

(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
2023年11月16日(16.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/218556 A1

(51) 国際特許分類:

H04W 84/06 (2009.01) *H04W 24/04* (2009.01)
H04W 16/26 (2009.01) *H04W 40/12* (2009.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/019929

(22) 国際出願日: 2022年5月11日(11.05.2022)

(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).

(72) 発明者: 原田 耕一 (HARADA, Koichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1

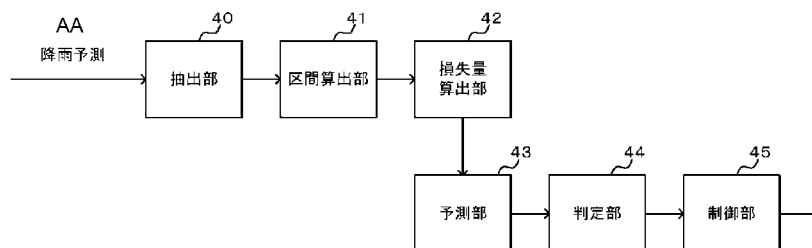
N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 阿部 順一 (ABE, Junichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 山下 史洋 (YAMASHITA, Fumihiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所 (TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12番2号 コンワビル7階 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,

(54) Title: WIRELESS COMMUNICATION METHOD AND WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 無線通信方法及び無線通信システム



40 Extraction unit
41 Interval-based calculation unit
42 Loss amount calculation unit
43 Prediction unit
44 Determination unit
45 Control unit
AA Rainfall prediction

(57) Abstract: A wireless communication method according to one embodiment is characterized by extracting rainfall data between a plurality of relay stations moving above NTN and a plurality of ground stations located on the ground for respective cells formed by the relay stations, at predetermined time intervals from rainfall forecasts for each predetermined area based on weather radar observation data; predicting a communication deterioration of the feeder link caused by rainfall at the plurality of relay stations on the basis of the extracted rainfall data; determining the communication quality

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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 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, 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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

of the feeder link of each of the plurality of relay stations on the basis of each predicted communication deterioration of the feeder link; and controlling the feeder link to satisfy a predetermined communication quality.

(57) 要約: 一実施形態にかかる無線通信方法は、気象レーダーの観測データに基づく所定領域ごとの降雨予測から、N T Nの上空で移動する複数の中継局と、中継局が形成するセルそれぞれに対して地上に配置された複数の地上局との間それぞれの降雨データを所定の時間ごとに抽出し、抽出した降雨データに基づいて、複数の中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測し、予測したフィーダリンクの通信劣化それぞれに基づいて、複数の中継局それぞれのフィーダリンクの通信品質を判定し、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御することを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：無線通信方法及び無線通信システム

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信方法及び無線通信システムに関する。

背景技術

[0002] 近年では、モバイル通信システムが発展し、地上の大部分においてモバイルサービスを享受することができるようになっている。また、今後に商用化が期待される第5世代（Beyond 5G）又は第6世代のモバイル通信システムにおける要求条件の1つとして、超カバレッジ化がある。

[0003] 超カバレッジ化とは、山岳、海上、及び空中など、既存の基地局を敷設するコストが高価である場合、又は基地局の敷設が困難な場所などへサービスエリアを拡大することである。また、自然災害などに対する国土強靱化も必要とされており、地上災害に強い通信システムの登場が望まれている。

[0004] このような無線通信システムを実現するために、静止衛星（GE0：Geostationary Orbit）・中軌道衛星（ME0：Medium Earth Orbit）・低軌道衛星（LE0：Low Earth Orbit）・高高度疑似衛星（HAPS：High Altitude Platform Station）、無人飛行体（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）、及びドローンなどを用いた非地上系ネットワーク（NTN：Non Terrestrial Network）が脚光を浴びている（例えば、非特許文献1参照）。

[0005] NTNでは、上述の衛星及びHAPSなどは、互いに通信リンクを接続してネットワークを形成し、さらに地上基地局を介して地上のモバイルネットワークと接続している。衛星及びHAPSは、中継通信機能を搭載している。

[0006] HAPSにおける通信回線は、HAPSと地上通信網側の地上ゲートウェイ局（地上局）との間のフィーダリンク（FL）と、通信中継装置と端末との間のサービスリンク（SL）とにより構成されている。例えば、HAPSは高度約20kmに位置し、地上エリア（セル）半径は50km程度となる

。HAPSのサービスリンクでは、2GHzの周波数利用が想定されるが、フィーダリンクではより高い周波数帯のミリ波の利用（例えば38GHz帯）が検討されている。

[0007] そして、端末が送信したトラフィックのパケットは、ルーティング機能によって地上局と接続しているHAPSにパケット転送され、インターネット網に送られる。インターネット網から他の端末へ送信されるパケットも、ルーティング機能によって同様な処理が行われる。

[0008] NTNにおいては、高い周波数帯の電波が用いられており、降雨の影響による無線通信品質の劣化が想定されている。例えば、降雨の影響がある場合には、高い周波数帯を利用するNTNのFL（フィーダリンク）では降雨によってサービスが切断されるおそれがある。

[0009] フィーダリンクの切断を防止するために、例えば、ひとつのHAPSがカバーするエリア（セル）内において、降雨予測を用いてエリア内のフィーダリンクを切り替える方法が検討されている（例えば、非特許文献2参照）。

[0010] 降雨減衰(dB/km)の周波数(GHz)特性については、CCIR Rep.721-3 FIGURE 1に、1時間の降雨強度(mm/h)ごとの特性が示されている（例えば、非特許文献3参照）。

[0011] また、HAPSと地上局との間の斜め伝搬路は、ITU-R P618-13 FIGURE 1に、降雨伝搬路長や仰角の考え方が示されている（例えば、非特許文献4参照）。

[0012] なお、降雨の予測については、気象庁から提供される高解像度降水ナウキャストデータにより、日本全国の250mメッシュごとの降水強度予測（5分ごとに60分後まで）が可能である（例えば、非特許文献5参照）。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：米国特許出願公開第2016/0046387号明細書

非特許文献

[0014] 非特許文献1：山下，“IOWN宇宙センシング_宇宙RANの研究開発”，SAT2021-2

9.

非特許文献2：北之園, 鈴木, 岸山, 外園, 外山, 大内, 三浦, 辻, ” H A P S を用いたミリ波帯バックホールシステムの開発状況－Beyond 5G/6G時代の 時代の H A P S 搭載 N T N システムの開発と実証－”, SAT2021-30.

非特許文献3：CCIR Rep. 721-3 大気水象、特に降水量、およびその他の大気粒子による減衰（降雨減衰(dB/km)の周波数(GHz)特性)

非特許文献4：ITU-R P618-13 衛星通信の回線設計に必要な伝搬データと予測方法（地球局と衛星間の伝搬路経路）

非特許文献5：気象庁 高解像度降水ナウキャスト https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/kurashi/highres_nowcast.html

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] しかしながら、従来は、ひとつのサービスエリア（セル）全体に降雨の影響がある場合には、高い周波数帯を利用する N T N の F L では降雨によってサービスが切断されるおそれがあった。

[0016] 本発明は、上述した課題を鑑みてなされたものであり、N T N における上空で移動するひとつの中継局がカバーするエリアの全体が降雨の影響を受ける場合にも、通信品質の劣化を防止することができる無線通信方法及び無線通信システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0017] 本発明の一実施形態にかかる無線通信方法は、N T N をともなう無線通信方法において、気象レーダーの観測データに基づく所定領域ごとの降雨予測から、N T N の上空で移動する複数の中継局と、前記中継局が形成するセルそれぞれに対して地上に配置された複数の地上局との間それぞれの降雨データを所定の時間ごとに抽出する抽出工程と、抽出した降雨データに基づいて、複数の前記中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測する予測工程と、予測したフィーダリンクの通信劣化それぞれに基づいて、複数の前記中継局それぞれのフィーダリンクが所定の通信品質を満たし

ているか否かを判定する判定工程と、サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定した場合に、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御する制御工程とを含むことを特徴とする。

[0018] また、本発明の一実施形態にかかる無線通信システムは、NTNを備えた無線通信システムにおいて、気象レーダーの観測データに基づく所定領域ごとの降雨予測から、NTNの上空で移動する複数の中継局と、前記中継局が形成するセルそれぞれに対して地上に配置された複数の地上局との間それぞれの降雨データを所定の時間ごとに抽出する抽出部と、前記抽出部が抽出した降雨データに基づいて、複数の前記中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測する予測部と、前記予測部が予測したフィーダリンクの通信劣化それぞれに基づいて、複数の前記中継局それぞれのフィーダリンクが所定の通信品質を満たしているか否かを判定する判定部と、サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと前記判定部が判定した場合に、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御する制御部とを有することを特徴とする。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、NTNにおける上空で移動するひとつの中継局がカバーするエリアの全体が降雨の影響を受ける場合にも、通信品質の劣化を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1] (a) は、上空で移動する1つの中継局が形成するセルを含む無線通信システムの構成例を示す図である。(b) は、上空で移動する2つの中継局が形成するセルを含む無線通信システムの構成例を示す図である。

[図2]一実施形態にかかる無線通信システムが備える機能を例示する機能ブロック図である。

[図3]セルC1の周囲にセルC2～C9が配置された無線通信システムを例示する図である。

[図4]図3に示した無線通信システムに対し、雨雲が複数のセルの範囲にかかった場合を例示する図である。

[図5]一実施形態にかかる無線通信システムにおける地上局、中継局、及び雨雲の関係を例示する図である。

[図6]考慮すべき高度と、エリア及びメッシュ数の関係を示す図である。

[図7]無線通信システムの全体処理例を示すフローチャートである。

[図8]F L周波数、1 h降雨強度と減衰量を取得する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図9]各セルの地上局の緯度経度を所得する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図10]各セルの降雨強度データを抽出する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図11]各セルの降雨強度データの予測値を抽出する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図12]セルの切替を検討する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図13]セルの切替先を検討する処理の詳細を示すフローチャートである。

[図14]降雨強度(mm/h)と減衰量(dB)の関係を示す図である。

[図15]降雨強度(mm/h)と減衰量(dB)の関係を周波数ごとに示す図である。

[図16]セルC 1地点の高解像度降水ナウキャストの降雨強度の予測値例を示す図である。

[図17]セルC 2地点の高解像度降水ナウキャストの降雨強度の予測値例を示す図である。

[図18]セルC 3地点の高解像度降水ナウキャストの降雨強度の予測値例を示す図である。

[図19]セルC 4地点の高解像度降水ナウキャストの降雨強度の予測値例を示す図である。

[図20]降雨強度の予測値、及び実際の降雨区間を示す図である。

[図21]降雨強度から降雨減衰量に変換する様子を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下に、図面を用いて一実施形態にかかる無線通信システムについて説明する。図1は、NTNを備えた一実施形態にかかる無線通信システムの構成例を示す図である。図1(a)は、上空で移動する1つの中継局が形成するセルを含む無線通信システムの構成例を示す図である。図1(b)は、上空で移動する2つの中継局が形成するセルを含む無線通信システムの構成例を示す図である。なお、一実施形態にかかる無線通信システムのセルは、数を限定されないこととする。

[0022] 図1(a)に示すように、NTNを備えた無線通信システムは、端末10と地上局20とが、HAPSなどの上空で移動する中継局30を介して無線通信を行う。中継局30は、無線通信をカバーするエリア(セルC1)を形成する。また、中継局30は、低軌道衛星(LEO)などであってもよい。

[0023] また、地上局20は、地上に配置され、ネットワーク100を介して図示しない他の基地局、他の端末10、及び制御局などに接続されている。

[0024] 端末10は、例えばS帯の電波のサービスリンクにより信号を中継局30へ伝送する。中継局30は、例えばQ/V帯の電波のフィーダリンクにより信号を地上局20へ伝送する。

[0025] また、図1(b)に示すように、NTNを備えた無線通信システムは、セルC1を形成する中継局30から、隣接するセルC2を形成する中継局30へ、例えばQ/V帯の電波を用いて信号を伝送する接続が可能にされている。

