



SCENARGIE®

Scenargie® 2.1 Base Simulator

モデルリファレンス

Space-Time Engineering, LLC

2016 年 9 月

目次

はじめに.....	1
1. Scenargie	2
1.1. 概要	2
1.2. モデル構成	3
2. モビリティ.....	4
2.1. Stationary	4
2.2. Random-Waypoint.....	5
2.3. GIS based Random-Waypoint.....	8
2.4. Trace	10
2.5. AttachedAntenna モビリティ.....	11
3. アプリケーション層	15
3.1. CBR (Constant Bit Rate)	15
3.2. VBR (Variable Bit Rate).....	17
3.3. FTP (File Transfer Protocol)	19
3.4. MultiFTP.....	20
3.5. Video (Video Streaming).....	22
3.6. VoIP (Voice over Internet Protocol)	24
3.7. HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)	26
3.8. Flooding	28
3.9. IperfUDP、IperfTCP	30
3.10. BundleProtocol/Bundle Message	30
3.11. Sensing	30
3.12. TraceBasedApp.....	31
4. ルーティングプロトコル	32
4.1. nuOLSRv2	32
5. アンテナモデル.....	33
5.1. 無指向性アンテナ(全方向性アンテナ).....	34
5.2. Sectored アンテナ	35
5.3. カスタムアンテナ	36
5.3.1. 2.5D	36
5.3.2. 3D	39
6. 電波伝搬.....	41
6.1. FreeSpace	42
6.2. TwoRayGround	43
6.3. OkumuraHata	45

6.4.	COST231Hata.....	47
6.5.	COST231Indoor.....	49
6.6.	WallCount.....	50
6.7.	ITU-R P.1411	51
6.8.	ITU-UMi.....	57
6.9.	Taga	60
6.10.	ITM (Irregular Terrain Model).....	64
6.11.	TwoTier.....	66
6.12.	Trace	66
6.13.	標高の考慮.....	67
7.	GIS 情報.....	68
7.1.	シェープファイル.....	68
7.1.1.	道路ファイル.....	68
7.1.2.	交差点ファイル.....	69
7.1.3.	信号ファイル.....	70
7.1.4.	バス停ファイル	71
7.1.5.	建物ファイル.....	71
7.1.6.	公園ファイル.....	72
7.1.7.	線路ファイル.....	72
7.1.8.	駅ファイル	72
7.1.9.	入り口ファイル	73
7.1.10.	エリアファイル.....	73
7.1.11.	POI ファイル	73
8.	参考文献.....	75

はじめに

本書は、Scenargie2.0 Base Simulator のモデルリファレンスを示す。

関連ドキュメント

インストレーションガイド
プログラマーズガイド
Visual Lab ユーザガイド
Base Simulator ユーザガイド

1. Scenargie

Scenargie のモデル概要について解説する

1.1. 概要

Scenargie は現実世界での無線通信や人の行動の時系での流れをソフトウェア上で模擬し、通信品質や人の振る舞いを、計算機上で評価可能とする統合シミュレーション環境である。

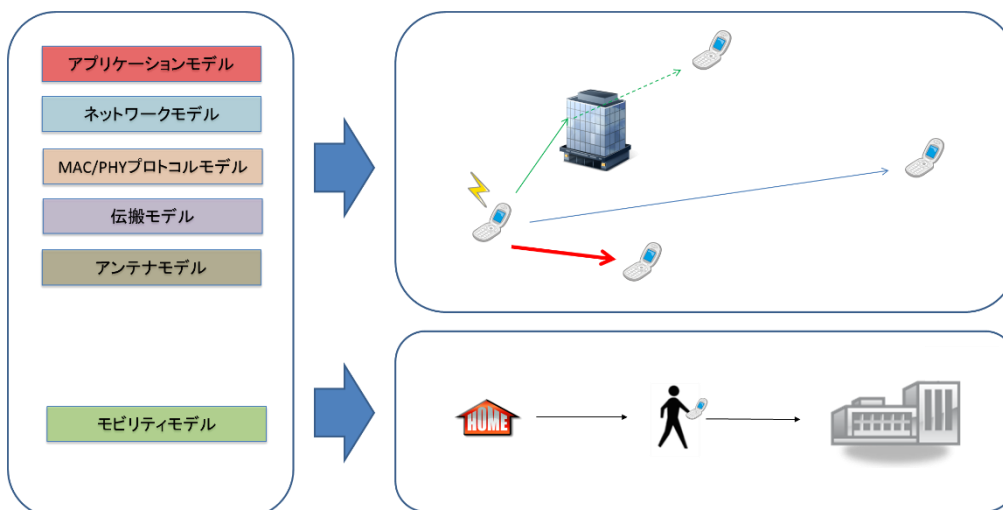
通信品質の評価では、通信を必要とするアプリケーションやシステムにおいて、そのシステムが生成する一つ一つの通信パケットが、OSI ネットワーク構成に基づいて処理され、無線空間(空気中)を通して相手方の通信機まで通信が伝搬する様子や、周囲の通信機に影響を与える状況を模擬することが可能である。

また、人の行動では設定した地図環境と人々のプロフィールに基づいた一日の行動、車両移動による交通流、自然災害時の避難行動等を模擬し、混雑状況や、行動の変化による通信状況の変化を評価することが可能である。

これらの評価のために、Scenargie のシミュレーションフレームワークでは通信プロトコル、ネットワークスタック、電波伝搬、モビリティ等の各機能をブロック化し、モデルとして提供している。シミュレーションはこれらのモデルを組み合わせることで動作する。

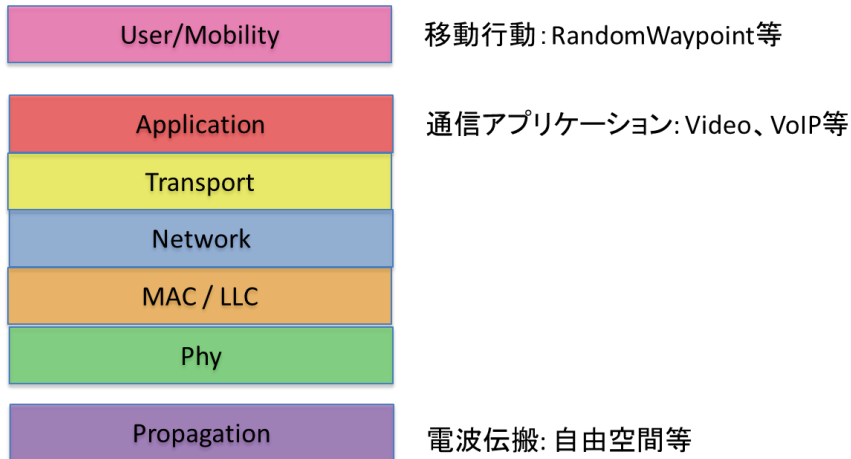
本書ではこれらのモデルに関して Scenargie が標準で提供しているモデルについての解説を行う。

なお、Scenargie はモデル実装に関して高い拡張性を保持しており、標準で提供しているモデル以外にも、ユーザ独自の通信方式や行動モデルを組み込むことで、標準のモデルと独自のモデルを組み合わせ評価を行うことも可能である。



1.2. モデル構成

Scenargie のモデルは、通信として OSI 参照モデルに基づいたネットワークスタックの構成を基本とし、人の移動行動や電波伝搬部をスタックに追加したモデル化を行っている。



- モビリティ
人や通信端末の移動モデル
- アプリケーション層
通信のアプリケーションプロトコルモデル
- トランスポート層
通信のトランスポートプロトコルモデル
- ネットワーク層
通信のネットワークプロトコルモデル
- MAC 層
通信機のデータリンク/MAC プロトコルモデル
- 物理層
通信機の物理層、アンテナモデル
- 電波伝搬
無線通信フレームの伝搬モデル

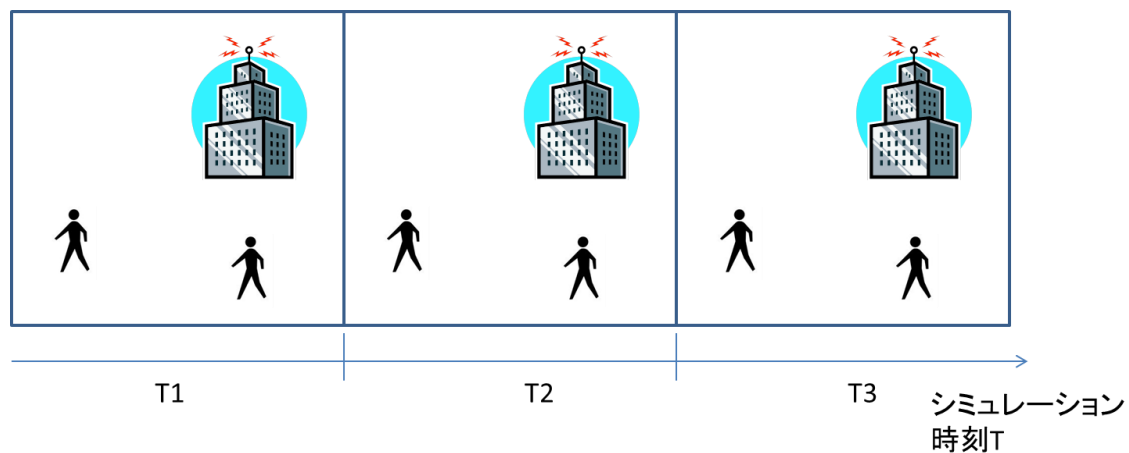
2. モビリティ

モビリティモデルについて解説する。

2.1. Stationary

Stationary モビリティは、シミュレーション実行時から終了時まで、一切の移動を行わない移動モデルである。

モビリティを設定したオブジェクトは、シミュレーション開始時に生成され、シミュレーションの間中同一の場所にとどまる。基地局や AP 等の固定の通信端末に対して利用することを想定しているモビリティである。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
初期位置設定ファイル	mobility-init-positions-file	-
標高の追加	mobility-need-to-add-ground-height	-

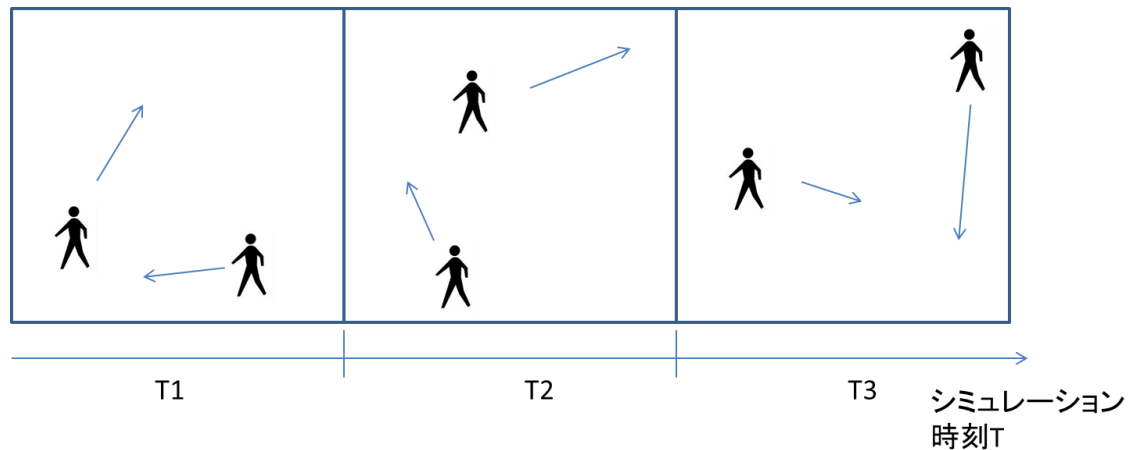
オブジェクトは、初期位置設定ファイルに記述された位置に現れる。初期位置設定ファイルの記述形式は、「Base Simulator ユーザガイドのモビリティ設定ファイル」に従う。

標高の追加を指定した場合には、初期位置設定ファイルで設定した位置に加え、その地点の標高を加えた高さでシミュレーションを実行する。(※標高を設定している場合)

2.2. Random-Waypoint

Random-Waypoint モビリティは、シミュレーション実行時から終了時まで、等速移動と停止を繰り返す移動モデルである。

停止時間で指定した間その場でとどまった後、ランダムに決定した次の移動地点に対し、最小速度と最大速度の間のランダムな速度で移動する。移動を終えた後は再度停止時間分停止し、その後同様に移動を行なう。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
初期位置設定ファイル	mobility-init-positions-file	-
停止時間	mobility-wp-pause-time	-
最小速度	mobility-wp-min-speed-meter-per-sec	m/s
最大速度	mobility-wp-max-speed-meter-per-sec	m/s
移動エリアの矩形指定	mobility-rwp-movable-area-is-rect	-
移動エリア矩形	mobility-rwp-movable-area-min-xy-max-xy-meters	移動エリアの矩形指定が true の場合
移動エリア名	mobility-rwp-movable-area-gis-object-name	移動エリアの矩形指定が false 場合
標高の追加	mobility-need-to-add-ground-height	-
移動の最大分解能	mobility-granularity-meters	0 より大きな実数

オブジェクトは、初期位置設定ファイルに記述された位置に現れる。初期位置設定ファイルの記述形式は、「Base Simulator ユーザガイドのモビリティ設定ファイル」に従う。

モビリティは、移動->停止->移動->停止->...のシーケンスの、移動から行い、停止時間が 0 の場合には、停止せずに連続的に移動を行なう。

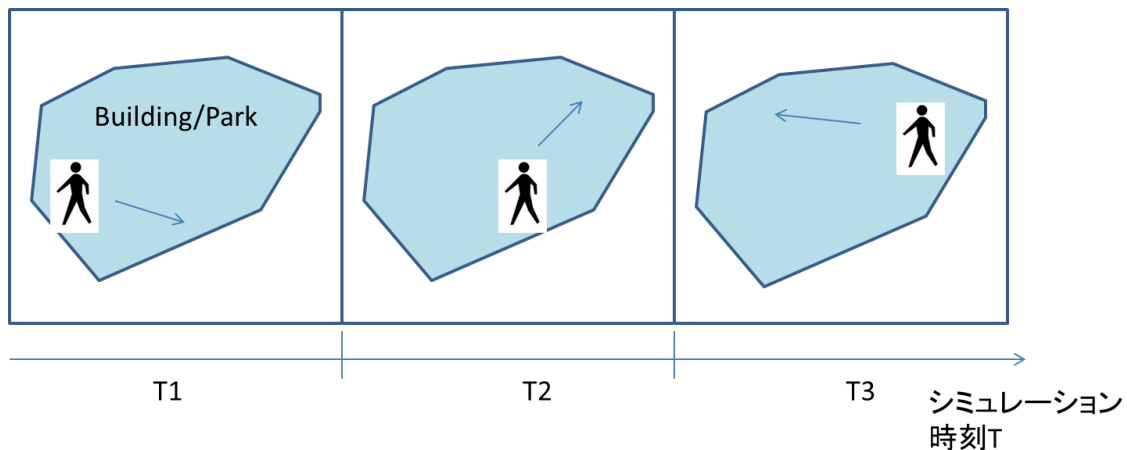
移動速度は次式に従い、次の点への移動の度に再計算する。

$$\text{移動速度} = (\text{最大速度} - \text{最小速度}) \times \text{乱数}([0, 1)) + \text{最小速度}$$

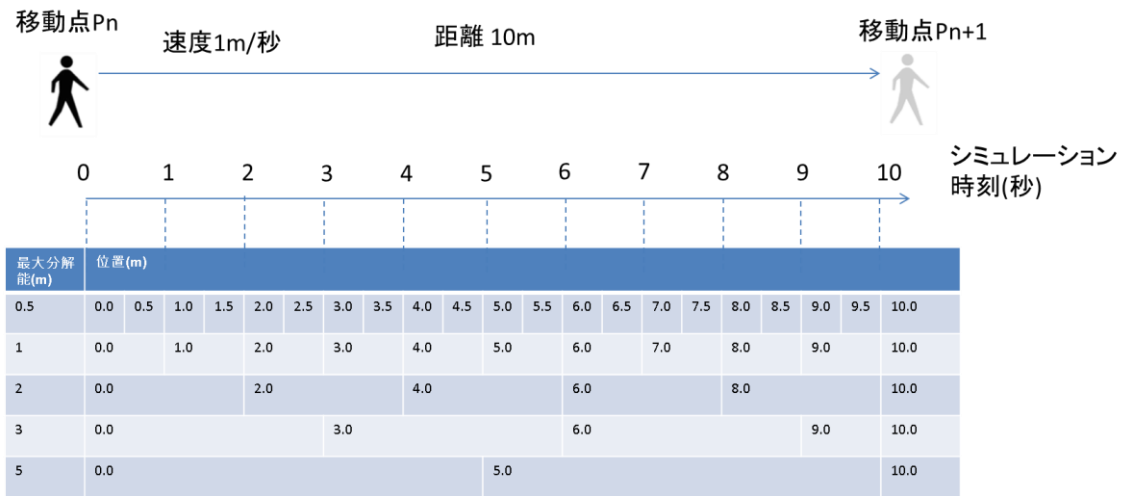
移動はXY平面上で見た場合に等速として、直線移動を行なう。標高の追加を設定した場合であってもXY平面を基準に等速で移動するため、直線状の標高が一定ではない場合、XYZ空間上では等速とにならない。

移動エリアを跨いでのラップアラウンドの移動は行わず、移動点へは必ずエリア内を通して移動する。

また、移動エリアに矩形を指定せずに、Building または Park のオブジェクト名を指定した場合には、そのオブジェクトのポリゴン内をランダムに移動する。



伝搬計算等により、特定の時刻での位置情報が必要になった場合、移動の最大分解能に基いた位置が利用される。分解能は小さければ小さいほどシミュレーションの精度が高くなるが、その分シミュレーションの計算量が増加する。

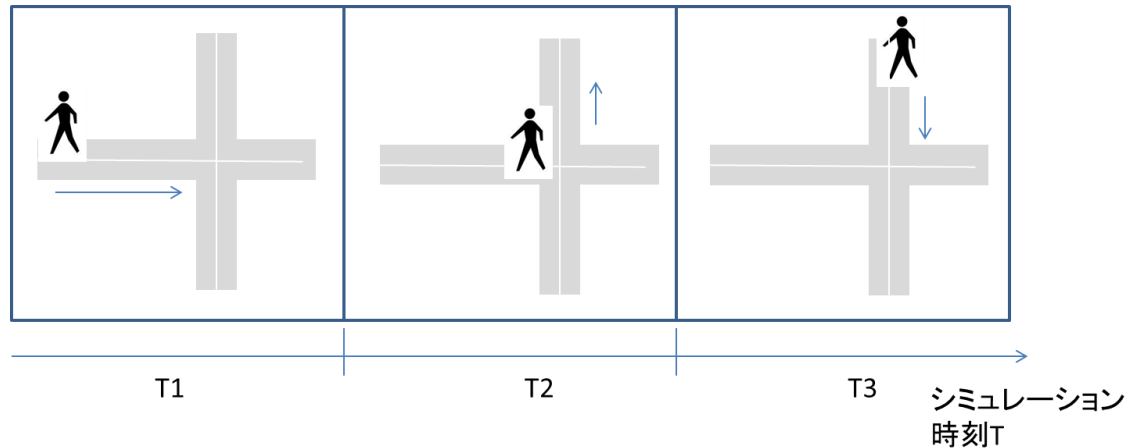


図の例では、分解能を 0.5m 粒度の高い設定にした場合、8 秒時点で 8m の位置情報を取得可能だが、分解能を低く設定し 5m とした場合には、8 秒時点で 5m の位置となる。

