3X-08

AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理手法の提案

村岡 諒 †1　山崎 蓮馬 †1　阿部 亨 †1,†2　菅沼 拓夫 †1,†2
†1 東北大学大学院情報科学研究科　†2 東北大学サイバーサイエンスセンター

1　はじめに

スマートフォンやタブレットなどの高機能携帯端末や，ネットワーク機能を持ったセンサの普及に伴い，無線ネットワークの容易かつ即時な構築が一般的になりつつある．その中で，無線アドホックネットワークは基地局やアクセスポイントなどのネットワーク基盤が十分提供できない環境，また緊急性の高い状況などにおける一時的な簡易ネットワークの構築手段として，その応用が求められている．

しかしながら，小型センサによるセンサネットワークなどの屋外アドホックネットワークにおいては，周辺環境による影響やノードのバッテリ残量によるセンサ性能の変化，無線通信の不確実性に起因するネットワークの不安定さの課題があり，その管理・運用の高度化・効率化のためには，現場でのネットワーク状態の即時的な把握が重要である．

そこで本研究では，屋外アドホックネットワークの効果的管理の実現を目的とし，ディジタル情報を重ね合わせて現実空間を拡張する拡張現実感 (Augumented Reality : AR) 技術を応用した，AR 型の屋外アドホックネットワーク管理支援手法の考察を行ってきた [1].

本稿では，AR を用いた屋外アドホックネットワークを対象とした管理手法を提案し，その手法と応用分野について議論する．また，提案手法に基づいたプロトタイプシステムの実装を行い，その実現可能性について実験を通して示す．

2　関連研究と課題

無線ネットワークの AR 可視化技術として　位置推定技術を用いた無線センサネットワーク可視化システム [2]，EVANS[3] など様々な手法が提案されてきたが，多くは室内での利用を想定したものとなっている．これは，AR 可視化を実現するためには表示端末とノードの位置関係を計算する必要があるが，AR マーカを貼付する場合，カメラによるマーカの認識可能範囲に制約があり，利用シーンを室内に限定しているためと考えられる．

屋外での AR 可視化を想定した場合，マーカレスで表示端末とノードの位置関係を予め決定するか，あるいは推定する方法が必要である．本研究で対象とするセンサノードは小型で低消費電力稼働するものである前提から，GPS 等でセンサノードが自律的に位置を決定する能力はないものとする．

Proposal of Outdoor Ad-Hoc Network Management System using AR technology
Ryo MURAOKA†1, Renma YAMAZAKI†1, Toru Abe†1,†2, and Takuo SUGANUMA†1,†2
†1Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
†2Cyberscience Center, Tohoku University

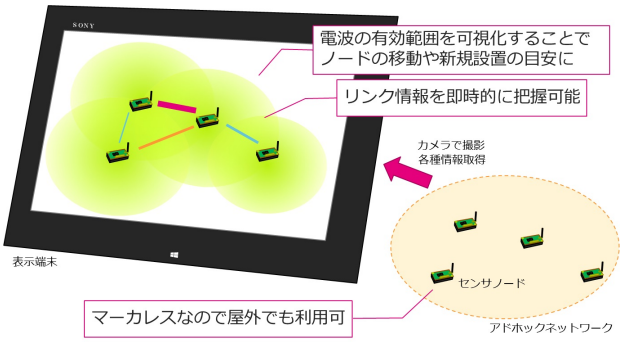

図 1　概要図

また，多数のセンサの正確な位置を何らかの手段で決め，あらかじめ個々に管理システムに登録する手法は，設置コストの観点から実用性に問題がある．以上から，屋外での利用を想定した場合，マーカレスで表示端末とノードの位置関係をいかに推定するかが主たる課題となる．

3　AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理手法

3.1　提案手法

前章で述べた課題を解決し，効率的な屋外アドホックネットワークの管理を実現する AR 型の屋外アドホックネットワーク管理支援手法を提案する (図 1)．また手法の実現に必要な機能として，以下の 2 機能を実現する．

ノードの位置推定機能

AR 可視化を行う際には，まずアノテーションを表示するために，表示端末とセンサノードとの位置関係をマーカレスで推定する必要がある．そこで，受信信号強度 (Received Signal Strength Indicator : RSSI) を用いたセンサノードの位置推定を行う．

まず，利用者は表示端末の GPS 機能を用いて端末の絶対位置を取得する．その地点を基準に 360 度の方向に対して指向性アンテナを回転させ，周囲のセンサノードの RSSI の時間的変化を観測 (スイープ) する．このとき，ある ID を持ったセンサノードの信号の RSSI が最大になった時点での指向性アンテナのビーム方向に，センサノードが位置していることが推定可能である．また，表示端末とセンサ間の距離は自由空間伝搬損失より以下の式 (1) から推定できる．

$$D = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot 10^{\left(\frac{LOS}{20}\right)} \tag{1}$$

この時，本手法では自由空間伝搬損失 LOS を以下に示す式（2）と定義する．

Copyright ©2015 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

$$LOS = -RSSI + P_T + G_T + G_R \qquad (2)$$

ここで D，λ は，到達距離 [m]，波長 [m] を，P_T,G_T,G_R は送信出力 [dBm]，送信利得 [dBi]，受信利得 [dBi] を意味する．これにより，表示端末を中心としたセンサノードの方位と距離を推定することができる．