[0026] 図2は、一実施形態にかかる無線通信システムが備える機能を例示する機能ブロック図である。なお、図2に示した各機能は、端末10、地上局20、中継局30、及び図示しない制御局などのいずれが全部又は一部を備えていてもよい。

[0027] 図2に示すように、無線通信システムは、抽出部40、区間算出部41、損失量算出部42、予測部43、判定部44、及び制御部45を有する。

[0028] 抽出部40は、例えば気象レーダーの観測データに基づく所定領域ごとの

降雨予測から、複数の中継局 30 と、中継局 30 が形成するセルそれぞれに対して複数の地上局 20 との間それぞれの降雨データを所定の時間ごとに抽出し、区間算出部 41 に対して出力する。例えば、抽出部 40 は、高解像度降水ナウキャストなどの降雨予測を取得して、降雨データを所定の時間ごとに抽出する。

[0029] 高解像度降水ナウキャストは、スーパーコンピュータで予測・解析された降雨のメッシュデータを国際的ルール（GRIB形式）に基づいて提供する。例えば、高解像度降水ナウキャストは、雨雲の詳細な解析と移動、発達や衰弱、新たな発生などを予測する。このとき、例えば解析時間は 5 分ごと、格子間隔は 250 m、予測時間／時間分解能は 1 時間／5 分ごと、予測格子間隔は 30 分までは 250 m、35～60 分は 1 km などとする。

[0030] 区間算出部 41 は、抽出部 40 が抽出した降雨データに基づいて、中継局 30 と地上局 20 との間それぞれの降雨区間を算出し、損失量算出部 42 に対して出力する。

[0031] 損失量算出部 42 は、区間算出部 41 が算出した降雨区間により生じる電波の伝搬損失量をそれぞれ算出し、予測部 43 に対して出力する。

[0032] 予測部 43 は、損失量算出部 42 が算出した電波の伝搬損失量それぞれに基づいて、複数の中継局 30 の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測し、判定部 44 に対して出力する。

[0033] 判定部 44 は、予測部 43 が予測したフィーダリンクの通信劣化それぞれに基づいて、複数の中継局 30 それぞれのフィーダリンクが所定の通信品質を満たしているか否かを判定し、判定結果を制御部 45 に対して出力する。

[0034] 制御部 45 は、サービスリンクが接続された中継局 30 のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定部 44 が判定した場合に、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御を行う。

[0035] 例えば、制御部 45 は、サービスリンクが接続された中継局 30 のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定部 44 が判定した場合に、当該中継局 30 のフィーダリンクを、フィーダリンクが所定の通信品質を

満たしていると判定部44が判定した他の中継局30のいずれかが地上局20のいずれかに中継するように伝搬路を切替える制御を行う。

[0036] また、制御部45は、サービスリンクが接続された中継局30のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定部44が判定した場合に、当該中継局30の送信電力を増加させるように制御、又は、当該中継局30の変調方式若しくは符号化率を変化させるように制御を行ってもよい。

[0037] そして、一実施形態にかかる無線通信システムは、高解像度降水ナウキャストの降雨データを用いて、NTNの地上局からNTN方向の降雨強度データを抽出し、降雨データの現在値と予測値に基づいて、降雨による通信劣化を予測し、セル内の通信品質を他のセルのデータと比較し、降雨の影響のないセルへ伝搬路を切替える検討及び決定を行う。

[0038] 次に、一実施形態にかかる無線通信システムの具体的な動作例について説明する。図3は、セルC1の周囲にセルC2～C9が配置された無線通信システムを例示する図である。セルC1～C9を形成する複数の中継局30は、それぞれ隣接するセルを形成する他の中継局30と接続可能にされている。なお、各セルの構成は、図1に示した構成と同様とする。

[0039] 図4は、図3に示した無線通信システムに対し、雨雲が複数のセルの範囲にかかった場合を例示する図である。雨雲がかかったセルでは、後述するように無線通信に影響が生じる可能性がある。

[0040] 図4に示した例では、複数のセルに降雨の影響があり、セルC1での地上局20への接続（FL）ができない状況において、セルC2、C3においても同様に降雨の影響があるため地上局20へ接続できない。しかし、セルC4では、降雨の影響が少なく地上局20への接続ができる状態である。また、セルC1から地上局20への接続には、中継局30間の通信を利用してセルC4の地上局20へ接続することにより、セルC1内の通信を接続・維持することが可能である。

[0041] 図5は、一実施形態にかかる無線通信システムにおける地上局20、中継局30、及び雨雲の関係を例示する図である。図5においては、雨滴のある

高度と雨雲レーダーの想定水平距離が示されている。

[0042] セルC 1の通信サービスが切断されることなく接続を維持するためには、降雨による影響を予測して切替え先セルを選定する必要がある。無線通信システムは、雨雲レーダーから取得された高解像度降水ナウキャストデータを利用し、降雨予測により接続先のセルを選定することが可能である。なお、高解像度降水ナウキャストは、水平方向のデータのみであるため、水平方向でのみ考える。

[0043] 降雨の影響は、実際には雨滴による影響が大きく、雨雲によるものは影響が少ないため、ここでは考慮すべき高度を4 kmと考えることとする。例えばHAPSなどの中継局30は、高度20 kmで停滞し、半径50 km程度をエリアとすることから、地上局20から中継局30を見た仰角は、エリアの中心で仰角90度、エリア端であれば21.8度程度となる。

[0044] 例えば、仰角を45度として考えると、雨滴の影響のある水平距離は、下式(1)、(2)に示すように、高度と同じく4 kmとなる。高解像度降水ナウキャストでは、250 mメッシュの降雨データとなっていることから、16メッシュ分が4 kmに相当する。

[0045] [数1]

高度4km、仰角45度の伝搬距離

$$=4 / [\sin(45^\circ)]^{1/2} = 4 \times \sqrt{2} \div 5.66 \quad \dots(1)$$

[数2]

$$4\text{km} / \tan(45^\circ) = 4\text{km} \quad \dots(2)$$

[0046] 図6は、考慮すべき高度と、エリア及びメッシュ数の関係を示す図である。上述したように、考慮すべき高度が2 kmである場合には、 $2\text{ km} / \tan(45^\circ) = 2\text{ km}$ となり、250 mメッシュが8個となる(a)。考慮すべき高度が4 kmである場合には、 $4\text{ km} / \tan(45^\circ) = 4\text{ km}$ となり、250 mメッシュが16個となる(b)。考慮すべき高度が7 kmで

ある場合には、 $7 \text{ km} / \tan(45^\circ) = 7 \text{ km}$ となり、 250 m メッシュが 28 個となる (c)。

[0047] 高解像度降水ナウキャストデータは、GRIB2形式ファイルであるが、必要な情報をCSVファイルとして抽出することができる。ここでは、切替元のセルC1、及び切替先のセルC2～C4の地上局20の位置（緯度・経度）を基準として、各セルの中継局30方向に対象16メッシュの現在値から60分後までの5分ごとの降雨強度データを抽出する（図16～19参照）。

[0048] そして、無線通信システムは、降雨強度データに基づいて降雨減衰を予測し、降雨の影響のないセルの地上局20を選定し、通信を維持させることにより、稼働率の向上を実現する（図7～13参照）。

[0049] 図7は、無線通信システムの全体処理例を示すフローチャートである。図7に示すように、無線通信システムは、初期パラメータの設定として、(A) FL周波数、1h降雨強度と減衰量を取得し(S100)、(B)各セルの地上局の緯度経度を取得する(S200)。

[0050] 次に、無線通信システムは、(C)各セルの降雨強度データを抽出し(S300)、(D)各セルの降雨強度データの予測値を抽出する(S400)。

[0051] そして、無線通信システムは、(E)セルの切替えを検討し(S500)、(F)セルの切替先を検討する(S600)。

[0052] 次に、無線通信システムが行う上述の(A)～(F)の各処理についてさらに詳述する。

[0053] 図8は、(A) FL周波数、1h降雨強度と減衰量を取得する処理の詳細を示すフローチャートである。まず、無線通信システムは、例えば38GHz ($f = 38$) をFL周波数(f)として設定する(S102)。

[0054] 次に、無線通信システムは、図14に示されたCCIR Rep.721-3の降雨減衰(dB/km)の周波数(GHz)特性に基づいて、設定した周波数(f)の各1時間降雨強度(mm/h)の降雨減衰(dB/km)を抽出する(S104)。ここでは、 $f = 38 \text{ GHz}$ 、 12.5 GHz 、 2 GHz として抽出した降雨減衰量を図15に

示す。

[0055] 250 mメッシュごとに1時間降雨強度が示されるため、その1時間降雨強度が1 km (4メッシュ) 続けば、ITU-Rの減衰量を適用することが可能である。

[0056] 例えば、38 GHz帯で、5 mm/hの雨が1 km続いたら、信号は1.5 dB減衰する。また、例えば38 GHz帯で、25 mm/hの雨が1 km続いたら、信号は6 dB減衰する。

[0057] そして、無線通信システムは、降雨を考慮する高度(h)を設定する(S106)。例えば、4 km (h=4)を設定して、(A) FL周波数と1時間降雨強度と減衰量を取得する処理を終了する。

[0058] 図9は、(B)各セルの地上局の緯度経度を所得する処理の詳細を示すフローチャートである。まず、無線通信システムは、中継局30のセル数(M)を4 (M=4)として設定する(S202)。次に、無線通信システムは、中継局30の各セルの地上局20の緯度経度を設定する(S204)。

[0059] 例えば、無線通信システムは、セルC1: (22.1625, 121.75625)、セルC2: (22.15833, 122.8813)、セルC3: (22.15625, 124.0063)、セルC4: (22.15417, 125.1313)を設定して(B)各セルの地上局緯度経度を取得する処理を終了する。

[0060] 図10は、(C)各セルの降雨強度データを抽出する処理の詳細を示すフローチャートである。まず、無線通信システムは、対象セル(Ci)のセル番号(i)を初期化して、i=1とする初期値の設定を行う(S302)。

[0061] 次に、対象セル(i)が、最終セル(M)であるか否かを判定し(S304)、i=Mである場合(S304: Yes)には(C)各セルの降雨強度データを抽出する処理を終了し、i=Mでない場合(S304: No)にはS306の処理に進む。以降、セルC1を例として、説明する。

[0062] S306の処理において、無線通信システムは、対象セルの地上局20の緯度、経度を、例えば、C1セルの場合は(22.1625, 121.75625)として設定する。

- [0063] S 3 0 8 の処理において、無線通信システムは、地上局 2 0 から中継局 3 0 を見た、仰角 (E l) を、例えば、4 5 度 (E l = 4 5) として算出する。
- [0064] S 3 1 0 の処理において、無線通信システムは、地上局 2 0 から中継局 3 0 方向の水平距離 X k m を、 $X = h / \tan (E l)$ により算出する (S 3 1 0)。例えば、 $X = 4 / \tan (4 5 \text{ 度}) = 4 \text{ (k m)}$ とする。
- [0065] その後、無線通信システムは、高解像度降水ナウキャストより、2 5 0 m メッシュデータの降雨強度を抽出する。例えば、無線通信システムは、 $X = 4 \text{ k m}$ とし、以降を図 1 6 に示す。
- [0066] 図 1 6 は、セル C 1 地点の高解像度降水ナウキャスト (5 分) の降雨強度の予測値例を示す。例えば、3 8 G H z 帯で 5 d B / k m 減衰となるのは、降雨強度 2 0 m m / h 程度である。よって、1 k m で考えると、5 0 分後にその時を迎えるので、無線通信システムは、それまでに別の中継局 3 0 に切り替える必要があると判断する。
- [0067] また、2 k m まで考えると、4 0 分後にその時を迎え、3 k m まで考えると、3 5 分後にその時を迎え、4 k m まで考えても、上記の例では 3 0 分後にその時を迎える。
- [0068] 無線通信システムは、図 1 6 に示したように、水平距離 X k m 分の降雨強度 (m m / h) の現在値を抽出し (S 3 1 2)、5 分ごとに 6 0 分後までの降雨強度の予測値を抽出する (S 3 1 4)。
- [0069] S 3 1 6 の処理において、無線通信システムは、水平方向 1 k m ごとの降雨強度 (2 5 0 m メッシュ $\times$ 4) の現在値及び予測値の平均を算出する。
- [0070] S 3 1 8 の処理において、無線通信システムは、1 k m ごとの降雨強度を算出して、降雨強度の累積値を算出する。図 1 6 において、0 ~ 1 k m を (1) 行に、2 k m までを (2) に、以降を (3)、(4) に示す。ここで、無線通信システムは、水平距離 X k m の降雨強度の累積値を算出する。図 1 6 においては、「4 k m 相当の (1) + (2) + (3) + (4)」に示されている。

