の通信部１６ｂから得られる無線通信信号・無線通信データに関する情報である。例えば、受信信号電力、信号対雑音電力比、信号対干渉雑音電力比、ＲＳＳＩ（Received Signal Strength Indication）、ＲＳＲＱ（Received Signal Reference

Quality）、パケット誤り率、到達ビット数、ビット誤り率、単位時間あたりの到達ビット数、ＭＣＳ（Modular Code Index）、再送回数、パケット到達遅延時間、誤り訂正技術の設定、移動無線通信端末の利用者契約情報、これらの値の微分情報、これらの値から所定の計算式を用いて算出される指標、無線通信システムの周波数、利用するリソースの帯域幅等の周波数条件、これらの指標に影響を与える無線通信システムの設定項目である。

[0028] 生成部１４は、端末情報と周辺環境情報と無線通信に係る通信情報とを学習データとして入力し、任意の機械学習アルゴリズムを用いて端末情報及び周辺環境情報と無線通信に係る通信情報との関係性を機械学習し、端末情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する予測モデルを生成する機能を備える。

[0029] 生成部１４は、無線通信システム情報を加えて学習を行うことも可能である。この場合、生成部１４は、端末情報、周辺環境情報、無線通信システム情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する予測モデルを生成する。

[0030] 予測部１５は、予測モデルを用いて、入力された端末情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する機能を備える。無線通信システム情報がある場合には、予測部１５は、入力された端末情報、周辺環境情報、無線通信システム情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する。

[0031] ターゲット情報とは、例えば、無線通信に係る通信情報、無線通信を制御するためのパラメータである。ターゲット情報の内容は、任意に選択可能である。パラメータとは、例えば、基地局１０や相手端末の動きに関する情報、物理層からアプリケーション層までのＯＳＩ参照モデルにおける制御情報（例えば、モード、通信速度、通信宛先、通信経路、通信方式）、電波伝搬環境に影響を与える構造物やメタマテリアルや誘電体の制御情報（例えば、位置、動き、設定に関する制御情報）である。

[0032] 第１の通信部１６ａは、第１の移動無線通信端末２０Ａとの間で無線通信

を行う機能を備える。

[0033] 第２の通信部１６ｂは、第２の移動無線通信端末２０Ｂとの間で無線通信を行う機能を備える。

[0034] ［第１の移動無線通信端末の構成］

第１の移動無線通信端末２０Ａは、例えば、携帯電話端末、スマートフォン端末である。第１の移動無線通信端末２０Ａは、第１の処理部２１Ａと、第２の処理部２２Ａと、第３の処理部２３Ａと、生成部２４Ａと、予測部２５Ａと、通信部２６Ａと、を備える。

[0035] 第１の処理部２１Ａは、基地局１０の第１の処理部１１と同様に、予測対象端末に関する端末情報を処理（取得、生成）する機能を備える。予測対象端末とは、基地局１０でもよいし、第２の移動無線通信端末２０Ｂでもよいし、自身である第１の移動無線通信端末２０Ａでもよい。

[0036] 第２の処理部２２Ａは、基地局１０の第２の処理部１２と同様に、第１の移動無線通信端末２０Ａの周辺環境に関する周辺環境情報を処理（取得、生成）する機能を備える。第２の処理部２２Ａは、センサ情報から得られるオブジェクト分布データ（第１の移動無線通信端末２０Ａ、その所有者・占有者、当該所有者・占有者の所有物・占有物等を含むオブジェクト分布データ）を基に周辺環境情報を生成してもよい。

[0037] 第３の処理部２３Ａは、基地局１０の第３の処理部１３と同様に、第１の移動無線通信端末２０Ａと相手端末との間の無線通信に係る通信情報を処理（取得、生成）する機能を備える。

[0038] 生成部２４Ａは、基地局１０の生成部１４と同様に、端末情報と周辺環境情報と無線通信に係る通信情報とを学習データとして入力し、任意の機械学習アルゴリズムを用いて端末情報及び周辺環境情報と無線通信に係る通信情報との関係性を機械学習し、端末情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する予測モデルを生成する機能を備える。生成部２４Ａは、無線通信システム情報を加えて機械学習を行い、無線通信システム情報を入力情報に含めた予測モデルを生成してもよい。

[0039] 予測部２５Ａは、基地局１０の予測部１５と同様に、予測モデルを用いて、入力された端末情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する機能を備える。無線通信システム情報がある場合には、予測部１５は、入力された端末情報、周辺環境情報、無線通信システム情報を基に無線通信に係る通信情報をターゲット情報として予測する。

[0040] 通信部２６Ａは、基地局１０の第１の通信部１６ａと無線通信を行い、第２の移動無線通信端末２０Ｂの通信部２６Ｂとの間で無線通信を行う機能を備える。

[0041] ［第２の移動無線通信端末の構成］

第２の移動無線通信端末２０Ｂは、例えば、携帯電話端末、スマートフォン端末である。第２の移動無線通信端末２０Ｂは、第１の処理部２１Ｂと、第２の処理部２２Ｂと、第３の処理部２３Ｂと、生成部２４Ｂと、予測部２５Ｂと、通信部２６Ｂと、を備える。第２の移動無線通信端末２０Ｂは、第１の移動無線通信端末２０Ａと同様の機能を備える。その説明は省略する。

[0042] ［生成部の変形例］

予測モデルを生成する生成部１４、２４Ａ、２４Ｂは、基地局１０と第１の移動無線通信端末２０Ａと第２の移動無線通信端末２０Ｂとのうちいずれか１つの端末のみが備えてもよいし、端末毎に備えてもよい。

[0043] 生成部を１つの端末のみが備える場合には、複数の移動無線通信端末を収容する基地局１０が備える方が好ましい。より多くの無線通信情報を収集でき、より多くの学習データを用いることができるので、予測モデルの精度向上に繋がるからである。この場合には、基地局１０以外の端末は、基地局１０で生成された予測モデルを利用する。

[0044] 生成部を端末毎に備える場合には、端末毎に最適化された予測モデルとなるように、転移学習やファインチューニング等の技術を用いて端末毎に予測モデルを最適化してもよい。

[0045] ［無線通信の具体例］

無線通信は、例えば、標準化規格ＩＥＥＥ８０２．１１で規定される無線

ＬＡＮ（Local Area Network）、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）、ＬＴＥや５Ｇによるセルラー通信、ＩｏＴ向けのＬＰＷＡ（Low Power Wide Area）通信、車通信に用いられるＥＴＣ（Electronic Toll Collection System）、ＶＩＣＳ（Vehicle Information and Communication System）、ＡＲＩＢ－ＳＴＤ－Ｔ１０９である。

