

無線メッシュネットワークの評価と考察

NRI Pacific 上級テクニカルエンジニア

根本 望 (ねもと のぞむ)

企業ネットワークの設計構築エンジニアを経て、現在は NRI Pacific にてネットワーク分野の新技术動向の調査を行っている。



1. 無線メッシュネットワーク技術とは	70
2. 新しいネットワーク構築手段としての可能性	72
3. 企業ネットワークへの適用評価	74
4. より広い範囲への普及に向けた考察	83
5. まとめ	85

要旨

アメリカにおけるブロードバンドインフラ整備の過程で無線メッシュネットワーク技術が脚光を浴びている。従来から経路制御技術を中心に研究が進められてきたが、ここにきて無線 LAN チップ低価格化の恩恵を受けて一気に製品化が進んだ。無線メッシュネットワーク製品は従来のネットワーク設計手法を簡素化できる可能性を秘めている。本稿では、企業ネットワークへの適用の視点から先行製品の実機評価を行い、無線メッシュネットワーク技術の現時点での製品実装状況を紹介する。評価を通して確認した課題を整理し、より広い範囲へ普及させるための鍵となる要素を抽出する。

キーワード：無線 LAN、メッシュネットワーク、自己形成機能、Muni-WiFi

In the process of broadband infrastructure improvement in United States, the wireless mesh network technology has attracted lots of attention. The research have been progressed focusing on path control technology, and now commercializing wireless mesh network technology products have been significantly progressing by taking advantage of lowered price of wireless LAN chips. The wireless mesh network products contain the possibilities to simplify the method of conventional network designing. In this article, the preceding products will be evaluated considering their applicability into the enterprise network, as well as introducing the current situation of wireless mesh network product implementation. The issues we have gained by verifying product will be summarized to extract the key elements to make more widespread diffusion possible.

Keywords : Wireless LAN, Mesh Network, Self-forming function, Muni-WiFi

1. 無線メッシュネットワーク技術とは

(1) ブロードバンドインフラ整備により脚光

ARPANETを原型とするインターネットは、1980年代後半の商用ISP誕生以降、急速に一般の人々に普及し始めた。今や情報インフラというよりも生活インフラという位置付けのほうが適切と思われるほどの浸透の度合いを見せており、利用形態も驚くほど多様化している。^[1]

こうした状況の下、情報インフラ、とりわけ多くの情報を短時間で運ぶことのできるブロードバンドインフラの整備は今やすべての国家の大きな課題となっており、アメリカでは行政が無線LAN技術を利用したブロードバンドインフラ構築(Muni-WiFiと呼ばれる。MuniはMunicipalの略であり、地方のという意味をもつ)を主導する動きが始まっている。^[2]

企業ユースから始まり、今や多くの家庭で使われるようになった無線LAN技術は、従来から通信キャリア等で使われてきた通信装置と比べて機器コストが圧倒的に安い。また、通信手段にライセンスの必要のない無線帯域を使う点において、道路工事等を伴う光ファイバ等に比べて敷設コストも少なく、工期も短いという特徴がある。その一方で、広い範囲をカバーしようとする無線LANのアクセスポイント相互を接続するための“別の”回線が必要になり、これが敷設コストを大きくし、工期を延ばしてしまうと考えられてきた。

近年登場した無線メッシュネットワーク技術は、この部分も無線化しようという技術である。最近では、全米第5の都市であるフィラデルフィア市や災害からの復興を目指すニューオーリンズ市でも無線メッシュネットワーク製品を使ってMuni-WiFiの構築に着手しており、一気に脚光を浴び始めている。

(2) ネットワークトポロジ

ネットワークを構成要素の接続形態(トポロジ)により分類する手法は古くからあり、たとえばIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.)ではLANの標準化にあたりトポロジを「スター型」、「バス型」、「リング型」に分類している。また、公衆電話網は「ツリー型」を基本に、トラフィックの多いノード間を直結した「ハイブリッド型」と呼ばれる形態になっている。

「メッシュ型」は文字通りネットワークを構成する各ノードが網のように接続される形態であり、各ノードが他のすべてのノードと接続される「フルメッシュ型」と一部ノードとのみ接続される「パーシャルメッシュ型」に分類することができる。(図1)

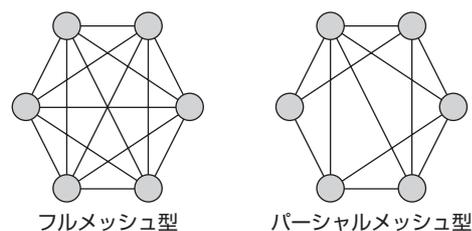


図1 メッシュ型トポロジ

(3) 無線メッシュネットワーク

ネットワークトポロジ自体はノード間のリンクの通信帯域や通信手段等を規定するものではないため、単純に「メッシュ型ネットワーク」という分類を用いた場合、ノード間リンクは有線であっても無線であってもよい。また、通信メディアや通信プロトコルに関しても多様な選択肢を取り得る。

ただし、「メッシュ型ネットワーク」ではノード間を接続するリンク数がノードの増加とともに膨大になってしまうという特性があるため、リンク敷設コストが高価で、かつ柔軟に扱えないことが多い有線リンクよりも、無線リンクとの親和性が高いトポロジといえる。

昨今あらゆるものをネットワークに繋ぐための手段として多様な無線通信技術の標準化が進められている。PAN (Personal Area Network) と呼ばれる非常に近距離での通信を対象とした通信技術から、屋外の広い範囲をカバーする WAN (Wide Area Network) 向けの通信技術まで、無線技術の適用範囲は

