

ソリューション レポート

高密度のための設計

はじめに

スマートフォンおよびセルラー搭載のタブレットやラップトップの急増にともない、データトラフィックが爆発的に増大して、モバイルネットワークの対応が間に合わなくなりつつあります。通信業者は、最も費用効率の高い方法でネットワークキャパシティの課題を解決するために、さまざまなオプションを検討しています。最も脚光を浴びているのは、Wi-Fi とスモールセル技術から成る異種ネットワーク (HetNet) を利用する方法です。これら HetNet では、一般的に空港、会議場、鉄道駅、大都市圏の中心部、スタジアムなどにあるネットワークホットスポットのキャパシティを大幅に増大させることができます。このようなキャパシティの増加は、スペクトルを大幅に再利用することによって実現されます。ネットワークのその他すべての部分では、LTE で強化された通常のマクロセルラーインフラが活用されています。マクロセルラーネットワークの設計原理はよく知られていますが、高密度のための設計では何が異なるのでしょうか？スペクトルを高度に再利用するに、多数の小型無線機を互いに近接して設置する必要があります。この導入を成功させるには、さまざまな問題をクリアしなければなりません。このレポートでは「高密度のための設計」に関連する課題について見ていきます。

高密度に関連する課題

大部分のモバイルネットワークは、信号到達範囲を確保することを目的に構築されているため、ユーザーがほぼどこからでもワイヤレス信号を

高密度のための設計

拾えるようにする必要があります。この種の導入を適切に行うには、アンテナ付きの非常に強力なベースステーションを少数、地上の高い位置に設置することが最善です。こうしたベースステーションは、免許帯域（周波数が低いほど好ましい）内で信号を送信し、何十平方キロメートルもの範囲を容易にカバーします。キャパシティ重視で設計する場合、考え方を完全に改める必要があります。必要なキャパシティを確保するためには、小さめの無線機を多数、互いに近接して配置する方法が最適です。これらの無線機は地上に近い位置に取り付け、高めの周波数を使用する必要があります。また、Wi-Fiなどの低電力技術を用いて信号が遠くに拡散しないようにすることも最善です。複数のAPを近接して配置する場合、高度な干渉低減技術が搭載されたデバイスを使用する必要があります。ラッカスのキャリアグレードAPモデルは、このような厳しい環境における運用で優れた実績があります。ZoneFlex 7782-N アクセスポイントの投入によって、さらに状況が向上します。ZoneFlex 7782-N は 30° 狭ビームアンテナが統合された世界初の屋外APです。ネットワークキャパシティが最重要課題である場合に、なぜWi-Fiとラッカスが最適なソリューションなのかをさらに詳しく見ていきましょう。

すべては帯域から始まる

信号到達範囲重視で設計する場合、一般的には低周波を使用します。低周波は高周波よりも格段に信号到達距離が長いからです。また、低周波は建物を通して内部まで到達します。700 MHz 免許帯域は、信号到達範囲重視の場合には優れた選択肢です。キャパシティ重視で設計する場合は、高周波を免許不要の 5 GHz 帯域で使用方法が最善です。5 GHz 帯域の信号はあまり遠くまで到達せず、物理的な障害物に簡単に吸収されますが、この両方が高密度の導入に

おいて非常に好都合な条件です。高密度設計の中核となるのは、RF エネルギーを一定範囲に制限することによって、近隣のAPが干渉の元にならないようにすることです。

密度重視の設計で制限要因となるのは干渉、信号到達範囲重視の設計で制限要因となるのはリンクのための予算です。

5 GHz 免許不要帯域は、信号到達範囲の点で望ましい性質を持つばかりではなく、利用可能なスペクトルが非常に大きくなります。キャパシティ重視の設計ではスペクトルがどれだけあっても大きすぎるといえることはありません。

5 GHz を利用する方法は魅力的ではありますが、通信業界における大きな課題は、デバイスの可用性です。5 GHz は現在、新しいアップル iPhone、ほとんどの Android モデル、そしてもちろんタブレットやラップトップなど、データ処理に主眼を置く大多数のハイエンドデバイスで利用可能になっています。5 GHz 免許不要帯域を使用することによる大きな利点を考慮すれば、密度重視の設計では常にデュアルバンド 802.11n AP を導入することが最善です。ハイエンドの屋内および屋外モデルを含む大部分のラッカス AP は、802.11n デュアルバンドに対応しています。