[0046] ［予測モデルの生成方法］

図２は、予測モデルの生成方法を示す図である。第１の移動無線通信端末２０Ａが予測モデルを生成する場合を説明する。第１の移動無線通信端末２０Ａは、基地局１０との間で無線通信を行っているものとする。

[0047] ステップＳ１０１；

第１の処理部２１Ａは、第１の移動無線通信端末２０Ａの位置情報を端末情報として取得する。

[0048] ステップＳ１０２；

第２の処理部２２Ａは、第１の移動無線通信端末２０Ａの周辺環境内に設置されたＬｉＤＡＲ（Laser Imaging Detection and Ranging）から周辺環境内のオブジェクトの位置に関する点群データを取得し、その点群データを画像に変換し、その画像を周辺環境情報として取得する。その画像の例を図３Ａ、図３Ｂに示す。白色部分は、実験環境を形成する壁の位置を上空からの視点で表している。

[0049] ステップＳ１０３；

第３の処理部２３Ａは、第１の移動無線通信端末２０Ａと基地局１０との間で行われている無線通信のスループットを無線通信に係る通信情報として取得する。

[0050] ステップＳ１０４；

生成部２４Ａは、図４Ａに示すように、端末情報（位置情報）と周辺環境情報（画像）と無線通信に係る通信情報（無線通信のスループット）とを学習データとして入力し、端末情報及び周辺環境情報と無線通信に係る通信情報との関係性を機械学習し、端末情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係

る通信情報（無線通信のスループット）をターゲット情報として予測する予測モデルを生成する。

[0051] 生成部１４は、図４Ｂに示すように、無線通信システム情報を加えて学習を行い、無線通信システム情報も併せて入力情報として用いる予測モデルを生成してもよい。

[0052] ［ターゲット情報の予測方法］

図５は、ターゲット情報の予測方法を示す図である。第１の移動無線通信端末２０Ａでターゲット情報を予測する場合を説明する。第１の移動無線通信端末２０Ａは、基地局１０との間で無線通信を行っているものとする。

[0053] ステップＳ２０１；

第１の処理部２１Ａは、第１の移動無線通信端末２０Ａの現在の位置情報を端末情報として取得する。

[0054] ステップＳ２０２；

第２の処理部２２Ａは、第１の移動無線通信端末２０Ａの周辺環境内に設置されたＬｉＤＡＲから周辺環境内のオブジェクトの現在の位置に関する点群データを取得し、その点群データを画像に変換し、その画像を周辺環境情報として取得する。

[0055] ステップＳ２０３；

予測部１５は、ステップＳ１０４で生成していた予測モデルを用いて、ステップＳ２０１で取得した端末情報（現在の位置情報）及びステップＳ２０２で取得した周辺環境情報（現在の位置に関する点群データに係る画像）を基に、無線通信に係る通信情報（無線通信のスループット）をターゲット情報として予測して出力する。

[0056] ［予測モデルの具体例］

予測モデルは、入力情報より、無線通信に係る通信情報や何らかのパラメータをターゲット情報として出力するように、形成される。

[0057] 予測モデルは、ターゲット情報としての出力値が何らかのパラメータの予測値として高精度となるように構築してもよいし、無線通信に係るパラメー

タが良好となるように各通信部の位置の変更、端末の構成物や周辺環境やＯＳＩ参照モデルにおけるアプリケーション層から物理層に対する戦略（改善案）を出力してもよい。

[0058] このとき、予測モデルは、無線通信に係るパラメータが最大化するように、強化学習により構築されてもよい。例えば、未来の時間の受信電力を予測する場合には、未来の時間の受信電力をターゲット情報のパラメータとして、出力となる受信電力の予測値が実際の受信電力との間の誤差が少なくなるように、予測モデルを構築する。

[0059] 一方、受信電力を最大化するように、端末のＸ座標速度やＹ座標位置速度や回転指令を出力させる場合には、強化学習により、受信電力を最大化することに対して報酬を設定し、その報酬が高くなるようなＸ座標速度やＹ座標策度や回転指令を出力するように、予測モデルを形成する。

[0060] その他、通信に係るパラメータを出力する予測モデルを生成する際に、同じ係数や構造で構築される機械学習ブロックを共用してもよい。例えば、ある端末で生成する予測モデルと他の端末で生成する予測モデルは、それらの端末が同一環境に存在する場合には、それらの構造が互いに同一又は類似するので、同一の機械学習ブロックを用いて予測モデルを生成したり、相手の予測モデルをそのまま流用したり、相手の予測モデルの一部を改造して生成する。これにより、予測モデルを効率的に構築でき、予測モデルに係るコストを削減できる。

[0061] ［実験結果］

本実施形態の効果を実証するために実験を行った。

[0062] 図６は、屋内実験環境及び端末の動きを示す上面図である。人体を模擬したファントムが搭載され、位置情報等の測定装置を備えた２つの自律走行ロボットを走行させた。

[0063] 一方をターゲットロボット３００とし、５Ｇの通信が可能な第１の移動無線通信端末２０Ａを背中に背負わせた状態で実験環境内を走行させ、５Ｇ基地局である基地局１０との間でＵＤＰ通信を実施した。第１の移動無線通信

端末２０Ａは、基地局１０との間で行われた無線通信のスループットを測定した。

[0064] 他方をブロッキングロボット５００とし、第１の移動無線通信端末２０Ａと基地局１０との間の無線通信を邪魔するロボットとして、実験環境内を走行させた。ブロッキングロボット５００は、ターゲットロボット３００と基地局１０との間の無線通信パスを遮ることになるため、その間の無線通信に影響を生じさせる。

[0065] 第１の移動無線通信端末２０Ａは、端末情報として、ターゲットロボット３００から当該ターゲットロボット３００の位置、向き、正面方向の速度、回転速度を取得した。また、第１の移動無線通信端末２０Ａは、周辺環境情報として、ブロッキングロボット５００から当該ブロッキングロボット５００の位置、向き、正面方向の速度、回転速度を取得した。そして、第１の移動無線通信端末２０Ａは、取得した端末情報及び周辺環境情報を入力情報とし、ターゲット情報として無線通信のスループットを予測した。

[0066] ここでは、ターゲット情報として１秒後のスループットを予測した。予測モデルのアルゴリズムには、ランダムフォレストを用い、１００の決定木で構成した。その予測に用いる入力情報を４種類用いて評価した結果を図７Ａ～図７Ｄに示す。横軸は時間であり、縦軸はスループットである。図７Ａ～図７Ｄの実線は、実際に観測した予測すべき正解のスループットである。