2.3. GIS based Random-Waypoint

GIS based Random-Waypoint モビリティは、Random-Waypoint のモビリティモデルをベースとして、道路(Road)上をランダムに移動するモデルである。

移動点には交差点を利用し、道路上をランダムに移動する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
初期位置設定ファイル	mobility-init-positions-file	-
停止時間	mobility-wp-pause-time	-
最小速度	mobility-wp-min-speed-meter-per-sec	m/s
最大速度	mobility-wp-max-speed-meter-per-sec	m/s
移動対象の GIS オブジェクト	mobility-gis-ground-object-type	Road のみ指定可能
車線オフセット	mobility-lane-offset-meters	-
経路検索ベースの移動	mobility-route-search-based-algorithm	-
標高の追加	mobility-need-to-add-ground-height	-
移動の最大分解能	mobility-granularity-meters	-

オブジェクトは、初期位置設定ファイルに記述された位置に現れる。初期位置設定ファイルの記述形式は、「Base Simulator ユーザガイドのモビリティ設定ファイル」に従う。

モビリティは、移動->停止->移動->停止->...のシーケンスの、移動から行い、最初の移動のみ最寄りの交差点に向かって移動を行なう。停止時間が 0 の場合には、停止せずに連続的に移動を行なう。

車線オフセットで指定した分、道路の中心線からオフセットした位置で移動を行なう。

移動速度は次式に従い、次の点への移動の度に再計算する。

$\text{移動速度} = (\text{最大速度} - \text{最小速度}) \times \text{乱数}([0, 1)) + \text{最小速度}$
--

Random-Waypointと同様に、移動はXY平面上で見た場合に等速として、直線移動を行なう。標高の追加を設定した場合であってもXY平面を基準に等速で移動するため、直線状の標高が一定ではない場合、XYZ空間上では道路上の移動が等速とならない。

また、道路上の移動は、他の道路上のオブジェクトに対して影響を与えない、そのため設定によっては、オブジェクト同士が道路上で接触する場合も生じる。

標高や道路上での車両間での相互の影響(追従走行)を厳密に考慮してシミュレーションする必要がある場合、MultiAgent Extension Moduleで車両の移動をシミュレーションするのが望ましい。

- 移動候補の交差点
 - 経路検索ベースの移動が有効の場合

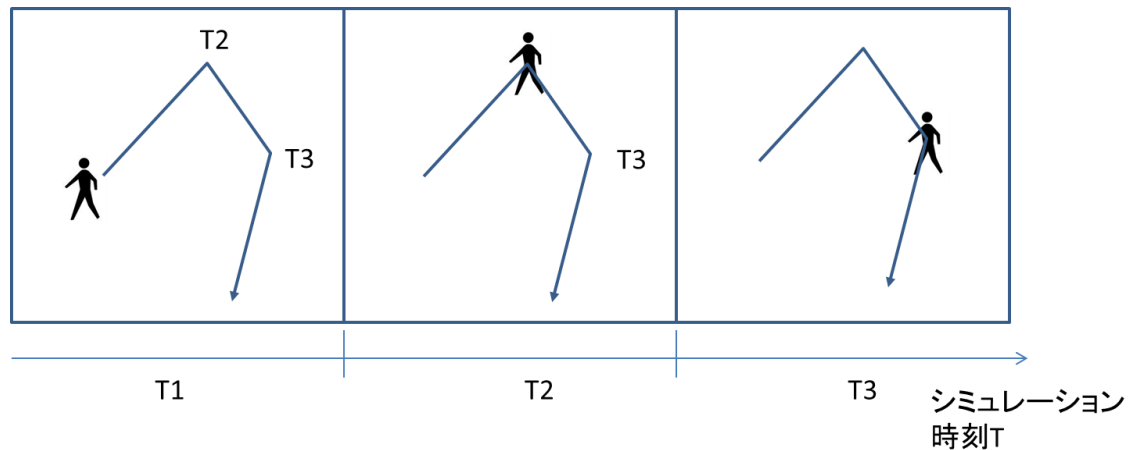
シナリオ内の交差点からランダムに選択する。選択した交差点までの経路は、A*アルゴリズムにより、道路の中心線上の距離で、最小の距離となる経路を選択する。
 - 経路検索ベースの移動が無効の場合：

隣接している交差点のうち、ひとつ前に経由した交差点を除外してランダムに選択する。接続する交差点が一つしかない場合には、前に経由したかどうかに関わらずその交差点に移動する。(行き止まりの場合)

2.4. Trace

Trace モビリティは、オブジェクトに対して時刻と位置を直接指定して移動を行なうモデルである。

指定した時刻に指定した位置に到着するように、指定位置間を等速で移動する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
トレースファイル	mobility-trace-file	-
動的オブジェクト生成	mobility-trace-file-supports-creation-and-deletion	-
標高の追加	mobility-need-to-add-ground-height	-
移動の最大分解能	mobility-granularity-meters	-

オブジェクトは、トレースファイルに記述された順に移動を行なう。ファイルの記述形式は、「Base Simulator ユーザガイドのモビリティ設定ファイル」に従う。

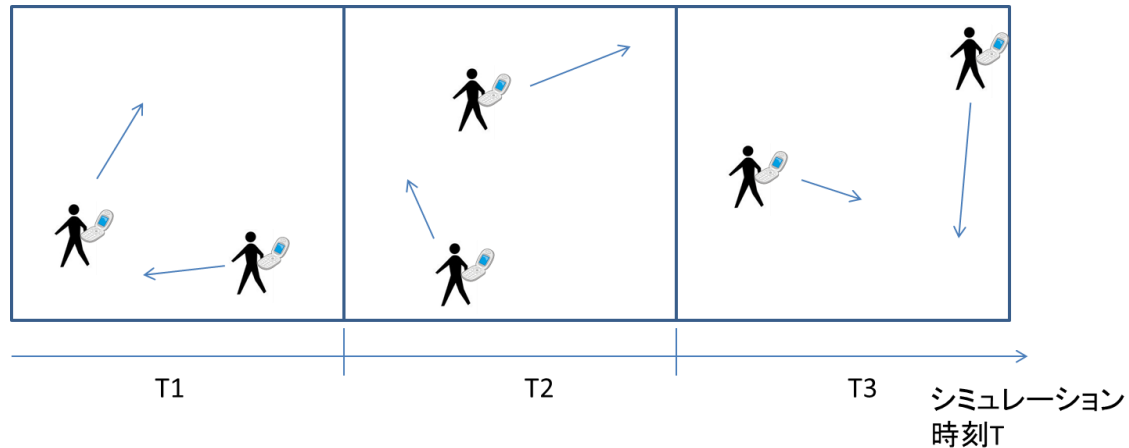
動的オブジェクト生成が有効である場合、トレースファイルに記述される最初の移動時刻に、動的にオブジェクトが生成される。また、移動時刻の最後に、オブジェクトが削除される。

飛行しているオブジェクト等を扱う場合には、標高の追加を無効として設定する。

2.5. AttachedAntenna モビリティ

AttachedAntenna モビリティは、任意の移動モデルに追従して移動するモビリティである。、人の移動に付随して移動する、通信機(アンテナ)等を模擬する場合に利用する。

プラットフォームとして他のモビリティを参照するため、単体での利用は不可である。



プロパティ

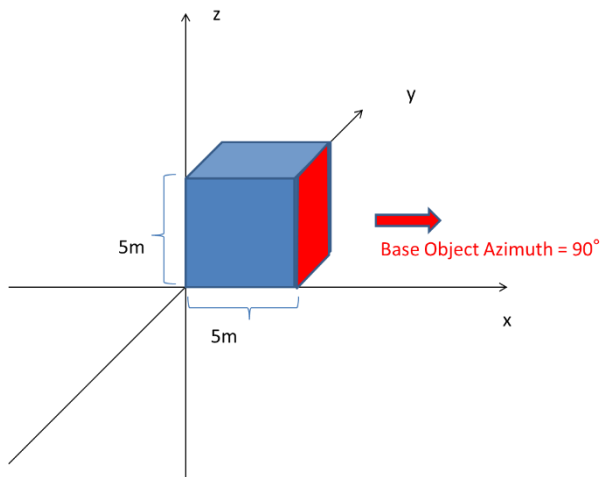
プロパティ	パラメータ名	備考
基準からの高さ	antenna-height-meters	-
基準からの水平方向のオフセット距離	antenna-offset-meters	アンテナを保持するオブジェクトの中心を基準とした、オフセット距離
基準からの水平方向のオフセット回転	antenna-offset-degrees	アンテナを保持するオブジェクトの向きを基準として、相対的な回転角度で回転方向は時計回りとなる
水平方向の回転	antenna-azimuth-degrees	基準方向は、アンテナを保持するオブジェクトの水平方向の向きで、回転方向は時計回りとなる (※極座標系における回転とは逆の向き) 回転の軸はアンテナを中心としたz軸となる
垂直方向の回転	antenna-elevation-degrees	基準方向は、アンテナを保持するオブジェクトの垂直方向の向きとなる

基準からの各オフセットの関係

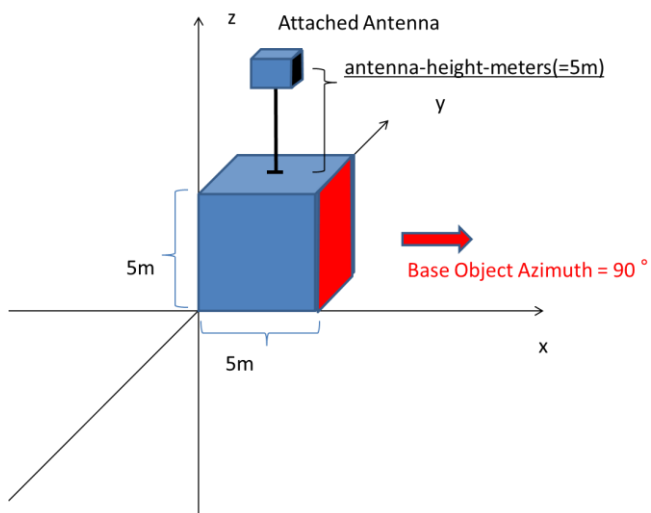
antenna-height-meters、antenna-offset-meters、antenna-offset-degrees のパラメータはアンテナを保持するオブジェクト (Base Object) からの相対的な位置関係の設定に利用し、antenna-azimuth-degrees、antenna-elevation-degrees は、Base Object とは異なる向きにアンテナ自体の回転を設定のために利用が可能である。

各パラメータについて次のようにオブジェクトに、Attached Antenna を追加する場合のパラメータの関係性を示す。

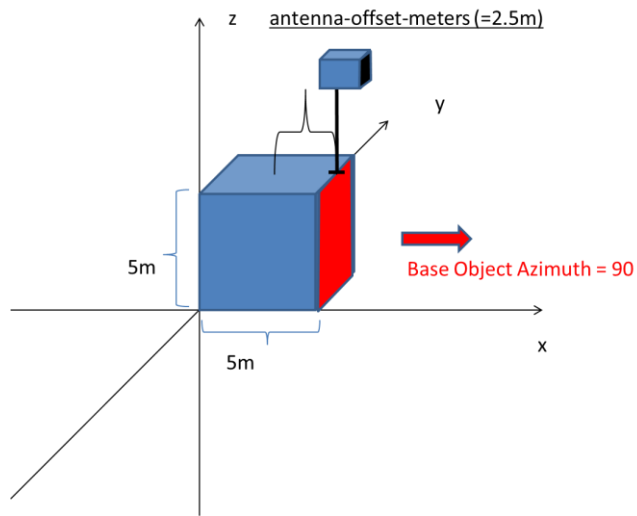
Base Object



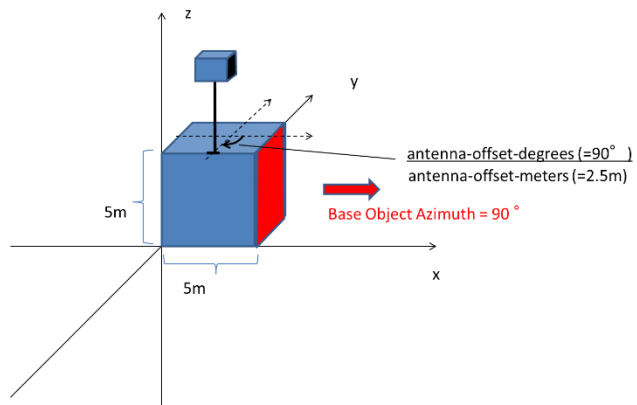
antenna-height-meters



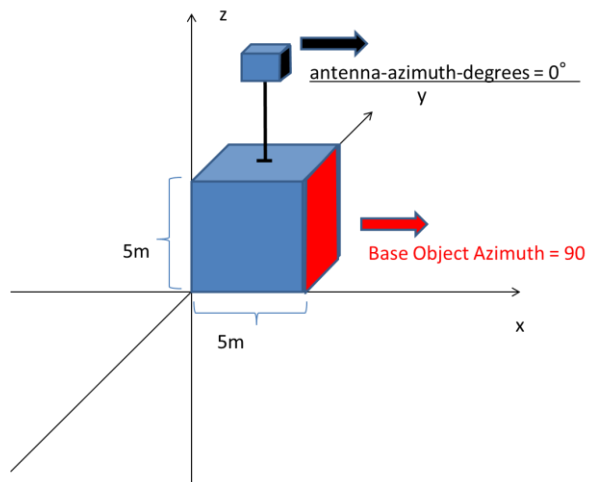
antenna-offset-meters

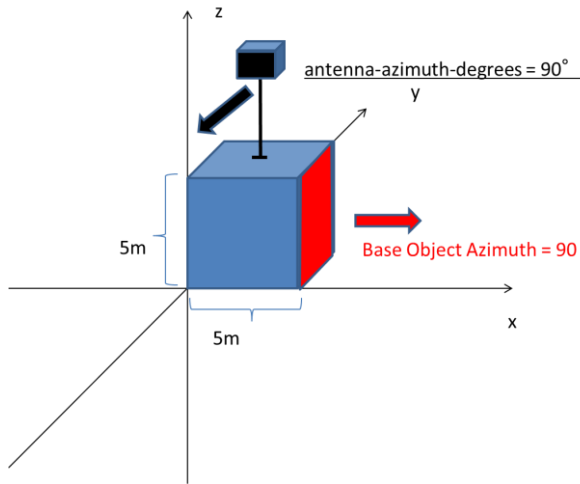


antenna-offset-degrees

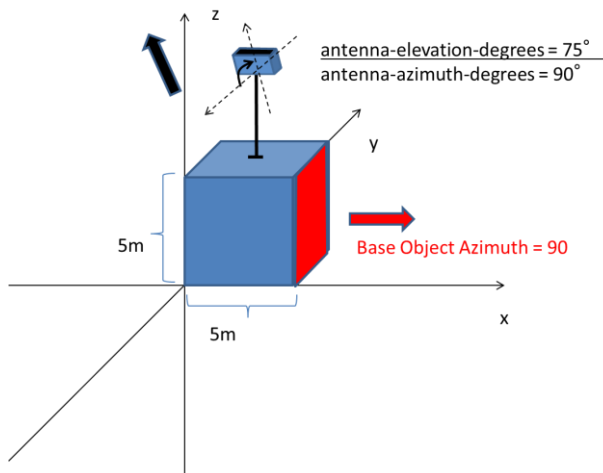
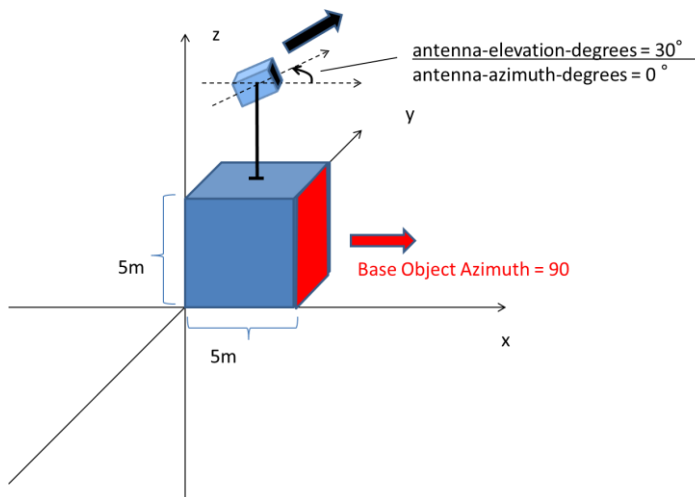


antenna-azimuth-degrees





antenna-elevation-degrees



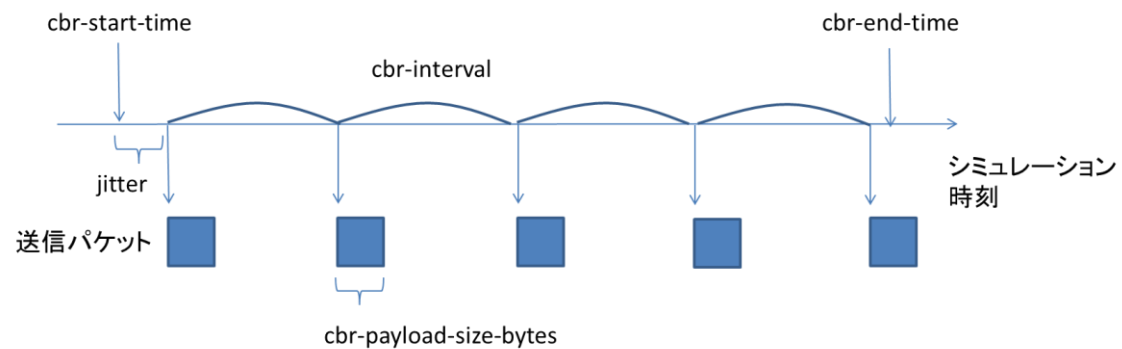
3. アプリケーション層

アプリケーションプロトコルについて解説する。

3.1. CBR (Constant Bit Rate)

CBR はアプリケーション層で固定のビットレートで、一定間隔でパケットの送信を行う。送信されるアプリケーションのパケットは常に一定のサイズである。

CBR はトランスポート層のプロトコルに UDP を利用する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
宛先	cbr-destination	-
ペイロードサイズ	cbr-payload-size-bytes	-
トラフィックの指定方法	cbr-traffic-defined-by	Interval/packetspersecond/ bitspersecond
送信間隔	cbr-interval	cbr-traffic-defined-by = interval の場合
送信レート(bits/sec)	cbr-traffic-bps	cbr-traffic-defined-by = packetspersecond の場合
送信レート(packes/sec)	cbr-traffic-pps	cbr-traffic-defined-by = bitspersecond の場合
開始時刻	cbr-start-time	-
終了時刻	cbr-end-time	-
優先度(アプリケーションクラス)	cbr-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	cbr-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	cbr-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	cbr-destination-port	cbr-auto-port-mode = true の場合

