

監視カメラ向け無線ネットワーク

堀 敏典*
相川秀斗*
石田秀徳*

Wireless Network for Surveillance Cameras

Toshinori Hori, Hideto Aikawa, Hidenori Ishida

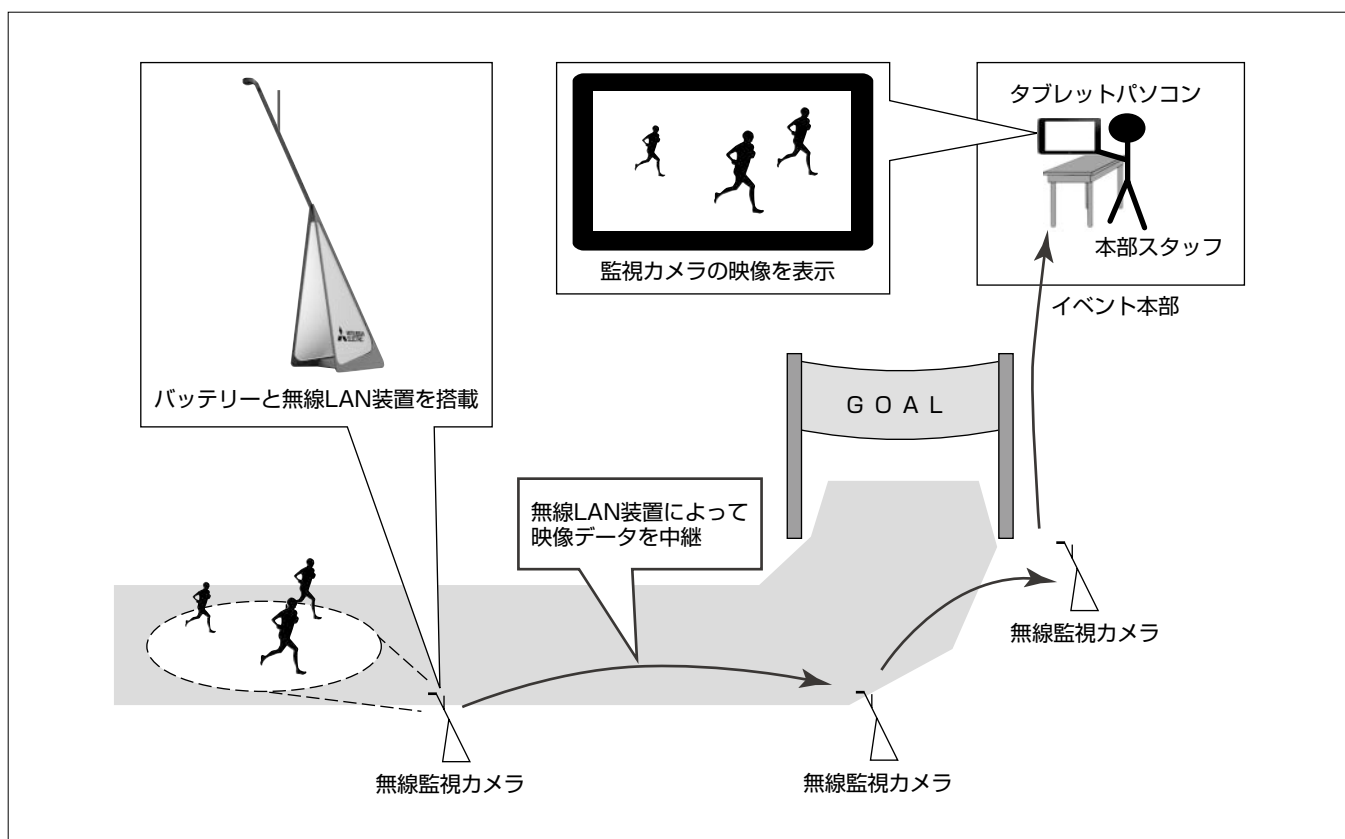
要 旨

近年、マラソン大会や花火大会、野外コンサートなどの人が多く集まる大規模なイベント会場で、安全・安心を確保する手段として、映像監視システムの導入が求められている。しかし、映像監視システムの導入には電源や通信回線の敷設工事が必要であり、短期間のイベントではコストだけでなく工事期間の面で課題がある。

