

# WiMAX 網を用いた独立型 VPN による センサからの高速波形遠隔監視システム

柴田 幸司\*, 花田 一磨\*, 大久保友裕\*\*

## A Remote Monitoring System for High-Speed Sensor Information Based on a Stand-Alone VPN over a WiMAX Network

Kouji Shibata\* Kazuma HANADA\* and Tomohiro OKUBO\*\*

### Abstract

In this study, an encrypted closed line was created over the Internet by building a stand-alone VPN with a VPN access router and a data communication terminal for WiMAX combination. It was also confirmed that information on temperature in locations remote from sensors could be acquired through a web browser using a smart device such as a tablet computer by connecting the equipment used to transmit and receive sensor information for the Ethernet to this VPN. The system can be set up anywhere because the WAN port of the router is connected to the WiMAX network. The results confirmed that this technology can be used to transmit information on sensors and switch circuit control over a public line with no risk of sniffing. The technique can be applied for a range of purposes, including the monitoring of electricity consumption and remote management of crops. The authors also believe the system has strong potential in education relating to information, communication and computer network technology on campus.

**Keywords :** *internet, VPN, WiMAX, mobile communication, remote monitoring system, port forwarding*

**キーワード :** インターネット, VPN, WiMAX, 移動体通信, 遠隔監視, ポートフォワーディング

### 1. はじめに

近年のインターネットの普及により、従来は

専用回線が必要であった遠隔地からのセンサ情報の取得システムが安価にて構築可能となっており、一方、モバイル回線を用いたデータ通信もここ数年で大きな進化を遂げ通信速度が年々高速化され、従来は不可能であった大きなデータをやり取りするカメラの高解像度な動画情報でさえも、移動体からインターネットへ無

---

平成 25 年 1 月 7 日受理

\* 工学部電気電子システム学科・講師

\*\* 工学部電子知能システム学科・4 年

線にて伝送が可能となった。このような背景においてすでに我々は携帯電話網と VPN (Virtual Private Network) アクセスルータとの組み合わせにより、たとえば山中など電話線の敷設が不可能な地域でも利用可能なインターネットに無線で接続する独立型 VPN を構築し、この VPN にセンサ取得装置を接続して実際にタブレットコンピュータなどのスマートデバイスを用いセンサから遠く離れた場所からでも Web ブラウザにて温度情報が取得可能であることを確認している<sup>1)</sup>。しかしながら WAN への無線接続に携帯電話網を用いた場合、回線の込み具合やモデムの受信環境により速度が安定しないことが多く、さらに昨今のスマートフォンの増加などにより通信量が無制限でのインターネットへの接続が見込めなくなっている。そこで本研究では、安定した高速なデータ通信を実現可能なモバイル WiMAX を用い独立した VPN を構築するとともに、この VPN に高速時系列データ伝送装置およびドップラーセンサを接続し、周囲の動きに対して反応し高速に変化する時系列電圧データを遠隔地から監視するシステムを確立した。

## 2. システムの概要

本システムは図 1 および 2 に示すとおり、VPN ルータ、モバイル回線端末およびイーサネットに対応したセンサ情報取得装置からなる。ここでルータには Web ブラウザにて各種設定を容易に行うことができるヤマハの RTX810 を選定した。また、モバイル回線端末にはイーサネット端子が内蔵されており 40Mbps の通信速度での WiMAX によるデータ通信が可能となるシンセイコーポレーションの Uroad Home を選んだ。さらに、センサ情報取得装置には NIC (Network Interface Card) および Web サーバを内蔵しており、イーサネット経由にて Web ブラウザより各種センサ情報からの高速な時系列波形の取得が容易に行える

九州共販の Conditon Catcher V を採用した。このシステム一式を任意の場所に配置すれば、携帯電話回線およびインターネットを介してセンサから得られた情報を世界中どこにいてもスマートフォンなどで確認が可能となる。

実際の構成は VPN ルータである RTX810 の WAN 端子に WiMAX 回線端末の Uroad Home を 100BASE-T のイーサネットケーブルを介して接続し、LAN 端子には同様に 100BASE-T のイーサネットケーブルにてセンサ情報取得装置である PICNIC および Condition Catcher V を接続する。なお、この LAN 端子に Web サーバを内蔵したネットワークカメラを取り付ければ、遠く離れた場所にて画像情報も取得可能となる。