非常に広く、端末機器も大型通信装置からセンサーまで様々である。

これらの中でもひとときわ普及が際立っているのは、通称無線 LAN と呼ばれる IEEE802.11 技術である。1999 年後半に IEEE で 2.4GHz 帯を使う 802.11b と 5GHz 帯を使う 802.11a の標準化が完了以降、業界団体である WiFi アライアンスによる相互接続性の認証や世界最大のチップメーカーであるインテル社の戦略もあり、今ではオフィスや家庭で使われる PC には標準装備として無線 LAN 機能が付いているとあってよいほど普及している。最近では PC 以外にもコピー機や、デジタルカメラあるいは携帯電話にまで実装されるようになってきている。このような広い範囲への普及が無線 LAN チップの低価格化をもたらし、無線メッシュネットワークへの適用を促す要因になったと考えられる。

これらの無線メッシュネットワークはネットワークを形成するノードの可動性とノードの設置場所によって分類できる。(図2)

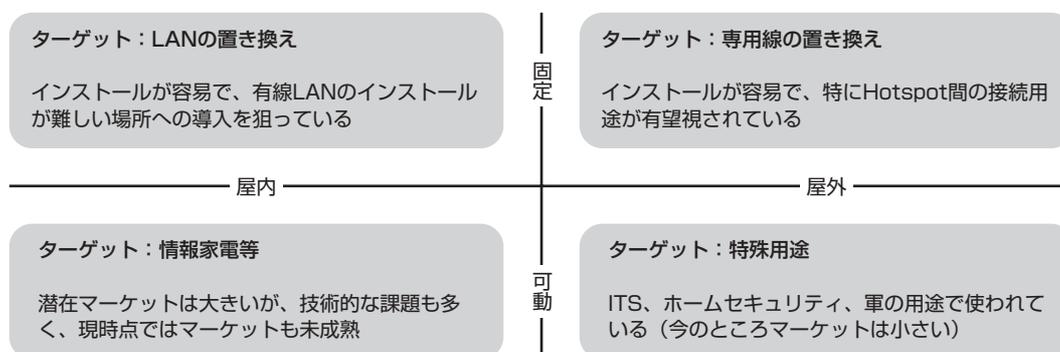


図2 無線 LAN 技術を使った無線メッシュネットワークの分類

ノードが動くタイプのものは屋内では情報家電、屋外ではITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) 等の広い範囲への応用が期待される点が大きな魅力であるが、半面頻繁なネットワーク構成の変更に対する経路制御が難点である。各ノードが均一でない場合にはCPU能力や消費電力等のノード特性や性能を意識した経路選択が必要になるため、実用化の目処が立つのはもう少し先になると思われる。

一方、ノードが固定されたタイプのものは、メッシュネットワーク最大のポイントである経路制御を簡素化できるため、実用化の点では一歩先んじている。このカテゴリの製品はインフラ型メッシュネットワークとも称され、現在 Muni-WiFi マーケット向けを中心に製品化が始まっている。

2. 新しいネットワーク構築手段としての可能性

(1) 標準化動向

無線ネットワークにおける経路制御に関しては1990年代からIETF (Internet Engineering Task Force) のMANET (Mobile Ad-hoc Network) で研究が進められてきた。

MANETではネットワークトポロジが静的な場合とノードの移動に伴って変化する動的な場合の両方に適用できる経路制御プロトコルを研究し、これまでにいくつかをインター

ネットドラフトとして提案してきている。^[3]

これらの経路制御プロトコルは大きく「Reactive型」と「Proactive型」とに分類することができ、2006年5月時点ではそれぞれの発展形といえるDYMO (Dynamic MANET On-demand) とOLSRv2 (Optimized Link-State Routing Protocol version 2) が標準化提案中である。

MANETが対象とするアドホックネットワークはトポロジを「メッシュ型」に限定しているわけではないが、多くの初期の無線メッシュネットワーク製品はMANETの経路制御プロトコルに独自の改良を加えた経路制御プロトコルを採用している。

無線LANに関する標準化を進めているIEEE802.11でも、2005年7月から802.11sタスクグループを立ち上げ、無線メッシュネットワークに関する標準化作業を始めている。802.11sタスクグループには多数の製品ベンダが参加し、MANETの成果を活用した経路制御だけでなく、レイヤ2フレームフォーマット、送信権制御、フロー制御、セキュリティ、QoS制御、既存のネットワークとの接続、ネットワーク管理等の広い範囲での検討が進められている。

(2) 無線メッシュネットワークの特徴

ここで無線メッシュネットワークの特徴を整理しておく。現時点では発展途上で標準化も完了していない段階ではあるが、無線メ

ッシュネットワークと総称されるものには以下の3つの特徴が共通して見い出せる。(図3)

①自己形成機能

無線メッシュネットワークを構成するノードは、自ノードの電波到達範囲にある他の通信ノードを発見し、その相手との通信経路を確立することができる。

②自己修復機能

無線メッシュネットワークを構成するノードはネットワーク内で発生した障害により、確立されている通信経路に変更が発生した場合、新たな通信経路を確立することができる。

③マルチホップ機能

無線メッシュネットワークを構成するノードは、自ノードのデータだけでなく他ノード間のデータを中継局として中継する機能を持つ。

無線メッシュネットワークに見られる特徴は、レイヤ2で動くスパンニングツリー機能やルーティングによる自動迂回等により、有線

LANの世界では当たり前のように使われているものである。したがって、無線メッシュネットワークの本当の価値は、ノード間をつなぐリンクが無線であり、人手のかかる結線作業を伴わずにネットワークを構築したり、構成を変えたりできる点にあるといえる。

(3) メッシュネットワーク技術の可能性

本稿では、リンク技術にIEEE802.11規格を使ったノード固定型の無線メッシュネットワーク製品の評価を通し、無線メッシュネットワーク技術の製品化状況を紹介します。現段階での利用実績という点ではMuni-WiFiに代表される屋外での利用が圧倒的に進んでいるが、同じ技術を屋内の企業ネットワークに適用するという視点で評価し、無線メッシュネットワークの現時点での課題を確認、整理する。