そこで、三菱電機は、仮設用途に着目して、監視カメラの設置のみで映像監視システムを構築する“監視カメラ向け無線ネットワーク”を開発した。このシステムの無線監視カメラはバッテリーと無線LAN(Local Area Network)装置を搭載しており、無線LAN装置でバッテリレー方式でデータを中継するマルチホップネットワークを自動的に

構築する。このネットワークにタブレットPCを無線LAN装置で接続することで、監視カメラの映像を表示する。これによって、電源や通信回線の敷設工事が不要な映像監視システムを構築できる。また、マルチホップネットワークを構築、運用するための支援ツールとして、専門知識のない作業員が無線状態を視覚的に把握しやすい無線ネットワークの見える化ツールを開発した。

2015年3月に開催された横浜マラソンで、このシステムを用いて実証実験を実施し、①通信エリア、②映像伝送、③設置容易性について検証した結果、実環境での有効性を確認できた。



監視カメラ向け無線ネットワークの活用例(マラソン大会)

バッテリーと無線LAN装置を搭載した無線監視カメラを設置し、無線LAN装置に組み込んだマルチホップ機能で、電源や通信回線の敷設工事が不要なマルチホップネットワークを構築する。マルチホップネットワークで各監視カメラの映像データを中継し、一般的な無線LAN装置を搭載したタブレットパソコンなどで監視カメラの映像をモニタリングする。

1. ま え が き

近年、マラソン大会や花火大会、野外コンサートなどの人が多く集まる大規模なイベント会場で、安全・安心を確保する手段として、映像監視システムの導入が求められている。これまでの映像監視システムでは、監視カメラを設置する際、電源を確保するための電源工事と、映像データを伝送するための有線回線の敷設工事が必要であった。既に電源や有線回線が張り巡らされているビルなどの屋内では、監視カメラの設置が容易な場合もあるが、屋外の一時的な映像監視システム導入のための電源や有線回線の敷設工事は、コスト及び工事期間の面で課題があった。

そこで、電源や有線回線の敷設工事が不要な監視カメラ向け無線ネットワークの開発を行った。数日間の一時的なシステムであることに着目し、電源はバッテリーによって確保し、有線回線を無線化することで、システム構築のための工数を削減した。有線回線の無線化に当たり、無線LAN装置を用いてバケツリレー方式でデータを中継するマルチホップネットワーク機能を開発した。

さらに、マルチホップネットワークの構築、運用を支援するための無線ネットワークの見える化ツールを開発した。これによって、専門知識がない作業員にも無線監視カメラの設置場所や運用時の状況の把握が可能となった。

本稿では、監視カメラ向け無線ネットワークでマルチホップネットワークを構築するための無線LAN装置のマルチホップ機能と無線ネットワークの見える化ツールについて述べる。また、2015年3月に神奈川県横浜市で開催された横浜マラソンで実証実験を行ったので、その内容と結果を述べる。

2. マルチホップ機能

一般的な無線LANシステムでは、AP(Access Point)に有線回線を敷設する必要があり、敷設工事に高額なコストが伴う。そこで、有線回線の敷設工事を不要とするために、無線LAN装置でバケツリレー方式でデータを中継するマルチホップ機能を開発した。マルチホップネットワークのシステム構成を図1に示す。このシステムではマスタとなる無線LAN装置が1台存在し、スレーブとなる他の無線LAN装置が自動的にマルチホップネットワークを構築する。

次に構築手順を述べる。はじめに、スレーブはSTA(STAion)として動作して周囲のAPを探索する。探索が終わると探索中に検知したAPの接続判定を行う。接続判定にはAPのビーコンに付与されているSSID(Service Set Identifier)情報とホップ数情報、ビーコンの受信電力を用いる。スレーブはSSID情報から帰属するネットワークであることを検知し、ホップ数情報からホップ数が最も少なくなかつビーコンの受信電力が最も大きいAPを選択する。ここで、あらかじめ設定している受信電力しきい値よりも

