

防災・災害支援を考慮した無線 VLAN 構成の提案と評価

廣瀬 功一 阿部 博則 久保 孝弘[†] 山崎 克之[†] 柴田 義孝[‡]

KDDI 株式会社 〒102-8460 東京都千代田区飯田橋 3-10-10
[†]株式会社 KDDI 研究所 〒356-8502 埼玉県上福岡市大原 2-1-15
[‡]岩手県立大学 〒020-0173 岩手県滝沢村滝沢字菓子 152-52

E-mail: {ko-hirose, ho-abe}@kddi.com, †{kubo, yamazaki}@kddilabs.jp, ‡shibata@iwate-pu.ac.jp

あらまし IEEE802.11b 準拠の無線 LAN に代表される無線 LAN 機器の普及により、街角で無線アクセスサービスが展開されるなど、近年、無線 LAN をインターネットのアクセス網として活用するという傾向が顕著である。本報告では、このような無線アクセス環境において VLAN を構成し、異なるグループ間のアクセスを規制する等のセキュリティを確保した上で、複数のグループでネットワークを共用する手法について提案する。既設の無線 LAN 環境の有効活用という観点から、本手法を防災・災害支援に適用した場合の有用性について述べる。さらに、実際に本手法を組み込んだネットワークを構築し、通信特性を評価したので、その結果について報告する。

キーワード 無線 LAN, VLAN

VLAN-based WLAN Network for Supporting Community Network in Emergency and Disasters

Koichi HIROSE Hironori ABE Takahiro KUBO[†] Ktsuyuki YAMAZAKI[†] and Yoshitaka SHIBATA[‡]

KDDI CORPORATION 3-10-10 Iidabashi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8460 Japan
[†]KDDI R&D Laboratories Inc. 2-1-15 Ohara, Kamifukuoka, Saitama 356-8502 Japan
[‡]Iwate Prefectural University 152-52 Sugo, Takizawa, Iwate 020-0173 Japan

E-mail: {ko-hirose, ho-abe}@kddi.com, †{kubo, yamazaki}@kddilabs.jp, ‡shibata@iwate-pu.ac.jp

Abstract As wireless access service with WLAN is spreading, it is popular to use WLAN as access network to reach the Internet. In this paper, the method to make VLAN on wireless access network is reported. This method keeps security that is access restriction among different groups, although they can share same access network. Efficacy of this method supporting community network in emergency and disasters is reported. On field trial, the method is built in network and network performance is evaluated.

Keyword WLAN, VLAN

1. まえがき

無線アクセス技術の発展に伴い、IEEE802.11b 準拠の 2.4GHz 帯無線 LAN は、機器が低価格であることや設置が容易であることなどの利点により、企業におけるビル間通信手段やオフィス内 LAN の構築手段として広く普及している。最近では、より高速な通信を可能とする IEEE802.11g 規格等の無線 LAN 製品が登場し、無線アクセス技術は企業ユーザや通信事業者のさらなる期待を集めている。公衆無線 LAN 等の例に見られるように、無線 LAN をインターネットのアクセス網として活用するという傾向が顕著である。

筆者等は、このような公衆無線 LAN や企業内の無線 LAN 環境等の既設の無線 LAN 環境において、VLAN を構成し、異なるグループ間のアクセスを規制する等のセキュリティをもちつつ、複数のグループでネットワークを共用する手法を提案してきた [1]。

今回、防災・災害支援情報ネットワークに関する研究 [2] の一環として、避難所等に設置されている無線 LAN 環境に本手法を適用した。さらに、業務用トラヒックと非難住民用のトラヒックが混在した場合を想定した時の当該ネットワークの通信特性を評価した。本稿では、ネットワーク構成の提案と共に、評価結果について報告する。

2. 無線 LAN を利用した VLAN 構成

2.1. 提案する無線 VLAN 構成方法

本手法は、VLAN の概念を活用し、無線 LAN のアクセスポイント(AP)を複数のグループで共用しつつ、各グループ単位にネットワークを分割することを実現するものである。