[0067] 図７Ａの破線は、過去のスループット（現在のスループット値と５秒前のスループット値との計２値）を入力情報に用いた場合のスループット予測結果である。

[0068] 図７Ｂの破線は、ターゲットロボット３００の位置情報（２次元平面におけるＸ座標値とＹ座標値との計２値）を入力情報に用いた場合のスループット予測結果である。

[0069] 図７Ｃの破線は、ターゲットロボット３００の位置情報・向き情報・速度情報（Ｘ座標値及びＹ座標値と、Ｘ座標軸からの角度θによるｓｉｎ（θ／２）及びｃｏｓ（θ／２）と、進行方向に対する速度及び回転速度と、の計

６値）を入力情報に用いた場合のスループット予測結果である。

[0070] 図７Ｄの破線は、ターゲットロボット３００の位置情報・向き情報・速度情報とブロッキングロボット５００の位置情報・向き情報・速度情報（計１２値）を入力情報に用いた場合のスループット予測結果である。図７Ｄの破線が、本実施形態の予測結果である。

[0071] 図７Ｃの予測結果と図７Ｄの予測結果とを比較すると、符号Ａの時間帯において、端末情報のみを用いて予測した図７Ｃの予測結果よりも、端末情報と周辺環境情報との両方を用いて予測した図７Ｄの予測結果の方が、実線のスループットに近いことを把握できる。この結果から、端末情報と周辺環境情報との両方を用いて予測することにより、無線通信の通信品質を高精度に予測できると言える。

[0072] また、各スループット予測結果を式（１）に示すＲ２スコアの評価関数で評価した。

[0073] [数1]

$$\mathrm{R2スコア} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(C[t] - C'[t])^2}{\sum_{i=1}^{n}(C[t] - C_{ave}[t])^2} \qquad \cdots(1)$$

[0074] Ｃ［ｔ］は、実線のスループットである。Ｃ$_{ａｖｅ}$［ｔ］は、実線のスループットの平均値である。Ｃ’［ｔ］は、破線のスループット予測結果である。

[0075] 各スループット予測結果のＲ２スコアを図８に示す。過去のスループットを用いた場合のＲ２スコアは０．６１であり、単にターゲットロボット（Ｔロボット）３００の位置情報のみから予測した場合は０．４３であり過去のスループット情報を用いた場合の予測を下回るが、ターゲットロボット３００の向き情報・速度情報を更に用いた場合は０．６０であり、過去のスループット情報を用いた予測と同等レベルに高い精度で予測できる。

[0076] さらに、本実施形態の方法によって、ブロッキングロボット（Ｂロボット）５００の位置情報・向き情報・速度情報を周辺環境情報として更に用いた場合は０．６８であり、より高い予測精度を得ていることが確認できる。この結果からも、端末情報と周辺環境情報との両方を用いて予測することによ

り、無線通信の通信品質を高精度に予測できると言える。

[0077] ［効果］

本実施形態によれば、端末の端末情報及び端末の周辺環境に関する周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測モデルを用いて、無線通信に係る通信情報を予測するので、無線通信の通信品質を高精度に予測できる。

[0078] また、本実施形態によれば、端末の位置、向き、速度、動作、制御状況、利用状況のうち少なくとも１つを含む端末情報を用いるので、最適化するべき機械学習のパラメータが削減され、予測モデルの学習及び利用に係るコストを軽減できる。

[0079] ［その他］

本開示は、上記実施形態に限定されない。本開示は、本開示の要旨の範囲内で数々の変形が可能である。

[0080] 上記説明した本実施形態の基地局１０は、例えば、図９に示すように、ＣＰＵ９０１と、メモリ９０２と、ストレージ９０３と、通信装置９０４と、入力装置９０５と、出力装置９０６と、を備えた汎用的なコンピュータシステムを用いて実現できる。メモリ９０２及びストレージ９０３は、記憶装置である。当該コンピュータシステムにおいて、ＣＰＵ９０１がメモリ９０２上にロードされた所定のプログラムを実行することにより、基地局１０の各機能が実現される。

[0081] 基地局１０は、１つのコンピュータで実装されてもよい。基地局１０は、複数のコンピュータで実装されてもよい。基地局１０は、コンピュータに実装される仮想マシンであってもよい。ＰＬＤ（Programmable Logic Device）やＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアを用いて実現されるものであってもよい。

[0082] 基地局１０用のプログラムは、ＨＤＤ、ＳＳＤ、ＵＳＢメモリ、ＣＤ、ＤＶＤ等のコンピュータ読取り可能な記録媒体に記憶できる。コンピュータ読取り可能な記録媒体は、例えば、非一時的な（non-transitory）記録媒体で

ある。基地局１０用のプログラムは、インターネットや電話回線等の通信ネットワークを介して配信することもできる。

[0083] 第１の移動無線通信端末２０Ａ及び第２の移動無線通信端末２０Ｂも、基地局１０と同様のハードウェア構成を備える。

符号の説明

[0084] １　無線通信システム

１０　基地局（基地局装置）

２０Ａ　第１の移動無線通信端末（移動無線通信装置）

２０Ｂ　第２の移動無線通信端末（移動無線通信装置）

１１、２１Ａ、２１Ｂ　第１の処理部

１２、２２Ａ、２２Ｂ　第２の処理部

１３、２３Ａ、２３Ｂ　第３の処理部

１４、２４Ａ、２４Ｂ　生成部

１５、２５Ａ、２５Ｂ　予測部

１６ａ　第１の通信部

１６ｂ　第２の通信部

２６Ａ、２６Ｂ　通信部

３００　ターゲットロボット

５００　ブロッキングロボット

９０１　ＣＰＵ

９０２　メモリ

９０３　ストレージ

９０４　通信装置

９０５　入力装置

９０６　出力装置

請求の範囲

[請求項1] 基地局装置と１つ以上の移動無線通信装置とを含む複数の装置のうち少なくとも２つの装置を備えた無線通信システムにおいて、

前記２つの装置のうち少なくとも１つの装置は、

自装置又は相手装置の位置、向き、速度、動作、制御状況、利用状況のうち少なくとも１つを含む装置情報を処理する第１の処理部と、

装置の周辺環境に関する周辺環境情報を処理する第２の処理部と、

装置の無線通信に係る通信情報を処理する第３の処理部と、

前記装置情報及び前記周辺環境情報と前記通信情報との関係性を機械学習し、装置情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測モデルを生成する生成部と、