- [0071] S 3 2 0 の処理において、無線通信システムは、降雨区間の降雨強度を算出する。実際の伝搬路上での降雨区間は、水平距離 $X \text{ km}$ に対し、仰角 $E \text{ }^\circ$ を用いて、 $(\sin(E))^{-1}$ 倍となる。仰角 $E = 45$ 度である場合、降雨区間は $\sqrt{2}$ 倍となる（図 1 6 参照）。
- [0072] そして、無線通信システムは、次の対象セルに移行するために、 $i = i + 1$ として、S 3 0 4 の処理に戻る（S 3 2 2）。
- [0073] なお、図 1 6 と同様に、セル C 2 に対して抽出したデータを図 1 7 に示し、セル C 3 に対して抽出したデータを図 1 8 に示し、セル C 4 に対して抽出したデータを図 1 9 に示す。
- [0074] 図 1 1 は、(D) 各セルの降雨強度データの予測値を抽出する処理の詳細を示すフローチャートである。まず、無線通信システムは、予測対象時間 (t) を例えば 3 0 分 ($t = 30$) として設定する（S 4 0 2）。
- [0075] S 4 0 4 の処理において、無線通信システムは、予測対象時間 (t) が、予測対象最終時間（6 0 分）以上であるか否かを判定し、予測対象最終時間以上である場合（S 4 0 4 : Y e s）には (D) 各セルの降雨強度データ予測値を抽出する処理を終了し、予測対象最終時間以上でない場合（S 4 0 4 : N o）には S 4 0 6 の処理に進む。以降、予測対象時間を 3 0 分として、説明する。
- [0076] S 4 0 6 の処理において、無線通信システムは、各セルの t 分後の降雨強度を抽出する。
- [0077] S 4 0 8 の処理において、無線通信システムは、2 5 0 m メッシュごと、1 k m ごと、水平距離 $X \text{ km}$ の降雨強度、実際の降雨区間を抽出する。
- [0078] 無線通信システムは、図 1 6 ~ 1 9 に示したように、各セルの 3 0 分後、4 5 分後、6 0 分後のメッシュごとの降雨強度 (R) の予測値を、実際の降雨区間の t 分後データとして抽出する。また、無線通信システムは、同時に、(1) ~ (4) の降雨強度の予測値を抽出する。例えば、無線通信システムは、図 2 0 に示したように、「4 k m の (1) + (2) + (3) + (4)」の降雨強度の予測値、及び実際の降雨区間を抽出する。ここでは、例えば

図 2 1 に示したように、各セルの 3 0 分後、4 5 分後、6 0 分後の「実際の降雨区間」の降雨強度の予測値のみを抽出する。

[0079] S 4 1 0 の処理において、無線通信システムは、降雨強度 (R) と図 1 5 を用いて減衰量 (d t) を抽出する。例えば、無線通信システムは、各セルの「4 k m の (1) + (2) + (3) + (4)」の降雨強度の予測値と、図 1 5 とを用いて、3 8 G H z 帯の降雨減衰量を抽出し、図 2 1 に示した結果を得る。

[0080] そして、無線通信システムは、次の予測対象時間に移行するために、 $t = t + 15$ とし (S 4 1 2)、S 4 0 4 の処理に戻る。

[0081] 図 1 2 は、(E) セルの切替えを検討する処理の詳細を示すフローチャートである。まず、無線通信システムは、セル切替えるべき減衰量の閾値 (d) を、例えば 5 d B ($d = 5$) 設定する (S 5 0 2)。

[0082] S 5 0 4 の処理において、無線通信システムは、セル C 1 の予測対象時間 (t 分) 後の実際の降雨区間の減衰量 (d t) を図 2 1 から抽出し、減衰量を確認する。

[0083] 例えば、無線通信システムは、 $t = 30$ 分後の実際の降雨区間の減衰量 d t を、セル C 1 の減衰量 $d t = 5$ d B として図 2 1 から抽出する。

[0084] S 5 0 6 の処理において、無線通信システムは、セル C 1 の予測対象時間 (t 分) 後の実際の降雨区間の減衰量 (d t) が閾値 (d) よりも大きいかなを判定し、 $d t > d$ である場合 (S 5 0 6 : Y e s) には S 5 0 8 の処理に進み、 $d t > d$ でない場合 (S 5 0 6 : N o) には S 5 1 0 の処理に進む。

[0085] S 5 0 8 の処理において、無線通信システムは、セルを切替えるべきと判断し、(F) セルの切替先を検討する処理に移行する。

[0086] また、S 5 1 0 の処理において、無線通信システムは、t 分後の減衰量がセル切替えの閾値 (d) を超えるため、セルの切替えをしないと判断し、(E) セルの切替えを検討する処理を終了する。

[0087] 図 1 3 は、(F) セルの切替先を検討する処理の詳細を示すフローチャート

- トである。まず、無線通信システムは、安全確認時間を t_t 分後(初期値 : $t_t = 60$)までと設定する (S 6 0 2)。
- [0088] つぎに、無線通信システムは、切替先セル C_{i_i} (初期値 : $i_i = 2$: セル C_2) として検討を開始し (S 6 0 4)、予測確認時間 t 分後 (初期値 : $t = 30$: 30分後) の予測値を確認する (S 6 0 6)。
- [0089] つぎに、無線通信システムは、図 2 1 を用いて C_i セルの t 分後の予測値 d_t を抽出する (S 6 0 8)。このとき、セル C_2 の 30 分後の予測値は、4 dB である。
- [0090] S 6 1 0 の処理において、無線通信システムは、予測値 d_t が閾値 d より大きいか否かを判定し、大きい場合 (S 6 1 0 : Y e s) には S 6 1 8 の処理に進み、大きくない場合 (S 6 1 0 : N o) には S 6 1 2 の処理に進む。ここでは、 $d = 5$ dB であるため、 $d_t = 4$ dB $< d = 5$ dB である。
- [0091] S 6 1 2 の処理において、無線通信システムは、予測確認時間 t が安全確認時間 t_t 以上であるか否かを判定し、安全確認時間 t_t 以上である場合 (S 6 1 2 : Y e s) には S 6 1 6 の処理に進み、安全確認時間 t_t 以上でない場合 (S 6 1 2 : N o) には S 6 1 4 の処理に進む。
- [0092] S 6 1 4 の処理において、無線通信システムは、次の予測確認時間に移行するため、 $t = t + 15$ とし、S 6 0 8 の処理に戻る。
- [0093] S 6 1 6 の処理において、無線通信システムは、安全確認時間 t_t 分後まで閾値 d をわからないため、切替先をセル C_{i_i} に決定する。
- [0094] S 6 1 8 の処理において、無線通信システムは、最終セルであるか否か ($i_i = M$) を判定し、 $i_i = M$ である場合 (S 6 1 8 : Y e s) には S 6 2 2 の処理に進み、 $i_i = M$ でない場合 (S 6 1 8 : N o) には S 6 2 0 の処理に進む。
- [0095] S 6 2 0 の処理において、無線通信システムは、最終セルでないために $i_i = i_i + 1$ とし、S 6 0 6 の処理に進む。例えば、無線通信システムは、セル C_2 が最終セルでない場合には、次のセル C_3 の検討に入る。
- [0096] S 6 2 2 の処理において、無線通信システムは、安全確認時間 t_t 分後ま

で閾値 d をわらない切替先が見つからないとし、S 6 2 4 の処理に進む。

[0097] S 6 2 4 の処理において、無線通信システムは、安全確認時間 t_t が予測対象時間 t であるか否か ($t_t = t$) を判定し、 $t_t = t$ である場合 (S 6 2 4 : Y e s) には S 6 3 0 の処理に進み、 $t_t = t$ でない場合 (S 6 2 4 : N o) には S 6 2 6 の処理に進む。

[0098] S 6 2 6 の処理において、無線通信システムは、安全確認時間 t_t を変更 (1 5 分前) し、閾値 d をわらない切替先を検討する。

[0099] S 6 2 8 の処理において、無線通信システムは、 $t_t = t_t - 1 5$ とし、S 6 0 4 の処理に戻る。

[0100] S 6 3 0 の処理において、無線通信システムは、切り替え先セルが見つからないとし、(F) 切替先セル検討の処理を終了する。

[0101] 例えば、図 2 1 に示した例では、無線通信システムは、セル C 1 の地点で 3 0 分後以降、5 d B 以上の減衰が予想されるため、他地点への切替えを検討する。例えば、無線通信システムは、3 0 分後、4 5 分後、6 0 分後、共に降雨による影響の少ない (1. 5 d B 程度まで) の C 4 地点へ切り替える。

[0102] このように、一実施形態にかかる無線通信システムは、サービスリンクが接続された中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定した場合に、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御を行うので、N T N における上空で移動するひとつの中継局がカバーするエリアの全体が降雨の影響を受ける場合にも、通信品質の劣化を防止することができる。

[0103] なお、一実施形態にかかる無線通信システムは、上述したように、降雨減衰などの伝搬損失量の推定結果を用いて、損失分に応じて送信電力を増幅する送信電力制御 (T C P : Transmitter Power Control) や、損失分に応じて変調方式・チャネル符号化率 (M C S : Modulation and Coding Scheme) を適応制御して所要 C N I R (Carrier to Noise and Interference Ratio (搬送波対雑音・干渉比)) を調整する A M C (Adaptive Modulation and Codin

g（適応変調・チャネル符号化））の機能も備える。

[0104] また、端末10、地上局20、中継局30、及び図示しない制御局の少なくともいずれかが有する図2に示した各機能は、それぞれ一部又は全部がP L D（Programmable Logic Device）やF P G A（Field Programmable Gate Array）等のハードウェアによって構成されてもよいし、C P U等のプロセッサが実行するプログラムとして構成されてもよい。

[0105] 例えば、本発明にかかる無線通信システムは、コンピュータとプログラムを用いて実現することができ、プログラムを記憶媒体に記録することも、ネットワークを通して提供することも可能である。

符号の説明

[0106] 10・・・端末、20・・・地上局、30・・・中継局、40・・・抽出部、41・・・区間算出部、42・・・損失量算出部、43・・・予測部、44・・・判定部、45・・・制御部

請求の範囲

[請求項1]

N T Nをとまなう無線通信方法において、

気象レーダーの観測データに基づく所定領域ごとの降雨予測から、N T Nの上空で移動する複数の中継局と、前記中継局が形成するセルそれぞれに対して地上に配置された複数の地上局との間それぞれの降雨データを所定の時間ごとに抽出する抽出工程と、

抽出した降雨データに基づいて、複数の前記中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測する予測工程と、

予測したフィーダリンクの通信劣化それぞれに基づいて、複数の前記中継局それぞれのフィーダリンクが所定の通信品質を満たしているか否かを判定する判定工程と、

サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定した場合に、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御する制御工程と

を含むことを特徴とする無線通信方法。

[請求項2]

前記制御工程では、

サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定した場合に、当該中継局のフィーダリンクを、フィーダリンクが所定の通信品質を満たしていると判定した他の前記中継局のいずれかが前記地上局のいずれかに中継するように伝搬路を切替える制御を行うこと

を特徴とする請求項1に記載の無線通信方法。

[請求項3]

前記制御工程では、

サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと判定した場合に、当該中継局の送信電力を増加させるように制御、又は、当該中継局の変調方式若しくは符号化率を変化させるように制御を行うこと