企業ネットワークの構築に際しては、ネットワークに収容する端末数、端末間の伝送データ量、用途に応じた信頼性等の詳細な検討を事前に行うことが通常である。この理由は、ITシステムの土台ともいえるネットワークインフラの出来不出来が企業のITシステム

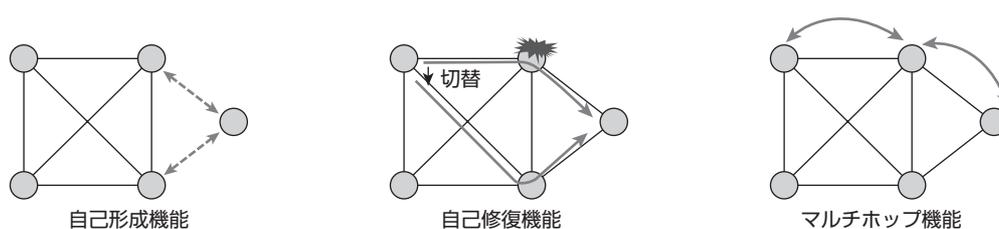


図3 無線メッシュネットワークの特徴

全体の出来不出来に直結するという事もさることながら、構築後のネットワーク変更は難しいと考えられているためである。稼働中のネットワークに機器を追加する場合、物理的な追加作業にとどまらず、設計思想に戻って考慮が必要になることもある。また、稼働中の機器への設定変更が発生することも多く、稼働保証の面でも配慮が必要になる。

現在の無線 LAN 技術の帯域幅 (54Mbps) では、高い処理性能を要求されるデータセンター内のサーバ収容には不十分であることは明らかであり、無線メッシュネットワーク製品も当面はネットワークへのアクセス機能を提供するために使われるものと考えられる。しかし、無線メッシュネットワークの「自己形成機能」による工期短縮や構築コスト削減の魅力は大きく、将来的には前述のようなネットワーク構築の課題を解消し、既存のネットワークに置き代わっていく可能性を秘めていると考えている。(図4)



図4 無線メッシュネットワークの浸透

3. 企業ネットワークへの適用評価

(1) 製品への実装状況

無線 LAN 技術を使った無線メッシュネットワーク製品は 2004 年頃から出荷が始まり、米企業を中心に、数社がそれぞれ独自技術に基づいた製品を提供している。(表1)

企業名	製品シリーズ
BelAir Networks	BelAirシリーズ
Cisco Systems	Aironet 1500シリーズ
Firetide	HotPortシリーズ
Motorola	MWR6300等
Nortel Networks	Wireless Access Point 7220 Wireless Gateway 7250
Sky Pilot Networks	SkyGateway SkyExtender SkyConnector
Strix Systems	Access/Oneシリーズ
Tropos Networks	MetroMesh Routerシリーズ

表1 主な製品出荷企業 (2006年5月時点)

リンク技術やセキュリティ技術等の製品を構成する要素技術の多くは無線 LAN 技術を流用したものであり、製品間の大きな差異となるのは製品アーキテクチャとノード間の経

路制御技術だと考えられる。今回、これらの製品の中から屋内でも使うことのできる製品Aと製品Bの実機評価を行うこととした。

(2) 評価ポイント

現在屋内の無線メッシュネットワーク製品として出荷されているものは有線LANの置き換えを狙ったものである。無線LANとは競合するものではなく、むしろ補完的と考えてよい。今回の実機評価では、企業ネットワークへの適用の視点から、無線メッシュネットワークが有線LANと比較してどの程度の実力かを見極めることを評価ポイントとした。

①インストール

各クライアント端末へのケーブル配線が不要な無線LANは、工期短縮や構築コスト削減の魅力により、性能面やセキュリティ面での敷居の低い有線ネットワークアクセス層を置き代えてきた。ネットワーク機器間のケーブルが不要となる無線メッシュネットワーク製品にも同じ理屈が当てはまる可能性は高いが、機器設定等の他の部分が難しければせっかくの特徴を生かせない。評価では自己形成機能を生かしたインストールや規模拡張時の容易性を評価する。

②基本性能

企業ネットワークのアクセス層で使うための基本的な性能を測定する。昨今VoIPによ

る音声収容も珍しくないので、データ伝送だけでなく音声データの伝送性能も評価する。無線メッシュネットワークの大きな特徴であるマルチホップによる伝送遅延が通信性能にどのような影響を及ぼすかについても確認する。さらに、無線LANで問題になった侵入や覗き見等に対する耐クラッキング性能や、継続的な運用に必要な機能の有無についても確認する。

③障害時切替

無線メッシュネットワークは自己修復機能が大きな特徴である。ネットワーク障害は避けられないものであり、その一方、障害によるシステムへの影響は最小化したいというのが通常の設計要件である。障害時のネットワーク動作を確認し、経路の切り替えに要する時間を測定する。

④安定性

登場したての技術や製品につきものである不安定な挙動が発現しないかを確認する。多セッションの保持や大量データ送信等の条件下でも安定して動くことを確認する。主な評価内容を表2に示す。

項目	テスト内容
インストール	インストールの容易性 規模拡張の容易性
基本性能	基本的な伝送性能 音声データの伝送性能 QoS制御機能 耐クラッキング性能 運用管理機能
障害時切替	障害時の切り替え時間 切り替え動作
安定性	ネットワークに負荷がかかった場合の安定性、挙動

表2 主な評価内容

(3) 評価構成

評価はIxChariotで生成したトラフィックを用いて行う。また、測定結果を比較するために、同等規模の有線アクセスネットワークのデータも取得する。大まかな評価構成を図5に示す。

