

山岳地帯における 無線通信ネットワークの設置と利用について

戸谷 伸之* ・ 田原 和哉** ・ 間瀬 秀樹***

Utilization of Wireless Communication Networks In Mountainous Regions

Nobuyuki TOYA Kazuya TAHARA Hideki MASE

Abstract — In our previous study, we proposed the monitoring system of natural trail using Wi-Fi wireless network combined with sub-network sensors and developed the experimental system. Using this system, we have tested the transmission properties of data signals at the mountain trail of Mt. Meakan-dake in the Akan National Park, Hokkaido. In this study, taking the results of these tests into consideration, we examine the applicability and evaluate the effectiveness of the proposed system.

Key words : Sensor network, Forest region, Wireless network

1. はじめに

センサを搭載した多数の無線通信機器によるセンサネットワークは様々な分野における利用が研究されている[1]。登山道などの自然歩道において、付近の自然環境情報を利用者に向けてローコストで提供することが可能になると、様々な応用が期待できる。例えば、登山道において、1日の間に大きく変化する山頂の天候状況を登山中の客に知らせたり、ルート間違いを

自動的に検出・通知したりすることで、事故を未然に防ぐことができる(図1)。また遊歩道付近の植生、動物の活動状況等を知らせることも可能となり、自然環境の体験的学習への導入なども考えらえる。さらにこれらの情報を視覚的に解り易いスマートフォンなどのアプリケーションを用いて提供することによって相乗効果が期待できる。我々はこれまでの研究において、自然歩道の刻々と変化する自然環境情報を取得し、利用者に提供するために必要な無線通信ネットワークを構築してきた。さらにこれを用いてフィールド実験を行ってきた[2]。

そこで本研究では、これまでの結果をフィードバックし、ネットワークの有効利用について検討する。

2. 無線通信ネットワークの構成

フィールドに適用するネットワークの構成図を図2

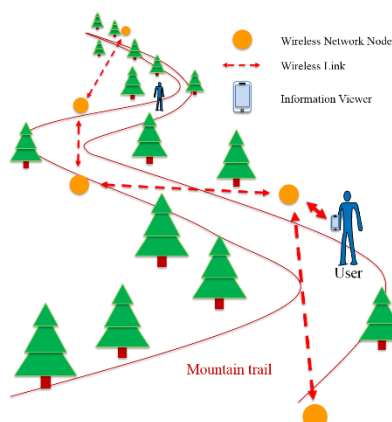


図1 提案システムの概要

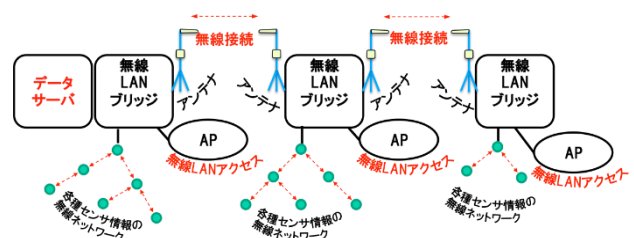


図2 無線通信ネットワークの構成

* 釧路高専 電子工学科

** 釧路高専 電子情報システム工学専攻

*** 釧路根室圏産業技術振興センター

に示す。幹線となるネットワークは2.4GHz帯の無線LANブリッジと指向性の高いアンテナを用いて構築する。森林地帯にある自然歩道周辺においては電波が減衰するため、ブリッジは概ね自然歩道に沿って適切な間隔ごとに設置してマルチホップで伝送することを想定している。さらに各ブリッジ付近の状況を観測するためのセンサネットワークがサブネットワークとしてハブを介して接続され、ここで取得される温度、風速などの情報はセンサネットワーク、幹線を経由して、適切な場所（登山道麓のロッジ等）に設置されたデータサーバに蓄積される。利用者はスマートフォンなどを用いて、自然歩道の要所に設けられたホットスポット等からデータサーバにアクセスし、情報を閲覧することが可能である。無線LANの駆動電力は、太陽電池とバッテリーを併設することで、日照が悪い状況へ対応することを考えている。またセンサネットワークとしては多数のノード数が設定可能で、低電力駆動が可能なZigBeeの使用を考えている。