を特徴とする請求項1に記載の無線通信方法。

[請求項4] 抽出した降雨データに基づいて、前記中継局と前記地上局との間それぞれの降雨区間を算出する区間算出工程と、

算出した降雨区間により生じる電波の伝搬損失量をそれぞれ算出する損失量算出工程と

を含み

前記予測工程では、

算出した電波の伝搬損失量それぞれに基づいて、複数の前記中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の無線通信方法。

[請求項5] N T Nを備えた無線通信システムにおいて、

気象レーダーの観測データに基づく所定領域ごとの降雨予測から、N T Nの上空で移動する複数の中継局と、前記中継局が形成するセルそれぞれに対して地上に配置された複数の地上局との間それぞれの降雨データを所定の時間ごとに抽出する抽出部と、

前記抽出部が抽出した降雨データに基づいて、複数の前記中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測する予測部と、

前記予測部が予測したフィーダリンクの通信劣化それぞれに基づいて、複数の前記中継局それぞれのフィーダリンクが所定の通信品質を満たしているか否かを判定する判定部と、

サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと前記判定部が判定した場合に、当該フィーダリンクが所定の通信品質を満たすように制御する制御部と

を有することを特徴とする無線通信システム。

[請求項6] 前記制御部は、

サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと前記判定部が判定した場合に、当該中継局のフィーダリンクを、フィーダリンクが所定の通信品質を満たして

いると前記判定部が判定した他の前記中継局のいずれかが前記地上局のいずれかに中継するように伝搬路を切替える制御を行うことを特徴とする請求項5に記載の無線通信システム。

[請求項7]

前記制御部は、

サービスリンクが接続された前記中継局のフィーダリンクが所定の通信品質を満たしていないと前記判定部が判定した場合に、当該中継局の送信電力を増加させるように制御、又は、当該中継局の変調方式若しくは符号化率を変化させるように制御を行うことを特徴とする請求項5に記載の無線通信システム。

[請求項8]

前記抽出部が抽出した降雨データに基づいて、前記中継局と前記地上局との間それぞれの降雨区間を算出する区間算出部と、

前記区間算出部が算出した降雨区間により生じる電波の伝搬損失量をそれぞれ算出する損失量算出部と

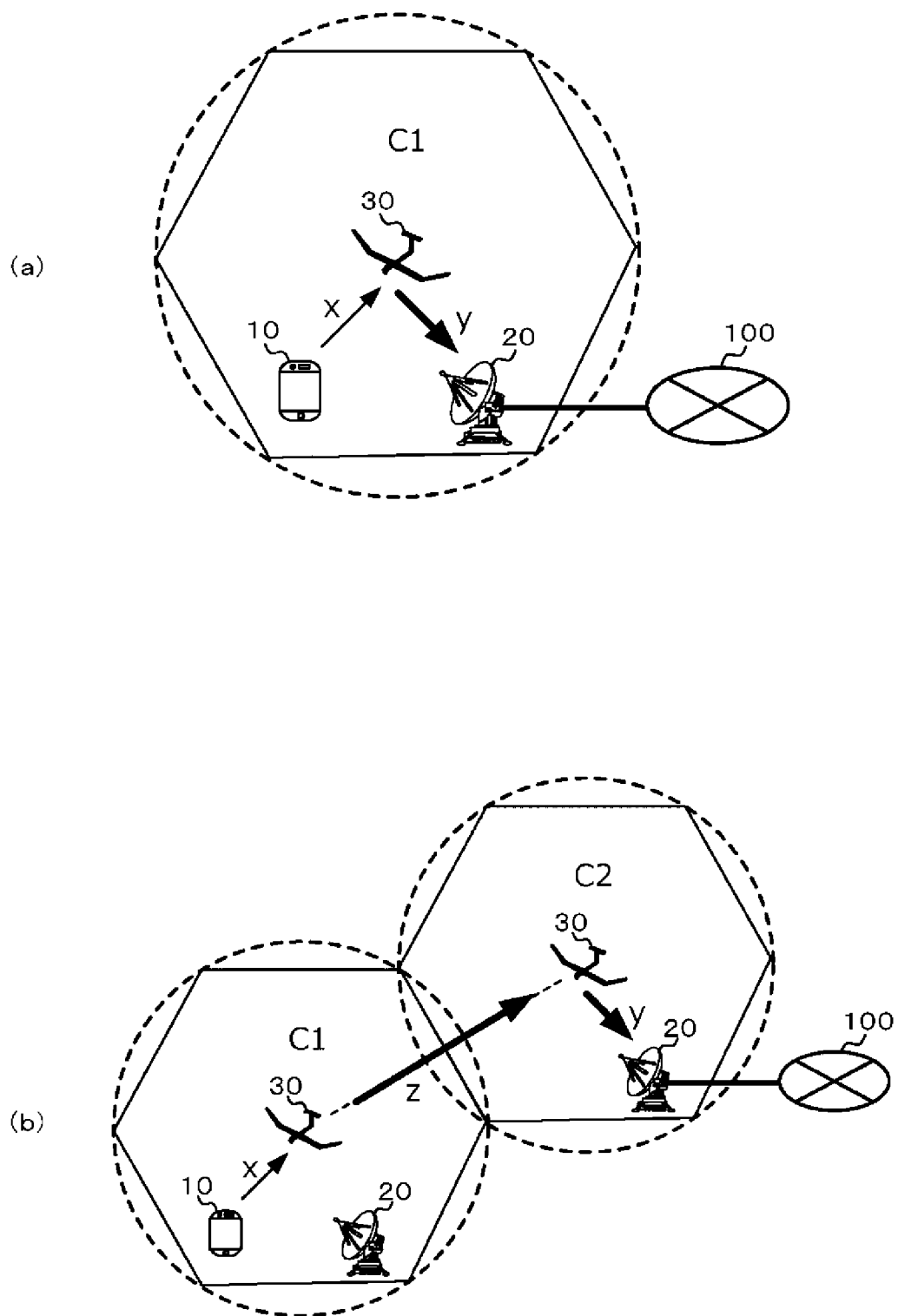
を有し、

前記予測部は、

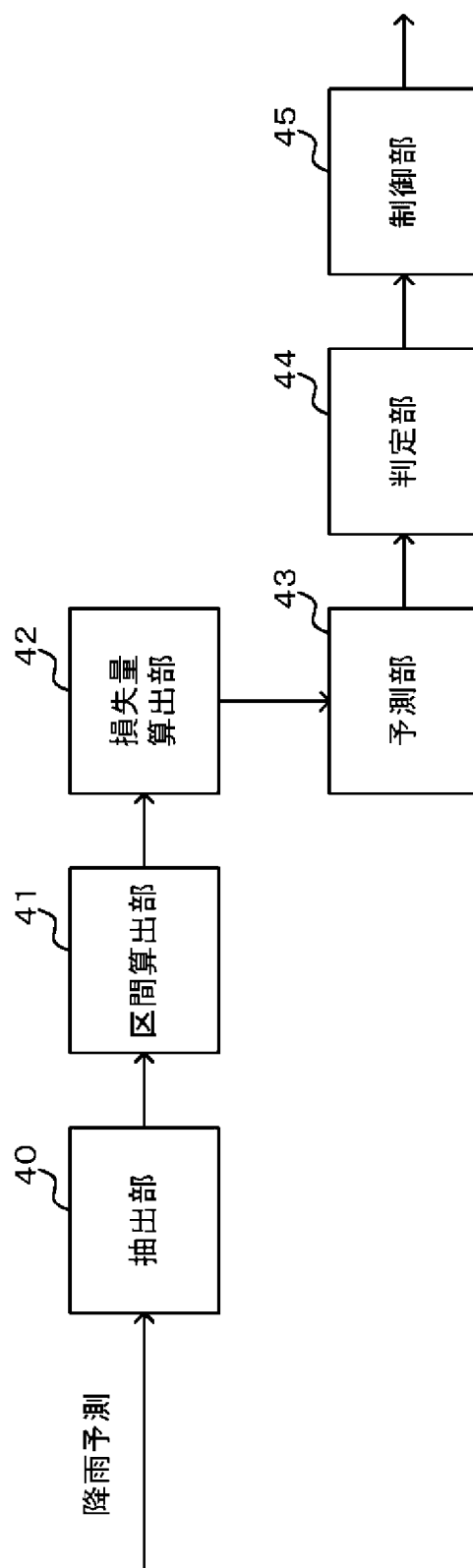
前記損失量算出部が算出した電波の伝搬損失量それぞれに基づいて、複数の前記中継局の降雨に起因するフィーダリンクの通信劣化をそれぞれ予測すること

を特徴とする請求項5～7のいずれか1項に記載の無線通信システム。

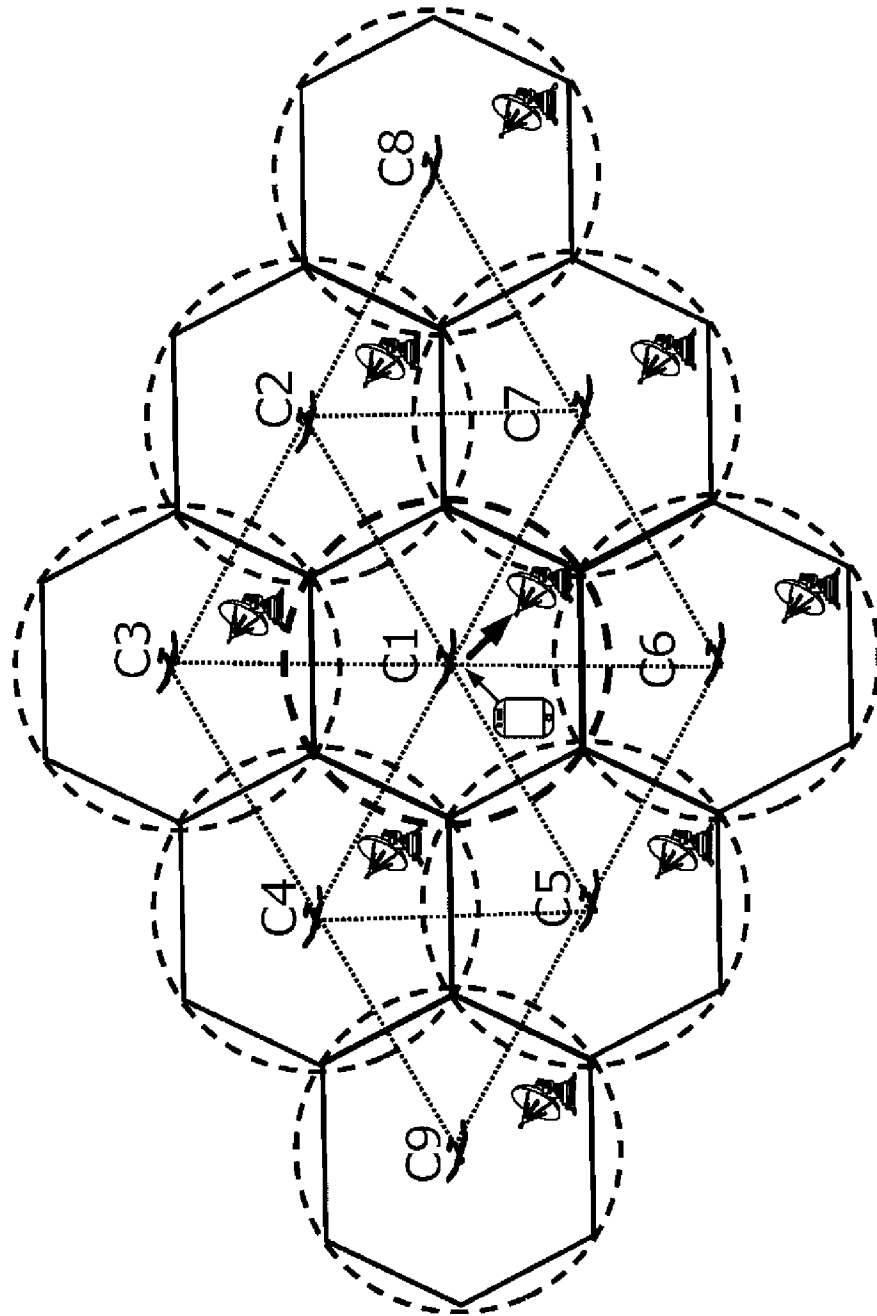
[図1]