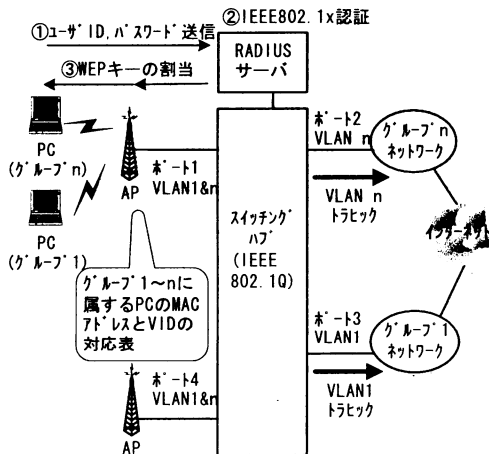


図1 無線VLAN構成方法

図1にネットワークの構成を示す。ネットワークはクライアント(PC)、AP、IEEE802.1Q 準拠のスイッチングハブ、IEEE802.1x の認証を行うための RADIUS サーバで構成される。PC はグループ 1~n のいずれかに属するものとし、AP では各 PC の MAC アドレスと VID (VLAN ID)の対応表を保有しているものとする。ここで、VID はグループ番号に対応する。また、AP は VLAN タグを追加・削除する機能を有するものとする。

グループ n に属する PC が AP 配下に移動すると、無線リンクの確立、IEEE802.1x による認証と WEP キーの配布が実行され、通信が可能な状態となる。以後、PC は以下の手順で通信を行う。

(1) 上りのトラヒック

AP は PC から受信したイーサネットフレームの送信元 MAC アドレスを確認し、VLAN タグを挿入し、対応表に基づいて該当する VID=n を設定する。スイッチングハブは、AP から受信した当該フレームの VID を確認し、VLAN タグを削除後、VLAN n として設定されているポート(ポート 2 およびポート 4)から送信する。

(2) 下りのトラヒック

スイッチングハブがグループ n のネットワークからイーサネットフレームを受信する。スイッチングハブは受信したイーサネットフレームに VLAN タグを挿入し、VID=n を設定した後、当該フレームを VLAN n として設定されているポート(ポート 1 およびポート 4)から送信する。当該フレームを受信した AP は VLAN タグを削除し、無線側に送信する。

ここで、クライアントと VID の対応表を AP ではなくネットワーク側(RADIUS サーバ)で保有すれば、クライアントに対する VID の割当をユーザ認証過程において行うことも可能である。

2.2. 災害時における VLAN 構成の有用性

2.1 項で述べた本手法を活用し、既設の無線 LAN 環境を複数のグループで共用する事例として、以下に示すケースが想定される。

- ① 企業の社内 LAN として使用されている無線 LAN 環境を来訪者等に開放するケース。
- ② 街角で展開されている公衆無線 LAN サービスにおいて、通信事業者が構築した無線 LAN 環境を他の通信事業者が相乗りして利用するケース。