CBR は開始時刻に一様分布のジッタを加えた時刻から、一定間隔でパケットを送信する。ジッタは以下の式により算出する。アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、通信端末が生成された時点の、次の送信間隔のタイミングからアプリケーションを開始する。

$$\text{送信開始時刻ジッタ} = \text{最大送信開始時刻ジッタ} \times \text{乱数}([0, 1))$$

送信間隔は、時間による直接の指定、または送信レートでの指定が可能である。送信レートでの指定を行った場合は、以下の式により送信間隔(cbr-interval)を算出する。

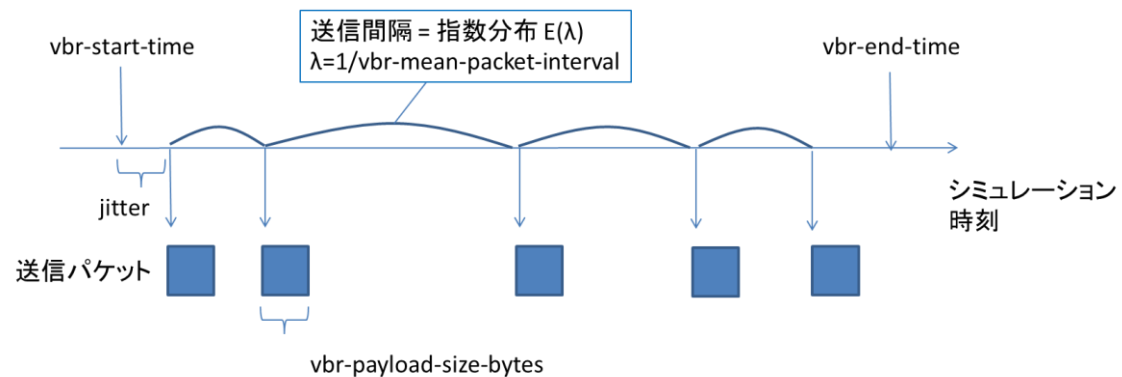
$$\begin{aligned} \text{bps 指定: 送信間隔} &= \text{ペイロードサイズ} / \text{送信レート}(\text{bits/sec}) \\ \text{pps 指定: 送信間隔} &= 1 / \text{送信レート}(\text{packets/sec}) \end{aligned}$$

CBR はアプリケーション情報として、パケットのシーケンス番号と送信時刻の情報をペイロードに含めている。そのため、最低でも 16byte 以上のペイロードサイズを指定する必要がある。

3.2. VBR (Variable Bit Rate)

VBR はアプリケーション層で可変のビットレートで、パケットの送信を行う。本 VBR モデルでは、送信されるアプリケーションのパケットは常に一定のサイズで、送信間隔の変動により可変ビットレートをモデル化している。

VBR はトランスポート層のプロトコルに UDP を利用する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
宛先	vbr-destination	-
ペイロードサイズ	vbr-payload-size-bytes	-
トラフィックの指定方法	vbr-traffic-defined-by	Interval/packetspers econd/bitspersecond
平均送信間隔	vbr-mean-packet-interval	vbr-traffic-defined-by = interval の場合
平均送信レート(bits/sec)	vbr- mean-traffic-bps	vbr-traffic-defined-by = packetspersecond の場合
平均送信レート(packes/sec)	vbr- mean-traffic-pps	vbr-traffic-defined-by = bitspersecond の場 合
最小送信間隔	vbr-minimum-packet-interval	-
最大送信間隔	vbr-maximum-packet-interval	-
開始時刻	vbr-start-time	-
終了時刻	vbr-end-time	-
優先度(アプリケーションクラス)	vbr-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	vbr-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	vbr-auto-port-mode	-

宛先ポート番号	cbr-destination-port	vbr-auto-port-mode = true の場合
---------	----------------------	----------------------------------

VBR は開始時刻に一様分布のジッタを加えた時刻から、可変の間隔でパケットを送信する。ジッタは以下の式により算出する。アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、通信端末が生成された次の送信間隔のタイミングからアプリケーションを開始する。

送信開始時刻ジッタ = 最大送信開始時刻ジッタ × 乱数([0, 1))

平均送信間隔は、時間による直接の指定、または送信レートでの指定が可能である。送信レートでの指定を行った場合は、以下の式により平均送信間隔を算出する。

bps 指定: 平均送信間隔 = ペイロードサイズ/送信レート(bits/sec)

pps 指定: 平均送信間隔 = 1/送信レート(packets/sec)

送信間隔は、平均送信間隔をもとに指数分布により算出する。送信間隔の算出は、値が最小送信間隔以上で、最大送信間隔以下になるまで試行を繰り返す。

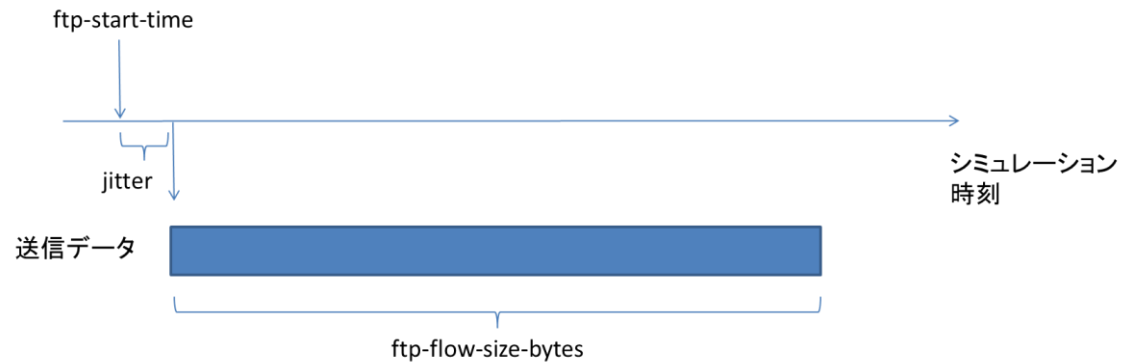
送信間隔 = 指数分布 $E(\lambda)$

$\lambda = 1/\text{平均送信間隔}$

VBR はアプリケーション情報として、パケットのシーケンス番号と送信時刻の情報をペイロードに含めており、最低でも 16byte 以上のペイロードサイズを指定する必要がある。

3.3. FTP (File Transfer Protocol)

指定するサイズを持つ単一のデータファイルを FTP (File Transfer Protocol) により送信することを想定したアプリケーションである。FTP はトランスポート層プロトコルに TCP を利用する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
宛先	ftp-destination	-
ペイロードサイズ	ftp-flow-size-bytes	-
開始時刻	ftp-start-time	-
帯域確保終了時刻	ftp-end-time	QoS モードの場合のみ有効
優先度(アプリケーションクラス)	ftp-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	ftp-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	ftp-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	ftp-destination-port	ftp-auto-port-mode = true の場合

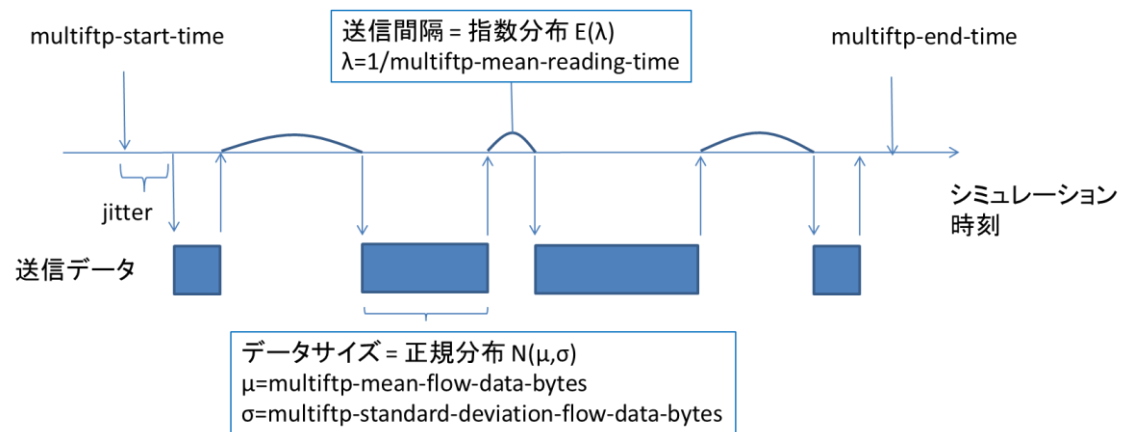
FTP は開始時刻に一様分布のジッタを加えた時刻にデータを送信開始する。ジッタは以下の式により算出する。アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、アプリケーショントラフィックは生成されない。

$$\text{送信開始時刻ジッタ} = \text{最大送信開始時刻ジッタ} \times \text{乱数}([0, 1))$$

(QoS ではない)FTP は終了時刻となっても、送信中のデータがある場合にはデータの送信が完了するまでデータを送信する。

3.4. MultiFTP

MultiFTP は参考文献[1]「10.2 File Transfer Protocol Model」で定義されている複数のデータファイルを FTP により送信することを想定したアプリケーションである。トランスポート層プロトコルに TCP を利用する。送信するデータサイズ、FTP の接続間隔は変動する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
宛先	multiftip-destination	-
平均データサイズ	multiftip-mean-flow-data-bytes	-
最大データサイズ	multiftip-max-flow-data-bytes	-
データサイズ分散	multiftip-standard-deviation-flow-data-bytes	-
平均読み込み時間	multiftip-mean-reading-time	-
開始時刻	multiftip-start-time	-
帯域確保終了時刻	multiftip-end-time	QoS モードの場合のみ有効
優先度(アプリケーションクラス)	multiftip-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	multiftip-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	multiftip-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	multiftip-destination-port	multiftip-auto-port-mode = true の場合

MultiFTP は開始時刻に一樣分布のジッタを加えた時刻から、可変の間隔でデータを送信する。送信中のデータ送信が完了してから、次の送信時刻を決定する。

ジッタは以下の式により算出する。アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、通信端末が生成された次の送信間隔のタイミングからアプリケーションを開始する。

$$\text{送信開始時刻ジッタ} = \text{最大送信開始時刻ジッタ} \times \text{乱数}([0, 1))$$

送信間隔は、平均読み込み時間をもとに指数分布により算出する。

$$\begin{aligned} \text{送信間隔} &= \text{指数分布 } E(\lambda) \\ \lambda &= 1/\text{平均読み込み時間} \end{aligned}$$

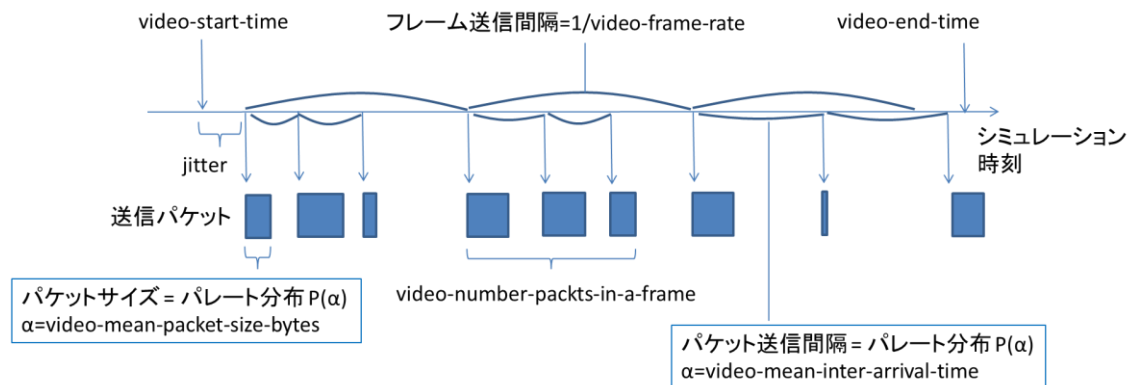
送信データサイズは、平均データサイズと分散をもとに正規分布により算出する。データサイズの算出は、値が最大データサイズ以下になるまで試行を繰り返す。

$$\begin{aligned} \text{送信データサイズ} &= \text{正規分布 } N(\mu, \sigma) \\ \mu &= \text{平均データサイズ} \\ \sigma &= \text{データサイズ分散} \end{aligned}$$

(QoS ではない)MultiFTP は終了時刻となっても、送信中のデータがある場合にはデータの送信が完了するまでデータを送信する。

3.5. Video (Video Streaming)

参考文献[1]「10.4 Near Real Time Video Streaming Model」で定義されているビデオストリーミングを想定したアプリケーションである。Video はフレームレートに従ってデータフレームの送信を行う。データフレームは複数の UDP パケットから構成される。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
宛先	video-destination	-
フレームレート	video-frame-rate	-
フレーム内のパケット数	video-number-packets-in-a-frame	-
最小ペイロードサイズ	video-min-packet-payload-size-bytes	-
最大ペイロードサイズ	video-max-packet-payload-size-bytes	-
平均ペイロードサイズ	video-mean-packet-size-bytes	-
最小到達間隔	video-min-inter-arrival-time	-
最大到達間隔	video-max-inter-arrival-time	-
平均到達間隔	video-mean-inter-arrival-time	-
開始時刻	video-start-time	-
終了時刻	video-end-time	-
優先度(アプリケーションクラス)	video-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	video-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	video-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	video-destination-port	video-auto-port-mode = true の場合

Video は開始時刻に一様分布のジッタを加えた時刻から、一定間隔でフレームの送信を行う。フレームに含まれるパケットのサイズとパケットの送信間隔は可変である。

ジッタは以下の式により算出する。アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、通信端末が生成された次のフレーム送信間隔のタイミングからアプリケーションを開始する。

$$\text{送信開始時刻ジッタ} = \text{最大送信開始時刻ジッタ} \times \text{乱数}([0, 1))$$

パケット送信間隔は、パケット送信の度に Truncated パレート分布により算出する。送信間隔の算出は、値が最大送信間隔以下になるまで試行を繰り返す。

$$\begin{aligned} \text{送信間隔} &= \text{Truncated パレート分布 } P(\alpha, X_m) \\ \alpha &= \text{平均到達間隔} / (\text{平均到達間隔} - \text{最小到達間隔}) \\ X_m &= \text{最小到達間隔} \end{aligned}$$

パケットサイズは、Truncated パレート分布により算出する。パケットサイズの算出は、値が最大パケットサイズ以下になるまで試行を繰り返す。

$$\begin{aligned} \text{パケットサイズ} &= \text{Truncated パレート分布 } P(\alpha, X_m) \\ \alpha &= \text{平均パケットサイズ} / (\text{平均パケットサイズ} - \text{最小パケットサイズ}) \\ X_m &= \text{最小パケットサイズ} \end{aligned}$$

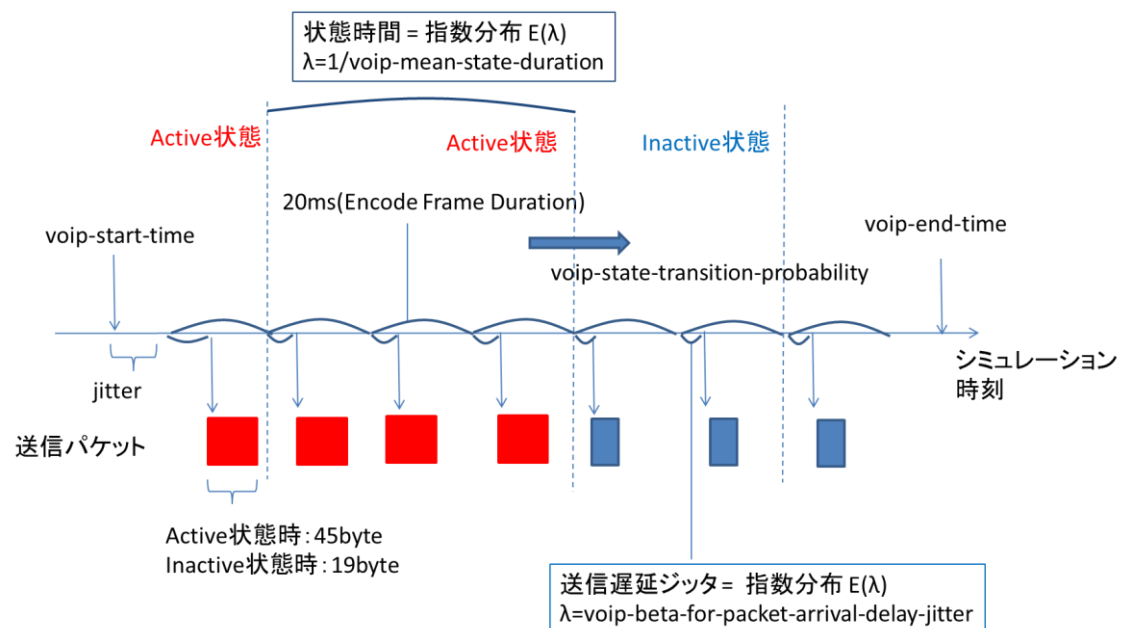
パケットの送信タイミングがフレーム間隔を超過していても、指定のパケット数分の送信を必ず行う。この場合、次のフレームの先頭のパケットが先に送信される。

3.6. VoIP (Voice over Internet Protocol)

参考文献[1]「10.3 Speech Source Model (VoIP)」で定義されている VoIP(Voice over IP)のトラフィックモデルを想定したアプリケーションである。コーデックは、RTP AMR 12.2 (12.2kbps)、フレーム長は、20ms を仮定する。

アプリケーションは Active 状態と Inactive 状態の 2 状態を確率的に遷移し、一定間隔でパケットの送信を行う。Active 時と Inactive 時でパケットのサイズが変化する。

トランスポート層プロトコルには UDP を利用する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
宛先	voip-destination	-
状態あたりの平均時間	voip-mean-state-duration	-
状態遷移確率	voip-state-transition-probability	-
到達遅延ジッタ	voip-beta-for-packet-arrival-delay-jitter	-
開始時間	voip-start-time	-
終了時刻	voip-end-time	-
優先度(アプリケーションクラス)	voip-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	voip-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	voip-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	voip-destination-port	voip-auto-port-mode = true の場合

VoIP は開始時刻に一様分布のジッタを加えた時刻から、20ms のサンプリング間隔でパケットの送信を行う。パケット送信時には、さらに到達遅延ジッタ分のジッタを加えて送信を行う。

アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、通信端末が生成された次のサンプリングタイミングからアプリケーションを開始する。

送信開始時刻ジッタ = 最大送信開始時刻ジッタ × 乱数([0, 1))