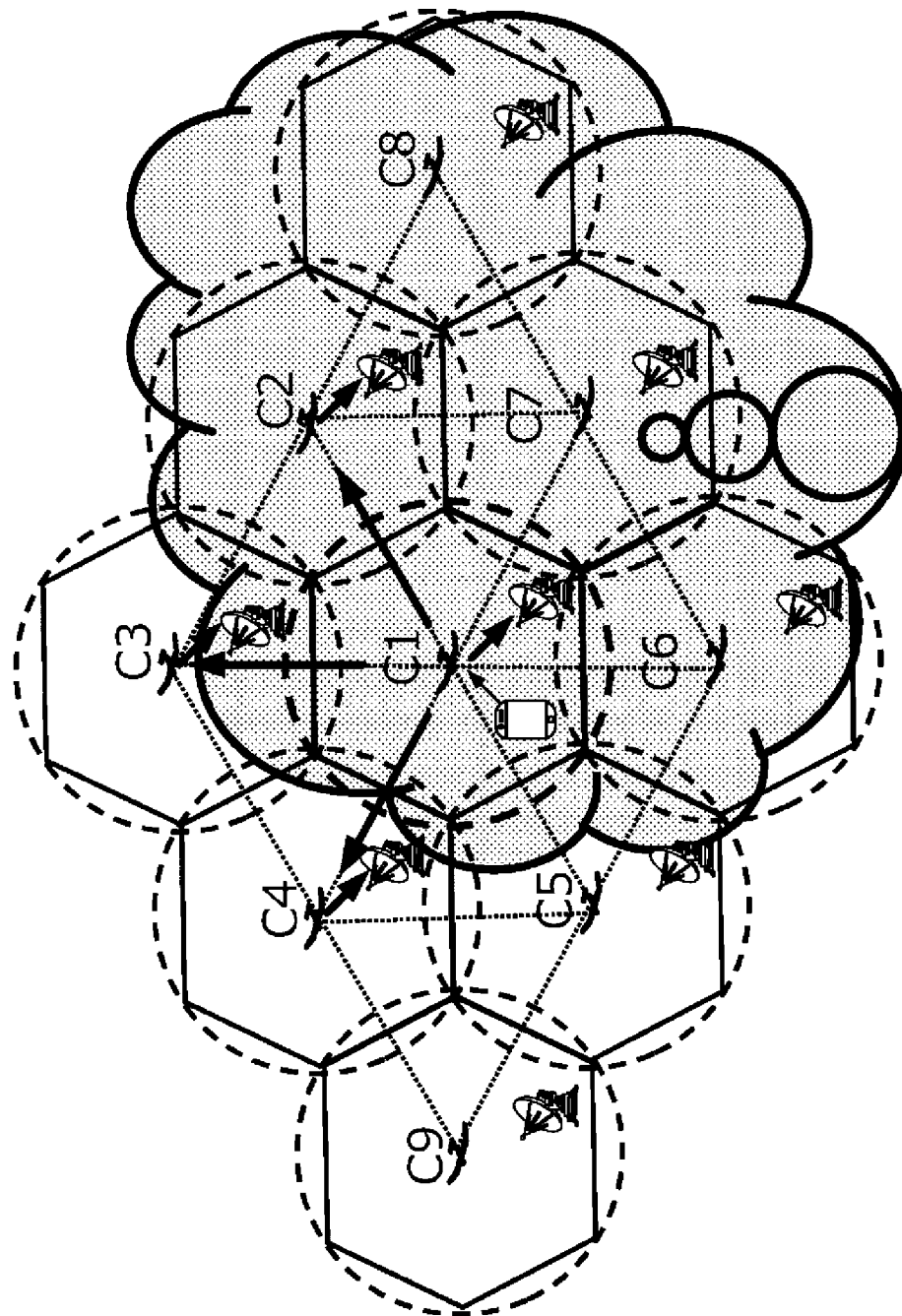
[図2]



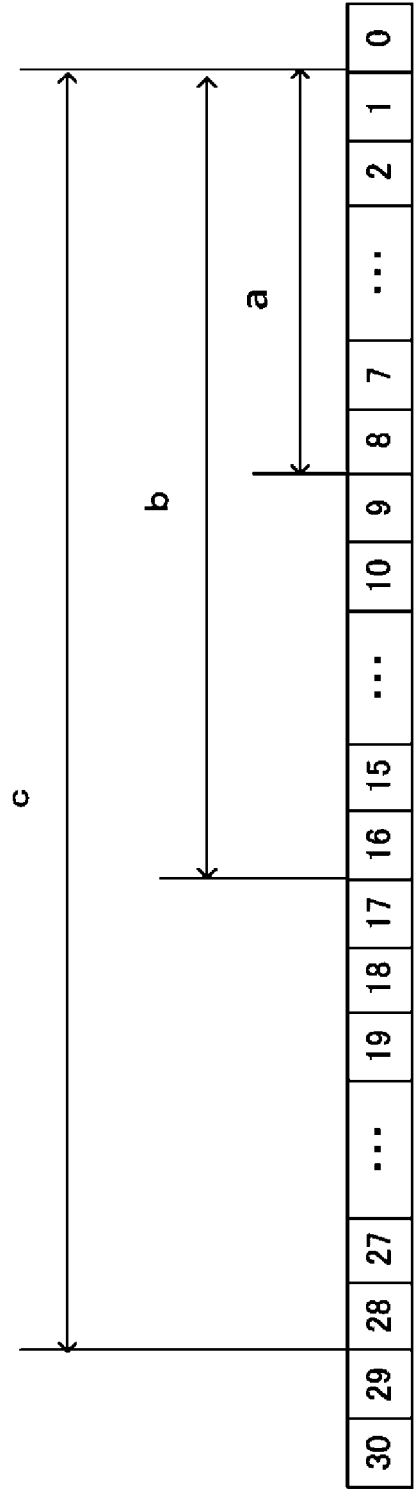
[図3]



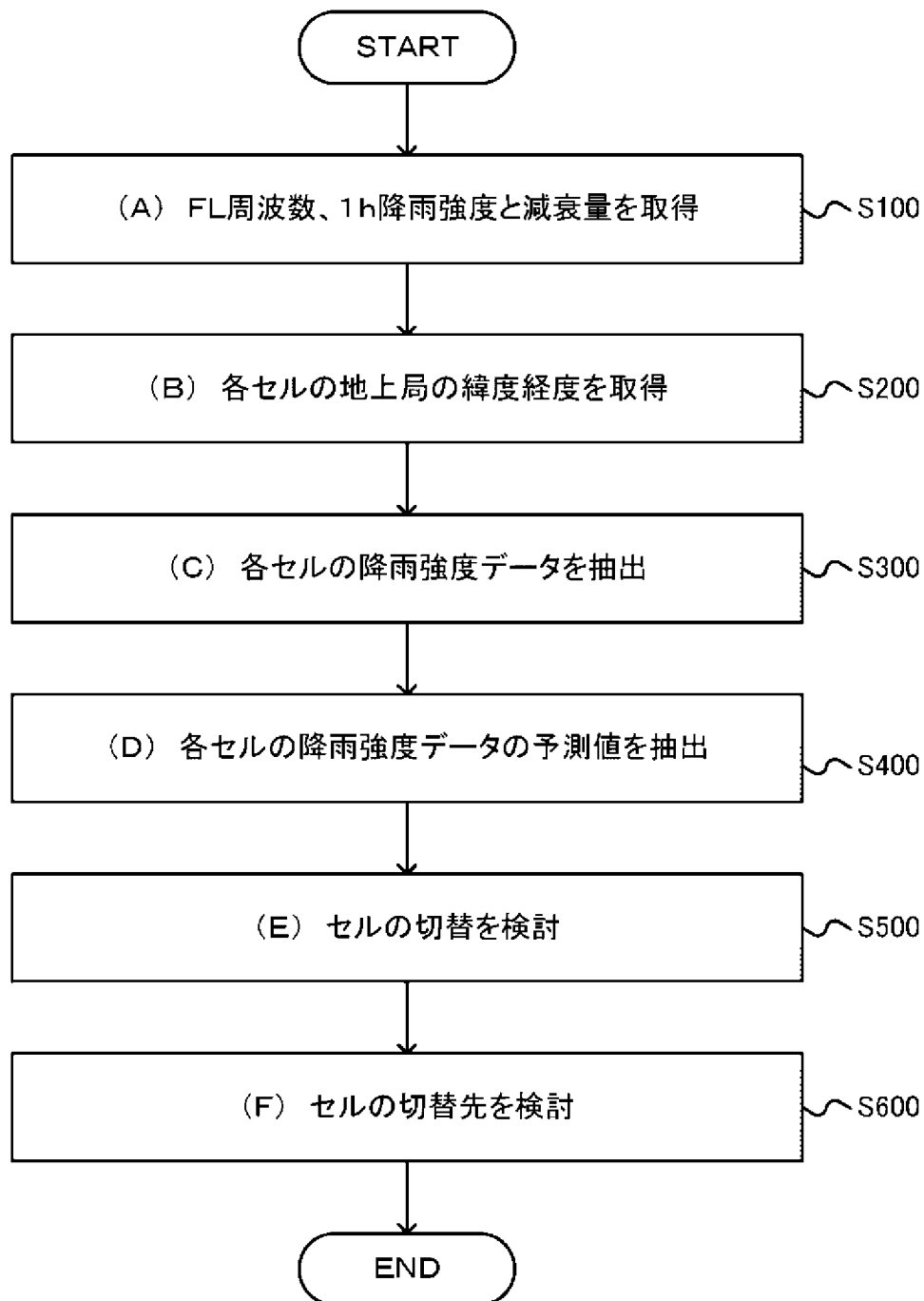
[図4]



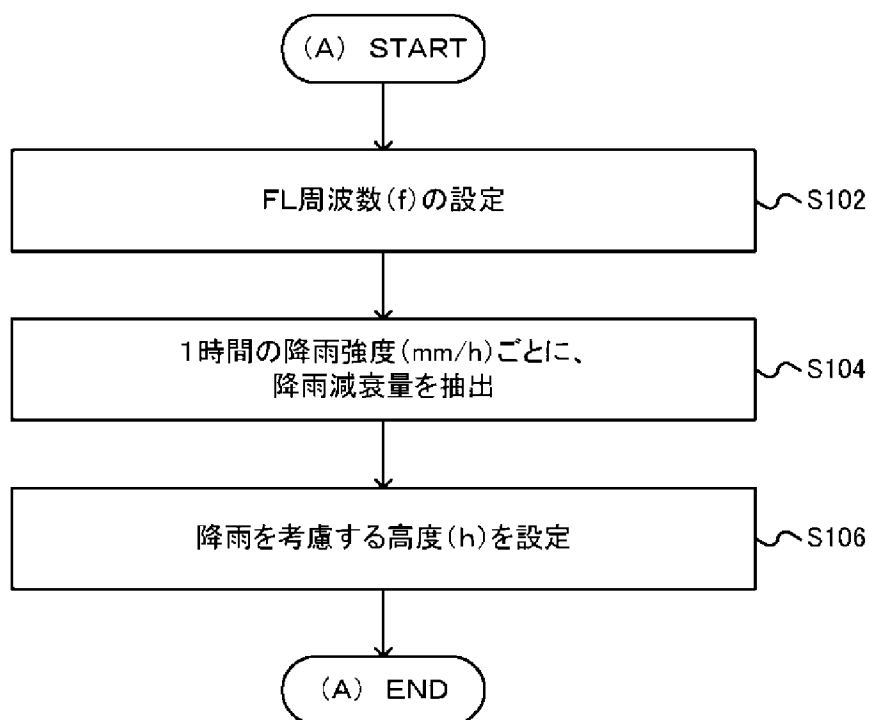
[図6]