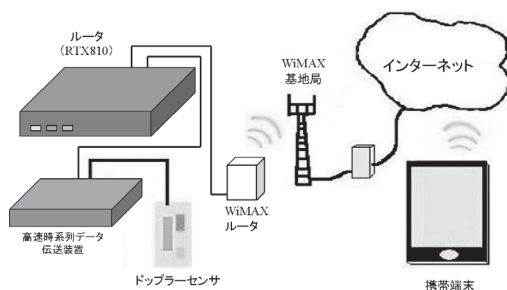


図 1 システムの構成



図 2 システムの構成

本来 VPN ルータである RTX810 は WAN 端子に FTTH や ADSL などの固定ブロードバンド回線を接続し、インターネットにアクセス可能な SOHO などでの小規模な LAN の構築を

想定した製品であるが、今回の構成では WAN 端子に WiMAX 端末を接続して独立型 VPN の構築している。なお、家庭向けの安価なブロードバンド回線対応の Wi-Fi ルータはダイナミック DNS や VPN が利用できない物がほとんどで、IPSec などへの拡張も視野に入れている今回の用途には適さないと判断した。ルータの設定は RTX810 の LAN 端子に取り付けられたノート PC などで行うことができるが、本来の用途よりこの端子に複数のパーソナルコンピュータや Wi-Fi ルータを接続すれば、安定した電源さえ確保できれば災害など非常時にもインターネットに高速で接続が可能となる自立した VPN-LAN が構築され、情報収集や連絡手段として有用なシステムとなる。

### 3. センサ情報取得装置

ルータの LAN ポートに接続するセンサからの高速な時系列情報の取得装置は、図 3 に示す NIC および Web サーバを内蔵した九州共販の Condition Catcher V を用いた。この装置は PIC により NIC を制御し、内蔵の A/D コンバータを駆使してイーサネットに接続された端末の Web ブラウザにてセンサ情報からの高速な電圧変化波形の監視を可能とする。周囲の物体の検知のためのドップラセンサ部は図 4 に示すとおり、内部で 10GHz 帯のマイクロ波を発生してアンテナから放出させ、移動した物体からの反射波との周波数の差をミキサで検出する図 5 の新日本無線の NJR4178J を用いた。なお、ドップラセンサからの出力電圧は微弱であるため、



図 3 WEB で高速時系列電圧が取得可能な Condition Catcher V

実際にはこれを 10 倍のオペアンプにて増幅し Condition Catcher V に入力した。

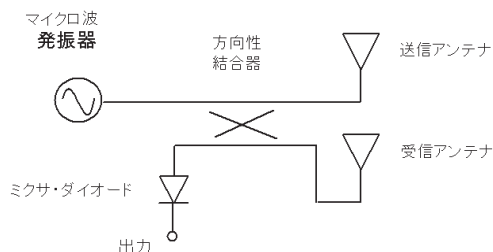


図 4 ドップラセンサのブロック図



図 5 10GHz 帯ドップラセンサ

### 4. インターネット関連の設定

本構成では一般には外部からスマートフォンなどによりインターネットを介して LAN 内部にアクセスさせるため、VPN ルータの WAN 側の端子にはグローバル IP アドレスを割り当てる必要があるが、今回はこの WAN 端子への接続に WiMAX 網を想定しており、この端末の WAN 端子には通常グローバル IP アドレスを割り当てることから、ダイナミック DNS などのサービスを利用すればルータの NAT 機能のみにより公衆回線であるインターネットから LAN 内部へのアクセスが可能となる。しかし WiMAX 端末の LAN 端子を経由し VPN ルータの RTX810 を接続すると RTX810 の WAN 端子にはグローバルアドレスが割り当てられず、外部から WiMAX 端末の内側の LAN へのアクセスが出来ない。よって、この問題に対し