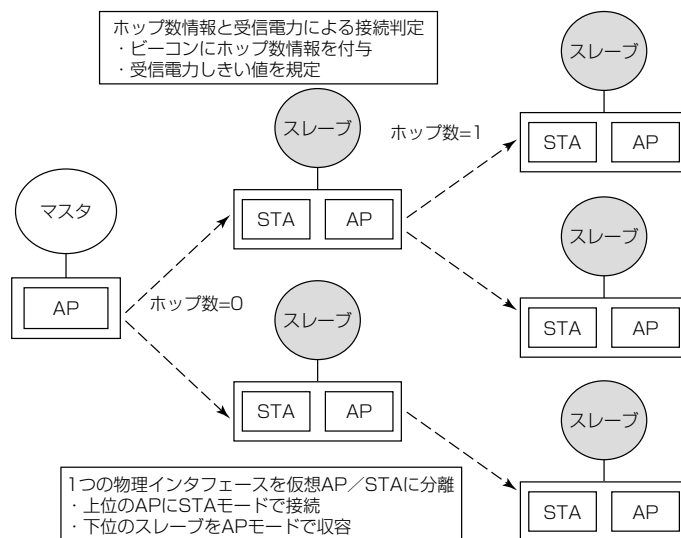


図1. マルチホップネットワークのシステム構成

受信電力が大きい場合に接続を行う。もし、受信電力がしきい値以下の場合には、次にホップ数が少なく受信電力が大きいAPを選択し、しきい値判定を行う。接続可能なAPが見つかるまでこれらの動作を繰り返す。なお、APとの通信の暗号化方式はWPA2(Wi-Fi Protected Access 2)-PSK(Pre-Shared Key)AES(Advanced Encryption Standard)を採用している。

次に、APと接続したスレーブはAPとしての動作を開始する。ビーコンには自身が接続したAPのホップ数に1を加算した値をホップ数情報として付与する。このようにして段階的にネットワークを広げていき、ツリー構造のマルチホップネットワークが構築される。また、各無線LAN装置はAPとして動作しているため、ノートパソコンやタブレットパソコンに搭載されている一般的な無線LAN装置を収容することが可能である。

また、無線通信品質が悪くなり、接続していたAPとの通信が切断された場合には、先に述べた構築手順を用いてマルチホップネットワークを再構築することが可能である。

3. 無線ネットワークの見える化ツール

無線LANシステムの構築に際し、無線機の設置位置決定や運用状況把握は、無線に対する専門知識がないと困難である。そこで、無線ネットワークのトポロジーや無線機の受信電力、スループット、データの誤り率などの状況を可視化する無線ネットワークの見える化ツールを開発した。無線ネットワークの見える化ツールはタブレットパソコン上のアプリケーションで、タブレットパソコンはマルチホップネットワークに無線LAN装置で接続して各無線LAN装置からの情報を収集する。

無線ネットワークの見える化ツールによる無線ネットワークのトポロジーの表示例を図2に示す。この画面では現在の無線LAN装置同士の接続関係を可視化し、受信電力

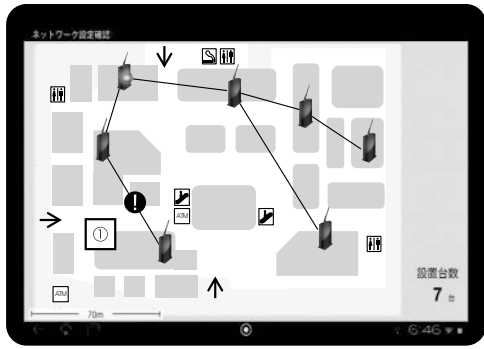


図2. マルチホップネットワークのトポロジー表示例

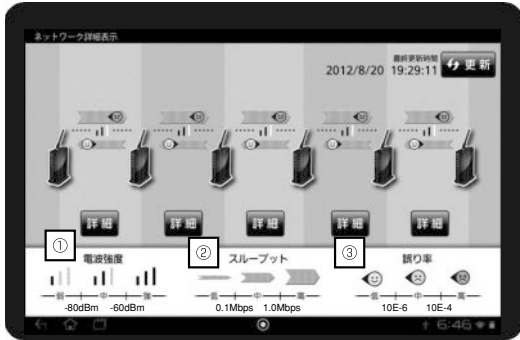


図3. 無線回線の詳細情報表示例

が低い回線やデータの誤り率が高い回線には警告マークが表示される(図2①)。

無線ネットワークの見える化ツールによる無線回線の詳細情報の表示例を図3に示す。この画面では、無線通信の知識がなくとも状況が把握できる工夫として、受信電力をアンテナのインジケータで示し(図3①)、トラフィック量は矢印の太さで示し(図3②)、データの誤り率は表情で示している(図3③)。なお、これらの情報はタブレットパソコンに保存されており、ネットワーク技術者による解析が可能である。