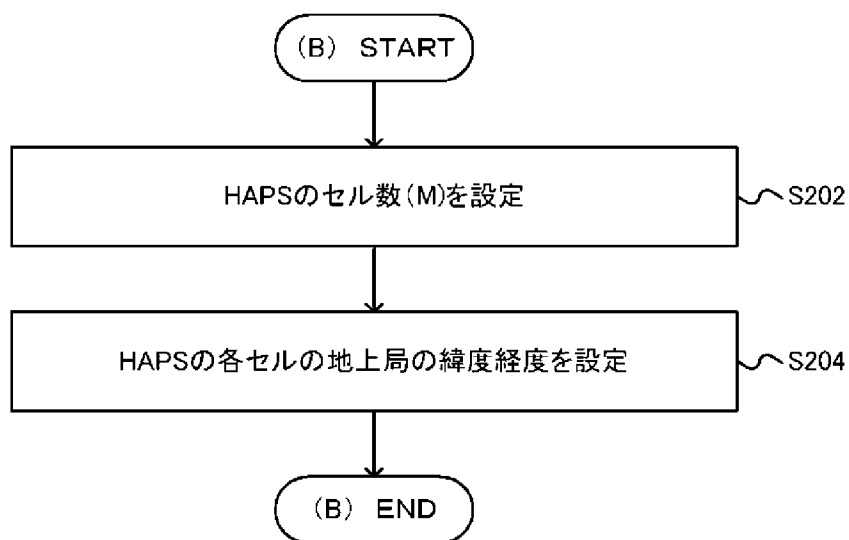
[図7]



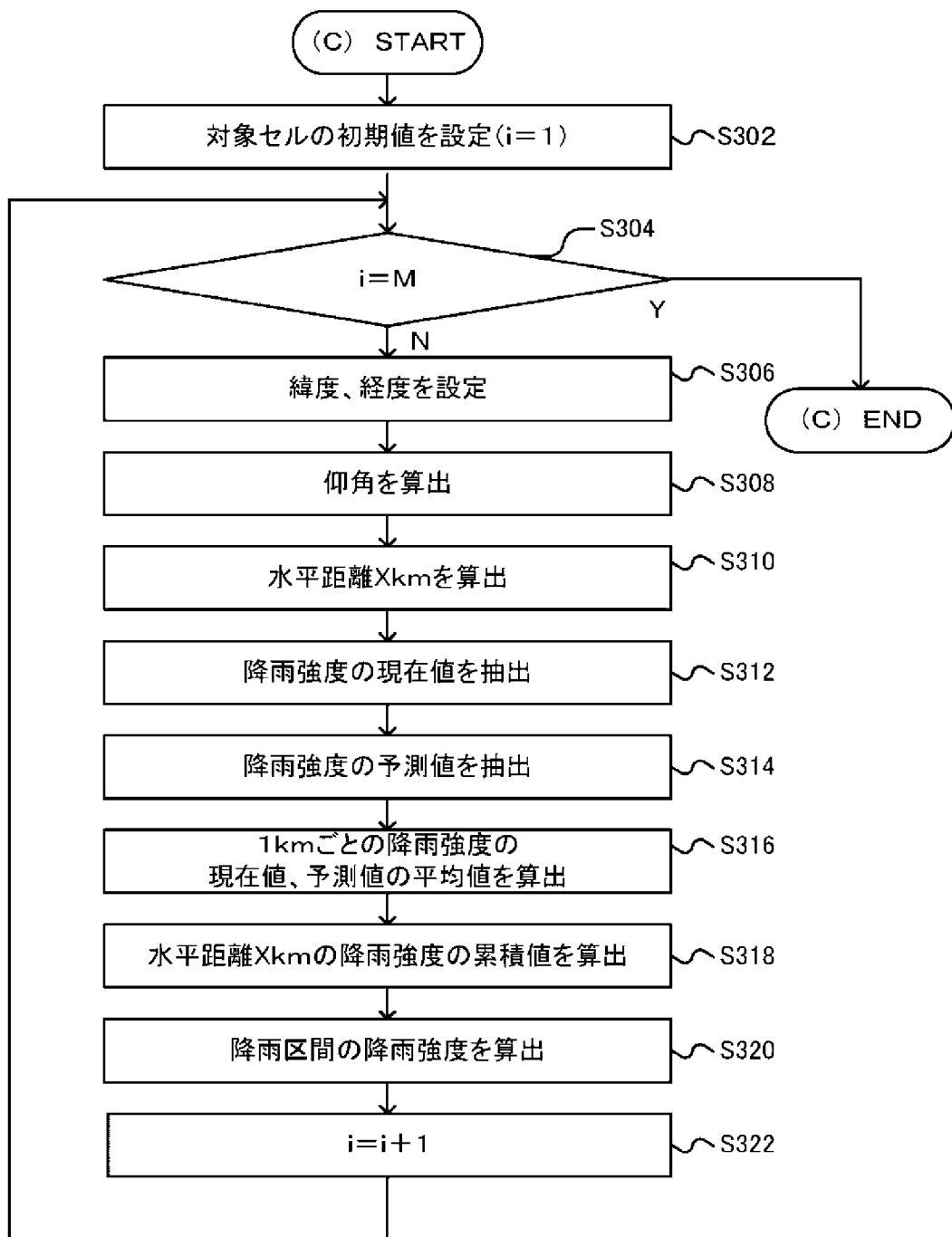
[図8]



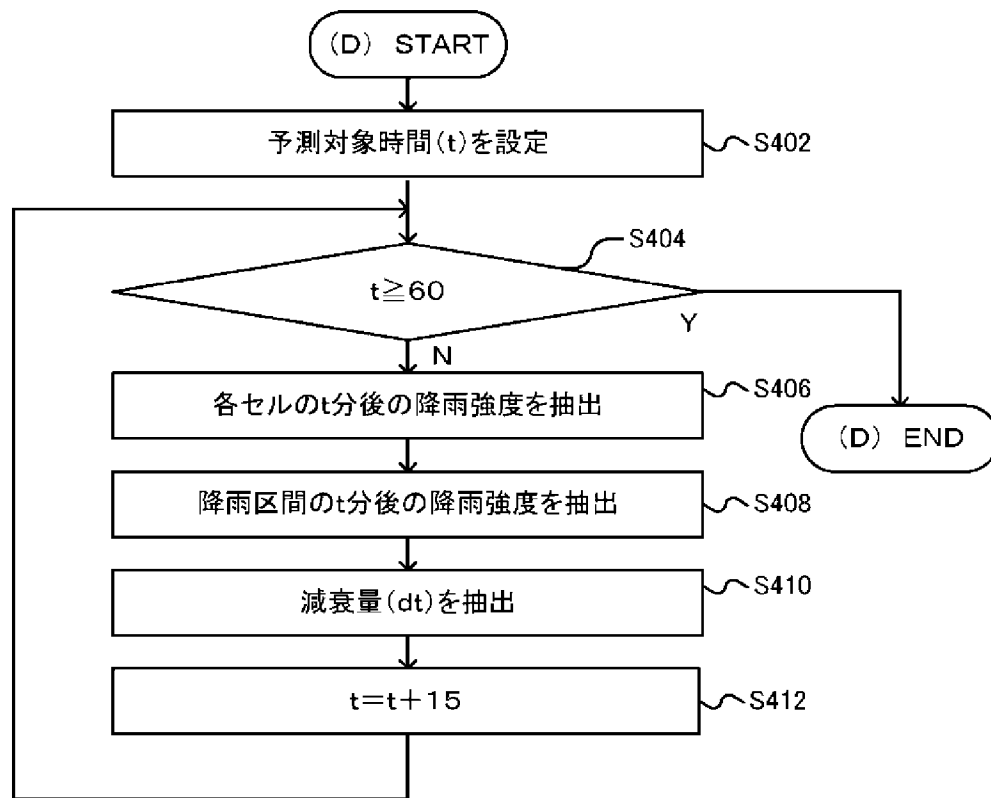
[図9]



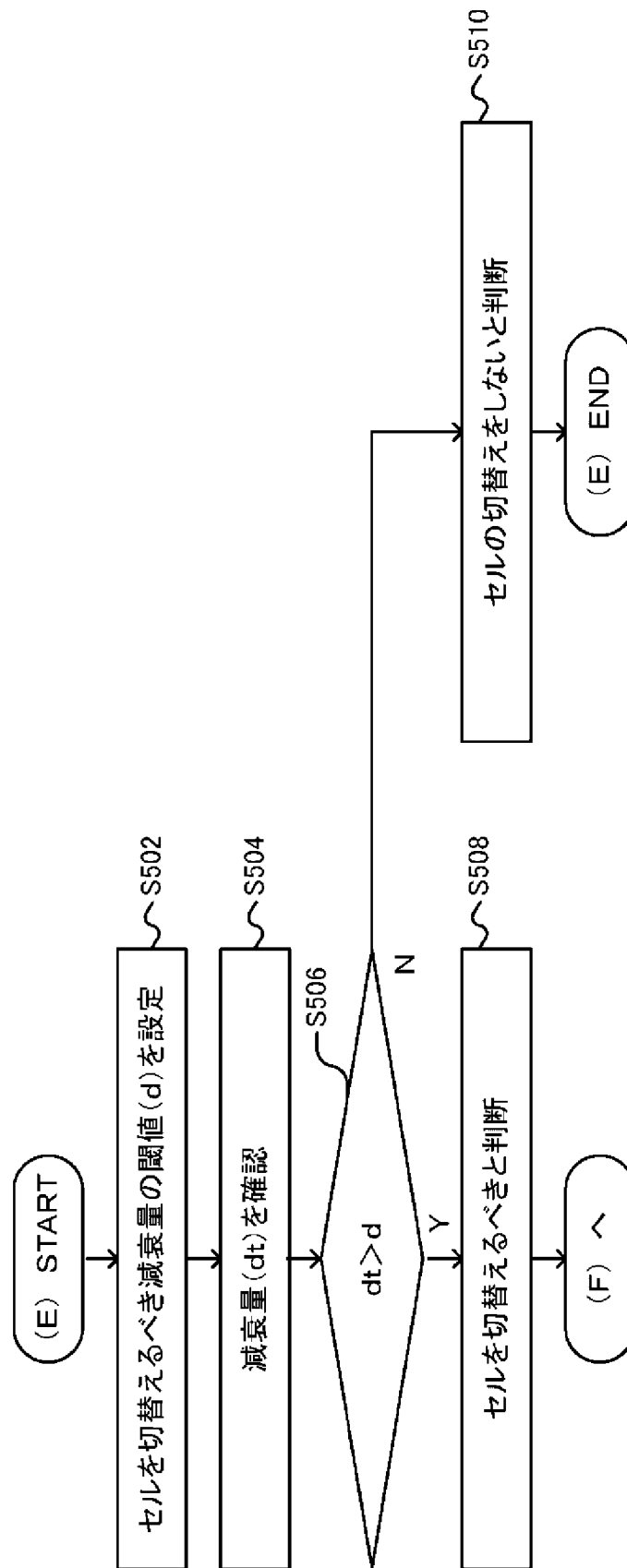
[図10]