アンテナ技術はすべてではありません ... 事実上アンテナ技術だけが重要なのです

適切なアンテナ技術がなければ、その他のことはほとんど考慮するに値しません。高密度導入を成功させるための鍵となるのが、異なるアンテナの組み合わせを状況に応じて使用方法です。最も有用なのは、30° アジマスを持



高密度のための設計

つ狭ビーム アンテナが搭載された AP です。これらは外部アンテナまたは AP 内蔵アンテナのどちらでも構いませんが、後者の方がより望ましい選択肢です。狭ビーム アンテナは、大観衆を収容するアリーナやスタジアムでは特に魅力的なオプションです。アリーナの場合、狭ビーム AP を床から離れた高い位置にあるキャットウォークに設置し、RF エネルギーを、座席の特定のセクションに向けてすることができます。この運用では、隣接した座席セクションに RF エネルギーを送信する別の AP が近くにあるため、狭ビーム アンテナが非常に重要になります。近接した AP との信号到達範囲オーバーラップはできるだけ少なくするために最善を尽くすべきであり、狭ビーム アンテナでそれを実現できます。また、AP はスタジアムやアリーナの張り出し部分の下に取り付けることが可能です。アンテナが統合された小型 AP は、このような条件下で非常に有効です。AP がユーザーに近づくにつれて、適切な信号到達範囲を確保するためには、多くの場合、ビーム角がより広い (120° アジマス程度) アンテナに切り替えることが必要になります。会議場、鉄道駅、空港では天井や壁を活用できることが多いため、導入はより簡単です。大都市圏の中心部では、電柱への取り付け許可を受けるために小型の形状がしばしば必須の要件です。ラッカス 7782-N は、一般に入手可能な狭ビーム AP の中で最も小型で、最高のパフォーマンスを誇ります。

5 GHz 帯域の活用

地理的条件によっては、5 GHz の帯域は 500 MHz のスペクトルを追加した場合と同等の性能を提供できます。これは、オーバーラップなしのチャンネル 24 個分に相当します。2.4 GHz 帯域で利用可能なオーバーラップなしのチャンネル 3 個と比較すると、大幅な向上になります。利用できるチャンネル数が多ければ多いほど、

同チャンネル干渉を抑えて AP を高密度で設置することが簡単になります。アリーナにおける導入では、24 個の AP を床から遥か上のキャットウォークに取り付け、それぞれの AP から専用の 5 GHz チャンネルで信号を送ることが可能です。2.4 GHz 帯域で送信する場合はスペクトルの再利用が非常に多くなるため、BeamFlex™ などのアダプティブ アンテナ技術で大幅に抑制しない限り干渉が増加します。これはラッカスワイヤレスの特許取得技術であり、業界で最も高度なアダプティブ アンテナを実装しています。BeamFlex では小型の内蔵アンテナ アレイと高度な制御ソフトウェアをと組み合わせて使用し、RF エネルギーをユーザーに向けつつ周辺に存在する別の AP から離れるように誘導することによって、接続を継続的に最適化します。後者によって、高密度導入で不可欠な干渉抑制を実現します。

高密度環境での運用においては 5 GHz 帯域が非常に優れているため、ラッカスでは、デュアルモードのデバイスを検知してそれを格段に大きなキャパシティを持つ 5 GHz 帯域に「プッシュ」し、従来のローエンド デバイス用には低キャパシティの 2.4 GHz を確保するバンド ステアリング技術を開発しました。

アクセス ポイントの配置

アクセス ポイントの配置において非常に有益な一般ルールはいくつかあります。通常、信号到達範囲を重視した設計では、どの方向にも障害物がないことが望ましいため、無線機をマストや屋上に設置します。キャパシティを重視した設計では、それと正反対に、AP を地上近くに設置します。障害物を利用した分離も適切な方法であり、壁や天井をできるだけ使って RF