前記予測モデルを用いて、入力された装置情報及び周辺環境情報を基に無線通信に係る通信情報を予測する予測部と、

を備える無線通信システム。

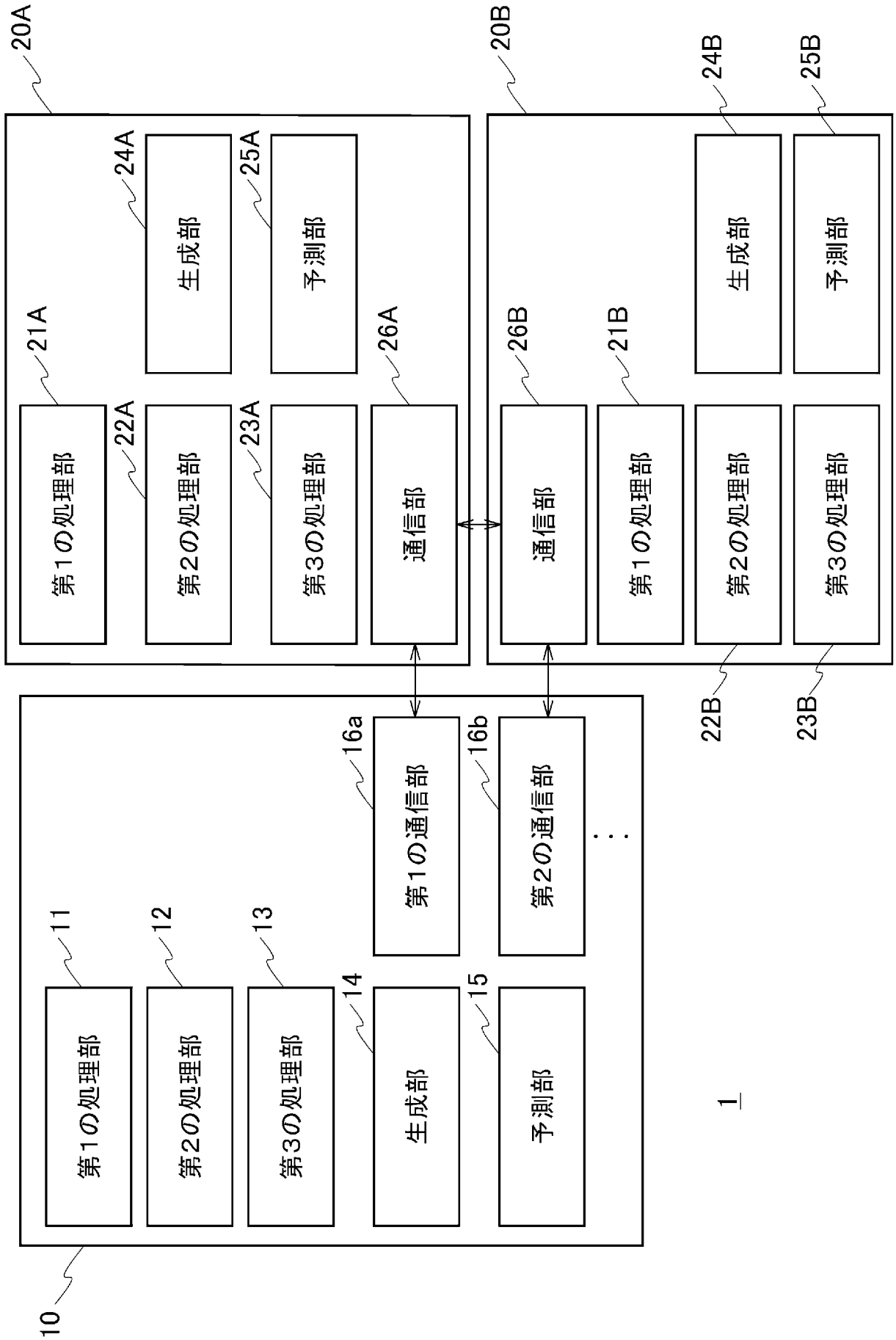
[請求項2] 前記周辺環境情報は、

装置の周辺を撮影した画像情報、装置の周辺をセンシングしたセンサ情報、装置の周辺に存在する他の装置に関する情報、装置の周辺に存在する他の装置以外に関する情報のうちいずれかである請求項１に記載の無線通信システム。