WiMAX ルータである Uroad Home の Web 設定画面にてファイアウォールのポートフォワーディングを選択し、TCP プロトコルの 1723 番ポートを設定して LAN への PPTP パケットのポート転送の設定を行った。さらに、システムファイアウォールにて WAN からの Ping 接続と VPN パススルー機能を許可した。一方、RTX810 の WAN 端子にはプライベート IP アドレスである 192.168.100.202、ゲートウェイおよび DNS は 192.168.100.254 を設定した。この場合の機器の配置とアドレスの設定の関係を図 6 に示す。

実際に VPN ルータの LAN 端子に接続された機器にアクセスするためには、クライアントの LAN または端末とホストとの間にトンネルを構築する必要がある、センターと拠点のトンネリングにて、おのおのの LAN に多くの端末が接続される場合には一般に VPN ルータを 2

つ必要とする IPSec プロトコルを用いるが、ここでは安価な構成が可能でスマートフォンやタブレットコンピュータなどのスマートデバイスとも親和性の高い PPTP (Point to Tunneling Protocol) を採用した。さらに RTX810 は PPTP サーバを内蔵しており、別途サーバを立ち上げる必要がなくこのルータのみで外部から LAN への VPN でのアクセスが可能となり、クライアント側もプライベート IP アドレスでの利用が可能であることから大幅なコスト削減が見込める。

PPTP の具体的な設定では、暗号鍵生成の認証方式としてセキュリティの実績を有する MS-CHAP v2 を採用した。また、LAN 端子に接続した各機器の IP アドレスの割り当ては RTX810 の LAN 側ネットワークアドレスは 192.168.26.0/24 すなわち、ネットマスクを 255.255.255.0 とした。ここで LAN 端子に接続される機器としてネットワークカメラ、センサ情報取得システム、NAS、VPN ルータや各種ネットワーク機器の設定やリモートデスクトップ・ホストのためのパーソナルコンピュータ等が考えられるが、VPN が確立している状態で外部から LAN 内部にアクセスするために接続機器の IP アドレスは固定する必要がある。そこで、設定用のパーソナルコンピュータ等へは DHCP サーバにてプライベート IP アドレスを 192.168.26.32 ~ 192.168.26.63 の範囲でダイナミックに配布し、LAN 外部からインターネット経由で接続する 2 台の PICNIC と 1 台の

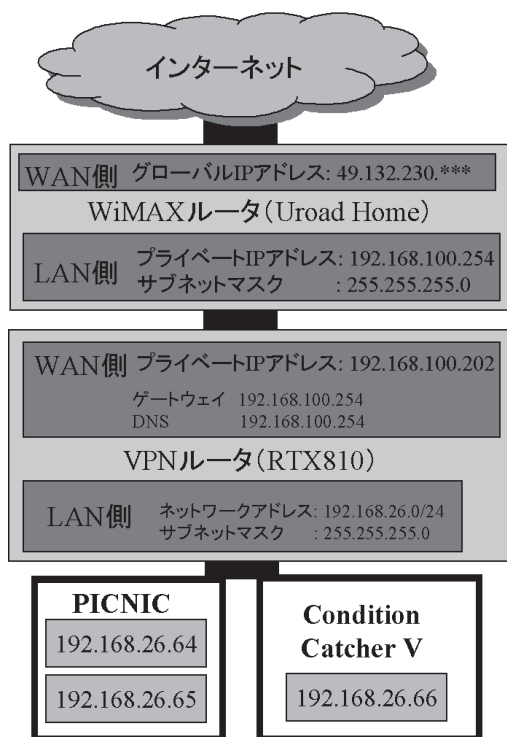


図 6 VPN とポートフォワードの為の IP アドレスの設定

	WANポート	Uroad Home	通信中
	プロバイダ接続	PP[01] 接続名: bmobile Mobile 接続	プライベート 192.168.100.202/24 切断 携帯端末がマウントされていません(1547)
		PP[03] 接続名: モバイル無線 接続名: モバイル無線 Mobile 接続(自動接続先)	切断 携帯端末がマウントされていません(1547)
	RAS 接続	PP[02] 接続名: VPN2 VPN 接続	切断 接続先のホスト名または IP アドレスに誤りがあります(825) 2012/11/05 14:39:15
	RAS 接続 (Anonymous)	ユーザー名: shibata	通信中