(4) 評価結果

①インストール負荷

無線メッシュネットワーク製品では、ネットワーク内の一部のノードだけを有線LANとケーブル接続されるだけで済むため、従来のネットワーク機器に比べると設置場所の柔軟性は非常に高いが、電源ケーブルは引き続き必要になる。また、ノード間の接続に無線LAN技術を使っているため、無線LAN同様に周辺の電波状況の影響を受ける。製品Bは無線LANに見られる使用条件のよいチャンネルを自動的に選定する機能や出力の自動調整機能を持っているが、継続的に安定して利用するためには、周囲の電波状況に関しては無線LANと同等の配慮が必要になる。

インストールに関しては、製品A、製品B

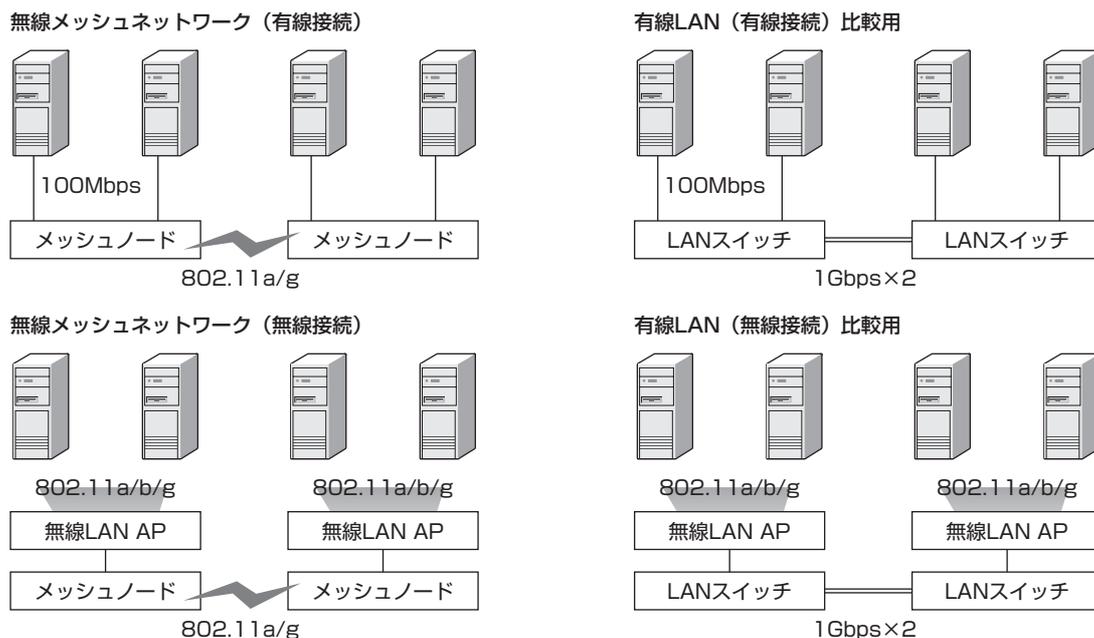


図5 評価構成概略

ともそれぞれ専用ソフトからの比較的簡単な設定で完了する。単純にネットワークへのアクセス機能を提供するだけであれば、無線LANアクセスポイントと組み合わせて30分～2時間程度で筆者オフィス内(6,000sft強)全域にネットワークを敷設することができた。経路制御に関する設定は、経路切替の閾値の設定が中心でさほど難しくないが、QoS制御や冗長性の確保等の設定に関しては、それぞれ関連スキルが要求され、事前の設計作業が必要になる。

規模拡張に際してはインストールに準じた機器への設定作業が必要であるが、やはり所要時間は分単位であることが確認できた。

インストール負荷全般についてまとめると、ケーブル敷設が必要ない点は評価できるが、それ以外の点に関しては無線LANと同等程度の手間が必要だと考えておくのが妥当である。

② TCP データ伝送性能

データ長を変えたTCPデータを使ってメッシュノード間のレスポンスとスループットを取得した。測定は複数回実施し、明らかな異常値を除いた後に平均値を算出した。なお、メッシュノード間の伝送は802.11aとしている。また、有線LANに無線アクセスポイント(802.11a)を組み合わせた構成で同一の測定