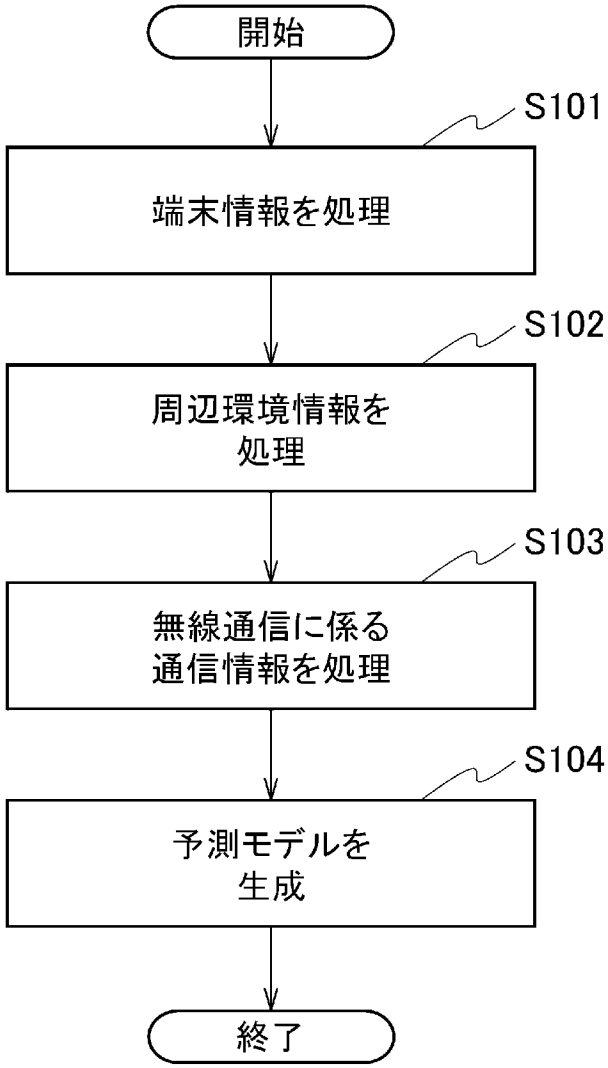
[請求項3] 前記第２の処理部は、

センサ情報から得られる装置、装置のユーザ、ユーザの備える物を含むオブジェクト分布データを基に前記周辺環境情報を生成する請求項１に記載の無線通信システム。

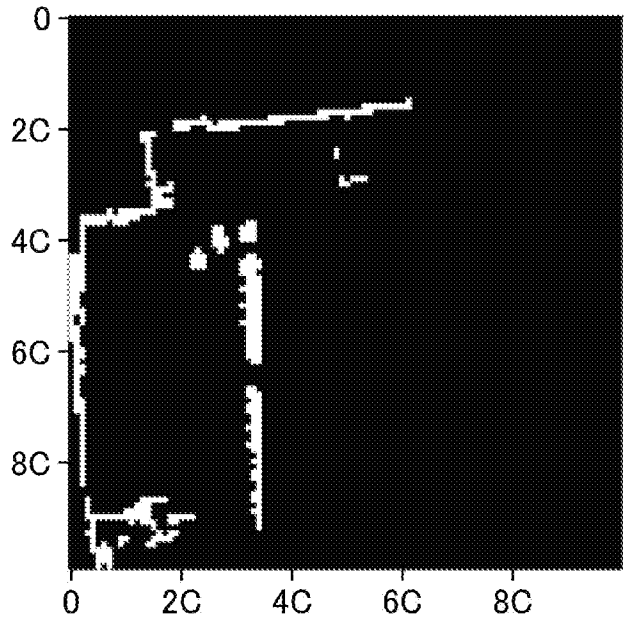
[図1]


20A
20B
24B
25B
24A
25A
生成部
予測部
21A
第1の処理部
22A
第2の処理部
23A
第3の処理部
26A
通信部
26B
通信部
21B
第1の処理部
生成部
予測部
第2の処理部
第3の処理部
22B
23B
16a
第1の通信部
16b
第2の通信部
11
第1の処理部
12
第2の処理部
13
第3の処理部
14
生成部
15
予測部
10
1

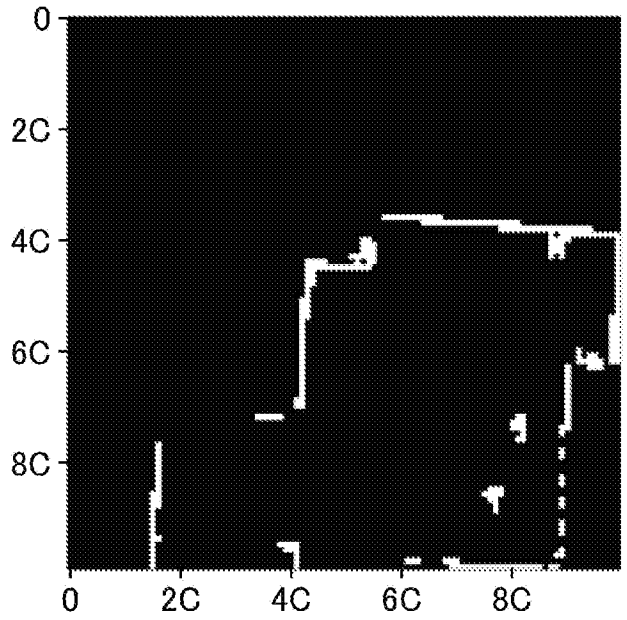
[図2]


開始
S101
端末情報を処理
S102
周辺環境情報を
処理
S103
無線通信に係る
通信情報を処理
S104
予測モデルを
生成
終了

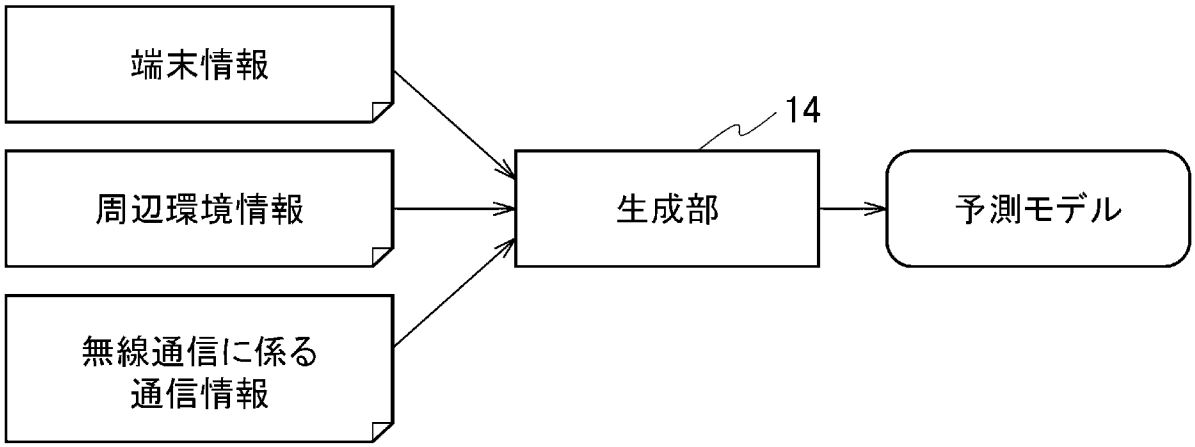
[図3A]



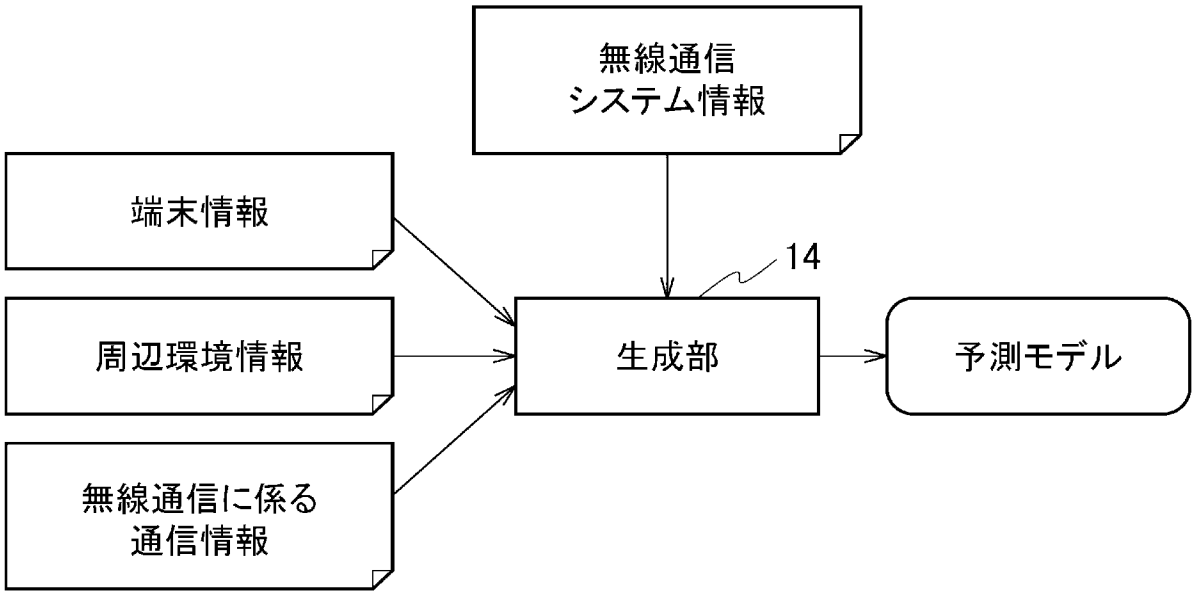
[図3B]