パケット送信時ジッタ = 到達遅延ジッタ

状態の持続時間は、状態あたりの平均時間をもとに指数分布により算出する。

状態の持続時間 = 指数分布 $E(\lambda)$

$\lambda = 1/\text{状態あたりの平均時間}$

到達遅延時間は、到達遅延ジッタをもとに一様分布により算出する。

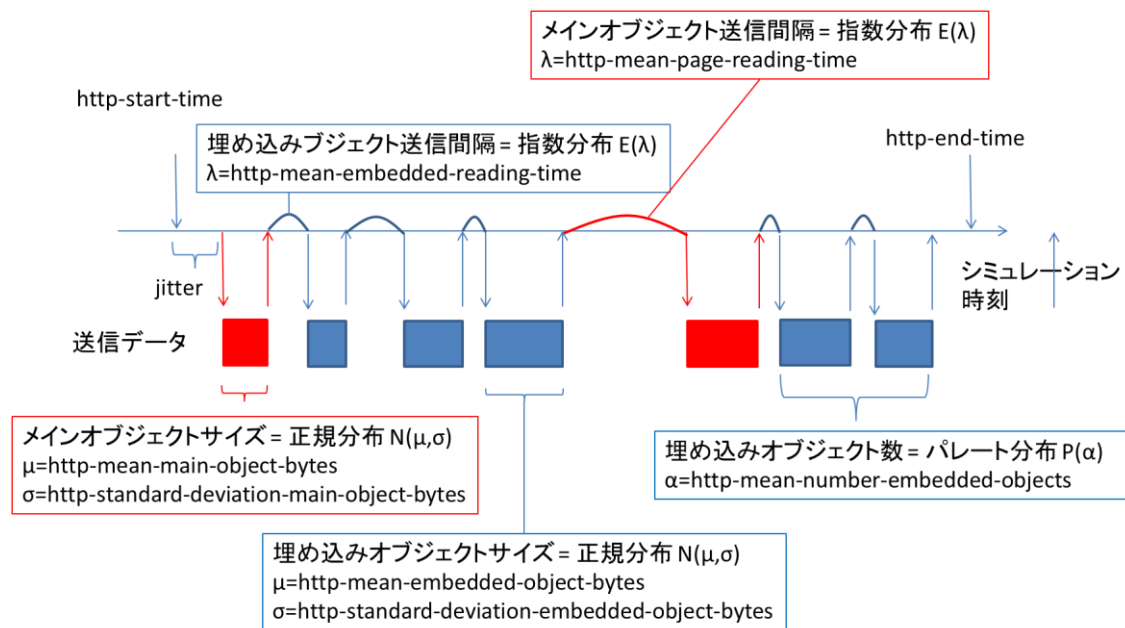
到達遅延時間 = 到達遅延ジッタ × 乱数([0, 1))

サンプリングが状態の持続時間を超えるタイミングで、状態遷移確率により、対の状態に状態が変化する。確率を満たさない場合は現在の状態を維持し、状態の持続時間が切れるタイミングで、再度状態遷移の試行を実施する。

※アプリケーションの設定は宛先指定による片方向の UDP フロー設定であるため、双方向の音声データのやりとりを想定する場合には、送信元から宛先と、宛先から送信元への二つの VoIP フローを設定する必要がある。

3.7. HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)

参考文献[1]「10.1 Web Browsing (HTTP) Traffic Model」で定義されている HTTP(Hyper Text Transfer Protocol)を想定したアプリケーションである。HTTP は TCP を利用してメインオブジェクトと、可変数の埋め込みオブジェクトを送信する。



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
最小のメインオブジェクトサイズ	http-min-main-object-bytes	-
最大のメインオブジェクトサイズ	http-max-main-object-bytes	-
平均メインオブジェクトサイズ	http-mean-main-object-bytes	-
メインオブジェクトサイズ分散	http-standard-deviation-main-object-bytes	-
最小の埋め込みオブジェクト数	http-min-number-embedded-objects	-
最大の埋め込みオブジェクト数	http-max-number-embedded-objects	-
平均埋め込みオブジェクト数	http-mean-main-object-bytes	-
最小の埋め込みオブジェクトサイズ	http-min-embedded-object-bytes	-
最大の埋め込みオブジェクトサイズ	http-max-embedded-object-bytes	-
平均埋め込みオブジェクトサイズ	http-mean-main-object-bytes	-
埋め込みオブジェクトサイズ分散	http-standard-deviation-main-object-bytes	-
平均読み込み時間	http-mean-page-reading-time	-
平均埋め込みオブジェクト読み込み時間	http-embedded-reading-time	-

開始時間	http-start-time	-
終了時刻	http-end-time	-
優先度(アプリケーションクラス)	http-priority	-
最大送信開始時刻ジッタ	http-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	http-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	http-destination-port	http-auto-port-mode = true の場合

HTTP は開始時刻に一様分布のジッタを加えた時刻から、パケットの送信を行う。

アプリケーションの送信開始時点で、アプリケーションを設定した通信端末が存在しない場合、通信端末が生成された次のメインオブジェクト読み込み(ページ読み込み)タイミングからアプリケーションを開始する。

送信開始時刻ジッタ = 最大送信開始時刻ジッタ × 乱数([0, 1))

最初にメインオブジェクトのパケット送信し、その後 Truncated パレート分布に従った数の埋め込みオブジェクトを送信する。埋め込みオブジェクトを全て送信し終わったら、次のメインオブジェクト(次ページ)のパケットデータを送信する。

メインオブジェクト送信間隔 = 指数分布 $E(\lambda)$ $\lambda = 1/\text{平均メインオブジェクト読み込み時間}$
埋め込みオブジェクト送信間隔 = 指数分布 $E(\lambda)$ $\lambda = 1/\text{平均埋め込みオブジェクト読み込み時間}$
メインオブジェクトサイズ = 正規分布 $N(\mu, \sigma)$ $\mu = \text{平均メインオブジェクトサイズ}$ $\sigma = \text{メインオブジェクトサイズ分散}$
埋め込みオブジェクトサイズ = 正規分布 $N(\mu, \sigma)$ $\mu = \text{平均埋め込みオブジェクトサイズ}$ $\sigma = \text{埋め込みオブジェクトサイズ分散}$ $X_m = \text{最小埋め込みオブジェクトサイズ}$
埋め込みオブジェクト数 = Truncated パレート分布 $P(\alpha, X_m)$ $\alpha = \text{平均埋め込みオブジェクト数} / (\text{平均埋め込みオブジェクト数} - \text{最小埋め込みオブジェクト数})$ $X_m = \text{最小埋め込みオブジェクト数}$

3.8. Flooding

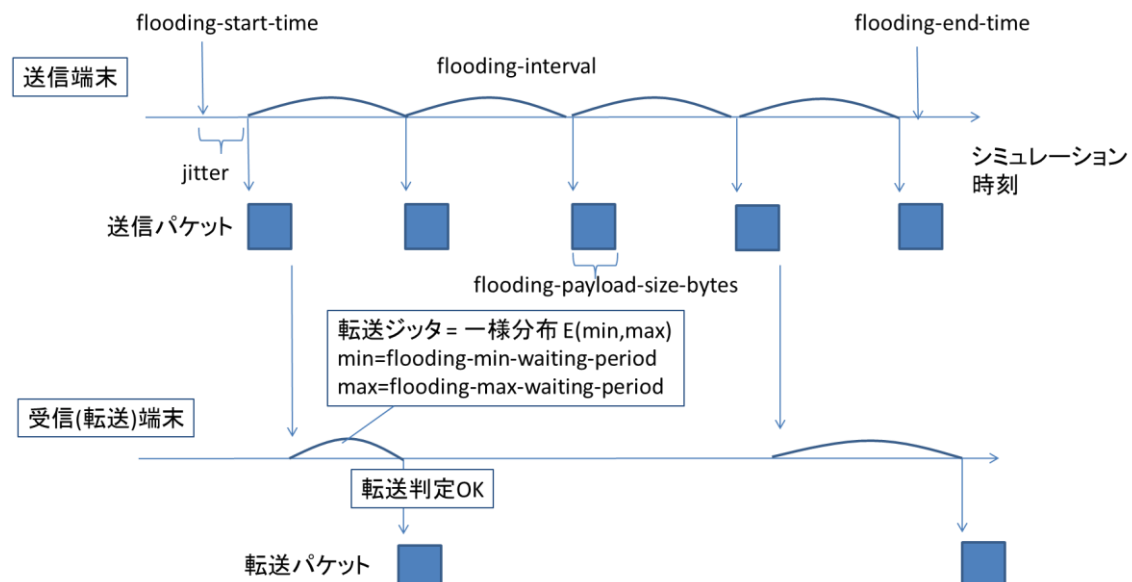
参考文献[11]「3.2 Counter-Based Scheme」「3.3 Distance-Based Scheme」で定義されている Flooding の方式を想定したアプリケーションである。Flooding は受信したアプリケーションパケットを転送送信することで、ネットワークにパケットを拡散する。

送信は固定のビットレートで、一定間隔でパケットの送信を行う。送信されるアプリケーションのパケットは常に一定のサイズである。

受信ノードは条件に従って再度ブロードキャストを行うか、ブロードキャストを抑止するか決定する。受信ノードは新しいパケットを初めて受信した時、実際に転送を開始するまでの間、ランダム時間待機する。

転送条件は次の通りである。

- 自分が送信したメッセージを受信しても転送しない
- 同じメッセージを受信した場合、二度目以降は転送しない
- 受信したメッセージの Hop 数が最大ホップ数に達した場合は転送しない
- 上記条件に当てはまらない場合は転送ジッタ分待機
- ジッタ後、以下の条件を満たしている場合には転送を行う
 - 同じメッセージを受信した数が、最大受信数に達していない
 - 受信したメッセージの送信元との距離で最も小さいものが最小受信距離以上



プロパティ

プロパティ	パラメータ名	備考
ペイロードサイズ	flooding-payload-size-bytes	-
送信間隔	flooding-interval	
開始時刻	flooding-start-time	-
終了時刻	flooding-end-time	-
優先度(アプリケーションクラス)	flooding-priority	-
最大ホップ数	flooding-max-hop-count	
最小転送待ち時間	flooding-min-waiting-period	
最大転送待ち時間	flooding-max-waiting-period	
最大受信数	flooding-counter-threashold	
最小受信距離	flooding-distance-threshold-meters	
開始時刻最大ジッタ	flooding-start-time-max-jitter	-
ポート番号割り当てモード	flooding-auto-port-mode	-
宛先ポート番号	flooding-destination-port	video-auto-port-mode = true の場合

3.9. IperfUDP、IperfTCP

Iperf は TCP、または、UDP のトラフィックを生成し、スループットを計測するためのアプリケーションである。

IperfTcp と IperfUdp は、NLNR/DAST(脚注 1)によって開発された iperf version 2 をモデル化したアプリケーションで、それぞれ Tcp と Udp のトラフィックを生成する。

NLNR/DAST : Distributed Applications Support Team (DAST) at the National Laboratory for Applied Network Research (NLNR)

IperfUDP は、CBR と同様の通信の振る舞いを行う。アプリケーション層で固定のビットレートで、一定間隔でパケットの送信を行う。送信されるアプリケーションのパケットは常に一定のサイズである。トランスポート層のプロトコルには UDP を利用する。

ただし、アプリケーション終了時に、受信側の端末は、送信元に対して Ack パケットを送信する。

IperfTCP は、FTP と同様の通信の振る舞いを行う。トランスポート層プロトコルに TCP を利用し、単一のデータを送信する。

3.10. BundleProtocol/Bundle Message

BundleProtocol は、アプリケーションレイヤで、バンドル(メッセージ)をストアアンドフォワードしながら、エンドエンドの経路がない場合にもバンドルを最終目的地まで転送するプロトコルである。

ルーティングアルゴリズムは、Epidemic、Spray-And-Wait、Direct-Delivery、MaxProp に対応している。バンドルの保存可能なストレージサイズを指定可能で、バンドルを受信した際に保存領域がない場合、受信したバンドルは廃棄される。尚、制御メッセージの送信は、トランスポートプロトコルとして UDP、バンドルの送信は、TCP、または、UDP を使用する。

BundleMessage は、BundleProtocol を使用するアプリケーションで、CBR アプリケーションと同様に固定長のバンドルメッセージを定期的送信する。宛先は、特定のノード、または、全てのノード(*)を指定可能である。バンドルメッセージには、生存期間を設定することが可能で、バンドルメッセージを保持しているノードは、生存期間が経過したメッセージを廃棄する。

3.11. Sensing

Sensing は周囲の通信オブジェクトまたは、GIS オブジェクトの検知を行うアプリケーションモデルである。Sensing モデルはセンサーの形状や、見通しの有無を考慮して、ダイナミックに変化する周囲の状況を把握することが可能である。

センシング領域:

- 扇型の形状、または、GIS オブジェクトを指定可能
- GIS オブジェクトは Building、Park、Area、Road を指定可能

センシング対象:

- 通信オブジェクト、および GIS オブジェクトを指定可能

センシング誤差:

- 検出失敗率、およびセンシング対象の位置誤差を設定可能

判定基準:

- 通信オブジェクト、POI の場合は、当該オブジェクトの位置座標がセンシング領域内に存在した場合、検出する。
- Building、Wall の場合は、各頂点および内部にグリッド状に配置した各点のいずれかがセンシング領域内に存在した場合、検出する。
- オブジェクトの検出は、見通しがある場合のみ検出、または、見通しの有無に関わらず検出のいずれかを設定可能である。尚、標高は見通しの有無に影響を与えない。

3.12. TraceBasedApp

TraceBaseApp は、tcpdump や wireshark など出力された pcap ファイルを読み込み、pcap ファイルに含まれるパケットのサイズと時間を基に UDP パケットを生成し、送信するアプリケーションである。TraceBasedApp を使用する場合には、libpcap を有効にする必要がある。シミュレータのビルド時に、コマンドライン引数 BASE_LIBPCAP=on を指定してビルドする必要がある。また、Windows で使用する場合には、実行時に wpcap.dll と Packet.dll が必要となる。これらのファイルは、<http://www.winpcap.org/install/default.htm> より Winpcap_4_1_3.exe をダウンロードし、インストールしたディレクトリに含まれる。

4. ルーティングプロトコル

ルーティングプロトコルについて解説する。

4.1. nuOLSRv2

nuOLSRv2 は、以下の RFC およびインターネットドラフトをサポートしている。

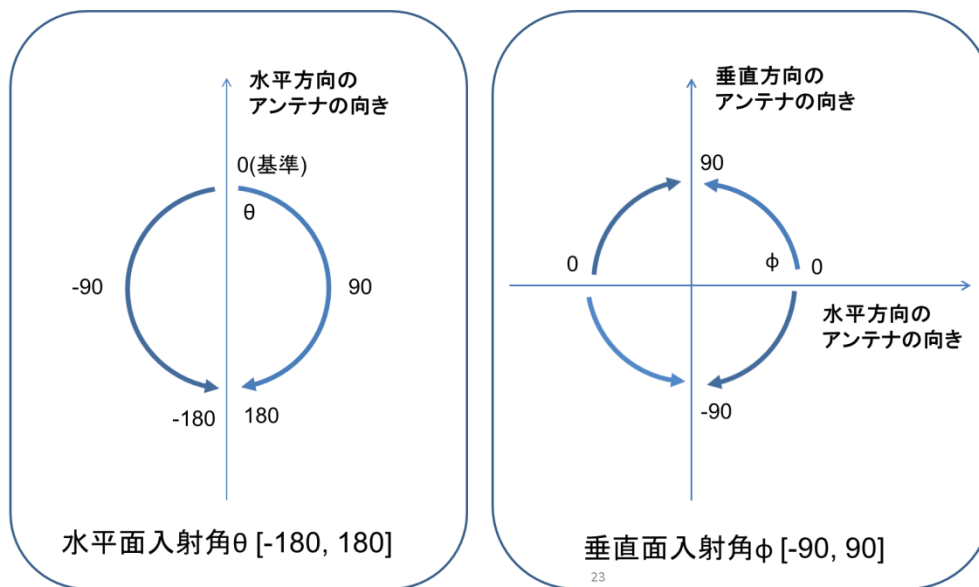
- rfc5444
- draft-ietf-manet-nhdp-14
- draft-ietf-manet-olsrv2-11
- draft-dearlove-olsrv2-metrics-05
- draft-funkfeuer-manet-olsrv2-etx-01

5. アンテナモデル

アンテナモデルは電波の送受信の際に、送信機と受信機においてそれぞれ、送信ゲイン(送信利得)と受信ゲイン(受信利得)を算出する際に利用する。無指向性以外のアンテナでは、送信機での電波の送出角と、受信機への電波の入射角より、ゲイン値が変化する。電波の発生により、ある入射角(送出角)が与えられた時、アンテナの向きを基準として、角度成分を水平方向と、垂直方向に分解し、アンテナゲインの計算を実施する。

入射角(送出角)の水平成分 θ $[-180, 180]$

入射角(送出角)の垂直成分 ϕ $[-90, 90]$



23

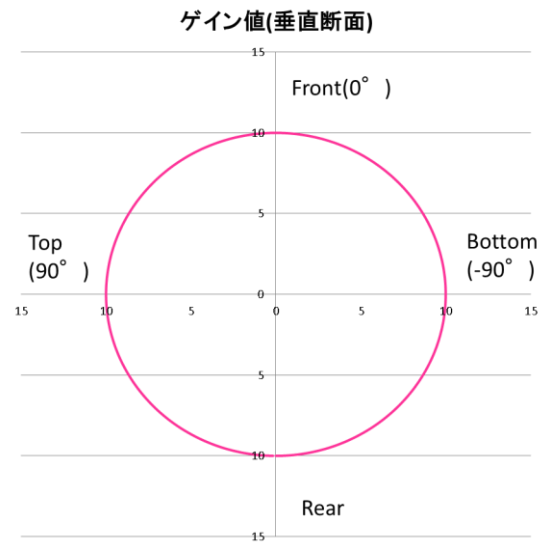
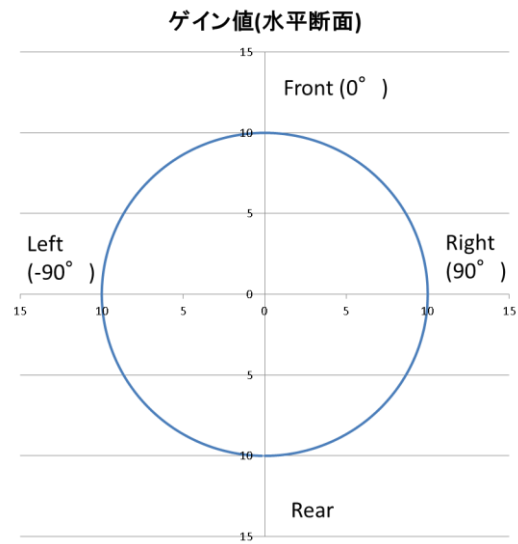
5.1. 無指向性アンテナ(全方向性アンテナ)

無指向性アンテナは全ての方向に対して、同一のゲイン値を与える。

アンテナゲイン値: $G = G_m$

G_m (最大ゲイン値): antenna-gain-dbi (.config パラメータ)

例えば、10dBi のゲイン値(antenna-gain-dbi)を設定した無指向性アンテナは、水平面、垂直面で図のようなゲイン値となる。



5.2. Sectored アンテナ

セクター型の指向性を持つアンテナである。

アンテナゲイン値: $G = Gm + \text{Max}(Do \times Do \times Gb, -Gr) + \text{Max}(De \times De \times Gb, -Gr)$

