

複数の移動ノードを含む 統合センサネットワークのテストベッドの試作

前川寛[†] 石原進[‡]

[†]静岡大学工学部 [‡]静岡大学創造科学技術大学院

1 はじめに

近年、車々間アドホックネットワークや、河川などに複数のセンサノードを流して気温や気圧などを測定するセンサネットワーク [1] などの複数の移動ノードを含むネットワークを用いた研究が盛んに行われている。このようなネットワークシステムの有用性を評価するには、ノードの移動による影響を考慮したシミュレーションや実環境での実験による評価が必要である。実環境で実験をする場合、車両の動きや水流による移動の動きを模した移動スケジュールをノードの数だけ製作することや、製作したスケジュールをノード1台ずつ読み込ませることは実験者に多大な労力を強いる。

既存のテストベッドとして、オハイオ州立大学の Kansei [2] が挙げられる。Kansei は、IEEE 802.11, 802.15.4 に準拠した通信ができる 96 台のノードから構成される大規模なセンサネットワークテストベッドである。固定ノードだけでなく移動ノードも使用が可能であるが、複数の移動ノードが互いに通信を行うという実験に対応したものはなっていない。また、建物の一室に配置されており、維持管理費などコストがかかるため、Kansei の様な大規模なテストベッドを製作するのは困難である。

本稿では、車両や水流といった移動モデルから移動スケジュールを生成し、無線通信で移動ノードに移動スケジュールの送信することで、多数の実機の移動ノードの制御が可能な移動センサネットワークのためのテストベッドの設計及び試作について述べる。

2 テストベッドの構築

本研究は、設定を簡易化することで実験を容易にすることを第1の目標としているが、同時に限られたスペースで複数のノードが移動を行うような実験を安価に実現することも目指している。

2.1 テストベッド構築の要件

目標とするテストベッドを構築するための要件を以下のように定義した。

- 設定の容易性：水流や車両の動きなどの移動モデルに基づいて移動スケジュールを生成可能である。

Implementation of integrated sensor network testbed including mobile nodes

Hiroshi MAEGAWA[†], Susumu ISHIHARA[‡]

[†]Faculty of Engineering, Shizuoka University

[‡]Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

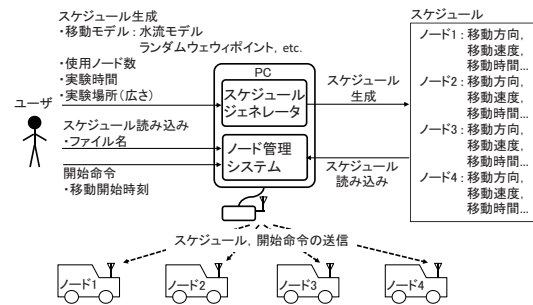


図 1: システム概略図

生成したスケジュールを簡単な操作で移動ノードに送信し、実験に用いることが可能である。

- 再現性：いつ、どこでもノードは同一の移動を再現することが可能である。
- トポロジ制御が可能：ノード間の相対な位置を変化させることで、評価対象のネットワークのトポロジを変化させることが可能である。
- 省スペース性：体育館や教室など限られたスペースで実験が可能である。また、実験時のみ場所を使用し、実験終了後に機器の回収が可能である。
- 製作の容易性：市販品を使用することで安価、かつ容易にテストベッドの製作が可能である。

2.2 テストベッドの設計

図 1 に設計したシステムの概要図を示す。システムは PC 1 台と移動ノード N 台から構成されている。PC と移動ノードには、評価対象とするシステムと干渉しない無線通信モジュールが備わっている。

テストベッドの操作は以下のインタフェースを通して行うことができる。

2.2.1 スケジュールジェネレータ

スケジュールジェネレータは移動スケジュールの生成を行う。移動スケジュールは移動情報の集まりであり、移動情報は移動方向と移動速度、移動時間の 3 つの独立した情報から構成されている。ユーザが移動モデル、ノード数、実験の所要時間、実験場所の広さなどのパラメータを入力することで、スケジュールジェネレータにより各ノードの移動スケジュールが生成される。生成された移動スケジュールは PC 内に保存される。実験場所の広さを入力することにより、指定した範囲内でのみ移動するスケジュールを生成することができ、省スペースでの実験を可能とする。