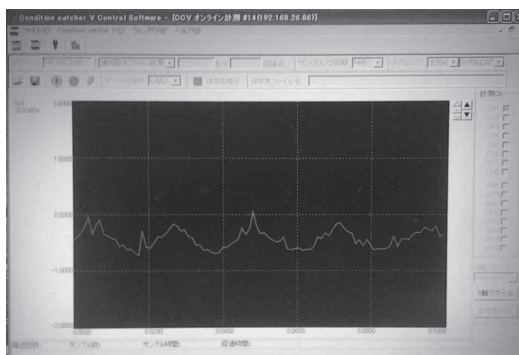
図 7 ルータの接続状態の確認

Condition Catcher V はそれぞれ 192.168.26.64、192.168.26.65 および 192.168.26.66 の固定プライベート IP アドレスを設定した。これにより、各端末の情報が Web ブラウザ等にて任意の場所から同時に確認可能となる。

PPTP を用いインターネット経由にて本システムに接続時の管理画面を図 7 に示すが、WiMAX 回線にてルータの WAN 側に固定されたプライベート IP アドレス 192.168.100.202/24 が割り当てられ VPN 接続での通信が行なわれている。

### 5. 遠隔監視の実例

これらのシステムにより外部からセンサ情報を監視制御するためには、さらにインターネットに接続された端末側の VPN の設定が必要であり、今回は Windows XP を搭載したノート PC を用意した。なお、両端末とも学内の LAN に頼らずシステムを完結させるため、いずれも WiMAX 回線からアクセスしている。この環境にてドップラーセンサからの出力波形を計測した結果を図 8 に示す。この図より、192.168.26.66 の高速波形取得装置にアクセスし、そのアナログ入力端子に接続したドップラーセンサからの物体の移動による波形の出力が遠隔地にて連続的に観測できていることが確認できる。



8 Windows XP でのセンサ情報の表示結果

### 6. まとめ

本研究では VPN アクセスルータを用いて独立型 VPN を構成し、ネットワーク対応のセンサ情報受信装置との組み合わせにより、インターネット上に張られた暗号化された閉じた回線による遠隔地のセンサ情報取得システムを構築した。そして、外部の任意の場所からインターネットを介してスマートデバイスなどにより本システムに接続し、高速な時系列センサ情報が取得可能であることを確認した。その際、WAN 端子に WiMAX 回線を接続することにより、任意の場所に設置された本システムにて他人に盗聴されることなく高速で変化するセンサ情報の確認が可能であることを示した。この成果はたとえば遠隔地での電力使用量の把握や農作物の管理、さらに沿岸部での海産物の監視などへ応用でき、学内における情報通信およびネットワーク技術の教育にも有用であると考えられる。今後の課題としては太陽電池などによる独立電源や蓄電設備との組み合わせなどが考えられる。

### 参考文献

- 1) 携帯電話網を用いた独立型 VPN によるセンサ情報遠隔監視制御システム 八戸工業大学紀要 31, pp147-152, 2012-3.
- 2) 谷山 亮治：企業ネットをじぶんで作ろう，pp.148-158, 日経 BP 社，2011.
- 3) ギガアクセスルータ RTX810 取り扱い説明書，Yamaha, 2011.
- 4) トライステート社ホームページ <http://www.tristate.ne.jp/new-pic-nic/new-pic-nic.htm>



## 要 旨

本研究では VPN アクセスルータと WiMAX 端末との組み合わせにより独立型 VPN を構築することによりインターネット上に暗号化された閉じた回線を実現した。さらに、この VPN にイーサネット対応のセンサ情報受信装置を接続し、実際にタブレットコンピュータなどのスマートデバイスを用いセンサから遠く離れた場所からでも Web ブラウザ上で高速変化するセンサ情報を取得が可能であることを確認した。本システムはルータの WAN ポートに WiMAX 網を接続することから任意の場所に設置が可能であり、公衆回線から他人に安易に盗聴されことなくセンサ情報の確認が可能であることを示した。この成果はたとえば電気の使用量の把握や農作物の遠隔管理さらには海産物の盗難の監視などへ応用できるほか、学内におけるネットワークの教育にも有用であると考ええる。

キーワード：インターネット，VPN，WiMAX 網，移動体通信，遠隔監視，ポートフォワーディング