$Do = \theta / Bw$

$De = \phi / Gr$

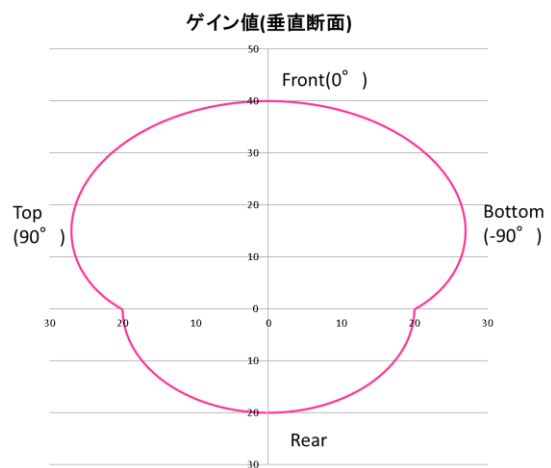
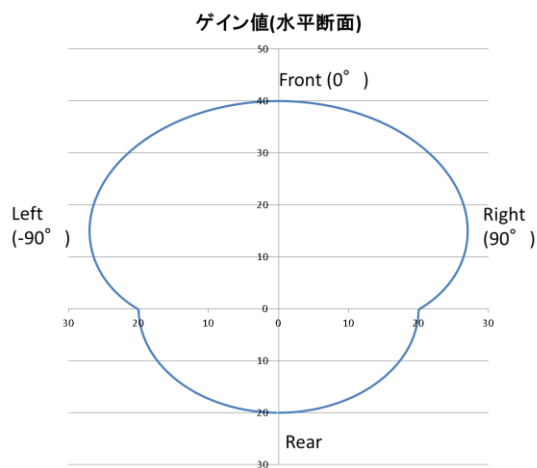
Gm(最大ゲイン値): max-antenna-gain-dbi (.config パラメータ)

Bw(BeamWidth): 70 [°]

Gr(FrontToBackGainRatio): 20 [dB]

Gb(GainAtTwiceBeamWidth): -12 [dB]

例えば、最大 40dBi のゲイン値(max-antenna-gain-dbi)を設定した Sectored アンテナは、正面(最大方向)が 40dBi、背面(最小方向)が 20dBi で、20dBi のゲインの差が生じる。



5.3. カスタムアンテナ

カスタムアンテナには、2D(2次元)でゲインのパターンを入力するモデルと、3Dでパターンを入力するモデルがある。

5.3.1. 2.5D

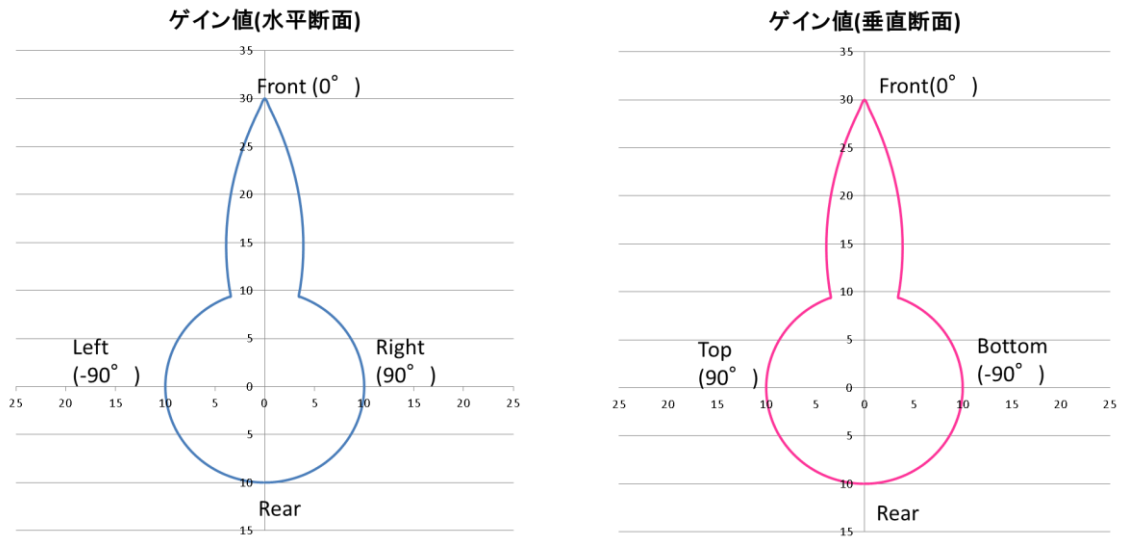
水平面(-179° ~180°)と、垂直面(-179° ~180°)の2D×2のゲイン値をファイル入力し、入力から自動生成した3Dアンテナパターンを利用する。

ゲイン値の入力は各面毎に1°刻みとなり、水平面360点、垂直面360点で計720点の入力を行う。以下に、正面方向に30[dBi]のゲインを持ち、20°の方向から一定のゲイン値[10dBi]となるアンテナを定義する場合の設定例を示す。

アンテナパターン設定ファイル

```
NAME CustomAntenna1
HORIZONTAL 360
#Format: Azimuth GainDbi
-179 10.0
-178 10.0
(省略:-177 から-22 まで同一のゲイン設定)
-21 10.0
-20 10.0
-19 11.0
-18 12.0
(省略:-18 から-3 まで1 ずつ差のあるゲイン設定)
-3 27.0
-2 28.0
-1 29.0
0 30.0
1 29.0
2 28.0
3 27.0
(省略:3 から18 まで1 ずつ差のあるゲイン設定)
18 12.0
19 11.0
20 10.0
21 10.0
(省略:21 から179 まで同一のゲイン設定)
```

```
179 10.0
180 10.0
VERTICAL 360
#Format: Elevation GainDbi
-179 10.0
-178 10.0
(省略:-177 から-22 まで同一のゲイン設定)
-21 10.0
-20 10.0
-19 11.0
-18 12.0
(省略:-18 から-3 まで 1 ずつ差のあるゲイン設定)
-3 27.0
-2 28.0
-1 29.0
0 30.0
1 29.0
2 28.0
3 27.0
(省略:3 から 18 まで 1 ずつ差のあるゲイン設定)
18 12.0
19 11.0
20 10.0
21 10.0
(省略:21 から 179 まで同一のゲイン設定)
179 10.0
180 10.0
```

2.5D のアンテナモデルでは、次の式に従って 2D 入力から 3D パターンを生成する。

生成パターン 1(antenna-pattern-two-2d-to-3d-interpolation-algorithm-number = 1)

$$3D \text{ 点アンテナゲイン値: } G(\theta, \phi) = \begin{cases} G_{\theta}(ai) & S < \epsilon \\ G_{\theta}(ai) \times (1.0 - v) + G_{\phi}(ei) \times v & \text{others} \end{cases}$$

$$v = Ea / (\pi / 2.0)$$

$$Ea = \begin{cases} a \cos(abs(Ox) / S) & abs(Ox) < S \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

$$ai = \theta$$

$$ei = \begin{cases} 180 \times (\pi - Se) / \pi & abs(\mathcal{G}) > 90, \phi \geq 0 \\ 180 \times (Se - \pi) / \pi & abs(\mathcal{G}) > 90, \phi < 0 \\ 180 \times (-Se) / \pi & abs(\mathcal{G}) \leq 90, \phi \geq 0 \\ 180 \times Se / \pi & abs(\mathcal{G}) \leq 90, \phi < 0 \end{cases}$$

$$Se = a \cos(abs(Ox))$$

$$S = \sqrt{1.0 - (Ox + Oy)}$$

$$Ox = \cos(\theta / 180 \times \pi) \times \cos(\phi / 180 \times \pi)$$

$$Oy = \sin(\theta / 180 \times \pi) \times \cos(\phi / 180 \times \pi)$$

$$G_{\theta} = HorizontalInputGain$$

$$G_{\phi} = VerticalInputGain$$

生成パターン 2(antenna-pattern-two-2d-to-3d-interpolation-algorithm-number = 2)

3D 点アンテナゲイン値: $G_{\theta,\phi}(\theta,\phi) = G_{\theta}(ai) \times (1.0 - v) + G_{ei} \times v$

$$v = Ea / (\pi / 2.0)$$

$$Ea = \begin{cases} a \cos(abs(Ox) / S) & abs(Ox) < S \\ 0 & others \end{cases}$$

$$ai = \theta$$

$$G_{ei} = G_{\phi}(ei_1) \times (1.0 - a) + G_{\phi}(ei_2) \times a$$

$$ei_2 = \begin{cases} 179 + (180 - \phi) & \phi \geq 0 \\ 179 + (-180 - \phi) & others \end{cases}$$

$$ei_1 = 179 + \phi$$

$$a = abs(\theta) / 180$$

$$Se = a \cos(abs(Ox))$$

$$S = \sqrt{1.0 - (Ox + Oy)}$$

$$Ox = \cos(\theta / 180 \times \pi) \times \cos(\phi / 180 \times \pi)$$

$$Oy = \sin(\theta / 180 \times \pi) \times \cos(\phi / 180 \times \pi)$$

$$G_{\theta} = HorizontalInputGain$$

$$G_{\phi} = VerticalInputGain$$

3D パターンへの変換後は 3D のモデルによりゲイン値を算出する。なお、いずれの変換方式においても、ゲイン値に不連続面が発生しないように、変換を行っている。

5.3.2.3D

3D アンテナモデルは、任意の方向に対して任意のゲイン値を設定することが可能である。

水平方向(-179° ~180°)と、垂直方向(-90° ~90°)の各ペアに対してゲイン値をファイル入力する。

ゲイン値の入力は 1° 刻みとなり、水平方向 360 点、垂直方向 181 点で計 65160 点の入力を行う。

アンテナパタン設定ファイル

```
NAME customantenna1
#Elevation Azimuth GainDbi
-90 -179 -12
-90 -178 -12
-90 -177 -12
-90 -176 -12
```

```

-90 -175 -12
-90 -174 -12
-90 -173 -12
-90 -172 -12
-90 -171 -12
-90 -170 -12
...

```

3D アンテナモデルでは、 θ 、 ϕ が与えられた際に、周囲の 4 点のゲイン値を取得し、線形補間により値を算出する。

アンテナゲイン値: $G = \text{InterpolatedValue}(G_{ll}, G_{ul}, G_{lu}, G_{uu})$

$$G_{ll} = G_{\theta, \phi}(\text{floor}(\theta), \text{floor}(\phi))$$

$$G_{ul} = G_{\theta, \phi}(\text{floor}(\theta) + 1, \text{floor}(\phi))$$

$$G_{lu} = G_{\theta, \phi}(\text{floor}(\theta), \text{floor}(\phi) + 1)$$

$$G_{uu} = G_{\theta, \phi}(\text{floor}(\theta) + 1, \text{floor}(\phi) + 1)$$

$$G_{\theta, \phi} = \text{InputGain}$$

6. 電波伝搬

標準では以下の電波伝搬モデルをサポートしている。

- FreeSpace
- TwoRayGround
- OkumuraHata
- COST231Hata
- COST231Indoor
- WallCount
- ITU-R P.1411
- ITU-UMi
- Taga
- ITM
- TwoTier
- Trace

各伝搬モデルは、伝搬モデル式に従った電波伝搬損失値を与えるが、計算の結果損失値が負となる場合、損失値を 0 として算出する。

また各モデルに関して、near field($\lambda / 2 \pi$)以上の距離でモデルを利用するのが望ましい。

6.1. FreeSpace

自由空間での直接波による伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

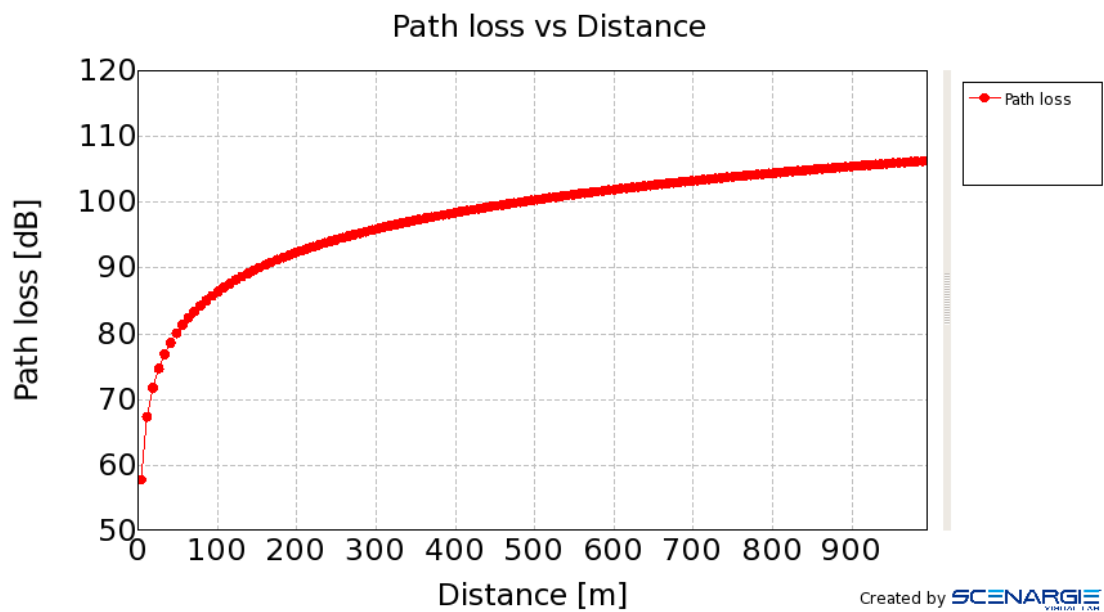
プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	特になし
送信機アンテナ高	
受信機アンテナ高	
アンテナ位置	
送受信機距離	
シナリオ環境	

算出式

伝搬損失値: $L_{free} = 32.4 + (20 \times \text{Log10}(d)) + (20 \times \text{Log10}(f))$

送受信アンテナ距離: d [km]

周波数: f [MHz]



f = 5000 [MHz]

6.2. TwoRayGround

直接波と地面反射による二波の伝搬損失値を与える。送受信間の距離が一定以上の場合を仮定した、二波モデルの近似式を利用する(送信点近くでの波の打消しについて省略したモデル)。

また値は、FreeSpace の値も算出し、損失の大きな方を利用する。(送受信間の距離が近い場合には、FreeSpace の値が適用される)

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	特になし
送信機アンテナ高	
受信機アンテナ高	
アンテナ位置	
送受信機距離	
シナリオ環境	

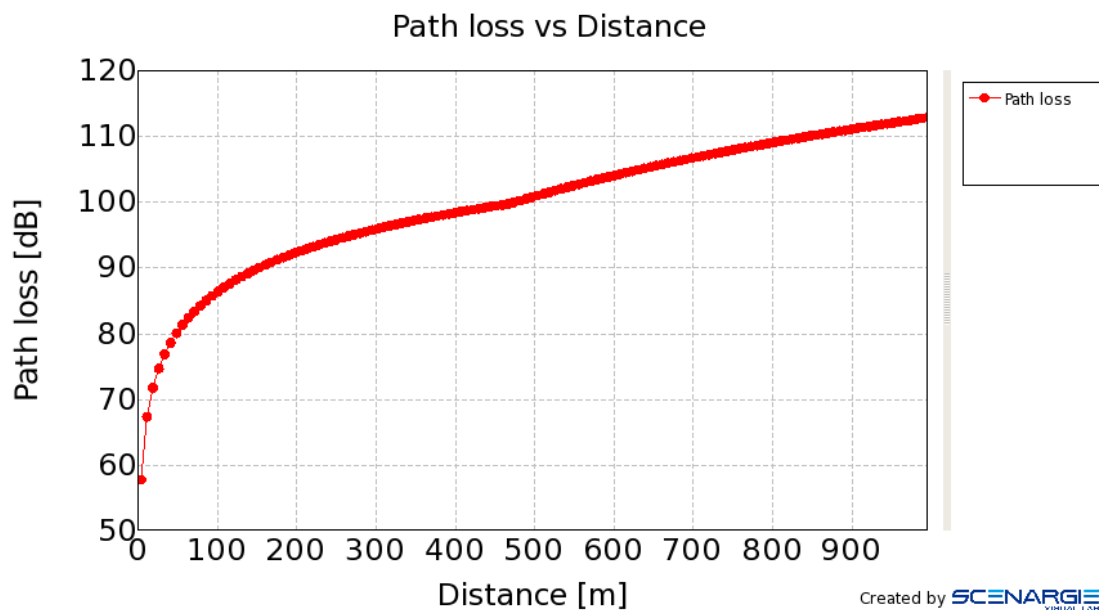
算出式

伝搬損失値: $L = \text{Max}(L_{free}, 40 \times \text{Log10}(d) - 20 \times (\text{Log10}(h_t) + \text{Log10}(h_r)))$

送受信アンテナの水平面距離: d [m]

送信アンテナ高: ht [m]

受信アンテナ高: hr [m]



$f = 5000$ [MHz]

$ht=1.5$ [m]

$Hr=1.5$ [m]

6.3. OkumuraHata

奥村秦モデルの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	150 - 1500 MHz
送信機アンテナ高	30 – 200 m
受信機アンテナ高	1 – 10 m
アンテナ位置	特になし
送受信機距離	1 – 20 km
シナリオ環境	基地局 - モバイル端末間での通信

算出式

伝搬損失値: $L = 69.55 + (26.16 \times \text{Log10}(f)) + (13.82 \times \text{Log10}(h_b)) - C_{hm} + ((44.9 - (6.55 \times \text{Log10}(h_b)) \times \text{Log10}(d) + c$

送受信アンテナ水平面距離: d [km]

周波数: f [MHz]

基地局アンテナ高: hb [m]

Mobile アンテナ高: hm [m]

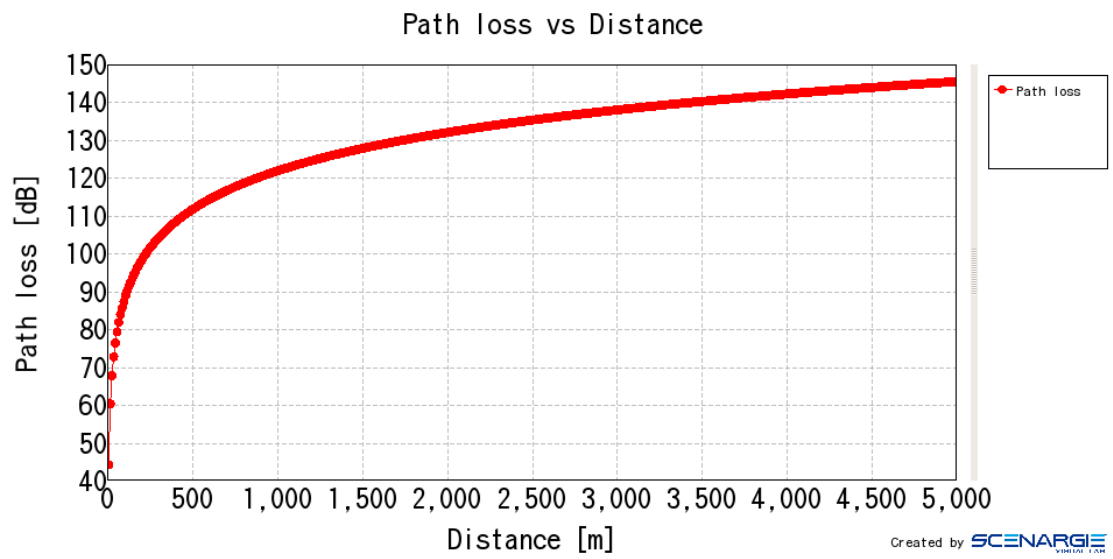
$$C_{hm} = \begin{cases} 8.29 \times (\text{Log10}(1.54 \times h_m)) \times (\text{Log10}(1.54 \times h_m)) - 1.1 \\ 3.2 \times (\text{Log10}(11.75 \times h_m)) \times (\text{Log10}(11.75 \times h_m)) - 4.97 \\ 0.8 + ((1.1 \times \text{Log10}(f) - 0.7) \times h_m) - (1.56 \times \text{Log10}(f)) \end{cases}$$