3. フィールド実験

これまで複数のフィールドにおいて実験を行い、提案システムの設置可能性について調べてきた[2], [3]。2012年7月26日に実施した実験について紹介する。阿寒国立公園内にある雌阿寒岳の登山道中腹部において一対の無線LANブリッジを設置し、指向性アンテナを用いて無線接続の特性評価を行った。図3



図3 雌阿寒岳の登山道と通信機器の設置拠点

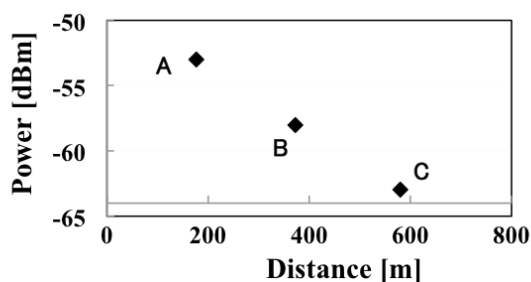


図4 各配置拠点における受信電力

は登山道に沿った無線通信機器の配置拠点を示している。ここでは無線ブリッジとしてICOM社製SB-520、指向性アンテナとして同社製AH-166 (19 dBi)を用いた。無線機器は、登山道（雌阿寒温泉）の図3の拠点O（標高1000m）に送信機を、拠点A～D（標高1070m～1250m）に受信機を配置した。アンテナはポールを用いて2m以上の高さで固定した。実験当日の天候は晴天であり、霧、降雨は無かった。図4に取得された受信電力の変化を示す。送受信機間の距離が離れるに従い、樹木（主にエゾハイマツ）による電波強度の減衰の影響から、受信電力が低下する傾向が見られるが、拠点A～Cでは全て-65dBmを下回ることがなく、良好な特性であるといえる。ただし、拠点Dでは地面の張り出しから受信不能となった。アンテナ間通信路の遮蔽が大きく影響しているものと考えられる。それ以上の高度（拠点E、P）における実験は強風のため、実施出来なかったが、頂上付近と拠点C間の見通しは良好であり、通信が可能であると予測される。さらに、拠点C付近から登山口付近までの見通しも良好で、通信可能であると予測できる。このような長距離通信の可否については、同年6月12日の拠点Oと麓の拠点（道道664号沿い）間の通信実験（受信電力-66dBm～-70 dBm）で確認している。

4. 無線通信ネットワーク実用化の検討

雌阿寒岳の実験結果から、実際に雌阿寒岳にネットワークを適用することを考える。雌阿寒岳は標高が高く、山頂付近の変わりやすい気象情報を麓に伝えることは重要である。また活火山であることから噴火時など緊急時の対策が必要である。さらに、ヒグマなど野生動物の目撃情報なども多く寄せられる場所である。このような状況から、登山道利用者向けのサービスについて検討する。