高密度のための設計

表 1:5 GHz 帯域

チャンネル	周波数	米国	ヨーロッパ	日本
34	5170	なし	なし	クライアントのみ
36	5180	あり	あり	あり
38	5190	なし	なし	クライアントのみ
40	5200	あり	あり	あり
42	5210	なし	なし	クライアントのみ
44	5220	あり	あり	あり
46	5230	なし	なし	クライアントのみ
48	5240	あり	あり	あり
52	5260	DFS	DFS	DFS
56	5280	DFS	DFS	DFS
60	5300	DFS	DFS	DFS
64	5320	DFS	DFS	DFS
100	5500	DFS	DFS	DFS
104	5520	DFS	DFS	DFS
108	5540	DFS	DFS	DFS
112	5560	DFS	DFS	DFS
116	5580	DFS	DFS	DFS
120	5600	DFS	DFS	DFS
124	5620	DFS	DFS	DFS
128	5640	DFS	DFS	DFS
132	5660	DFS	DFS	DFS
136	5680	DFS	DFS	DFS
140	5700	DFS	DFS	DFS
149	5745	あり	なし	なし
153	5765	あり	なし	なし
157	5785	あり	なし	なし
161	5805	あり	なし	なし
165	5825	あり	なし	なし

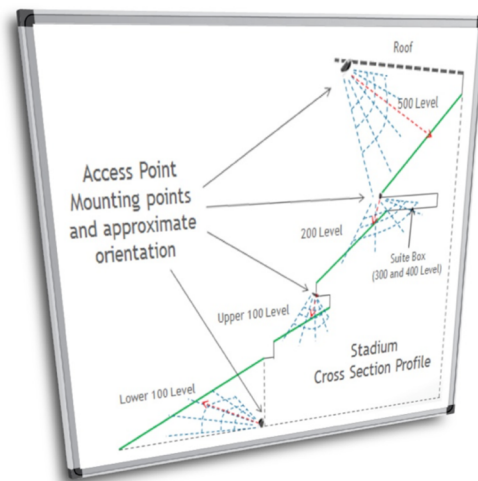
注意：ヨーロッパの一部の国では 5.8 GHz 帯域が限定的免許帯域としている

の到達範囲を制限します。RF エネルギーを取り込んで吸収するものは何でも適切です。コンクリートはまさに最適です！

1. スタジアムやアリーナへの導入では、張り出しの下に AP を配置することは良い方法ですが、それがコンクリート製の場合は特に好

都合です。この位置から RF 信号は真下の座席に向けられます。カタコンベの座席の下も適切な設置場所です。この場合、信号はコンクリートを通過して真上に位置するファンに到達しなければならないため、信号の拡散距離を制限するために大変役立ちます。カタコンベ内ではコンクリートおよび鋼鉄の柱を使って AP を各セクションの下に設置することができるため、同チャンネル干渉はまったく発生しないか、最小限に抑制されます。屋根のあるアリーナやスタジアムでも地上高くにあるキャットウォークに AP を設置できます。この導入方法の場合、AP では一般的に PoE (power-over-Ethernet) を使用します。

図 1: アリーナにおける取り付けオプション



2. 大都市圏の中心部における超高密度導入オプションでは、電柱（つまり街路にある公共物）を使用します。こうした公共物には、AC 電

高密度のための設計

源がある、あちこちに存在する、通常は高さが適切である (AP は一般的に地上 6 メートルの位置に設置することが望ましい) など、多数の利点があります。公共物に AP を設置する場合、AP が超小型である (ほとんど見えない) ことが不可欠です。通常、小型であることが電柱の所有者からの条件であり、また、気づかれにくければ不正に手を加えられる可能性が低減するからです。市街地では 100 以上もの SSID が周辺の建物から来る場合があるため、干渉の軽減も課題です。これらの信号は建物の壁を通過するとある程度弱くなるため、電柱に取り付けられた AP にとって重大な問題になることはほとんどありません。AP を電柱に取り付ける場合、一般的にはスマート メッシュ技術を用いてイーサネットが利用できる地点にトラフィックをバックホールすることが必要になります。スマート メッシュ技術では 5 GHz 帯域を使用し、(必要に応じて) 中間ホップ経由でバックホールを行って、混雑するリンクを自動的に迂回しながら可用性の高い接続を確保します。

ZoneFlex 7782-N には AC および PoE 入力電源が標準搭載されていて、電柱に最適な超小型の形状を持ち、環境の変化に強く、一般に入手可能な統合型 AP の中で最も角度の小さいビーム アンテナが備えられています。つまり、高密度を念頭に設計されているのです。

3. 朝晩のラッシュアワーに大勢の乗客が行き来する鉄道駅も、大変人気の高い高密度区域です。大きな駅にはサービス提供の対象となるプラットフォームがいくつもあります。このような環境では、プラットフォーム中央に挟ビーム ZoneFlex 7782-N AP を 2