ネットワーク状態の AR 表示機能

ノード間接続の可視化では，各センサノード間の接続関係とその接続強度を可視化表示する．接続関係の可視化は，まずセンサノードがそれぞれの接続関係を取得し，表示端末にデータを送信する．そして，対象のノード間で通信が確認された場合，接続を表現する線状のアノテーションを表示することで実現する．この際，接続強度の可視化のために，接続関係にあるセンサノード同士で相互にノード ID や RSSI を取得し，表示端末と直接通信できる位置にいるノードが表示端末にデータを送信する．アノテーションの表示位置は，前節で示した位置推定手法を用いて決定する．

また，センサノードが発する電波の有効範囲の可視化は，既知の端末性能からセンサノードが発する電波の有効範囲を推算し，各センサノードを中心として推算した大きさの円形のアノテーションを表示することにより実現する．この時，電波の有効範囲の推算には，自由空間伝搬損失に関する式（1）を利用する．具体的には，本手法では LOS を以下の式（3）と定義し，この時の D を端末を中心とした電波の理論上の最大有効範囲として求める．

$$LOS = P_T + G_T + G_R - P_R \qquad (3)$$

なお，ここで P_R は受信電力 [dBm] を表している．提案手法では，これらの式に基づき電波の有効範囲を推算する．これにより，電波の有効範囲を可視化し，視覚的な認識を可能とする．

3.2 適用例

本手法の適用例の対象としては，農耕地におけるセンサネットワークなどが考えられる．農耕地における作業従事者は一般にネットワークの専門家ではないため，ICT に関する特別な知識は有していない場合が多く，ネットワークの管理・運用は困難である．従って，対象者として農耕地における作業従事者，対象のネットワークとして農耕地における環境センシング用センサネットワークに本手法を適用することで，より効率的なネットワーク管理の支援が期待できる．

本手法では AR を用いてネットワーク情報を現実空間への重ね合わせ表示するため目視による直観的な障害原因特定が可能となる．具体的には，ノードの近傍で，電波強度の弱いリンクのセンサ方向に向かって AR 表示することで，障害物，木・草，地形等の，電波伝搬への影響を目視で確認できるほか，電波の有効範囲の可視化により，電波が強いところへの直観的なノード移動などに利用できる．

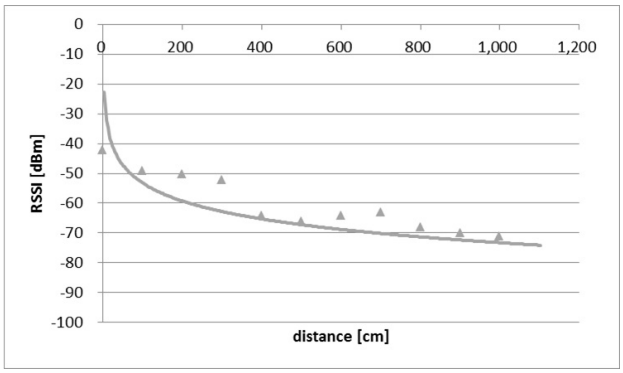

図 2　RSSI と距離の実相関例

4 評価

RSSI と距離の相関調査による提案手法と用いた式の妥当性の検証を目的として評価実験を行い，提案手法の有効性を評価した．なお，実験環境として表示端末には VAIO Duo 11 を，センサには IRIS mote を用い，アンテナなどの性能は既知であるとした．障害物の少ない屋外環境で測定した RSSI と距離の相関調査の結果の一例を図 2 に示す．

実験結果から，RSSI と距離の実相関はおおむね理論値と一致していることがわかる．これにより，理想状態に近い環境下での式 (1) および式 (2) の妥当性が検証できた．

5 おわりに

本稿では，屋外における無線アドホックネットワークの構造や通信状況が即時に把握することが困難である課題に着目し，ネットワークの保守管理の効率化や障害発生時の迅速な対応のために，AR 技術に基づいた可視化手法を提案した．また，アドホックネットワークの通信状況を可視化するために，ノードの位置推定手法の正当性を検証した．今後は，提案手法に基づくシステムの実装を進め，有効性の検証を進める．

謝辞 本研究の一部は，日本学術振興会科学研究費補助金（24300022）の援助を受けて実施した．

参考文献

[1] 村岡諒 他：AR 技術を用いた屋外アドホックネットワーク管理支援に関する一考察，情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理研究報告会，Vol. 2014 ー DPS160 No.5，(2014)．

[2] 金丸幸弘 他：位置推定技術を用いた無線センサネットワーク可視化システムの提案，情報処理学会研究報告，Vol.2012-UBI-36，No.12，pp.1-7 (2012).

[3] 島田秀輝 他：EVANS：拡張現実感技術を用いた無線ネットワーク可視化システム，マルチメディア，分散，協調とモバイル（DICOMO2010）論文集，情報処理学会シンポジウムシリーズ，Vol.2010，No.1，pp.2081-2084 (2010).

Copyright ©2015 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.