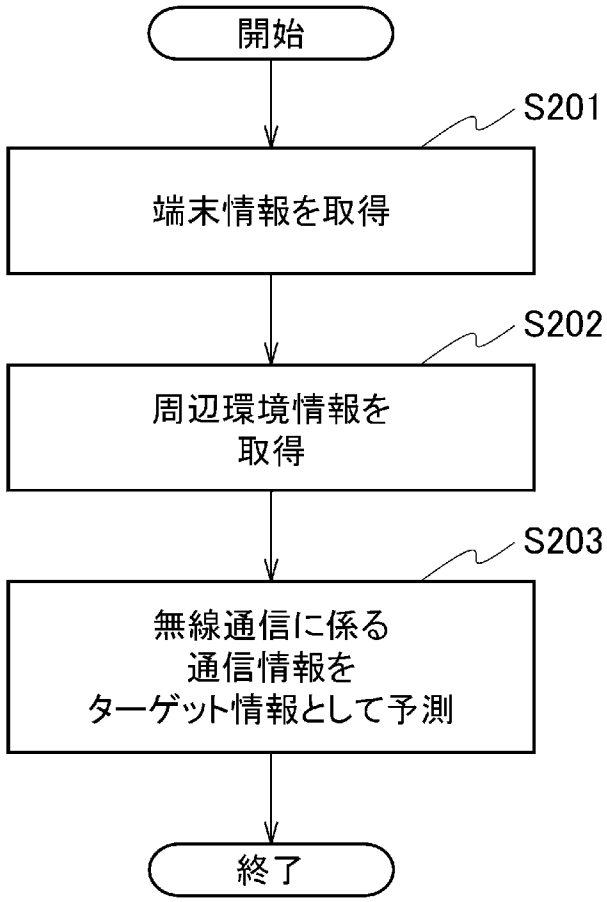
[図4A]


端末情報
周辺環境情報
無線通信に係る
通信情報
14
生成部
予測モデル

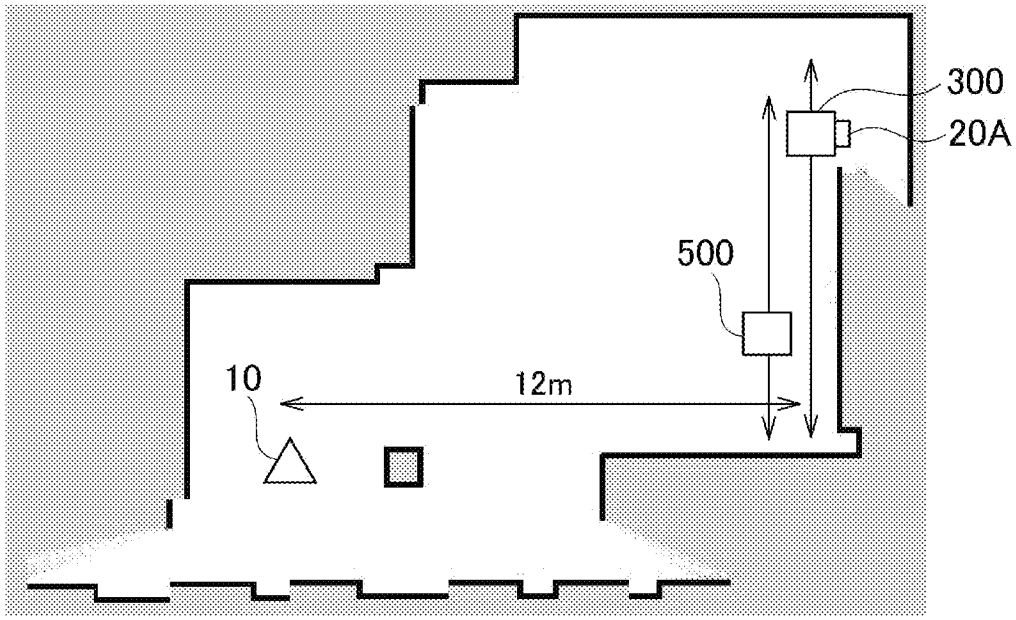
[図4B]


無線通信
システム情報
端末情報
周辺環境情報
無線通信に係る
通信情報
14
生成部
予測モデル

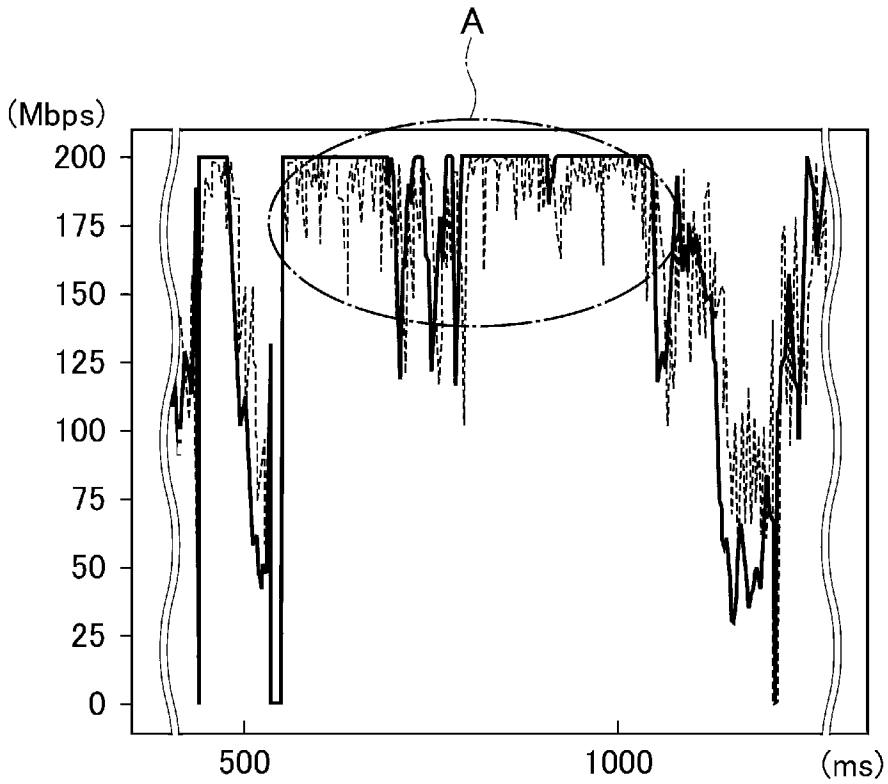
[図5]