このように無線LANネットワークを可視化することで、無線に対する知識がない作業員でも無線回線の良し悪(あ)しを判断でき、設置や運用時の支援に役立つ。

4. 実証実験

4.1 目的

2015年3月に神奈川県横浜市で開催された横浜マラソンで、監視カメラ向け無線ネットワークの実証実験を行った。実証実験の目的は次の3つの項目である。

- (1) 通信エリアの検証
- (2) 映像伝送の検証
- (3) 設置容易性の検証

4.2 構成

4.2.1 使用機材

実証実験に使用した無線監視カメラを図4に示す。この無線監視カメラには上部に監視カメラと無線LAN装置を搭載し、無線LAN装置には高利得アンテナを接続して通信エリアを確保する。また、下部にバッテリーを搭載する

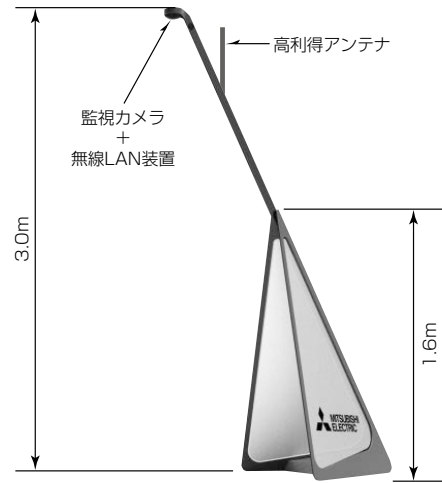


図4. 無線監視カメラ

表1. 監視映像の諸元

パラメータ	仕様
コーデック	Motion JPEG (Joint Photographic Experts Group)
フレームレート	10fps (frames per second)
解像度	640×480

表2. 無線LAN装置の諸元

パラメータ	値
送信電力 P_t	9.5dBm
送信アンテナ利得 G_t	9 dBi
受信アンテナ利得 G_r	9 dBi

ことで、電源ケーブルが不要である。無線LAN装置の地上からの高さは3mであり、多数の人が周囲に存在しても無線LAN装置同士は見通し内となる。

この実証実験での監視映像の諸元を表1に示す。また、無線LAN装置の諸元を表2に示す。

4.2.2 設置場所

図5に無線監視カメラの設置場所を示す。午前6時から午前8時までは選手が受付を行う展示ホールに6台の無線監視カメラを設置(図5①)して、大会本部のタブレットパソコンで各カメラの映像をモニタリングした。図6は展示ホールの設置風景である。また、午前10時から午後3時まではゴール付近に6台の無線監視カメラを移動して(図5②)、ゴール付近のタブレットパソコンで各カメラの映像をモニタリングした。図7はゴール付近の設置風景である。なお、マルチホップネットワークを構成する無線LAN装置同士は見通し内となるように設置した。

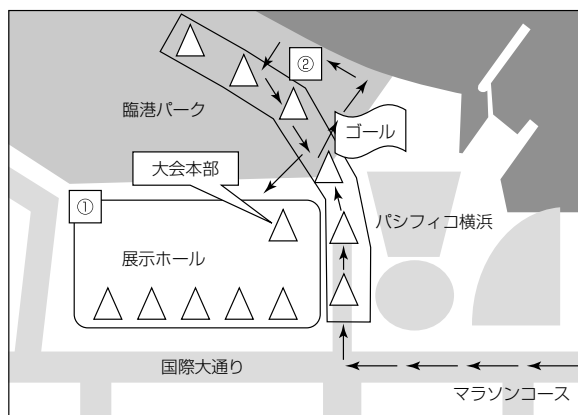
4.3 検証結果

4.3.1 通信エリア

実証実験で得られた受信電力の実測値と理論値を比較して、実環境における通信エリアを検証する。

はじめに理論値の計算式を導出する。一般的な自由空間での減衰 L の理論式を示す。

$$L = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = 10 \log \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)^2 + 10 \log (d)^2 \dots\dots\dots(1)$$