UrbanLargeCity(f ≤ 300)

UrbanLargeCity(f > 300)

others

$$c = \begin{cases} -2.0 \times \text{Log10}(f / 28.0) \times \text{Log10}(f / 28.0) - 5.4 & \textit{Suburban} \\ (-4.78 \times \text{Log10}(f) \times \text{Log10}(f)) + (18.33 \times \text{Log10}(f)) - 40.94 & \textit{Rural} \\ 0 & \textit{others} \end{cases}$$



f = 800 [MHz]

エリア: _Urban Large City

Hb=50 [m]

Hm=1.5[m]

6.4. COST231Hata

COST231 HaTa モデルの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	1500 - 2000 MHz
送信機アンテナ高	30 – 200 m
受信機アンテナ高	1 – 10 m
アンテナ位置	特になし
送受信機距離	1 – 20 km
シナリオ環境	基地局 - モバイル端末間での通信

算出式

伝搬損失値:
$$L = ((44.9 - (6.55 \times \text{Log10}(h_b)) \times \text{Log10}(d) + 45.5 + ((35.46 - (1.1 \times h_m)) \times \text{Log10}(f) - (13.82 \times \text{Log10}(h_b)) + (0.7 \times h_m)) + c$$

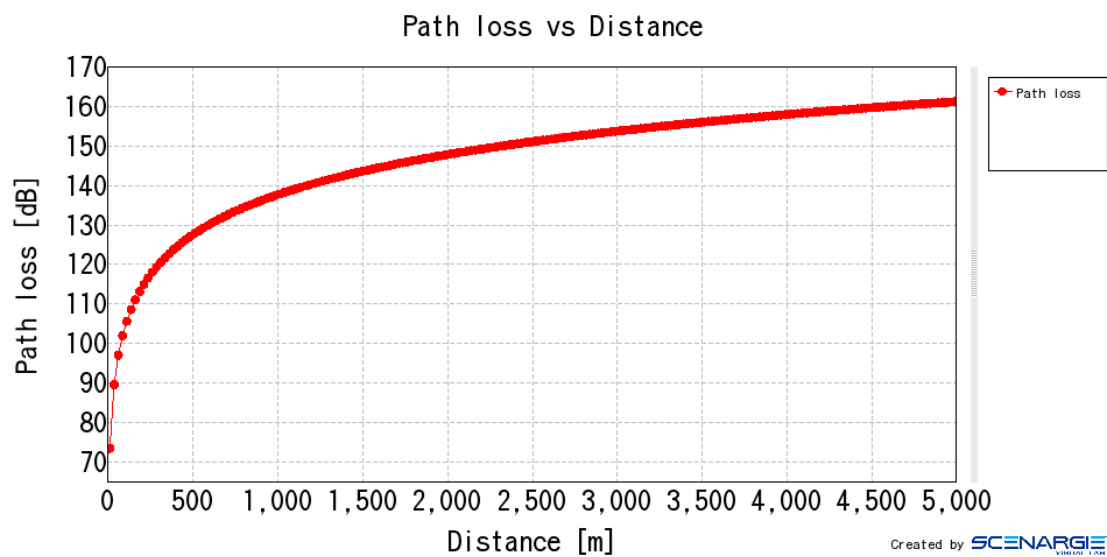
送受信アンテナ水平面距離: d [km]

周波数: f [MHz]

基地局アンテナ高: hb [m]

Mobile アンテナ高: hm [m]

$$c = \begin{cases} 0.0 & \text{Suburban} \\ 3.0 & \text{Metropolitan} \end{cases}$$



$f = 2000$ [MHz]

エリア: _Metropolitan

$H_b = 50$ [m]

$H_m = 1.5$ [m]

6.5. COST231Indoor

COST231 Indoor モデルの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	特になし
送信機アンテナ高	
受信機アンテナ高	
アンテナ位置	
送受信機距離	
シナリオ環境	屋内通信

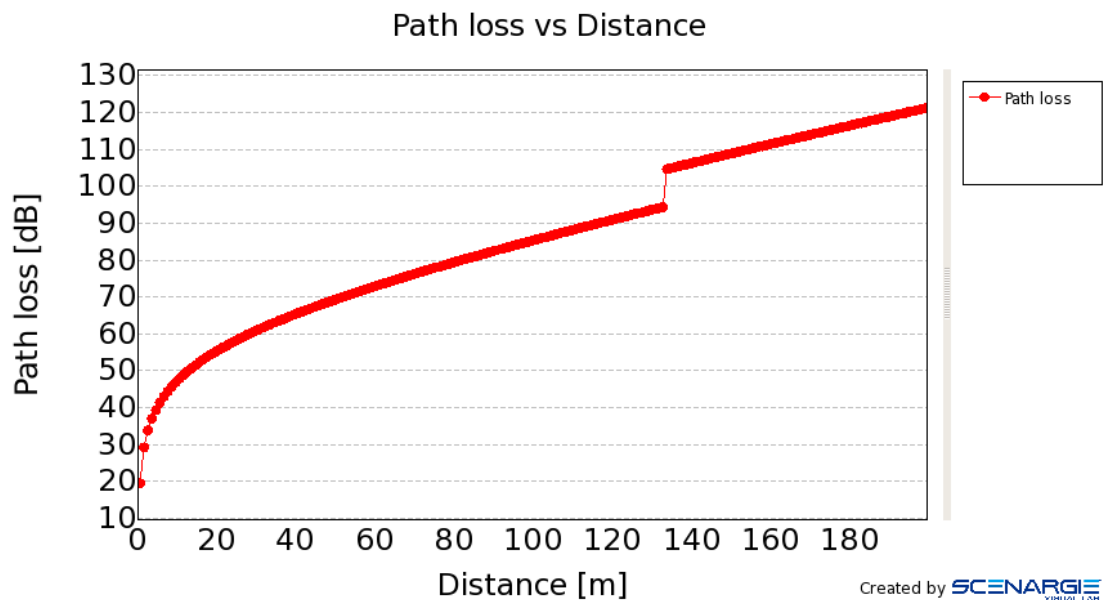
算出式

$$\text{伝搬損失値: } L = L_{free} + (0.2 \times (d - b_p)) + L_w$$

遮蔽物(壁)による減衰: L_w [dB]

送受信アンテナ距離: d [m]

ブレイクポイント: bp [m]



$f = 5000$ [MHz]

$bp: 65$ [m]

$L_w: 10$ [dB] (距離 130m 地点に壁一枚)

6.6. WallCount

ベースの伝搬損失に伝搬路の壁による減衰分を足したの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	ベースで利用する伝搬損失モデルによる
送信機アンテナ高	
受信機アンテナ高	
アンテナ位置	
送受信機距離	
シナリオ環境	

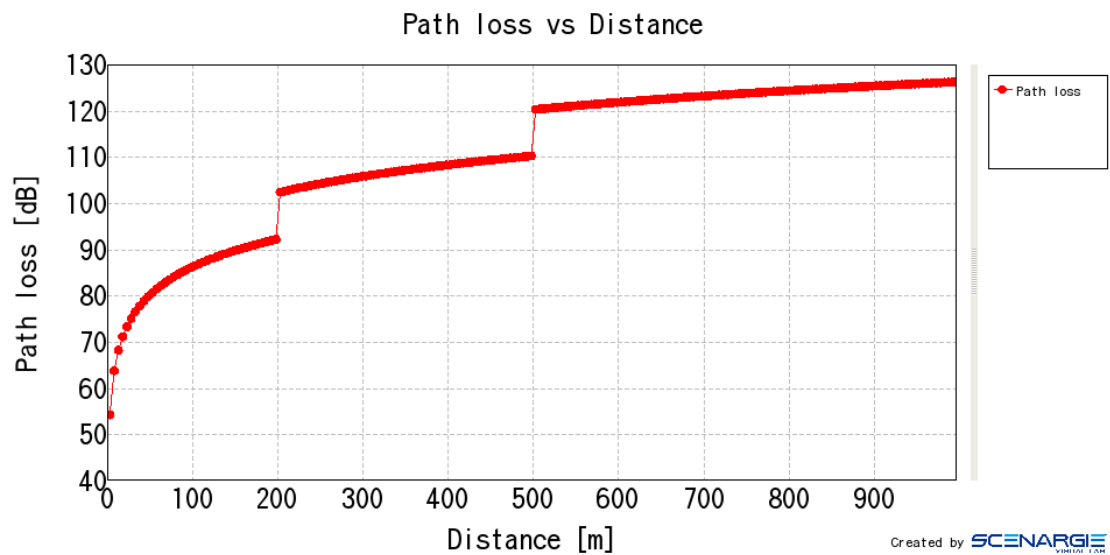
算出式

$$\text{伝搬損失値: } L = L_{base} + n \times L_w$$

ベースの伝搬損失値: Lbase [dB]

遮蔽物(壁)による減衰: Lw [dB]

伝搬路中の壁の枚数: n



f = 5000 [MHz]

Lw: 10 [dB] (距離 200m、500m 地点に壁一枚)

6.7. ITU-R P.1411

ITU-R P.1411 モデルの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	800 MHz - 16GHz
送信機アンテナ高	建物高より十分に低い高さ
受信機アンテナ高	
アンテナ位置	道路上 ※道路上に存在しないアンテナ間で計算が行われた場合、無効な(非常に大きな)損失値を返す
送受信機距離	特になし
シナリオ環境	車車、路車間通信

算出式

見通し内伝搬損失値:

$$L_{LoS} = L_{bp} + 6 + \begin{cases} 20 \times \log_{10}\left(\frac{d}{R_{bp}}\right) & d \leq R_{bp} \\ 40 \times \log_{10}\left(\frac{d}{R_{bp}}\right) & d > R_{bp} \end{cases}$$

$$R_{bp} = \frac{4 \times h_b \times h_m}{\lambda}$$

$$L_{bp} = \left| 20 \times \log_{10}\left(\frac{\lambda^2}{8 \times \pi \times h_b \times h_m}\right) \right|$$

送信アンテナ高: h_b [m]

受信アンテナ高: h_m [m]

送受信アンテナの水平面距離: d [m]

波長: λ [m]

見通し外伝搬損失値(Propagation within street canyons) 800-2000MHz:

$$L_{NLoS2} = -10 \times \log_{10}(10^{-L_r/10} + 10^{-L_d/10})$$

$$L_r = 20 \times \log_{10}(x_1 + x_2) + x_1 \times x_2 \times \frac{f(\alpha)}{w_1 w_2} + 20 \times \log_{10}\left(\frac{4 \times \pi}{\lambda}\right)$$

$$f(\alpha) = \frac{3.86}{\alpha^{3.5}}$$

$$L_d = 10 \times \text{Log10}[x_1 \times x_2 \times (x_1 + x_2)] + 2 \times D_a - 0.1 \times (90 - \alpha \times \frac{180}{\pi}) + 20 \times \text{Log10}(\frac{4 \times \pi}{\lambda})$$

$$D_a = (\frac{40}{2 \times \pi}) \left[a \tan(\frac{x_2}{w_2}) + a \tan(\frac{x_1}{w_1}) - \frac{\pi}{2} \right]$$

基地局(送信端末)道路幅: w_1 [m]

移動体(受信端末)道路幅: w_2 [m]

基地局から交差点までの、道路の中心線に沿った距離: x_1 [m]

移動体から交差点までの、道路の中心線に沿った距離: x_2 [m]

基地局道路と移動体道路の角度: α [rad]

見通し外伝搬損失値(Propagation within street canyons) 2-16GHz:

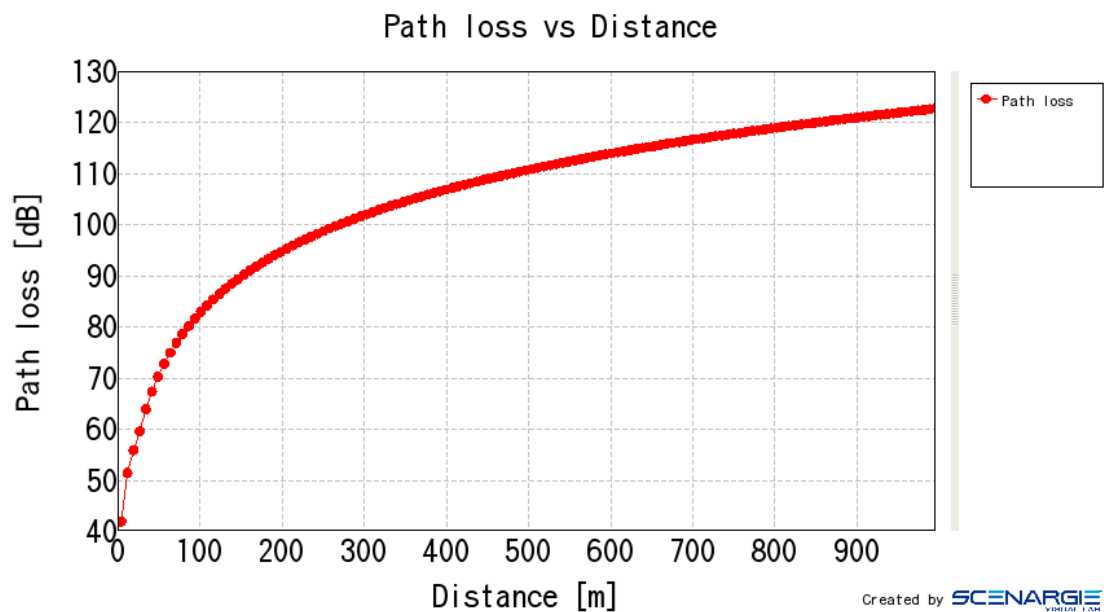
$$L_{NLoS2} = L_{Los} + L_c + L_{att}$$

$$L_c = \begin{cases} \frac{L_{corner}}{\text{Log10}(1 + d_{corner})} \times \text{Log10}(x_2 - \frac{w_1}{2}) & \frac{w_1}{2} + 1 < x_2 \leq \frac{w_1}{2} + 1 + d_{corner} \\ L_{corner} & x_2 > \frac{w_1}{2} + 1 + d_{corner} \end{cases}$$

$$L_{att} = \begin{cases} 10 \times \beta \times \text{Log10}(\frac{x_1 + x_2}{x_1 + w_1/2 + d_{corner}}) & x_2 > \frac{w_1}{2} + 1 + d_{corner} \\ 0 & x_2 \leq \frac{w_1}{2} + 1 + d_{corner} \end{cases}$$

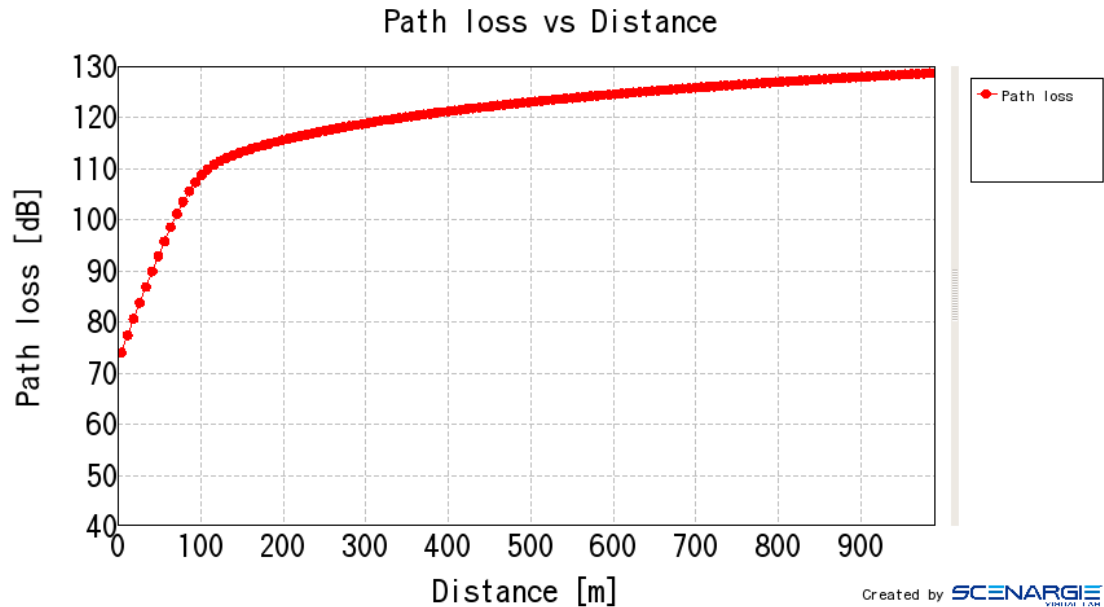
$$\beta = 6$$

見通し内伝搬損失



$f=800$ [MHz]

見通し外伝搬損失



$f=800$ [MHz]

$x_1=100$ [m]

Distance= x_2 [m]

ITU-R P.1411 モデルの利用に関して

- 伝搬損失値の非対称性

ITU-R P.1411 モデルでは見通し外伝搬損失計算において、送信点からの受信点までの伝搬損失値と、受信点から送信点までの伝搬損失値が一致せず、非対称となる。伝搬損失値を対称とする場合、NLoS2 Loss Direction により設定が可能である。

NLoS2 Loss Direction の設定

Bidirectional: Tx から Rx への伝搬損失値を利用

BidirectionalLargeLos: Tx から Rx、Rx から Tx の伝搬損失値のうち値の大きい方を利用

BidirectionalSmallLoss: Tx から Rx、Rx から Tx の伝搬損失値のうち値の小さい方を利用

SmallNodeIdToLargeNodeIdLoss: ノード ID の小さい方から大きい方への伝搬損失値を利用

LargeNodeIdToSmallNodeIdLoss: ノード ID の大きい方から小さい方への伝搬損失値を利用

- 交差点付近での NLoS 値

見通し外伝搬損失計式の特性上、交差点付近での NLoS 値が LoS 値よりも小さくなる場合がある。そのような場合、Use Larger Loss Value at LoS and NLoS2 Bound を true とすることで、NLoS 式と LoS 式で値の大きい方が適用される。

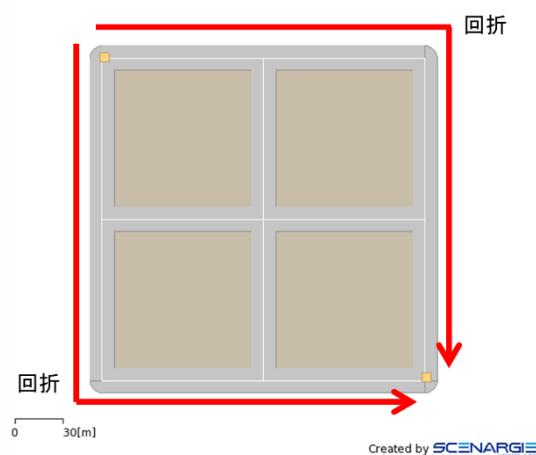
- 回折数

通常、ITU-R P.1411 モデルでは考慮している回折数は 1 回であるが、建物の裏側への回り込みの回折も考慮する場合、回折数 2 を指定可能である。回折数を増加させた場合には、NLoS 式中の $\times 2$ に、2 回回折の交差点を経由して到達する距離とする。