上記①に示すケースの応用例として、防災・災害支援のために本手法を適用したネットワーク構成を図 2 に

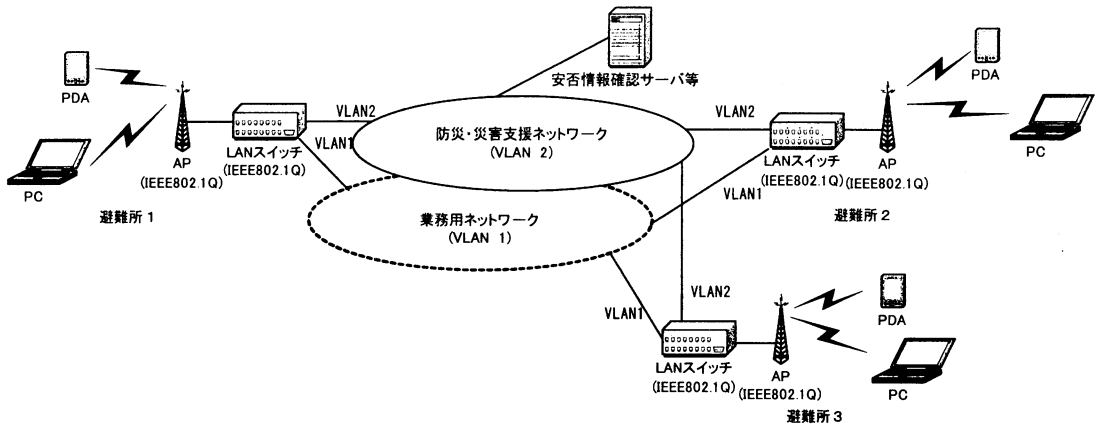


図2 防災・災害支援を考慮した無線VLAN構成

示す。本ネットワーク構成は複数の避難所間を光ファイバや無線 LAN 等の基幹ネットワークで接続し、各避難所においては無線 LAN の AP とスイッチを設置することにより、各避難所間の通信を可能とするものである。ここで、避難所とは体育館や役場等であり、災害発生時に避難所としての利用が予想される公共施設を想定している。各避難所の無線 LAN の AP は業務用として設置し、通常時は無線 LAN の AP と基幹ネットワークを業務用のネットワークとして利用する。すなわち図 2 の VLAN 1 が庁内 LAN として利用される。

災害が発生したときには、避難所に集まった住民のために AP を解放し、VLAN 2 経由で、安否情報データベースへのアクセス、掲示板の利用および避難所間の VoIP 通信等のためのネットワークとして利用させる。

このようなネットワークを構築することは以下の利点があると考えられる。

- ① 既設のインフラを災害時にも活用することで、既設インフラの有効活用が期待できる。また、災害時利用という側面を出すことにより、へき地等におけるネットワーク整備促進が期待できる。
- ② VLAN 1 と VLAN 2 でユーザのトラヒックやアクセスを振り分けることにより、住民による業務用 LAN へのアクセス制限が実現できる等、セキュリティを維持することができ、公共施設の職員と住民等の異種のグループで共通のインフラを有効活用することが可能となる。

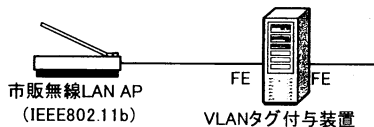


図3 VLANタグ付与機能付きAP

- ③ 基幹ネットワークが無線 LAN 等の自営網である場合は、通信事業者に非依存のネットワークを構築することが可能である。災害時では電話等のサービスの滞り等の避けたい事実もあることから、事業者ネットワークとは独立に機能し、災害に強く、より信頼性の高い防災・災害支援ネットワークを構築することができる。

3. VLAN タグ付与機能付き AP の性能評価

3.1. VLAN タグ付与機能付き AP の構成と機能

本手法を実現・評価するため、VLAN タグの付与と削除を行う AP を開発した。本 AP の構成を図 3 に示す。本 AP は IEEE802.1b 準拠の市販の無線 LAN 機器と VLAN タグ付与装置から構成される。VLAN タグ付与装置は FreeBSD 4.8 を実装した PC に FE (Fast Ethernet) のインターフェースを 2 つ具備して構成した。

今回の開発では、ネットワーク構成の単純化のため、RADIUS サーバ等との連携機能は具備せず、MAC アドレスと VID の対応表に基づいて、VLAN タグの追加・削除を行う機能のみを盛り込んだ。VLAN タグ付与装置は AP すなわち無線側から受信するイーサネットフレームに対しては、VLAN タグを追加し、ネットワーク側に転送する。その際、クライアントの MAC アドレスに基づいて、当該 MAC アドレスに対応する VID を付与する。ネットワークすなわち有線側から受信するイーサネットフレームに対しては、VLAN タグを削除し、AP 側に転送する。



図4 VLANタグ付与装置の性能評価試験構成

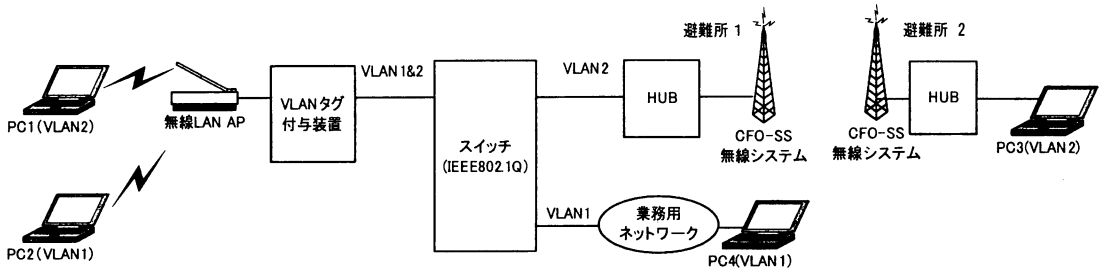


図5 ネットワーク構成

3.2. 性能評価

VLANタグ付与装置の性能評価試験構成を図4に示す。今回、VLANタグ付与ソフトを搭載したPCの仕様は、CPUがペンティアム4(2.8GHz)、メモリが512MBである。VLANタグ付与装置とIEEE802.1Qに対応したスイッチを対向させ、帯域測定ツールIperf[3]を搭載したPCを両端に配置する。いずれの機器もFEで接続し、この構成でIperfによりスループットを測定した。