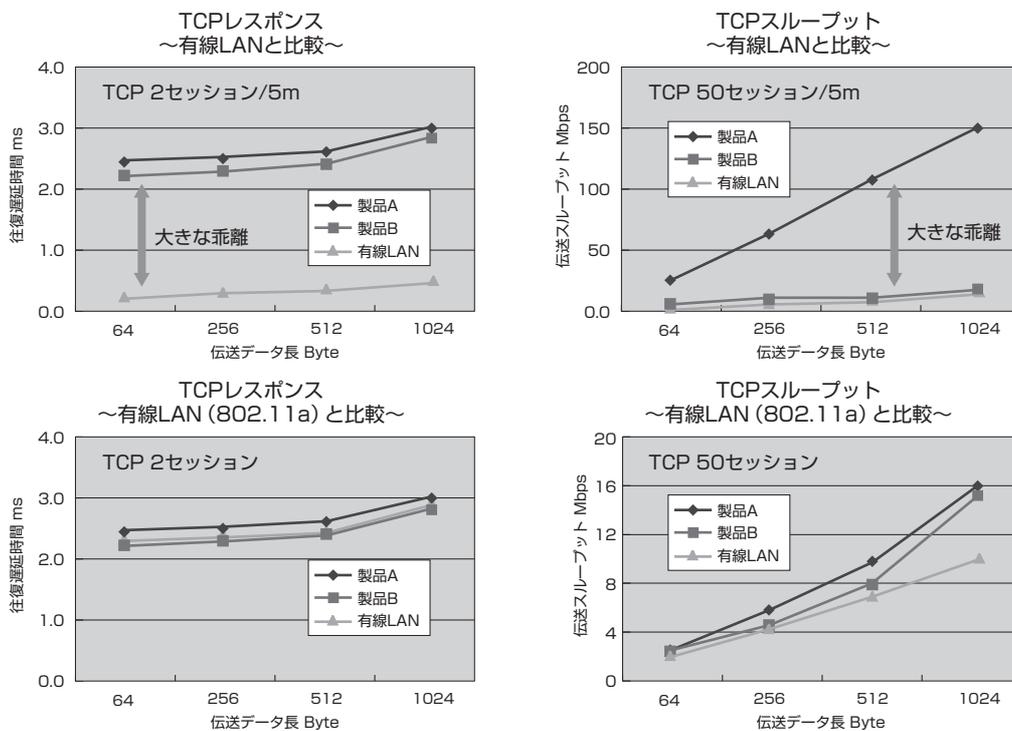


図6 伝送性能

を行い、測定値を比較した。(図6)

測定結果より、メッシュノード間の伝送能力はレスポンス、スループットとも現在企業内で広く使われているレベルの有線LAN機器の性能には遠く及ばないことがわかる。無線メッシュネットワーク製品間の伝送性能に大きな差はなく、ノードに直接端末を接続すればいずれの製品も現在の無線LANアクセスと同等レベルになると考えてよいことがわかる。

また、メッシュノード間の距離を離し、対向メッシュノードからの受信電波強度を弱くしていくと測定データのばらつきが大きくなり、通信が不安定になる場合があることが確

認できた。このような状況下で、今回評価を行った製品はいずれも通信モードの再ネゴシエーションを行い、より安定して通信することのできるまで通信速度を落とす動作をした。

③マルチホップによる伝送への影響

ホップ数が増えるとノード間の伝送遅延が蓄積され、結果としてアプリケーションからみた場合のレスポンスやスループットが低下することが予想される。評価ではメッシュノード間のホップ数を変動させながら、同一端末間で同一データを伝送し、データを取得した。製品Aと製品Bとで製品アーキテクチ

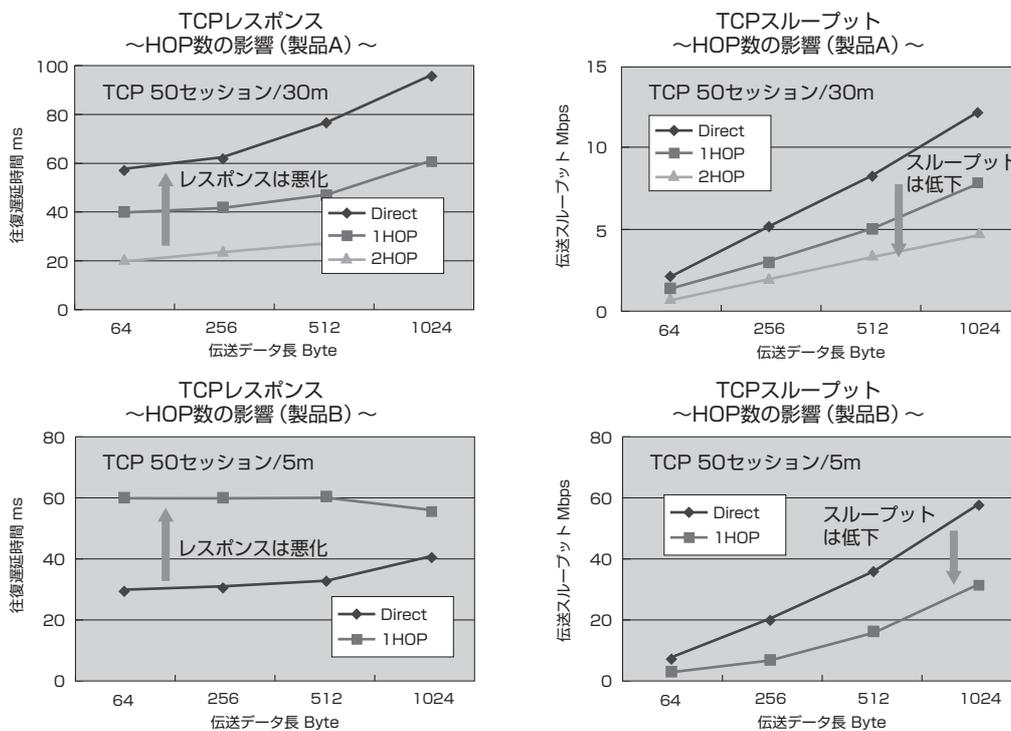


図7 マルチホップの影響

ヤが異なり、両者同一の測定条件は実現できなかったため、それぞれ別々にデータを測定した。

測定条件が異なるため、製品Aと製品Bでは測定値の絶対値は異なるが、予想通りいずれの製品もホップ数が増えることでレスポンスに影響がでて、スループットも低下することが確認できた。(図7)

注意する必要がある点は、メッシュノード間の距離が離れたシングルホップ構成の場合、ノード間で通信エラーが発生し、上位レイヤでの再送が起こる場合があることである。後述の音声伝送の部分で紹介するが、ア

プリケーションによっては、品質の確保できないシングルホップ構成よりも個々のリンク品質が高いマルチホップ構成のほうが適している場合がある。

④音声伝送性能

音声データはネットワーク上では再送のないUDPパケットで配送される。人間の耳に聞こえる音声品質はパケット廃棄率、伝送遅延あるいはパケットの到着時間の揺らぎ(ジッタ)等の伝送特性により変わってくる。評価ではIxChariotの算出するMOS値(Mean Opinion Score)を音質指標として使用した。