4. 1 山頂周辺の情報取得・提供について

登山道沿いの情報を麓に送るためには、マルチホップ伝送が要求される。3章で使用した機材のマルチホップ特性を図5に示す。この特性からブリッジにお

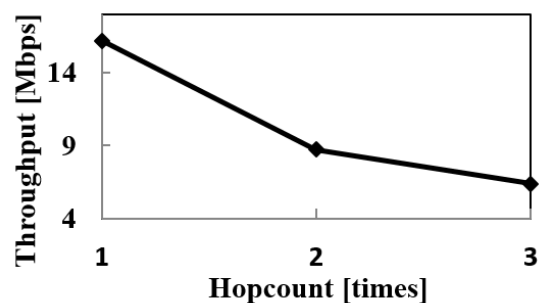


図5 マルチホップ伝送におけるスループット

るスループットはホップ数が増えると低下していくことがわかる。ただし3ホップの通信においても5 Mbps以上の速度で伝送が可能であり、実用性は保たれていると考えられる。このことから、データの取得位置からデータ蓄積位置までの経路を、なるべく少ないホップ数で通信する必要がある。これを踏まえて雌阿寒岳におけるブリッジの適切な設置について検討した。図6はその一例を示す模式図である。図中の丸印が無線LANブリッジの設置位置である。また登山道沿いのデータを管理（蓄積・提供）するサーバは登山道付近に設置することを想定する。この場合山頂付近の拠点Pから麓の間は3ホップ（拠点P→拠点E→拠点C→麓）で通信経路が形成できる。その他の拠点Oより標高の高いブリッジについても同様に3ホップ以内で麓と通信が可能である。各種センサやサブネットワークは山頂から拠点Oまでの各ブリッジに適切な間隔で配置され、ここから得られる情報は、ブリッジを経由して麓のサーバで集約することが可能となる。また反対にこれらの情報を利用者に提供するには、ブリッジとアンテナをアクセスポイントとして併用する方法が効率的である。この場合各ブリッジ間を結んだ電波の経路と交差する、登山道周辺の多くのスポットからWi-Fiアクセスが可能となることが予測される。

4. 2 森林地帯の諸情報取得について

ヒグマなどの野生動物は主に麓付近の森林地帯で活動するため、ネットワークを森林内に設置することになる。この場合は森林による電波の減衰の影響が大きいため[2]、多数のノード数を短い間隔で配置できるZigBee等のセンサネットワークをサブネットワークとして活用することになる。メンテナンス性を考慮するとノード数はなるべく少なくする必要があるため、センサの設置箇所をなるべく絞り効率化を図る必要がある。また動物のセンシング方法については、なるべく広範囲のセンシングが可能かつ登山者と動物の区別が可能なものを考える必要がある。これには赤外線センサや人感センサなどの応用が考えられるが、野生動物との区別の面ではまだ発展途上の技術であり、今後の研究やフィールド実験により有効性を調査したい。

現在、阿寒国立公園内にある白湯山に長期間無線



図6 無線LANブリッジの適切な配置の検討

LANブリッジを長期間設置して実験を行っている[3]。この拠点においても雌阿寒岳で用いたものと同様の機器を使用し、データ取得を行い、システムの有用性について検討しているところである。この成果については別途発表したい。

4. 3 電力供給に関する検討

山中における電力源として、太陽光モジュールとバッテリーの併用を検討している。無線LANブリッジの消費電力は最大10 W、電流0.83 Aであり、サブネットワーク（ZigBee）の機器が最大10.4 W、電流0.87 Aである。その他の機器の使用も考え、太陽光モジュールには最大出力54 WのCVFM-0540T2-WH（Clean Venture21製）を検討している（表1）。図7に電力供給システムの構成を示す。太陽光パネルの設置位置の日照、時間帯による電力供給の変化、夜間のシステム休止制御等を総合して実用性を検討する必要がある。

5. まとめ

雌阿寒岳におけるフィールド実験の成果を基に無線機器およびセンサの適切な配置について検討し、その実現可能性が確認できた。今後は電力供給について実験を行い、無線機器設置フィールドにおいて長期間にわたる運用可能性について確認していきたい。

参考文献

- [1] 豊田新, “センサネットワークを活用した環境モニタリングシステム,” 信学誌, Vol. 89(5), pp. 419-423, 2006.
- [2] 戸谷伸之 志村直人 森靖比古 間瀬秀樹, “自然歩道における自然環境情報取得システムの開発,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2013年_通信(2), 294, 2013.

[3] 戸谷伸之 田原和哉 間瀬秀樹, “自然歩道における自然情報取得のためのネットワーク設置について,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2015年_通信(2), 21, 2015.

表 1 太陽光モジュールの諸元

最大出力 (Pmax)	54 W
最大出力電流 (Iom)	3.34 A
寸法	1020×690 mm
充電用途	12 V バッテリー

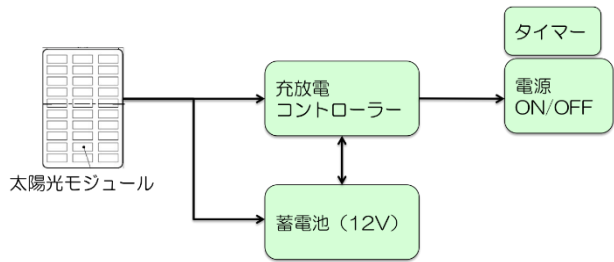


図 7 電力供給システムの構成