ここで、VLANタグ付与装置とスイッチ間は、タグ付きフレームが、それ以外の区間はタグなしフレームが疎通することになる。PC1をサーバ、PC2をクライアントとした場合、PC1をクライアント、PC2をサーバとした場合で、TCPとUDPの双方について測定した。いずれの場合も80Mbit/s程度のスループットを得ることができた。FEのインターフェースとしてはほぼ限界に近いスループットであり、VLANタグ付与装置を実ネットワークに組み込んだ場合でも、当該装置がアプリケーションのトラヒック疎通に影響を与えないことが分かる。

4. 無線LANを使ったVLAN構成のフィールド試験

4.1. ネットワーク構成

これまで、岩手県において、防災・災害支援情報ネットワークとして、無線LANによる基幹ネットワークを構築し、無線LANの多段接続に伴う通信エラー特性を評価してきた[4]。

今回、本ネットワークの一部を活用し、災害時において避難所間を接続するという想定に基づいてネットワークを構築した(図5)。避難所間を接続する無線LAN装置はKDDI研究所が開発した2.4GHz無線LAN装置CFO-SS無線システムである[5]。避難所1において、開発したVLANタグ付与装置と無線LANのAPを設置する。本APは通常時は体育館などの職員が業務用に使用し、防災・災害時に避難住民にも開放することを想定している。VLAN1を庁内LAN(業

務用LAN)、VLAN2を防災・災害支援ネットワークと想定する。

4.2. ネットワークの特性評価方法

本ネットワークの特性として、スループットおよびIP電話等の音声品質に影響を与える遅延揺らぎを測定する。スループットと遅延揺らぎに関する測定方法は以下のとおりである。

(1) スループット測定

避難所1と避難所2にIperfを搭載したPC(PC1、PC3)を設置し、VLAN1上での背景負荷ありの場合となしの場合について、VLAN2におけるスループットを測定する。本測定は、TCPとUDPの場合について実施する。背景負荷ありの場合、VLAN1上のPC2とPC4で動画像ライブ伝送システムQualityMeeting[6]による双方向通信を行い、音声・動画像の背景負荷を与える。今回、動画像と音声として各々512kbit/sと128kbit/sを設定する。

(2) 遅延揺らぎ測定

避難所1と避難所2のIPネットワーク特性評価ツール[7]を搭載したPC(PC1、PC3)により、片側から一方方向に固定パケット長のUDPパケットを100ms間隔で送信し、送信側と受信側の両方でtcpdumpコマンドにより全パケットを収集する。捕捉したパケットの送信側における送信間隔と受信側における受信間隔の差分を遅延揺らぎとして算出する。これはRFC1889[8]で記述している連続RTPパケットの送信間隔と受信間隔の差分 $D(i, j)$ と同等である。本測定は片方向につき64bytesから1500bytesまでのパケットサイズ毎に実施し、逆方向についても同様に測定する。また、背景負荷ありとなしの場合について実施する。

4.3. 評価結果

(1) スループット測定結果

測定結果を表 1 に示す。背景負荷なしの場合の UDP スループットは 3.4Mbit/s であり、防災・災害時において実用に耐えうる通信速度であると考ええる。VLAN 1 に背景負荷がある場合は、背景負荷量に応じた VLAN 2 の帯域減少が確認できた。

表 1 測定結果

	スループット [Mbit/s]	
背景負荷なし	TCP	1.7
	UDP	3.4
背景負荷あり	TCP	0.8
	UDP	1.3

(2) 遅延揺らぎ測定結果

避難所 1 から避難所 2 の方向について、パケットサイズ毎に遅延揺らぎを 5 分間測定した。遅延揺らぎとその分布の割合を算出した結果を図 6 に示す。避難所 2 から避難所 1 の方向についての同様な測定結果を図 7 に示す。いずれのグラフも、パケット送信間隔とパケット受信間隔の差の絶対値として遅延揺らぎを計算し、最大値の範囲内で割合を表示している。