△：無線監視カメラの設置場所

図5. 設置場所



図6. 展示ホールの設置風景



図7. ゴール付近の設置風景

d : 送信機から受信機の距離

λ : 波長 = 0.053 (m) (周波数 = 5.6 (GHz))

式(1)の第1項は波長のみ依存するため定数となり、式(1)は式(2)となる。

$$L = 47.4 + 10 \log(d)^2 \dots\dots\dots(2)$$

周囲の環境が自由空間ではない場合、理論式は以下の式(3)で表される。

$$L = 47.4 + 10 \log(d)^N \dots\dots\dots(3)$$

N : 伝搬減衰係数

また、送信電力を P_t 、送信アンテナ利得を G_t 、受信アンテナ利得を G_r とした場合、受信電力 P_r は式(4)で表される。

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L \dots\dots\dots(4)$$

受信電力の理論値は、式(4)に4.2.1項で示した表2の値を代入すると、式(3)の伝搬減衰係数 N と距離 d をパラメータとして求めることができる。

次に、無線LAN装置間の受信電力の実測値と理論値を比較した計算結果を図8に示す。図から実測値は伝搬減衰係数 $N=2, 3$ の理論値の間に収まっていることが分かる。

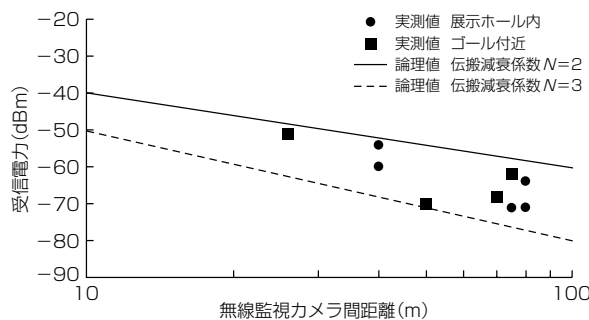


図8. 無線LAN装置間の受信電力

無線LAN装置を無線監視カメラの上部に設置して見通しを確保することで、人が密集する場所でも2乗則から3乗則の環境を実現でき、所望の通信エリアを確保できた。

4.3.2 映像伝送

展示ホールに設置した6台の無線監視カメラの映像を大会本部に設置しているタブレットパソコンで個別に確認した。この実証実験では監視カメラの映像のコーデックをMotion JPEGとしたため、部分的な映像のブロックノイズがなく、途切れのない映像を伝送することができた。また、この実証実験で用いたフレームレートと解像度であれば、人の集まり具合や往来状況を判別可能であることを確認できた。ゴール付近に設置した場合でも同様の結果が得られ、実環境で無線監視カメラの映像を伝送できることが確認できた。

4.3.3 設置容易性

展示ホールへの設置やゴール付近への配置変更に必要な時間は1時間程度であり、電源及び有線回線の敷設工事が不要なこのシステムを用いることで設置などにかかる時間を短縮できることを確認できた。また、会場の設営状況に応じて無線監視カメラの設置を変更せざるを得ない場合に、無線ネットワークの見える化ツールの受信電力情報などによって、設置位置の調整や運用状況の把握が可能であることを確認できた。

5. む す び

開発した監視カメラ向け無線ネットワークのマルチホップ機能と無線ネットワークの見える化ツールについて述べた。また、実証実験によって、実環境で通信エリアを確保することができ、映像伝送のアプリケーションが動作することを確認した。さらに、設置の際の無線ネットワークの見える化ツールの有効性を確認できた。今後は、事業化に向けて更なるユーザーのニーズの拾い上げを行うとともに、無線LAN装置の簡単設定などに取り組んでいく。

参考文献

(1) 平井博昭, ほか: 無線LANによる中継ネットワーク構築方法の一検討, 電子情報通信学会ソサイエティ大会2013年通信(2), B-19-9 (2013)