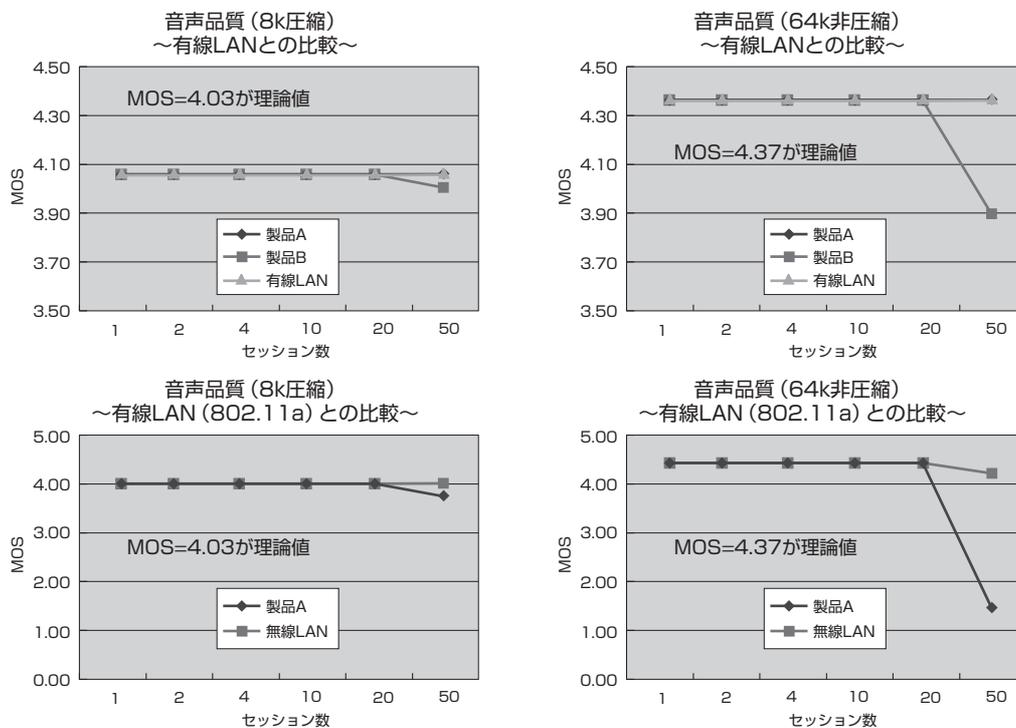


図8 音声品質

音質評価は圧縮を行わないG.711u (PCM 64K) と圧縮を行うG.729 (CS-ACELP 8K) の2種類の音声伝送方式について行い、無音圧縮や端末側でのQoS制御等は行わずにデータ測定をした。

いずれの場合もセッション数が20までは有線LANと遜色ない音声品質を確保できることがわかった(図8参照、図ではMOS値の大きい方が品質がよいことを示す)。

評価時点では、無線メッシュネットワーク製品の無線区間におけるQoS制御機能はまったく不十分で、他のデータと共存する場合には十分な音質が確保できない結果となった。遅延やジッタ等の要件が厳しい音声を受容する場合にはネットワーク内でQoS制御を行うことが一般的であるが、今回の結果からは、ノード間の伝送遅延が若干ある点を加味しても、無線メッシュネットワークでも音声を流せる可能性があることを示した程度といえる。

次に、マルチホップ環境下で同様に音質評価を行ってみた。既に述べたように無線メッシュネットワークではホップを経るごとにリンク間の往復伝送遅延が蓄積され、レスポンスやスループットは低下する傾向にある。一方で、各メッシュノード間の距離が相対的に近くなるため個々のリンク品質は高く保つことができ、データ廃棄は少なくなることが予想される。マルチホップ環境下での音質測定では、低品質の直接リンクを使うよりもリンクを複数使う高品質なネットワークの場合のほうが高い音声品質を確保できることが確認できた。(図9)

無線LAN自体のQoS制御に関しては、長らく作業が続いていたIEEE802.11eの標準化が2005年9月に完了し、製品実装が進んでいる状況である。また、マルチホップ環境のQoS制御に関しての研究も進められており^[4]、今後の製品実装に期待したい部分である。

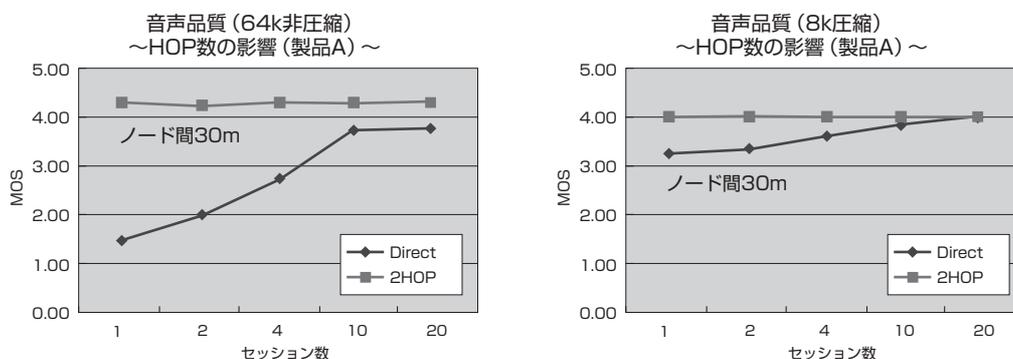


図9 マルチホップ構成での音声品質

⑤障害時切替

無線メッシュネットワーク内のメッシュノードもしくはリンクが使えなくなった場合の挙動を評価した。今回評価した機器はいずれも proactive 型の経路制御プロトコルを持ち、同一宛先に対しては経路テーブルの中から条件のよい通信経路を選択して使うタイプのものである。測定の結果、単一ノードもしくは単一リンクの障害の場合は、概ね数 ms で代替経路に切り替わり、障害が回復した際には、通信経路が障害前の経路に戻る場合と戻らない場合があることが確認できた。この切替時間は有線 LAN で使われる設計指標と同等であり、大部分のアプリケーションにとって許容範囲と考えられる。