開始
S201
端末情報を取得
S202
周辺環境情報を
取得
S203
無線通信に係る
通信情報を
ターゲット情報として予測
終了

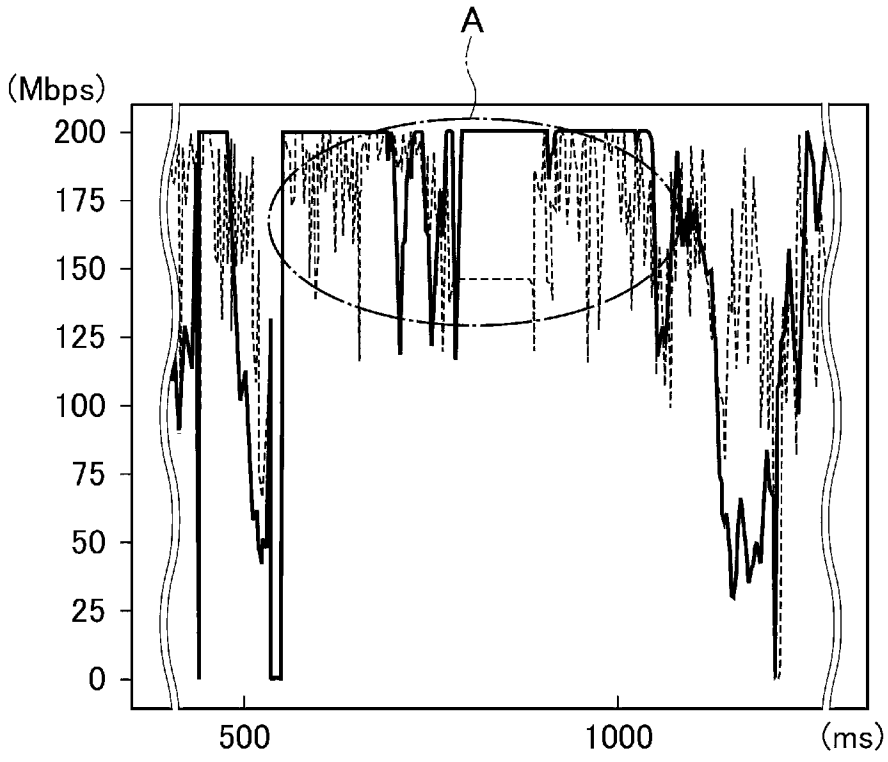
[図6]



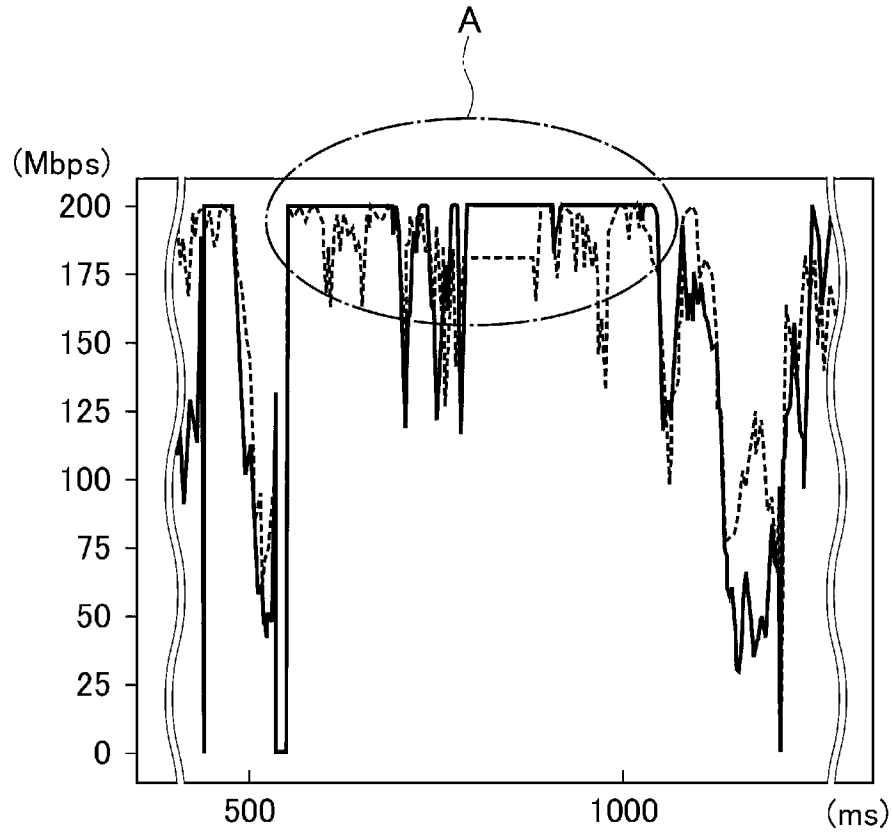
[図7A]


A
(Mbps)
200
175
150
125
100
75
50
25
0
500
1000
(ms)