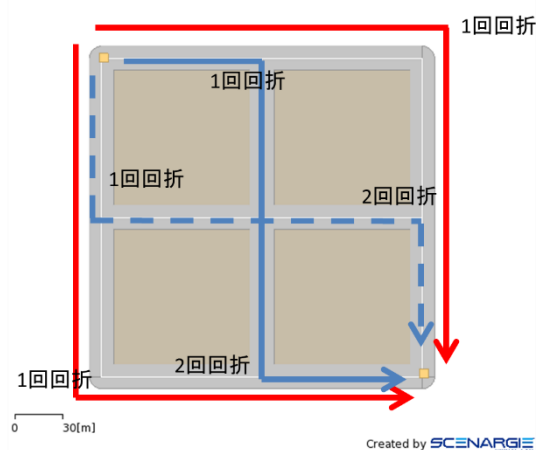
- 複数の NLoS 経路が存在する場合の伝搬損失値

回折により、複数の NLoS 経路が存在する場合、全ての伝搬経路のうち最も伝搬損失の小さい経路の値を利用する。

回折数 1 の場合



回折数 2 の場合



- NLoS の判定方法

見通し内外の判定は、建物の有無によらず、道路の接続関係により実施している。LoS Angle Threshold 以内で接続している道路上同士での計算は LoS 式、Threshold 以上の角度で接続している道路は NLoS として判定する。

建物や壁の存在による NLoS 判定を適用する場合、Enable Building based LoS Calculation を true に設定する。

LoS Angle Threshold:

[Tool]-[Object Properties] > Channel: Propagation Model: LoS Angle Threshold

Enable Building based LoS Calculation:

[Tool]-[Object Properties] > Channel: Propagation Model: Enable Building based LoS Calculation: true

- 800-2000MHz 帯の NLoS 式の利用

伝搬損失計算に適用される式は、利用している周波数帯により自動で切り替わる仕組みとなっているが、NLoS2 Use Policy に AlwaysUse800To2000MHzCalculation を指定することで、周波数帯によらず 800-2000MHz 帯の式を利用する設定も可能である。

“.config”ファイルからの設定方法

伝搬モデルのパラメータに「ITU-R_P.1411」を設定する。

```
propagation-model = ITU-R_P.1411
```

これによりプリフィックス「p1411-」の付いたパラメータが有効となり、伝搬モデルに「ITU-R P.1411」を適用したシミュレーション実行が可能となる。[8]

Visual Lab からの設定方法

- 1) 電波伝搬モデルの指定

[Tools]-[Object Properties] Channel: Propagation Model に「ITU-R_P.1411」を指定する。

これにより「ITU-R P.1411」に関連するパラメータの設定が可能となり、伝搬モデルに「ITU-R P.1411」を適用した「RF Propagation Analyzer」による解析およびシミュレーション実行が可能となる。

- 2) シナリオ制限事項

- 一つ以上の道路が必要
- 送信点と受信点は道路上に存在すること。但し、送信点と受信点が接続されていない道路上に存在している場合は、無効な損失値(1000dBm)となる。
- 送受信アンテナ間の xy 平面上での距離が 0 の場合は、伝搬損失値を 0 とする(ITU-R P.1411 では未定義)。

周波数や建物の高さ、アンテナの高さにより伝搬特性が変化するため、シナリオの設定には注意が必要である。

- UHF(300MHz-3GHz)で TxRx 高が p1411-well-below-rooftop-height-meters 以下の場合
- LoS の場合
- NLoS で、Tx-Rx 間の建物の最大高よりも、Tx の高さが高い場合
- NLoS1 で urban の場合
- NLoS1 で suburban の場合
- NLoS で、Tx-Rx 間の建物の最大高よりも、Tx の高さが低い場合
- NLoS2 で周波数が 2GHz 以下の場合
- NLoS2 で周波数が 2GHz-16GHz の場合
- NLoS2 で周波数が 16GHz 以下の場合

詳細は、「RECOMMENDATION ITU-R P.1411」を参照[8]

6.8. ITU-UMi

ITU Urban Micro Cell(Hexagonal cell layout)モデルの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	2GHz - 6GHz
送信機アンテナ高	10 m
受信機アンテナ高	1 – 2.5m
アンテナ位置	基地局は六角格子セルの中心に配置
送受信機距離	10 -2000m
シナリオ環境	基地局 - モバイル端末間での通信

算出式

伝搬損失値

$$PL = PL_s(\sigma) + \begin{cases} PL_{LoS} & \text{見通し内} \\ PL_{NLoS} & \text{見通し外} \end{cases}$$

Shadowing 損失: PLs (正規分布 見通し内 $\sigma=3.0$ 、見通し外 $\sigma=4.0$)

見通し内外判定

$$P_{LoS} = \min(18/d, 1) \times (1 - \exp(-d/36)) + \exp(-d/36)$$

見通し内伝搬損失値:

$$PL_{LoS} = \begin{cases} 22.0 \times \log_{10}(d) + 28.0 + 20 \times \log_{10}(f_c) & 10 < d < d_{BP} \\ 40 \times \log_{10}(d) + 7.8 - 18 \times \log_{10}(h'_b) - 18 \times \log_{10}(h'_m) + 2 \times \log_{10}(f_c) & d > d_{BP} \end{cases}$$

$$d_{BP} = \frac{4 \times h'_b \times h'_m \times f}{c}$$

$$h'_b = h_b - 1.0$$

$$h'_m = h_m - 1.0$$

送信アンテナ高: h_b [m]

受信アンテナ高: h_m [m]

送受信アンテナの直線距離: d [m]

周波数: f_c [GHz]

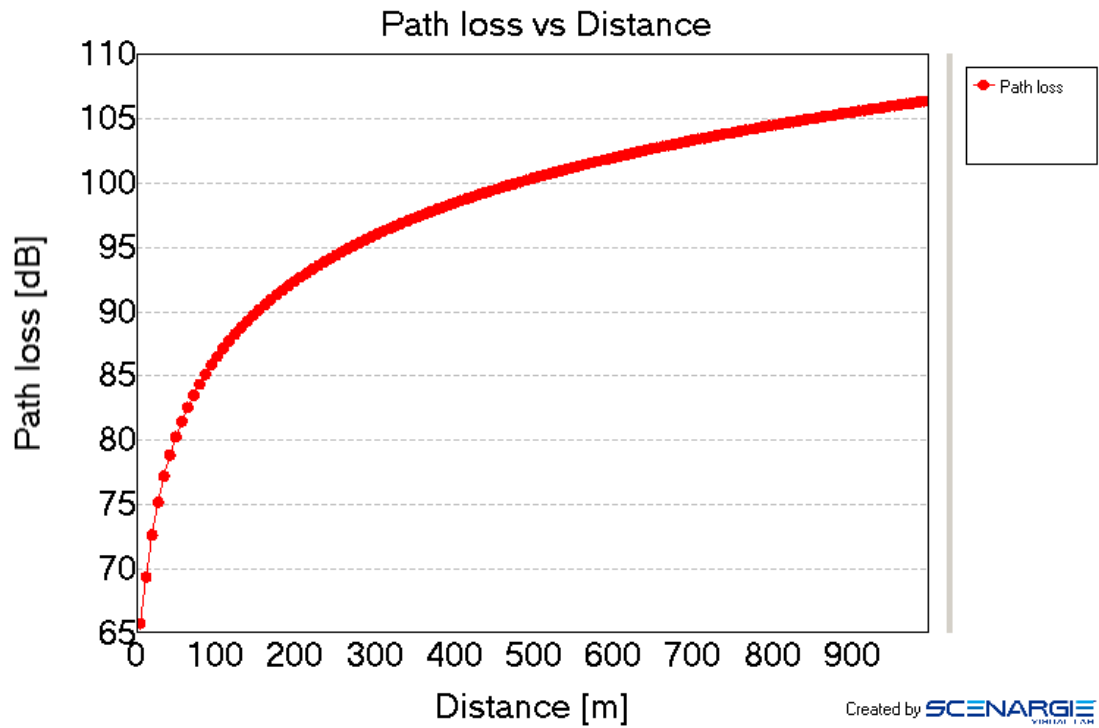
周波数: f [MHz]

光速: c [m/s]

見通し外伝搬損失値:

$$PL_{NLoS} = 36.7 \times \text{Log}10(d) + 22.7 + 26.0 \times \text{Log}10(f_c)$$

見通し内伝搬損失



f=2400 [MHz]

hb=10[m]

hm=1.5[m]

PLs= 0[dB]

見通し外伝搬損失



f=2400 [MHz]

hb=10[m]

hm=1.5[m]

PLs= 0[dB]

6.9. Taga

多賀モデルの伝搬損失値を与える。

モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	0.4 – 6 GHz ※範囲外の距離の場合、無効な損失値を返す
送信機アンテナ高	0.5 – 3.5 m
受信機アンテナ高	※範囲外の距離の場合、無効な損失値を返す
アンテナ位置	道路上 ※道路上に存在しないアンテナ間で計算が行われた場合、無効な(非常に大きな)損失値を返す
送受信機距離	送信機から交差点までの距離: 10 – 300 交差点から受信機までの距離: 0 – 300m ※範囲外の距離の場合、無効な損失値を返す
道路幅	8 – 60 m ※範囲外の距離の場合、無効な損失値を返す
シナリオ環境	車車、路車間通信

算出式

見通し内伝搬損失値:

$$L_{LoS} = \left[10.4 + 1.3 \times \log_{10} \left(\frac{h_t \times h_r}{\lambda} \right) \right] \times \log_{10}(d) + 24.6 \times \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_b} \right) + 19.4 \times \log_{10}(f) + 3.9 \times \log_{10}(W_s) + 33.0$$

$$d_b = k_b \frac{h_t \times h_r}{\lambda}$$

$$k_b = 8$$

道路幅: W_s

送信アンテナ高: h_t

受信アンテナ高: h_r

周波数: f [GHz]

送受信アンテナの水平面距離: d [m]

見通し外伝搬損失値:

$$L = \begin{cases} L_{LoS} & d \leq d_{EL} \\ \min(L_{NLoS1}, L_{NLoS2}) & d > d_{EL} \end{cases}$$

$$L_{NLoS1} = [(3.2 - 0.033 \times W_1 - 0.022 \times W_2) \times d_1 + 39.4] \times [\log_{10}(d) - \log_{10}(d_{EL})] + L_{LoS}(d_{EL})$$

$$L_{NLoS2} = [-6.7 + 11.2 \times \log_{10}(\frac{h_t \times h_r}{\lambda})] \times \log_{10}(d) +$$

$$[25.9 + 10.1 \times \log_{10}(\frac{d_1}{\lambda})] \times \log_{10}(1 + \frac{d}{d_b}) + 19.8 \times \log_{10}(f) - 3.8 \times \log_{10}(W_1 \times W_2) + 57.7$$

$$d = d_1 + d_2 + d_{W1} + d_{W2}$$

$$d_{EL} = \sqrt{(d_1 + d_{W2})^2 + (d_{W1} + \frac{d_{W1} \times d_{W2}}{d_1})^2}$$

$$d_b = 4 \times \frac{h_t \times h_r}{\lambda}$$

道路幅: W_s

送信アンテナ高: h_t

受信アンテナ高: h_r

周波数: f [GHz]

送受信アンテナの水平面距離: d [m]

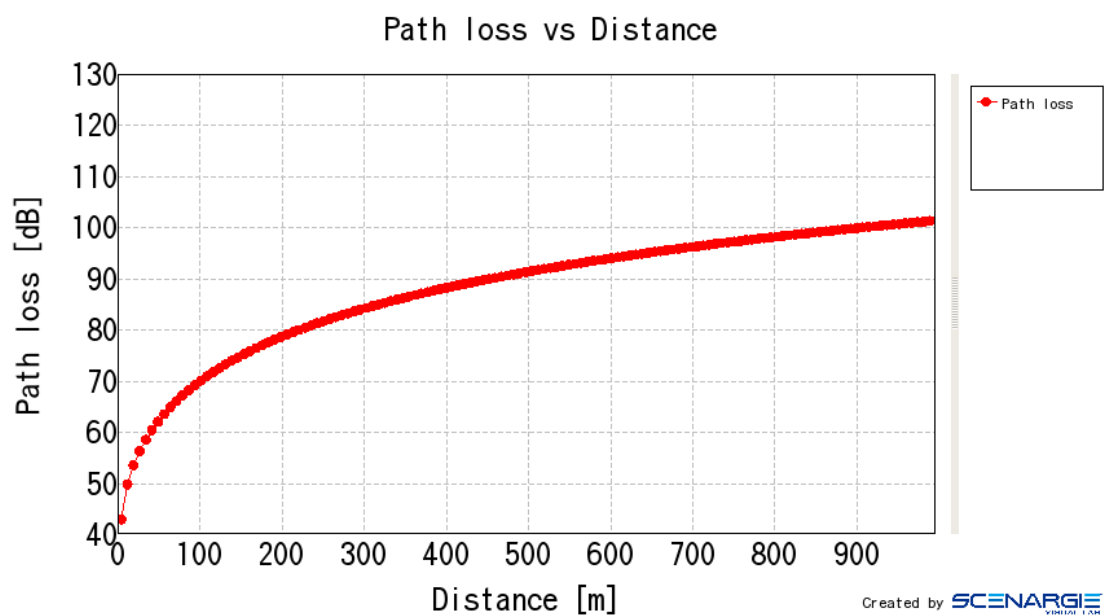
送信端末から道路縁までの距離(送信点が中央線上にいと仮定し、道路幅/2 で算出): d_{W1} [m]

受信端末から道路縁までの距離(送信点が中央線上にいと仮定し、道路幅/2 で算出): d_{W2} [m]

送信端末から交差点までの、道路の中心線に沿った距離: x_1 [m]

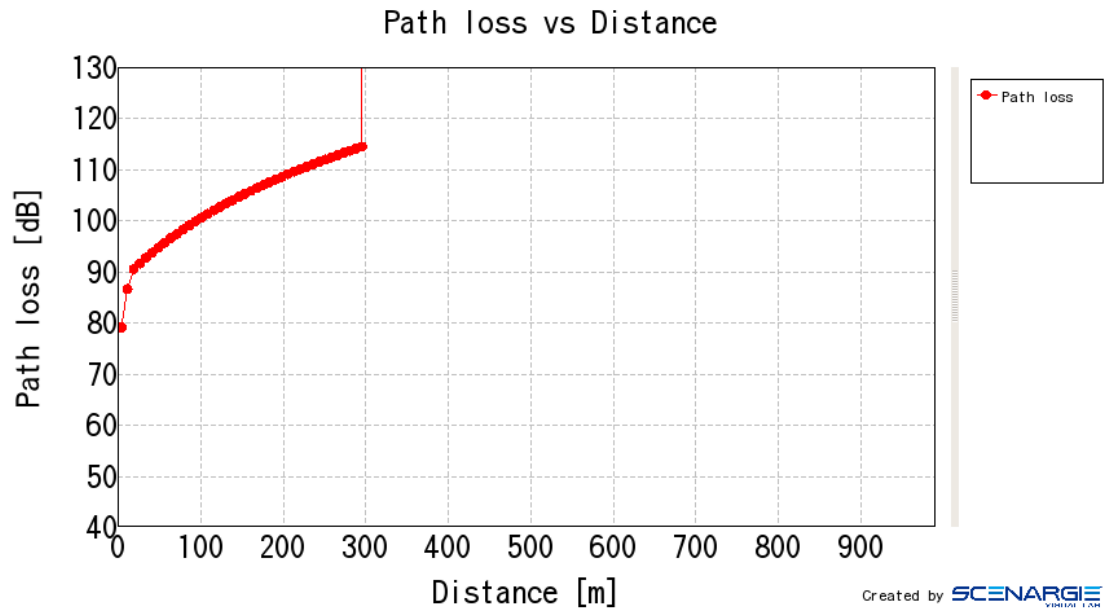
受信端末から交差点までの、道路の中心線に沿った距離: x_2 [m]

見通し内伝搬損失



f=0.8 [GHz]

見通し外伝搬損失



f=0.8 [GHz]

x1=100 [m]

Distance=x2 [m]

多賀モデルモデルの利用に関して

- NLoS の判定方法

ITU-R P.1411 同様、見通し内外の判定は、建物の有無によらず、LoS Angle Thresholdによる道路の接続関係により実施している。建物や壁の存在による NLoS 判定を適用する場合、Enable Building based LoS Calculation を true に設定する。

LoS Angle Threshold:

[Tool]-[Object Properties] > Channel: Propagation Model: LoS Angle Threshold

Enable Building based LoS Calculation :

[Tool]-[Object Properties] > Channel: Propagation Model: Enable Building based LoS Calculation: true

- 複数の NLoS 経路が存在する場合の伝搬損失値
回折により、複数の NLoS 経路が存在する場合、ITU-R P.1411 同様に全ての伝搬経路のうち最も伝搬損失の小さい経路の値を利用する。

“.config”ファイルからの設定方法

伝搬モデルのパラメータに「Taga」を設定する。

```
propagation-model = Taga
```

これによりプリフィックス「proptaga-」の付いたパラメータが有効となり、伝搬モデルに「多賀モデル」を適用したシミュレーション実行が可能となる。[9], [10]

Visual Lab からの設定方法

1) 電波伝搬モデルの指定

[Tools]-[Object Properties] Channel: Propagation Model に「Taga」を指定する。

これにより「多賀モデル」に関連するパラメータの設定が可能となり、伝搬モデルに「多賀モデル」を適用した「RF Propagation Analyzer」による解析およびシミュレーション実行が可能となる。

2) 制限事項

- 一つ以上の道路が必要
- 送受信アンテナ間の xy 平面上での距離が 0 の場合は、損失値を 0 としている(多賀モデルでは未定義)。

6.10. ITM (Irregular Terrain Model)

地形の標高に沿って ITM [19]の伝搬損失値を与える。

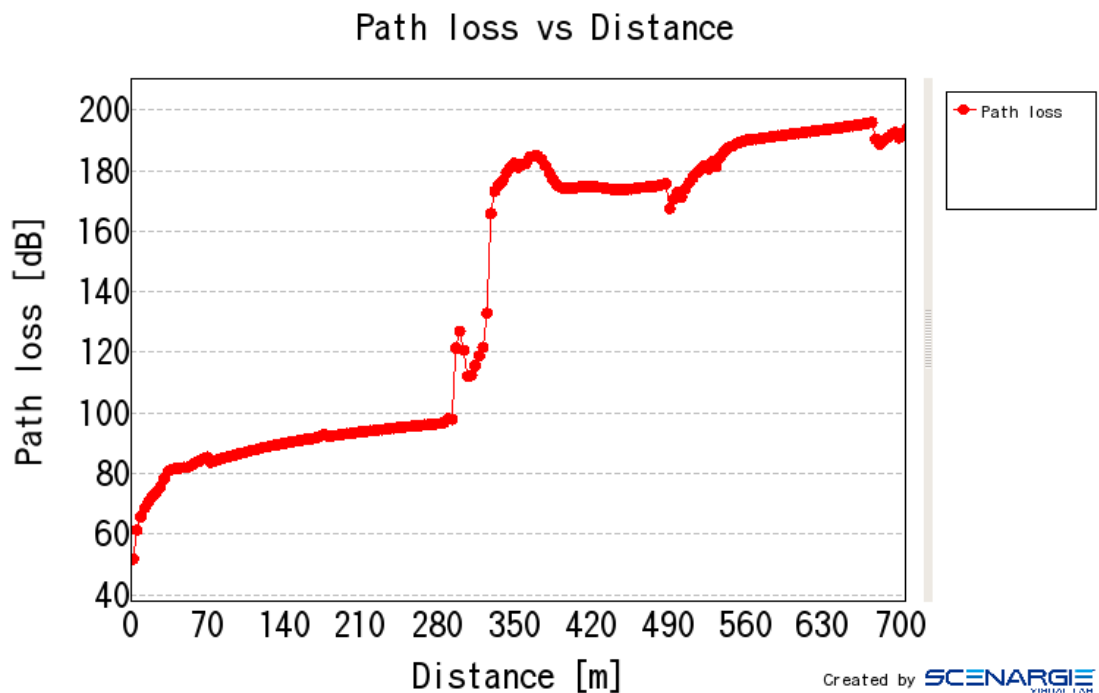
モデル制限条件

プロパティ	利用が望ましい条件
周波数	20 MHz – 20 GHz
送信機アンテナ高	特になし
受信機アンテナ高	
アンテナ位置	標高メッシュ上 ※標高メッシュ上に存在しないアンテナは、海拔 0m に位置するものとして計算を行う。
送受信機距離	特になし
シナリオ環境	標高メッシュを利用したシナリオ