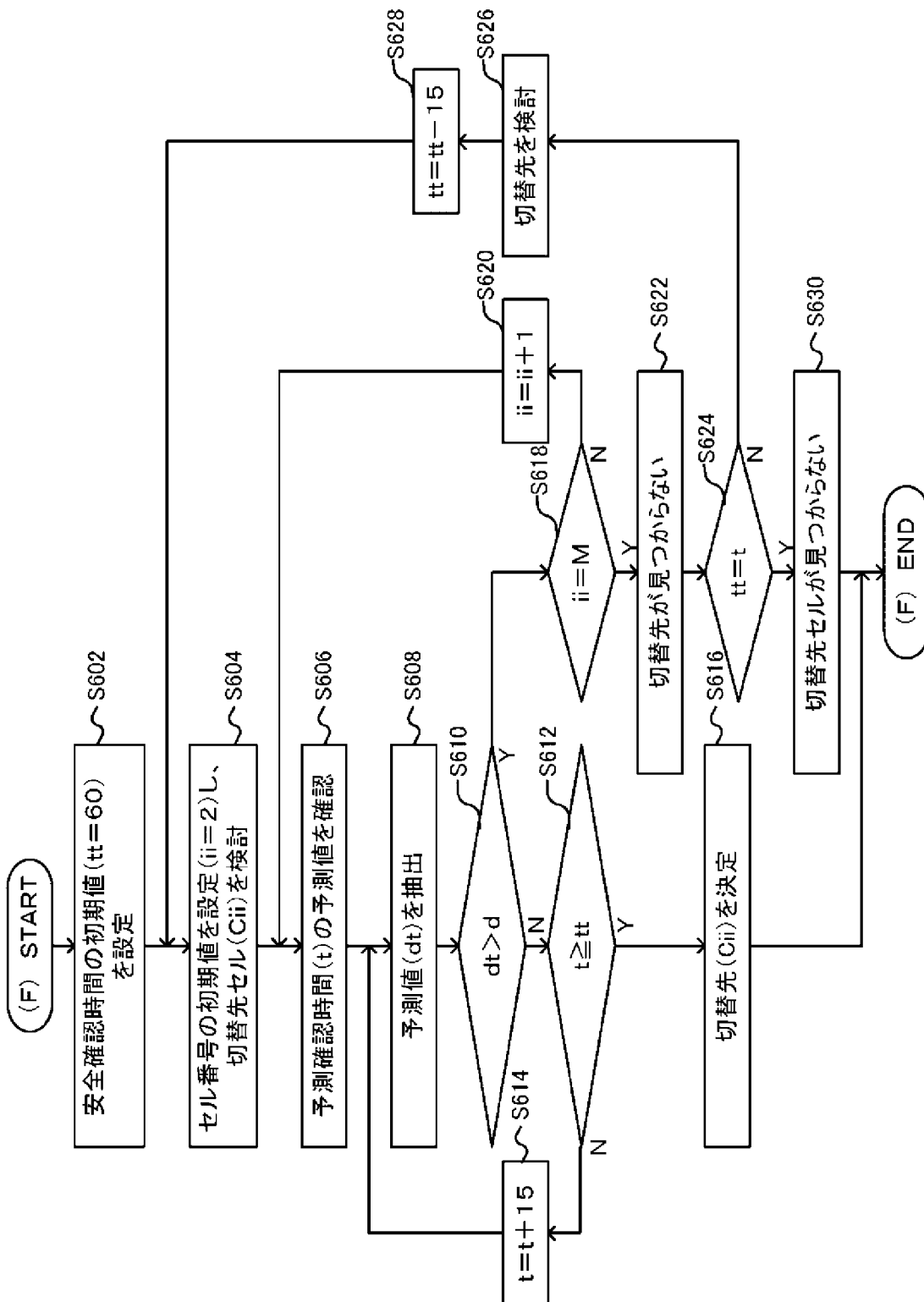
[図11]



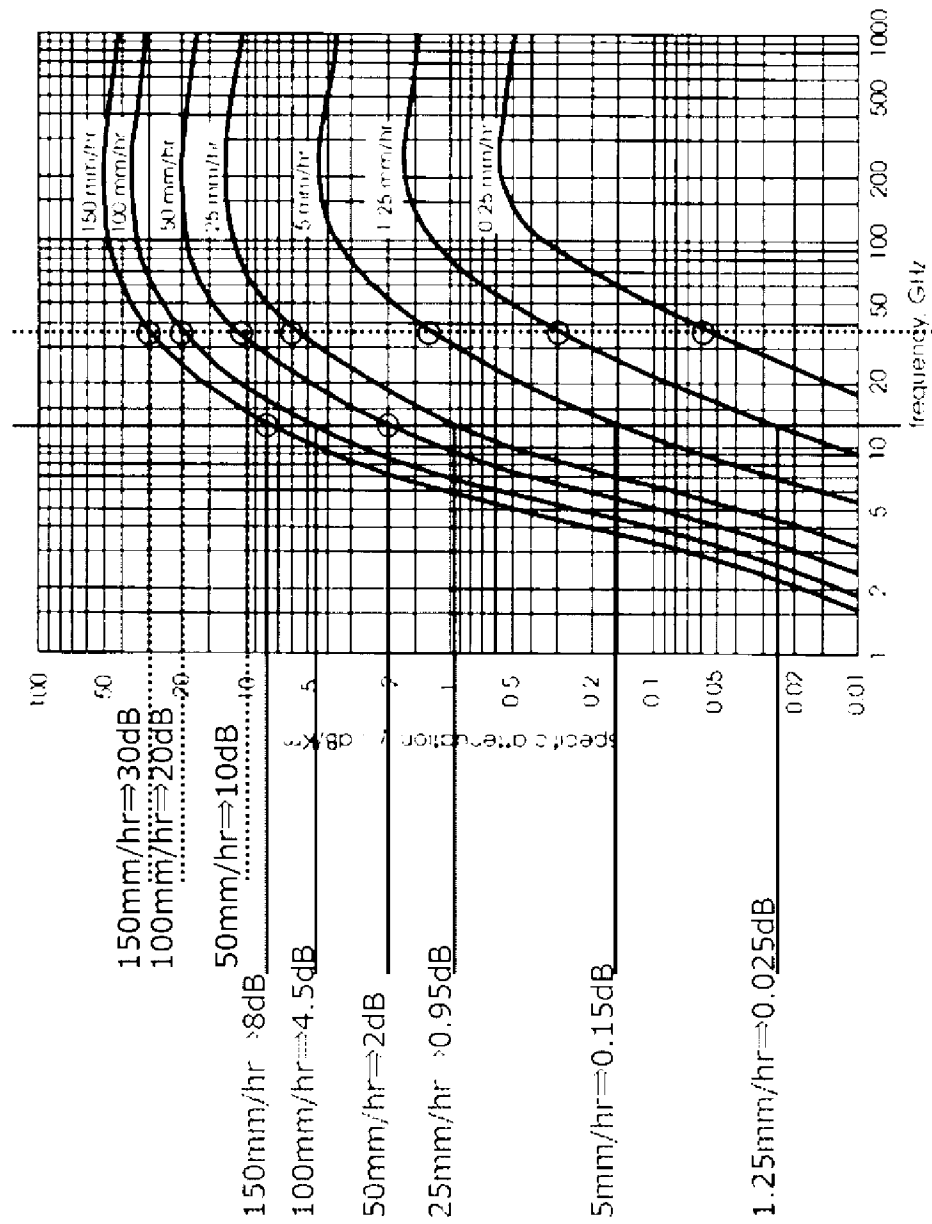
[図12]



[図13]



[図14]



[図15]

	降雨強度(mm/h)									
	0.25	1.25	5	10	15	20	25	50	100	150
3 GHz z	0.05	0.3	1.5	2.8	4	5	6	10	20	30
12.5 GHz z		0.025	0.15	0.3	0.5	0.8	0.95	2	4.5	8
2 GHz z									0.013	0.02

圖 6-7-1
(dB/km)

[図16]

メッシュ数			距離	C 1	TEXT降水ナウキャスト(5分)															降水強度予測値 (mm/h)														
					緯度	経度	現在	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	35分後	40分後	45分後	50分後	55分後	60分後															
0	0	0	0	0	22.1625	121.75625	0	0	5	5	6	6	9	9	10	10	15	25	25	25														
	1	250	250	250	22.16041667	121.75625	0	0	5	5	6	6	9																					
	2	500	500	500	22.15833334	121.75625	0	0	0	5	6	6	8		10	15	20	25	25	25														
	3	750	750	750	22.15625001	121.75625	0	0	0	5	5	4	8																					
	4	1000	1000	1000	22.15416668	121.75625	0	0	0	5	5	4	6																					
	5	1250	1250	1250	22.15208335	121.75625	0	0	0	0	5	4	5																					
	6	1500	1500	1500	22.15000002	121.75625	0	0	0	0	0	4	5		6	10	15	20	20	20														
	7	1750	1750	1750	22.14791669	121.75625	0	0	0	0	0	3	5																					
	8	2000	2000	2000	22.14583336	121.75625	0	0	0	0	0	3	4																					
	9	2250	2250	2250	22.14375003	121.75625	0	0	0	0	0	3	4																					
1	10	2500	2500	2500	22.1416667	121.75625	0	0	0	0	0	0	3		4	8	9	10	10	15														
	11	2750	2750	2750	22.13958337	121.75625	0	0	0	0	0	0	3																					
	12	3000	3000	3000	22.13750004	121.75625	0	0	0	0	0	0	2																					
	13	3250	3250	3250	22.13541671	121.75625	0	0	0	0	0	0	2																					
	14	3500	3500	3500	22.13333338	121.75625	0	0	0	0	0	0	0		3	6	6	8	9	9														
	15	3750	3750	3750	22.13125005	121.75625	0	0	0	0	0	0	0																					
	16	4000	4000	4000	22.12916672	121.75625	0	0	0	0	0	0	0																					
	17	4250	4250	4250	22.12708339	121.75625	0	0	0	0	0	0	0																					
	18	4500	4500	4500	22.12500006	121.75625	0	0	0	0	0	0	0		2	5	6	6	6	6														
	19	4750	4750	4750	22.12500006	121.75625	0	0	0	0	0	0	0																					
20	5000	5000	5000	22.12500006	121.75625	0	0	0	0	0	0	0																						

38GHz帯	
降雨強度(mm/h)	減衰量 (dB)
50(40～)	10
30(28～40)	7
25(23～28)	6
20(18～23)	5
15(13～18)	4
10(8～13)	2.8
5(3～8)	1.5
1(0～3)	0.25

1 k mの降雨強度(1)		0	0	1.25	5	5.5	4.75	7.75	8	10	15	20	25	25
2 k mの降雨強度(1)+(2)		0	0	1.25	5	6.75	8.25	12.5	14	20	25	35	45	45
3 k mの降雨強度(1)+(2)+(3)		0	0	1.25	5	6.75	9	15.5	18	28	34	40	55	60
4 k mの降雨強度(1)+(2)+(3)+(4)		0	0	1.25	5	6.75	9	16	21	34	40	53	64	69
実際の降雨区間の降雨強度		0	0	1.8	7.1	9.6	12.7	22.6	29.7	48.1	56.6	75	90.5	97.6

[図17]

メッシュ数			距離	C 2	TEXT降水ナウキャスト(5分)															降水強度予測値 (mm/h)																	
					精度	精度	現在	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	35分後	40分後	45分後	50分後	55分後	60分後																		
0			0	0	22.15833334	122.88125	0	0	0	0	5	5	6	8	9	10	10	15	25	25	25																
1			250	250	22.15625	122.88125	0	0	0	0	5	5	6	8																							
2			500	500	22.15416666	122.88125	0	0	0	0	5	5	6	8																							
3			750	750	22.15208332	122.88125	0	0	0	0	5	5	6	8	9	10	10	15	25	25																	
4			1000	1000	22.14999998	122.88125	0	0	0	0	0	5	5	6							25																
5			1250	1250	22.14791664	122.88125	0	0	0	0	5	5	6																								
6			1500	1500	22.14583333	122.88125	0	0	0	0	0	5	6		8	9	10	15	25	25																	
7			1750	1750	22.14374996	122.88125	0	0	0	0	0	0	6																								
8			2000	2000	22.14166662	122.88125	0	0	0	0	0	0	5								25																
9			2250	2250	22.13958328	122.88125	0	0	0	0	0	0	5																								
10			2500	2500	22.13749994	122.88125	0	0	0	0	0	0	5																								
11			2750	2750	22.1354166	122.88125	0	0	0	0	0	0	5		6	6	8	9	10	15		25															
12			3000	3000	22.13333326	122.88125	0	0	0	0	0	0	5								25																
13			3250	3250	22.13124992	122.88125	0	0	0	0	0	0	5																								
14			3500	3500	22.12916658	122.88125	0	0	0	0	0	0	5																								
15			3750	3750	22.12708324	122.88125	0	0	0	0	0	0	5		5	5	6	6	8	9																	
16			4000	4000	22.1249999	122.88125	0	0	0	0	0	0	5								25																
17			4250	4250	22.12291656	122.88125	0	0	0	0	0	0	5																								
18			4500	4500	22.12083322	122.88125	0	0	0	0	0	0	5																								
19			4750	4750	22.11874988	122.88125	0	0	0	0	0	0	5		0	5	5	6	6	8		9															
20			5000	5000	22.11666654	122.88125	0	0	0	0	0	0	5								25																
					(1) 0 - 1 k m の平均		0	0	0	0	2.5	5	5.5	7	9	10	10	15	25	25																	
					(2) 1 - 2 k m の平均		0	0	0	0	1.25	3.75	5.75	8	8	9	10	10	15	25		25															
					(3) 2 - 3 k m の平均		0	0	0	0	0	0	5	6	6	8	8	9	10	10		10															
					(4) 3 - 4 k m の平均		0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	6	6	8	8	9																
					1 k m の降水強度(1)		0	0	0	0	2.5	5	5.5	7	9	10	10	15	25	25	25																
					2 k m の降水強度(1)+(2)		0	0	0	2.5	6.25	9.25	12.75	17	19	20	25	40	50	50																	
					3 k m の降水強度(1)+(2)+(3)		0	0	0	2.5	6.25	9.25	17.75	23	25	28	34	40	60	60																	
					4 k m の降水強度(1)+(2)+(3)+(4)		0	0	0	2.5	6.25	9.25	17.75	28	30	34	40	58	69	82																	
					実際の降水区間の降水強度		0	0	0	0	3.5	8.9	13.2	25.1	39.6	42.4	48.1	56.6	82	97.6																	
					0.25																																