⑥セキュリティ

無線 LAN が登場した当初、セキュリティに関する脆弱性、特に暗号化強度が問題になり、普及にブレーキがかかった。

本評価では暗号化強度自体の評価は行わず、企業ネットワークで使う場合のセキュリティ上の懸念点を中心に確認した。具体的に

は、「悪意のある第3者がメッシュノード間のデータを盗み見することが可能か」、「悪意のある第3者がネットワークを停止させたり、スローダウンさせたりすることが可能か」、「悪意のある第3者が別の機器を繋いでネットワークを拡大することが可能か」についてである。特に一番最後の評価視点は無線メッシュネットワークならではといえる。

今回の評価製品はいずれもメッシュノード間の伝送に AES (Advanced Encryption Standard) を使用しているため AES 自体の安全性を前提にすれば現時点では通信内容を覗き見される心配はないといえる。

ネットワークに対する妨害であるが、インストールの箇所で述べたように、無線を使う以上、他の無線 LAN との電波干渉だけでなく意図的な妨害電波等からは影響を受ける。実際、メッシュノード間伝送と端末収容するための無線 LAN のチャンネルを合わせると伝送性能が低下することを確認した。

悪意のあるネットワークの拡大については、製品 B は特に問題はなかったが、製品 A では悪意をもって同一機種を使えば、ネット

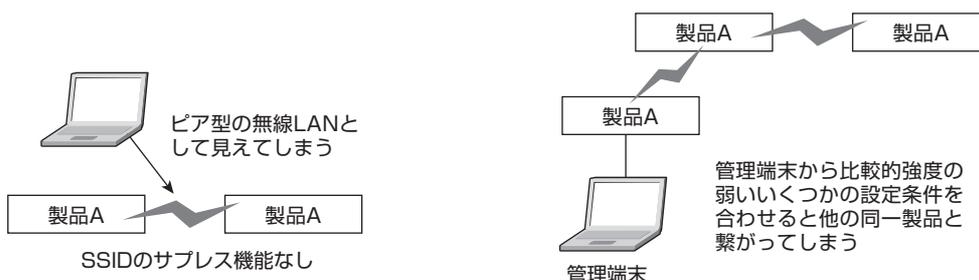


図10 セキュリティ上の懸念 (製品A)

ワーク自体を乗っ取ることができてしまうという、企業内で使うには看過できない脆弱性が見つかった。(図10)

⑦安定性

サイズの小さいUDPパケットを連続的に流したり、長時間無線帯域を使いきるような負荷をかけてそれぞれの機器の安定性を評価した。非常に短期間の実績ではあるが、製品Aに関してはハングアップ等は起こさず安定動作した。製品Bではサイズの小さいUDPパケットを使って伝送負荷をかけるとハングアップする事象が複数回発生した。端末からのアクセスを収容するノードではなく、中継局の役割を持つノードがハングアップした場合にどうなるか、メッシュノード数が多数になった場合の経路制御負荷が高まった場合にどうなるかについては、評価構成の都合で今回は評価していない。

⑧運用性

今回評価した2種類の製品にはいずれも専

用の管理ソフトが付随してくる。

無線ネットワークの管理には電波強度や暗号化キー等の有線ネットワークにはない要素が登場するが、いずれの専用ソフトもノードの死活監視や管理項目の設定等の必要最低限の機能は備わっていることが確認できた。ただし、無線メッシュネットワークに特有の管理項目については物足りない。実際の運用で遭遇するケース、たとえば性能上のボトルネックになっているメッシュノードを発見する機能や、新規ノードを追加する場合の最適な場所の指定等ができる使い勝手がよい。

⑨製品間の差異

製品カテゴリとしてまだ成熟期ではないため、方式を分類できる時期ではないが、今回評価を行った2種類の製品を比較してみる。製品A、製品Bの製品アーキテクチャにはかなりの差がある。(図11)

製品Aは無線LANの技術からアドホックモードでの接続機能を転用し、メッシュネットワーク用の経路制御技術を加えて製品化し

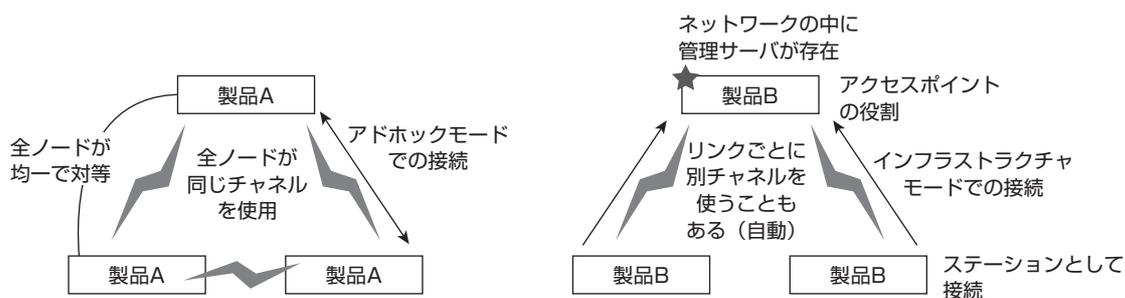


図11 各製品のアーキテクチャ

ているものと思われる。メッシュネットワークの中で全ノードは対等であり、インストール時の設定項目も相対的に少なく、構築に要する手間と時間も少ない。いちから製品化したためか、他の要素、具体的にはセキュリティや既設有線ネットワークとの相互運用性等は無線LANと比べてもまだ弱い。