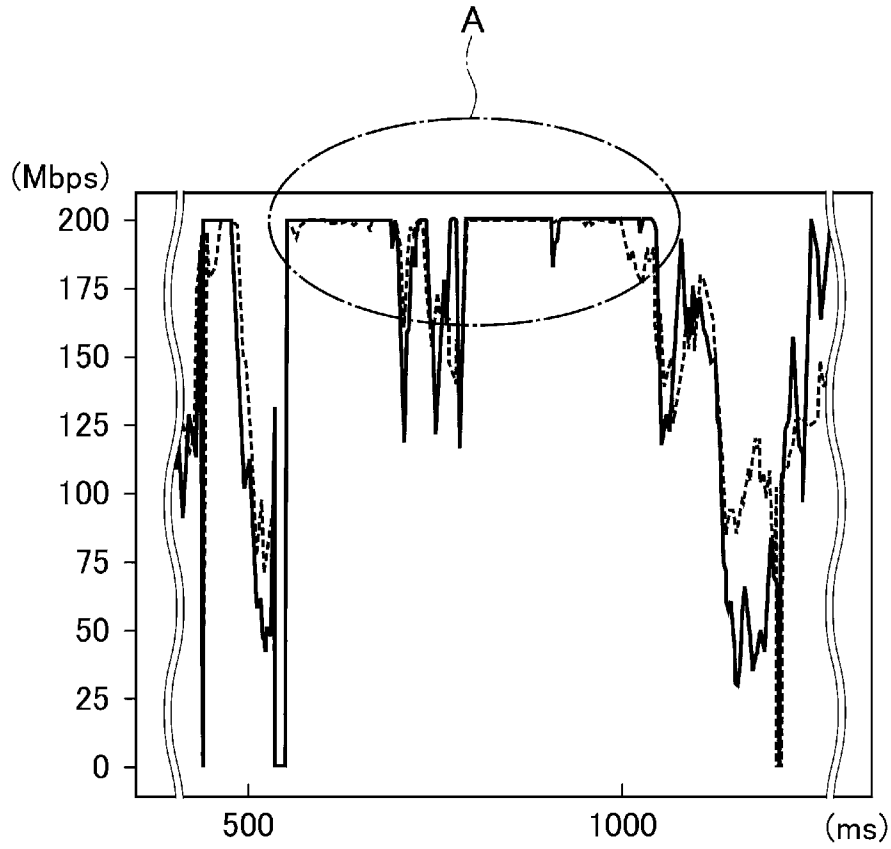
[図7B]


A
(Mbps)
200
175
150
125
100
75
50
25
0
500
1000
(ms)

[図7C]


A
(Mbps)
200
175
150
125
100
75
50
25
0
500
1000
(ms)

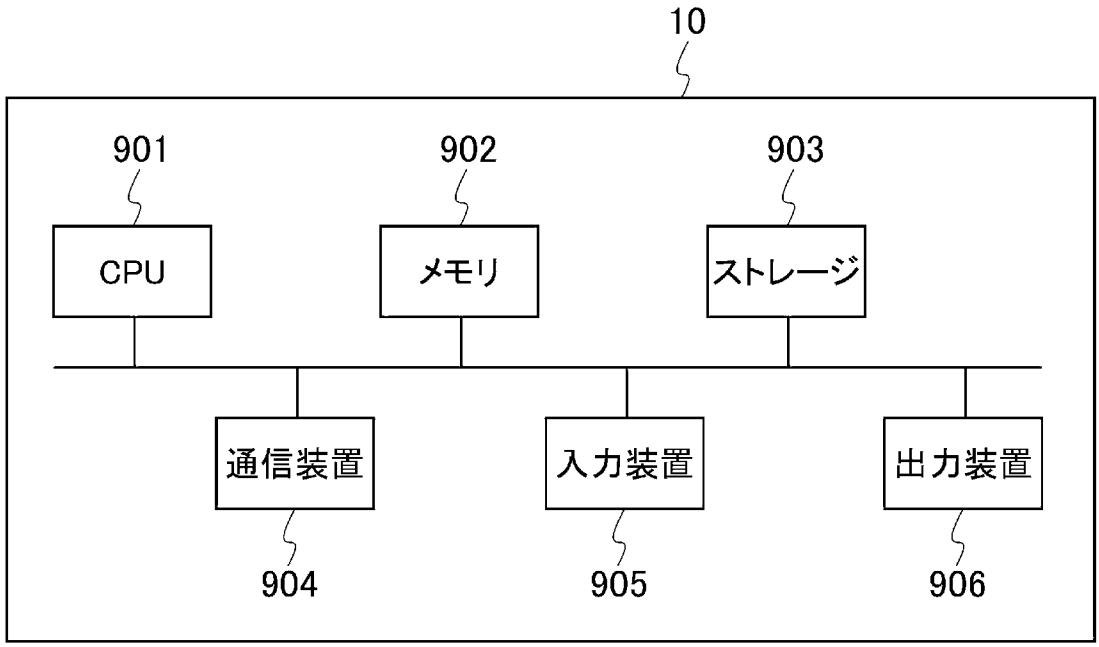
[図7D]


A
(Mbps)
200
175
150
125
100
75
50
25
0
500
1000
(ms)

[図8]

入力情報	R2スコア
過去のスループット	0.61
Tロボットの位置情報	0.43
Tロボットの位置情報、向き情報、速度情報	0.60
Tロボットの位置情報、向き情報、速度情報 Bロボットの位置情報、向き情報、速度情報	0.68

[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/017400

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 24/00(2009.01)i; ***H04W 16/22***(2009.01)i
FI: H04W24/00; H04W16/22

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)

H04W24/00; H04W16/22

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	WO 2021/064849 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 08 April 2021 (2021-04-08) paragraphs [0021]-[0035], fig. 1-2, 5	1-3
X	WO 2020/217457 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 29 October 2020 (2020-10-29) paragraphs [0020]-[0036], fig. 1	1-3

☐ 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
02 June 2023	**13 June 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/017400

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/064849 A1	08 April 2021	US 2022/0345919 A1 paragraphs [0034]-[0048], fig. 1-2, 5	
WO 2020/217457 A1	29 October 2020	US 2022/0210622 A1 paragraphs [0034]-[0051], fig. 1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/017400

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H04W 24/00(2009.01)i; H04W 16/22(2009.01)i
FI: H04W24/00; H04W16/22

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））

H04W24/00; H04W16/22

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
X	WO 2021/064849 A1 (日本電信電話株式会社) 08.04.2021 (2021-04-08) 段落0021-0035,図1-2,5	1-3
X	WO 2020/217457 A1 (日本電信電話株式会社) 29.10.2020 (2020-10-29) 段落0020-0036,図1	1-3

☐ 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抵触するものではなく、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
02.06.2023	13.06.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
石田　信行 5J 9469

電話番号 03-3581-1101 内線 3534

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/017400

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/064849 A1	08.04.2021	US 2022/0345919 A1 段落0034-0048,図1-2,5	
WO 2020/217457 A1	29.10.2020	US 2022/0210622 A1 段落0034-0051,図1	