38GHz帯		減衰量 (dB)
降雨強度(mm/h)	50(40~)	10
	30(28~40)	7
	25(23~28)	6
	20(18~23)	5
		4
		2.8
		1.5
		0.25

[illegible]

[図19]

メッシュ数		距離	C 4	TEXT降水ウキャスト(5分)																	降水強度予測値 (mm/h)																				
		0	0	緯度	経度	現在	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	35分後	40分後	45分後	50分後	55分後	60分後																							
0	1	250	250	22.1625	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	5	5	6	3	1	0	0																						
	2	500	500	22.16041666	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	5																												
	3	750	750	22.15833332	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	5	5	4	3	1	1	0																						
	4	1000	1000	22.15624998	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0																												
	5	1250	1250	22.15416664	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	6	1500	1500	22.15208333	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	7	1750	1750	22.14999996	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1																						
	8	2000	2000	22.14791662	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	9	2250	2250	22.14583328	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	10	2500	2500	22.14374994	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
1	11	2750	2750	22.1416666	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1																						
	12	3000	3000	22.13958326	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	13	3250	3250	22.13749992	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	14	3500	3500	22.13541658	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	15	3750	3750	22.13333324	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1																						
	16	4000	4000	22.1312499	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	17	4250	4250	22.12916656	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	18	4500	4500	22.12708322	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
	19	4750	4750	22.12499988	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																						
	20	5000	5000	22.12291654	125.13125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
								22.1208332																	125.13125																
								(1) 0 - 1 k mの平均																	0 0 0 0 0 0 0 0 2.5 5 4 3 1 1 0 0																
								(2) 1 - 2 k mの平均																	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 1 1 0 0																
								(3) 2 - 3 k mの平均																	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 2 2 1 0 0																
								(4) 3 - 4 k mの平均																	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0																
								1 k mの降水強度(1)																	0 0 0 0 0 0 0 0 2.5 5 4 3 1 1 0 0																
								2 k mの降水強度(1)+(2)																	0 0 0 0 0 0 0 0 2.5 5 6 5 3 2 1 0 0																
								3 k mの降水強度(1)+(2)+(3)																	0 0 0 0 0 0 0 0 2.5 5 6 5 5 4 2 0 0																
								4 k mの降水強度(1)+(2)+(3)+(4)																	0 0 0 0 0 0 0 0 2.5 5 6 5 5 2 0 0																
								実際の降水区間の降水強度																	0 0 0 0 0 0 0 0 3.5 7.1 8.5 7.1 7.1 0 0																

38GHz帯

減衰量 (dB)

50(40~)

30(28~40)

25(23~28)

20(18~23)

15(13~18)

10(8~13)

5(3~8)

1(0~3)

10

7

6

5

4

2.8

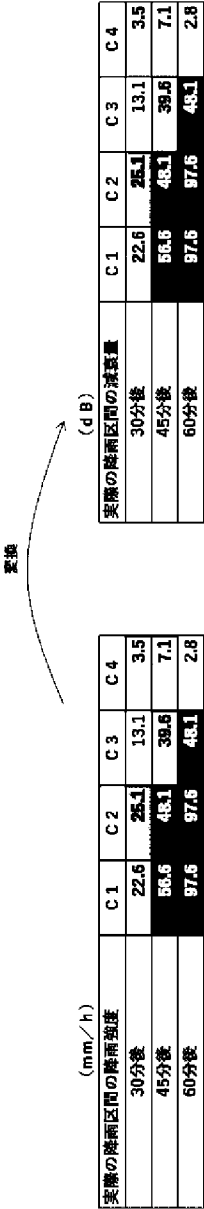
1.5

0.25

[図20]

TEXT降水ナウキャスト(5分)												
		精度	精度	C1 30分後	C2 30分後	C3 30分後	C4 30分後					
メッシュ数	距離	0	0	9	8	6	5	C1 45分後	C2 45分後	C3 45分後	C4 45分後	
	0	0	0	9	8	6	5	15	10	9	3	
	1	250	250	9	8	6	5	15	10	9	3	
	2	500	500	8	8	6	5	0	0	0	0	
	3	750	750	8	6	5	0	0	0	0	0	
	4	1000	1000	6	6	5	0	0	0	0	0	
	5	1250	1250	5	6	5	0	10	10	8	2	
	6	1500	1500	5	6	5	0	0	0	0	0	
	7	1750	1750	5	6	5	0	0	0	0	0	
	8	2000	2000	4	5	0	0	0	0	0	0	
	9	2250	2250	4	5	0	0	9	8	6	0	
	10	2500	2500	3	5	0	0	0	0	0	0	
	11	2750	2750	3	5	0	0	0	0	0	0	
	12	3000	3000	2	5	0	0	0	0	0	0	
	13	3250	3250	2	0	0	0	6	6	5	0	
	14	3500	3500	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15	3750	3750	0	0	0	0	0	0	0	0	
	16	4000	4000	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	4250		0	0	0	0	6	5	2	0		
18	4500		0	0	0	0	0	0	0	0		
38GHz帯												
減衰量 (dB)												
降雨強度(mm/h)	50(40~)	10		7.75	7	5.5	2.5	25	25	12	0	
	30(28~40)	7		4.75	5.75	3.75	0	20	25	9	1	
	25(23~28)	6		0.5	0	0	0	15	10	8	1	
	20(18~23)	5						9	9	5	0	
	15(13~18)	4										
	10(8~13)	2.8										
	5(3~8)	1.5										
	1(0~3)	0.25										
					(1)0-1kmの平均	7.75	7	5.5	25	25	12	0
				(2)1-2kmの平均	4.75	5.75	3.75	20	25	9	1	
				(3)2-3kmの平均	3	5	0	15	10	8	1	
				(4)3-4kmの平均	0.5	0	0	9	9	5	0	
				1kmの降雨強度(1)	7.75	7	5.5	25	25	12	0	
				2kmの降雨強度(1)+(2)	12.5	12.75	9.25	45	50	21	1	
				3kmの降雨強度(1)+(2)+(3)	15.5	17.75	9.25	60	60	29	2	
				4kmの降雨強度(1)+(2)+(3)+(4)	16	17.75	9.25	69	69	34	2	
				実際の降雨区間の降雨強度	22.6	25.1	13.1	97.6	97.6	48.1	2.8	

[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/019929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04W 84/06**(2009.01)i; **H04W 16/26**(2009.01)i; **H04W 24/04**(2009.01)i; **H04W 40/12**(2009.01)i

FI: H04W84/06; H04W16/26; H04W24/04; H04W40/12

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)

H04W84/06

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 10-190550 A (GLOBALSTAR LP) 21 July 1998 (1998-07-21) paragraphs [0041]-[0046], [0050]-[0051], [0055]	1, 3-5, 7-8
Y	paragraphs [0041]-[0046], [0050]-[0051], [0055]	2, 6
Y	JP 2008-532361 A (ATC TECHNOLOGIES, LLC) 14 August 2008 (2008-08-14) paragraphs [0063]-[0064]	2, 6
A	JP 2021-19335 A (HAPSMOBILE INC) 15 February 2021 (2021-02-15) entire text, all drawings	1-8
A	JP 7019091 B1 (SOFTBANK CORP.) 03 February 2022 (2022-02-03) entire text, all drawings	1-8
A	北之園 展 KITANOZONO, Hiromu. H A P S を用いたミリ波帯バックホールシステムの開発状況 - Beyond 5 G / 6 G 時代の H A P S 搭載 NTN システムの開発と実証 - Development of HAPS Backhaul System using mmWave Frequency -HAPS as a NTN System for 5G and Beyond-. 電子情報通信学会技術研究報告 vol. 121 no. 153 [online] IEICE Technical Report. 19 August 2021 entire text, all drawings	1-8



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

12 July 2022

Date of mailing of the international search report

26 July 2022

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/JP2022/019929

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	10-190550	A	21 July 1998	WO 1998/018214 A1 p. 20, line 22 to p. 24, line 10, p. 25, line 26 to p. 27, line 25, p. 29, line 29 to p. 30, line 5 EP 837569 A2 US 6587687 B1	
JP	2008-532361	A	14 August 2008	US 2006/0189275 A1 paragraphs [0065]-[0066] WO 2006/091294 A1 EP 1851876 A CN 101129000 A	
JP	2021-19335	A	15 February 2021	WO 2021/014684 A1 entire text, all drawings	
JP	7019091	B1	03 February 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04W 84/06(2009.01)i; H04W 16/26(2009.01)i; H04W 24/04(2009.01)i; H04W 40/12(2009.01)i FI: H04W84/06; H04W16/26; H04W24/04; H04W40/12														
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）） H04W84/06														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2022年													
日本国実用新案登録公報	1996-2022年													
日本国登録実用新案公報	1994-2022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	JP 10-190550 A (グローバルスター エル. ピー.) 21.07.1998 (1998-07-21) 段落[0041]-[0046], [0050]-[0051], [0055]	1,3-5,7-8												
Y	段落[0041]-[0046], [0050]-[0051], [0055]	2,6												
Y	JP 2008-532361 A (エイティシー・テクノロジーズ, リミテッド・ライアビリティ・カンパニー) 14.08.2008 (2008-08-14) 段落[0063]-[0064]	2,6												
A	JP 2021-19335 A (HAPSモバイル株式会社) 15.02.2021 (2021-02-15) 全文, 全図	1-8												
A	JP 7019091 B1 (ソフトバンク株式会社) 03.02.2022 (2022-02-03) 全文, 全図	1-8												
A	北之園 展 Hiromu KITANOZONO, HAPSを用いたミリ波帯バックホールシステムの開発状況 - Beyond 5G/6G時代のHAPS搭載NTNシステムの開発と実証 - Development of HAPS Backhaul System using mmWave Frequency - HAPS as a NTN System for 5G and Beyond-, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 121 No. 153 [online] IEICE Technical Report, 2021.08.19 全文, 全図	1-8												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	"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	"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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	
* 参考文献のカテゴリー	"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													
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"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														
国際調査を完了した日 12.07.2022	国際調査報告の発送日 26.07.2022													
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） 野村 潔 5J 1209 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/JP2022/019929

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	10-190550	A	21.07.1998	WO 1998/018214 A1 p.20 line22- p.24 line10, p.25 line 26- p.27 line25, p.29 line29- p.30 line5 EP 837569 A2 US 6587687 B1	
JP	2008-532361	A	14.08.2008	US 2006/0189275 A1 段落[0065]-[0066] WO 2006/091294 A1 EP 1851876 A CN 101129000 A	
JP	2021-19335	A	15.02.2021	WO 2021/014684 A1 全文,全図	
JP	7019091	B1	03.02.2022	(ファミリーなし)	