一方、製品Bは無線LANのアクセスポイント機能を発展させて製品化したものと思われる、セキュリティや運用面の機能は無線LANと同等レベルになっている。メッシュネットワークの中に管理サーバ機能を持つノードが必要になり、ネットワーク構築前に個々のノードの役割をある程度検討しなければならぬため、構築の手間は製品Aよりも余分にかかる。

(5) 現時点での導入は時期尚早

ここまで述べたように、無線メッシュネットワーク製品のインストールは容易であり、工期短縮や構築コスト削減をもたらす可能性は十分にある。一方で、伝送性能は無線LANと同等、セキュリティ機能は無線LANと同等もしくは弱いというのが現状である。無線LAN登場時の状況を先例と捉えれば、今の製品実装状況のままですぐに企業ネットワークに使われていくということは難しいであろう。

今後の展開としては、高速化技術として標準化が進められているIEEE802.11n (MIMO)の採用により伝送性能が向上し、さらにセキ

ュリティ面での懸念が解消された時点で、無線LANと一緒にネットワークのアクセス層を置き換えていくというシナリオが最も有力ではないだろうか。

4. より広い範囲への普及に向けた考察

伝送技術に無線LAN技術を応用した無線メッシュネットワークは、今回紹介したLAN構築用途だけでなく、より広い範囲への適用が期待される技術である。

ここでは無線メッシュネットワーク製品の評価を通して得られた課題を整理し、無線メッシュネットワーク技術の今後の普及に向けての鍵となる要素を抽出する。

(1) 取り組むべき課題

①標準化

普及にあたって、相互接続性の確保が重要な通信機器にあっても、自己形成機能が特徴である無線メッシュネットワークでは相互接続の問題はことさら重要である。低廉化してきた無線LANチップと巨大なMuni-WiFi市場の出現により一気に立ち上がった感のある無線メッシュネットワーク機器市場も、標準規格がないまま、その適用範囲を拡大させていくのは難しい。情報家電や自動車のような端末同士が、無線メッシュネットワーク技術により、自律的にネットワークを形成する場合を想定すると、製造者や製品カテゴリを超えた相互接続性は必須であり、IEEE802.11s

で進められている標準化作業を遅らせないことが重要である。

②伝送性能と QoS 制御技術

今回評価を行った機器のリンク間の伝送性能は高々 20 数 Mbps 程度である。評価を行っていない他の製品についても無線 LAN 技術を使っている限り大きな差はないものと考えられる。また、IEEE802.11e 等の QoS 制御技術の適用もこれからである。

無線メッシュネットワーク技術の適用先の有力な候補と考えられている情報家電では、大容量の画像や映像等を扱い、QoS 制御も必要になると考えられている。^[5]この分野への適用に向けては、前述の IEEE802.11n (MIMO) や IEEE802.11e の採用、アンテナ技術の進化が鍵になるであろう。

③経路制御技術

現在の比較的均質なノードから形成される無線メッシュネットワークから、多様なノードから形成されるメッシュネットワークに進化するためには経路制御技術にも改善が必要である。ノードの処理能力や消費電力を考慮した経路制御、周辺の無線チャネルの利用効率を考慮した経路制御技術の登場は、この技術の広い範囲への普及のためには不可欠であろう。

(2) 今後の展望

あらゆるものがネットワークに繋がれる時代において、その接続手段がいかなるものになるかという点は非常に興味深い。身近なところでの利用を想定した UWB (Ultra Wide Band) や Bluetooth から NTT ドコモが進める 4G (第 4 世代携帯電話) まで、様々な通信技術が研究されている。

これらの技術は、それぞれ適用領域に応じて棲み分けがなされると見られているが、過去の歴史を振り返ってみても話はそう単純ではないと考えている。広く普及することで製造コストの下がった技術が、普及過程で技術的な課題も徐々に解消され、当初の想定適用領域を超えて使われるようになることはイーサネットの例を取り上げるまでもなく、これまでも繰り返されてきた。

ある米調査機関のレポートによれば 2010 年までに、面積にして 126,000 平方マイルの都市が無線 LAN によりカバーされるという。そして、2010 年には 100 万ノード以上の無線メッシュノードが都市を覆う Muni-WiFi の用途で出荷されるという。^[6]

無線メッシュネットワークの今後の普及に関しては、Muni-WiFi の流れにのって出荷ベースが順調に伸びていき、前述のような課題が解決され、多様な製品への実装が進んでいくかが命運を握っているのではないかと思う。

5. まとめ

米国内における Muni-WiFi 構築をきっかけに注目が集まった無線メッシュネットワークのこれまでの研究成果及び企業ネットワークに適用する視点で先行製品の実装状況を紹介した。伝送性能やセキュリティ面では無線 LAN と同等の課題を抱えているが、インストールは容易であり、工期短縮やコスト削減という現在の企業ネットワークが抱える問題を解消できる可能性を秘めていることが確認できた。

情報家電から車まで、あらゆるものがネットワークに繋がれる時代が始まろうとしている今、企業ネットワークにとどまらず、手軽にネットワークが作れる技術の必要性はますます高まっている。ユビキタスネットワーク社会に向けた無線メッシュネットワーク技術の今後の進化に期待したい。

●参考文献●

- [1] 総務省『情報通信白書』平成 17 年版
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h17/pdf/H1020000.pdf>
- [2] NRI『IT ソリューションフロンティア』2005 年 5 月号
http://www.nri.co.jp/opinion/it_solution/2005/pdf/IT20050507.pdf
- [3] IETF Mobile Ad-hoc Networks WG
<http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [4] IETF Mobile Ad-hoc Networks WG
http://www.hamilton.ie/dwmalone/11e_mesh.pdf
- [5] 総務省 ワイヤレスブロードバンド推進研究会
http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/wire/pdf/051014_2_5.pdf
- [6] ABIresearch
<http://www.abiresearch.com/abiprdisplay.jsp?pressid=613>