個設置することが勧められます。プラットフォームに信号を到達させるための AP は、一般的に既存のどのような構造物にも取り付けられることができます。一方の AP をプラットフォームの上り方向に向け、もう一方の AP をプラットフォームの下り方向に向けます。大きな駅にはいくつものプラットフォームが平行に並んでいることがあるため、ビーム幅は狭ければ狭いほど好都合です。駅は必ずといってよいほど屋外にあるため、環境への耐性は必須です。

自己組織化高密度ネットワーク

混雑した環境における同チャンネル干渉の抑制で大きな役割を果たすのは、自己組織化ネットワーク (SON) アーキテクチャの一環として非従来型チャンネルプランを使用することです。スペクトルが限られていて非常に混雑する 2.4 GHz 帯域は大きな懸念対象です。この帯域での従来の一般的な方法は、1、6、11 のチャンネルを使用し、3 つの帯域がオーバーラップしないようにすることです。しかしながら、すべての AP でこの 3 つの帯域が使用されるため、ノイズが増えることがあります。別のチャンネルにシフトすれば、この問題は大幅に解消されます。ラッカスの ChannelFly™ 技術は自己組織化ネットワークを可能にする目的で特別に設計されていて、AP は状況に合わせて最適なチャンネルを自動的に選択します。環境に変化が生じると、チャンネルが変更されます。ChannelFly は 2.4 GHz と 5 GHz の両方の帯域で使用されます。

100 個以上もの AP が互いに近接している場合に手動でチャンネルを選択することは非常に困難であるため、自己組織化ネットワークを使用することによって導入プロセスも大幅に簡素化

高密度のための設計

することができます。また、RF 条件の変化に応じてチャンネルの選択を継続的に更新することも必要です。RF 条件を変化させるものひとつに、一日を通して増減する集団の大きさがあります。ChannelFly では、ユニットに電源を入れてネットワークに接続しさえすれば、これが自動的にこなされます。

図 2 では、アリーナにおける実際の導入で ChannelFly がどのように動作するかを示しています。別のチャンネル選択方法と比較して、ChannelFly ではスループットが格段に向上しています。

スマートフォンの台頭とデータトラフィックの爆発的増加によって、今日のモバイルデータ

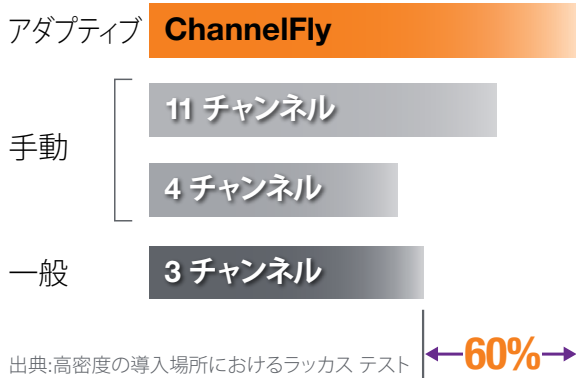
ネットワークは対応に追われるようになりつつあります。HetNets では、スペクトルの高い再利用性と高密度導入によって非常に大きなキャパシティを提供できるため、ネットワーク拡大の課題に対するソリューションとして期待されています。しかしながら、高密度導入の原則は、過去 20 年間にわたるマクロセルラー導入で使用された原則と大きく異なります。主な違いを表 2 にまとめています。

表 2: キャパシティ重視の設計と信号到達範囲重視の設計の主な違い。ラッカスは、考えられる限りでいくつかの最も厳しい過酷な場所における Wi-Fi 技術の導入で、長期にわたって首位を独走してきました。ZoneFlex 7782-N の投入により、その地位はますます確固としたものになります。

図 2: ChannelFly を実践の場で使用した場合

2.4 GHz チャンネルプラン

最大ネットワーク
キャパシティ



	信号到達範囲	キャパシティ
AP の数	少ない方が望ましい	多い方が望ましい
制限要因	経路喪失	干渉:
障害物	悪影響	好影響
周波数	低い方が望ましい	高い方が望ましい
アンテナパターン	全方向が望ましい	分割が望ましい
AP 設置	高い方が望ましい	低い方が望ましい
設計メトリクス	SNR エリア	SINR エリア

ラッカスの高密度ソリューションについて詳しくは、jp.ruckuswireless.com/carriers を参照してください。