算出式

式は itm のモデルに従う。

標高に沿った伝搬損失例



ITM の利用方法

ITM 電波伝搬モデルは、標高データとともに使用する。

ここでは、国土地理院により公開されている「基盤地図情報数値標高モデル」を使用する例を説明する。(2014 年 3 月現在)

1) 概要

国土地理院により公開されている「基盤地図情報標高モデル」(以後、標高データ)を XML 形式から shape 形式に変換して Scenargie Visual Lab に読み込む。shape 形式への変換は国土地理院により公開されている「基盤地図情報閲覧コンバートソフト」(以後、FGDV)を使用する。

2) FGDV の入手

<http://fgd.gsi.go.jp/download/> の「基盤地図情報閲覧コンバートソフト (8.2MB zip ファイル)」をクリックする。

FDGV.zip を解凍して得られる、FGDV.pdf(基盤地図情報ビューアー・コンバーター(改訂版)操作説明書)に従ってインストールをする。

3) 標高データの入手

標高データを含む、基盤地図情報のダウンロードには利用者登録が必要となる。

<http://fgd.gsi.go.jp/download/> の「ログイン画面はこちら」をクリックし、基盤地図情報ダウンロードサービス画面へ進む。

「基盤地図情報標高モデル」の「JPGIS 形式」ボタンをクリックする。

「地図から選択」「リストから選択」のいずれかの方法により、標高データをダウンロードする。

4) shape 形式への変換

FDGV を起動する。

zip ファイルを FGDV にドラッグアンドドロップする。

対象エリアを設定する。

全データを対象とする場合：特に設定の必要はない。

表示データを対象とする場合：拡大・縮小等により表示データを調整する。

指定エリアを対象とする場合：エクスポート > 矩形領域設定 でエリアを指定する。

エクスポート > 標高メッシュをシェープファイルへ出力 を選択する。

「標高メッシュデータのシェープファイルデータへの変換」ダイアログの設定

「直行座標系に変換して出力」のチェックを外す。(直行座標系への変換は、Scenargie に読み込み時に行う)

出力方法の選択

全データを対象とする場合：「全データを出力」をチェックする。

表示データを対象とする場合：「(おおむね)現在表示されている要素のみを出力」をチェックする。

指定エリアを対象とする場合：「設定された領域内の要素のみを出力」をチェックする。

出力ファイルを指定して「OK」をクリックする。

5) Scenargie での利用

Scenargie Visual Lab を起動する。

シナリオを新規作成する。

[File] -[New]

shape ファイルを読み込む。

[File]-[Import] > Shape Files[.shp]...

Read Type: Ground を選択して、OK をクリックする。

通信オブジェクトを配置する。

対応する Channel の Propagation Model で ITM を選択する。

WallCount、Two Tier、Trace との併用も可能。

注意) 国土地理院の標高データの座標系は JGD2000 のため、他の地図との併用の際、座標系を統一する必要がある。

6.11. TwoTier

特定の端末間で、他とは異なる伝搬モデルを適用する場合に利用可能である。ベースの伝搬モデルと、他の伝搬モデルを利用する端末ペアを指定する。

6.12. Trace

シミュレーションの実行により出力した伝搬損失値のトレース情報をファイル入力により読み込み利用する。

6.13. 標高の考慮

伝搬計算における標高の考慮の有無は次の通り。

伝搬モデル	標高の考慮
FreeSpace	考慮しない
TwoRayGround	考慮しない
OkumuraHata	考慮しない
COST231Hata	考慮しない
COST231Indoor	考慮しない
WallCount	考慮する
ITU-R_P.1411	考慮しない
Taga	考慮しない
ITM	考慮する

7. GIS 情報

7.1. シェープファイル

GIS 情報として入力可能なシェープファイルの種別を示す。

ファイル種別	内容	シェープタイプ
道路ファイル(road.shp)	道路情報	ARC または ARCZ
交差点ファイル(intersection.shp)	交差点情報	POINT または POINTZ
信号ファイル(trafficlight.shp)	信号情報	POINT または POINTZ
バス停ファイル(busstop.shp)	バス停情報	POINT または POINTZ
建物ファイル(building.shp)	建物情報	POLYGON または POLYGONZ
公園ファイル(park.shp)	公園情報	POLYGON または POLYGONZ
線路ファイル(rail.shp)	線路情報	ARC または ARCZ
駅ファイル(station.shp)	駅情報	POLYGON または POLYGONZ
入り口ファイル(entrance.shp)	入り口情報	POINT または POINTZ
エリアファイル(area.shp)	エリア情報	POLYGON または POLYGONZ
POI ファイル(poi.shp)	POI 情報	POINT または POINTZ

POINT: 点情報

ARC: 線情報

POLYGON: ポリゴン情報

POINTZ: 点情報(高さ情報を含む)

ARCZ: 線情報(高さ情報を含む)

POLYGONZ: ポリゴン情報(高さ情報を含む)

座標系

シミュレーションの入力に利用するシェープファイルは直交座標系の m 単位の点情報とする。点情報が緯度経度による座標指定の場合は、Visual Lab からファイルのインポートを行うことが可能である。

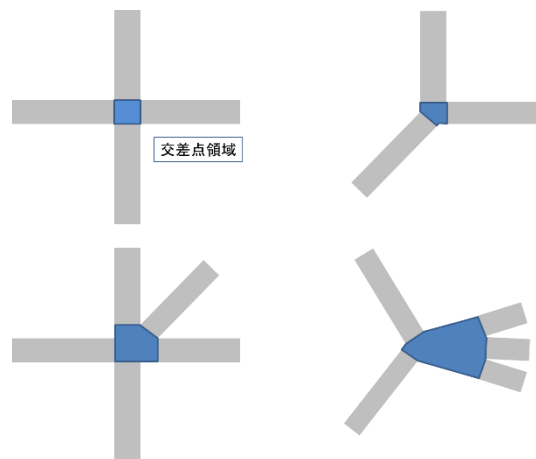
7.1.1. 道路ファイル

道路ファイルは「ARC」または「ARCZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル(road.dbf)により各道路に対して属性を指定可能である。ARCZ 形式で道路の頂点に高さ情報を含めた場合、頂点を結ぶ線上で線型的に高さを補完する。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	100000001 <= ID < 101000000
名前	name	文字列	任意の文字列
道路幅	width	実数	0 以上[m]
始点から終点向きの車線数	lane12	整数	0 以上
終点から始点向きの車線数	lane21	整数	0 以上
道路種別	type	文字列	歩行者 / 車両共用 : VehicleAndPedestrian 歩行者専用 : PedestrianOnly 車両専用 : VehicleOnly
道路面積あたりの歩行者のキャパシティ	capacity	整数	[人/m ²]

道路幅は、上り下り全ての車線を含めた道路幅である。ある道路内での車線幅は道路幅を車線数で割った値とし、すべて同一となる。

道路が頂点を介して交差する点、または端点同士で接続している点は、交差点として処理する。交差点のマージンを指定する場合、道路の縁同士が交わる点までを交差点領域とする。



7.1.2. 交差点ファイル

交差点ファイルは「POINT」または「POINTZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (intersection.dbf)により各交差点に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
----	--------	---	----

ID	id	整数	101000001 <= ID < 102000000
名前	name	文字列	任意の文字列

7.1.3.信号ファイル

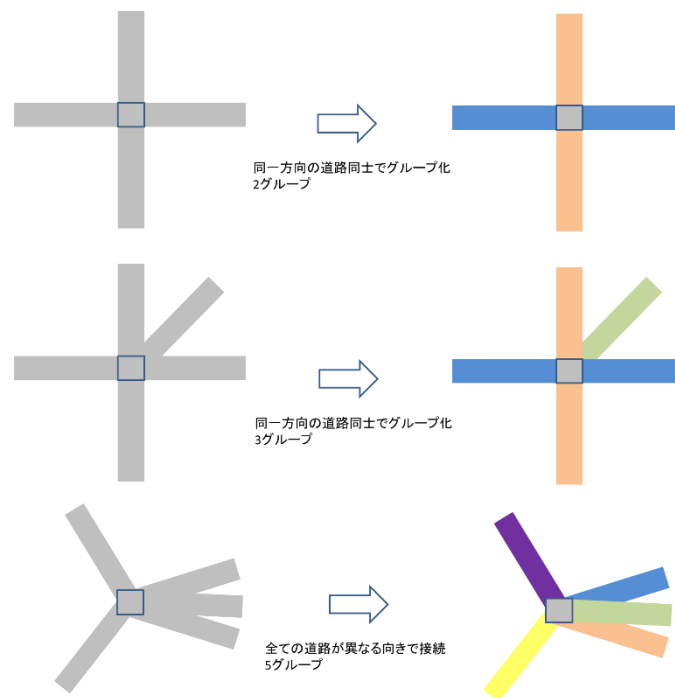
信号ファイルは「POINT」または「POINTZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (trafficlight.dbf)により各信号に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	105000001 <= ID < 105500000
名前	name	文字列	任意の文字列
サイクルのオフセット	signaloff	実数	0 以上[s]
青色時間	green	実数	0 以上[s]
黄色時間	yellow	実数	0 以上[s]
赤色時間	red	実数	0 以上[s]
制御パタン	pattern	文字列	信号パタン定義ファイルで定義済みの制御パタン名
道路 ID	roadid	整数	道路 ID(※交差点単位ではなく道路単位で信号を指定する場合)

青色時間->黄色時間->赤色時間の順に信号色が変化する。オフセットを設定した場合、オフセットの時刻から信号色の変化が始まる。例えば青色時間 30、黄色時間 10、赤色時間 40 でオフセット 30 とした場合、黄色時間から制御を開始する。制御パタンを指定した場合、オフセット、青時間、黄色時間、赤時間の設定は無視し、制御パタンに従った信号制御を行う。

信号の位置が交差点に対して設定してある場合、信号はその交差点に接続している道路をグループ化し、グループ単位で順番に信号の切り替えを行う。グループ化は交差点に接続している道路同士の傾きが、交差点を基点として 135 度から 225 度以内の道路同士を道路 ID の小さい順にグループ化する。グループの切り替わりは道路 ID の小さい道路を含んだグループから順に行う。一つのグループが青色・黄色の状態となっている場合他のグループは常に赤色となる。交差点に対して信号を設定した場合青色時間と黄色時間の合計が赤色時間以下でなければならない。

道路 ID が指定されている場合、その道路から最寄りの交差点に進入する車線に対してのみ有効な信号となる。



7.1.4. バス停ファイル

バス停ファイルは「POINT」または「POINTZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (busstop.dbf)により各バス停に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	105500001 <= ID < 106000000
名前	name	文字列	任意の文字列
バス停で待つことが可能な最大人数(キャパシティ)	capacity	整数	0 以上[人]

7.1.5. 建物ファイル

建物ファイルは「POLYGON」または「POLYGONZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (building.dbf)により各建物に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	102000001 <= ID < 102500000
名前	name	文字列	任意の文字列
建物の高さ	height	実数	0 以上[m]
最大収容人数(キャパシティ)	capacity	整数	0 以上[人]

建物の入り口は、入り口ファイルで建物内に設定された入り口に対して作成される。また、明示的な入り口指定が無い場合は、コンフィグレーションファイルの `gis-number-entrances-to-building` で指定された数分、建物の基準となる頂点から順番に頂点をたどり、壁の midpoint に対して入り口を作成する。入り口が道路と接続していない場合、入り口の点から最寄りの道路の点に対して接続を作成する。

7.1.6. 公園ファイル

公園ファイルは「POLYGON」または「POLYGONZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (park.dbf)により各公園に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	106500001 <= ID < 107000000
名前	name	文字列	任意の文字列
最大収容人数(キャパシティ)	capacity	整数	0 以上[人]

公園の入り口は、入り口ファイルで公園内に設定された入り口に対して作成される。。また、明示的な入り口指定が無い場合は、コンフィグレーションファイルの `gis-number-entrances-to-park` 指定された数分、公園の基準となる頂点から順番に頂点をたどり、辺の midpoint に対して入り口を作成する。入り口が道路と接続していない場合、入り口の点から最寄りの道路の点に対して接続を作成する。

7.1.7. 線路ファイル

線路ファイルは「ARC」または「ARCZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (rail.dbf)により各線路に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	103000001 <= ID < 104000000
名前	name	文字列	任意の文字列

7.1.8. 駅ファイル

駅ファイルは「POLYGON」または「POLYGONZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (station.dbf)により各駅に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	105000001 <= ID < 105500000
名前	name	文字列	任意の文字列
最大収容人数(キャパシティ)	capacity	整数	0 以上[人]

駅の入り口は、入り口ファイルで駅内に設定された入り口に対して作成される。。また、明示的な入り口指定が無い場合は、コンフィグレーションファイルの `gis-number-entrances-to-station` で指定された数分、駅の基準となる頂点から順番に頂点をたどり、辺の midpoint に対して入り口を作成する。

入り口が道路と接続していない場合、入り口の点から最寄りの道路の点に対して接続を作成する。

7.1.9. 入り口ファイル

入り口ファイルは「POINT」または「POINTZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (entrance.dbf)により各入り口に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	107000001 <= ID < 108000000
名前	name	文字列	任意の文字列
入り口を作成する GIS オブジェクト ID	objectid	整数	

入り口は「入り口を作成する GIS オブジェクト ID」で指定される GIS オブジェクトに作成される。対象の GIS オブジェクトには建物、公園、駅の ID を指定可能である。入り口が道路と接続していない場合、入り口の点から最寄りの道路の点に対して接続を作成する。

7.1.10. エリアファイル

エリアファイルは「POLYGON」または「POLYGONZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (area.dbf)により各エリアに対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	106000001 <= ID < 106500000
名前	name	文字列	任意の文字列

7.1.11. POI ファイル

POI ファイルは「POINT」または「POINTZ」形式のシェープファイルとする。DBF ファイル (poi.dbf)により各 POI に対して属性を指定可能である。

属性	フィールド名	値	補足
ID	id	整数	109000001 <= ID < 106500000
名前	name	文字列	任意の文字列
最大収容人数(キャパシティ)	capacity	整数	0 以上[人]

POI 情報	info	文字列	任意の文字列
--------	------	-----	--------

POI の名前に指定した文字列はエージェントの目的地として利用可能である。

POI の入り口は、POI に対して接続されている道路となる。POI に対して道路が一つも接続していない場合、最寄りの道路に対して入り口用の接続を作成する。建物、公園内の POI の場合には、POI はその建物(公園)の一部となり建物(公園)の入り口を経由して POI への移動が可能となる。

8. 参考文献

1. *IEEE 802.16m Evaluation Methodology Document (EMD)*, C802.16m-08/004r5, 2009.
10. Traffic Models
2. NIST, *Kernel AODV* [Online]. Available: http://www.antd.nist.gov/wctg/aodv_kernel/
3. NRL, *NRL OLSR* [Online]. Available: <http://cs.itd.nrl.navy.mil/work/olsr/index.php>
4. nuOLSRv2, <http://www2.net.ie.niigata-u.ac.jp/nuOLSRv2/> (August 31, 2012)
5. T. Rappaport, "Wireless Communications, Principles, and Practice", Second Edition, February 2009
6. A. Goldsmith, "Wireless Communications," *Cambridge University Press*, 2005.
- 2.6.2 Hata Model
- 2.6.3 COST231 Extension to Hata Model
7. M. Rahnema, "UMTS Network Planning, Optimization, and Inter-Operation with GSM," *John Wiley and Sons Ltd.*, December 2007.
- 3.4.2.8 Indoor Pathloss Modeling
8. RECOMMENDATION ITU-R P.1411-5, "Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz," 2009.
9. 伊藤義信, 多賀登喜雄, 村松潤哉, 鈴木徳祥: 車車間通信環境における見通し内伝搬損失推定, 電子情報通信学会 2007 年総合大会, B-1-2 (2007).
10. 伊藤義信, 多賀登喜雄: 車車間通信環境における見通し外伝搬損失推定, 電子情報通信学会 2008 年総合大会, B-1-61 (2008).
11. W.C. Jakes, "Microwave mobile communications," *John Wiley and Sons Ltd.*, 1974.
12. S.-Y. Ni, Y.-C. Tseng, Y.-S. Chen and J.-P. Sheu, "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network," *Proc. the 5th Annu. ACM/IEEE Int. Conf. on Mobile Computing and Networking*, Seattle, WA, 1999, pp. 151-162.
13. D. Leith, *Internet Draft "draft-leith-tcp-htcp-06"* [Online].
Available: <https://tools.ietf.org/html/draft-leith-tcp-htcp-06>
14. L. S. Brakmo and L. L. Peterson, "TCP Vegas: end to end congestion avoidance on a global internet," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol.13, no.8, pp.1465-1480, Oct. 1995.
15. L. Budzisz, R. Stanojevic, R. Shorten and F. Baker, "A strategy for fair coexistence of loss and delay-based congestion control algorithms," *IEEE Commun. Lett.*, vol.13, no.7, pp.555-557, 2009.
16. D. A. Hayes and G. Armitage, "Improved coexistence and loss tolerance for delay based TCP congestion control," *Proc. the 2010 IEEE 35th Conf. on Local Computer Networks*, Denver, CO, 2010, pp. 24-31.

17. D. A. Hayes and G. Armitage, "Revisiting TCP Congestion Control using Delay Gradients," *Proc. the 10th Int. IFIP TC6 Networking Conf. Part II*, Valencia, May 2011, pp. 328-341.
18. NLANR DAST, *Iperf* (2)[Online]. Available: <http://iperf.sourceforge.net/>
19. NTIA/ITS Institute for Telecommunication Sciences, U.S. Department of Commerce, *Irregular Terrain Model (ITM) (Longley-Rice) (20 MHz – 20 GHz)* [Online]. Available: <http://www.its.bldrdoc.gov/resources/radio-propagation-software/itm/itm.aspx>
20. J. Burgess, B. Gallagher, D. Jensen and B. N. Levine, "MaxProp: Routing for Vehicle-Based Disruption-Tolerant Networks," *Proc. the 25th IEEE Int. Conf. on Computer Communications*, Barcelona, Catalunya, April 2006, pp. 1-11.
21. Report ITU-R M.2135-1, Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced, December 2009.