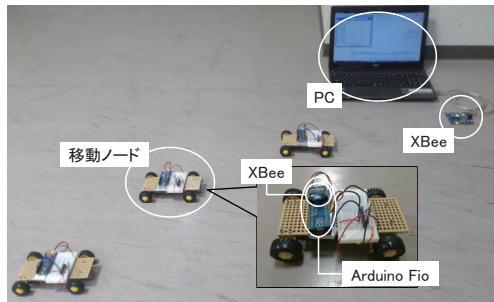


図 2: 動作確認風景

2.2.2 ノード管理システム

ノード管理システムは、スケジュールの読み込みや送信、移動開始命令の送信などのサポートを行う。1台ずつ移動スケジュールを送信する手間を省くため、ユーザが実験に使用する移動スケジュールを選択すると、ノード管理システムがスケジュールの読み込みを行い、各ノードへ順番にスケジュールを送信する。ユーザは、保存されたスケジュールの中から実験に使用する移動スケジュールを選択可能なため、繰り返し同じ移動条件での再実験が可能となる。したがって、評価実験において移動の違いによる影響を低減でき、比較が容易となる。ユーザが移動開始命令ボタンをクリックすると、ノード管理システムは、移動開始命令を各ノードへ順番に送信する。ノード管理システムが移動開始命令を全てのノードに送信し終わると、全てのノードは一斉に移動を開始する。

2.3 テストベッドの試作

前節で示した設計要件に従い、テストベッドを製作した。試作テストベッドは、スケジュール設定用のPC1台と、移動ノードの制御用マイコンのArduinoFio、PCとArduinoFioとの無線通信のためのXBee Series1で構築した。動作確認風景と使用したハードウェアを図2に示す。

Arduinoは、複数の入出力ポートを持つマイコンと、統合開発ソフトウェアから成るシステム開発環境である。ArduinoFioは、Arduinoのマイコンボードの1種であり、電池駆動が可能で無線通信のためにXBee用のソケットが備えられている。XBeeは、IEEE 802.15.4規格の通信モジュールで、室内での最大通信範囲は30mである。このため、ノードの移動により評価対象のネットワークのトポロジを変化させるには、評価対象のネットワークを構築するノードの通信範囲は、30mより十分小さい必要がある。これは、XBee等の通信モジュールの出力を小さくすることで実現できる。XBeeでパケット通信を行う場合、1パケット当たりの最大ペイロード長は100bytesである。そのため、100bytesを超えるペイロードを持つパケットを送信する際は、分割して送信する。また、移動ノードは命令によってモータに流れる電流の方向を切り替えることで、前後の動きのみ制御が可能である。

Windows7が動作するPC上に、Javaでスケジュールジェネレータとノード管理システムを実装した。スケジュールジェネレータは、移動モデル、ノード数、実験の所要時間、実験場所の広さをユーザが入力するこ

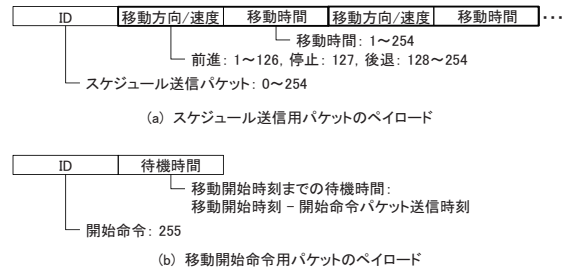


図 3: パケットのペイロード例

とで移動スケジュールを生成する。生成された移動スケジュールはスケジュールファイルとしてPC内に保存される。ArduinoFioの内部メモリは2KBのみなので、これに収まるような移動スケジュールで、なるべく多くの移動を行えるように移動スケジュール用データを定義した。移動スケジュール用データでは、移動方向と移動速度をまとめて1byteで表し、移動時間の1byteと合わせて2bytesで1回の移動を制御できるようにした。

送信するパケットのペイロードの先頭にはパケット制御判定用のIDがある。IDが0~254の時、受信パケットは移動スケジュールであり、これを受信した移動ノードは移動スケジュールを読み込む(図3(a))。IDが255の時、受信パケットは移動開始命令であり、受信したノードは自身が移動開始時刻までの待ち時間を知ることができる。(図3(b))。

ノード管理システムはユーザが入力したファイル名から、移動スケジュールを読み込み、各ノードへ送信する。移動スケジュール送信後、移動開始命令を送信する。移動ノードとの通信には確認応答を用い、実験の途中で設定の失敗によるエラーが発生するのを防ぐ。

3 まとめ

本稿では、複数の移動ノードを含むセンサネットワークのテストベッドの設計及び試作を行った。多数の移動ノードを使用した実験を容易にすることが可能であり、繰り返し同じ移動条件での移動が可能である。今後様々な移動パターンに対応させるほか、トポロジ変化を発生させるための制御、移動スケジュールの自動作成方法を開発する予定である。

謝辞

本研究は科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(22650011)「自律移動困難な移動センサネットワークのための通信スケジューリング方式の開発」の助成による。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- [1] 石原 進: 間欠通信を行う流れるセンサ群からの情報収集に関する一考察, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティングとコピキタス通信, Vol. 2010-MBL-56, No. 22, pp.1-7 (2010).
- [2] E, Ertin, *et al.*: Kansei: A testbed for sensing at scale, Proc. 5th Conf. Information Processing in Sensor Networks, pp.399-406 (2006).