図 6 および図 7 の結果から、避難所 1 から避難所 2 の方向について、パケットサイズによる遅延揺らぎの分布の差異は見られないのに対し、避難所 2 から避難所 1 の方向の遅延揺らぎはパケット長が大きいほど、遅延揺らぎの値が大きい傾向にある。すなわち、パケットサイズによって分布に違いが見られる。また、遅延揺らぎの最大値も避難所 2 から避難所 1 の方向の遅延揺らぎは避難所 1 から避難所 2 の方向の遅延揺らぎの 20 倍程度の大きさとなっている。測定方向によって差異が存在するのは、避難所 2 における CFO-SS 無線システムのアンテナが市街地方向からの干渉波を受けているためと考えられる。

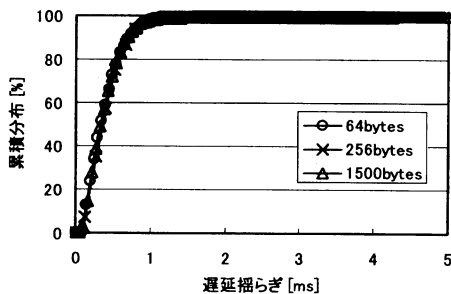


図6 遅延揺らぎ分布(避難所1から避難所2の方向)

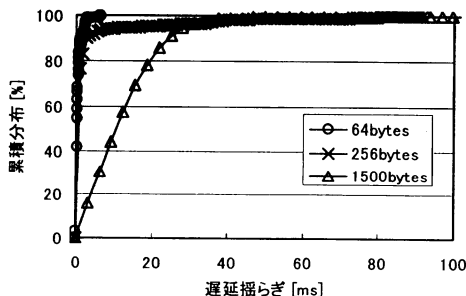


図7 遅延揺らぎ分布(避難所2から避難所1の方向)

5. まとめ

本報告では、災害時において無線 LAN 環境で VLAN を構築する方法について提案した。実ネットワークに本手法を適用し、ネットワーク特性を測定したところ、UDP で 3.4Mbit/s のスループットを得ることができ、サービス運用に耐えうる通信速度を確保することが確認できた。今後は、VLAN タグ付与装置における優先制御機能の盛り込み等の機能向上を図る予定である。

謝辞

本研究は、岩手県立大学、KDDI 研究所および KDDI の三者共同研究として実施し、通信・放送機構が岩手県に整備した「防災・災害情報ネットワーク研究設備」の一部を活用させていただきました。ここに記して謝意を表します。

文 献

- [1] 廣瀬功一, 山崎克之, “無線 LAN 環境における VLAN 構成方法,” 2002 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-5-196, Sep. 2002.
- [2] <http://www.kddilabs.jp/cygnus/>
- [3] <http://dast.nlanr.net/Projects/lperf/>
- [4] 廣瀬功一, 久保孝弘, 山崎克之, 柴田義孝, “無線 LAN のエラー特性とネットワークエミュレータの開発,” 電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会, IA2003-5, May 2003.
- [5] H.Ishikawa and H.Shinonaga, “Design of Carrier Frequency Offset-Spread Spectrum (CFO-SS) System Using 2.4 GHz ISM Band,” IEICE Trans. On Fundamentals, pp.2669-2676, Vol. E82-A, No.12, Dec. 1999.
- [6] 清水智行, 柳原広昌, 米山暁夫, 中島康之, “MPEG-4 ベースブロードバンドライブ伝送システムの開発 ～システム概要～,” 2002 年画像符号化シンポジウム(PCSJ2002), 第 17 回シンポジウム資料, P-1.03, Nov. 2002.
- [7] 伊藤嘉浩, 石倉雅巳, 浅見徹, “リアルタイム通信特性評価用トラヒックジェネレータ/アナライザの評価,” 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, IN97-47, June 1997.
- [8] H.Schulzrinne, S.Casner, R. Frederick, V. Jacobson, “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications,” RFC1889, Jan. 1996.