

D-016

無線センサネットワークの適用可能性検証用シミュレータの設計 Design of simulator for verification of applications on wireless sensor networks

中谷 高明[†]
Takaaki Nakatani

森 浩佳[‡]
Hiroka Mori

原田 史子[†]
Fumiko Harada

島川 博光[†]
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

日本では、台風などによる集中豪雨が引き起こす土砂災害が深刻化している。地すべり対策で最も重要なのは地すべりの兆候の予知であり、浸透水により、地中で浮遊する土砂の状態を考慮した、地すべりの危険性を予知する手法が必要である。斜面上の任意の点にセンサノードを配置し、各ノードが無線で通信するワイヤレスセンサネットワーク(以下、WSN)を用いて斜面崩壊の危険のある箇所の地中の水分量などのデータを収集・分析することで、崩壊の危険性を予測する。地すべりは急斜面で起こるので、電力を供給するための配線工事は高コストのため実施できない。よって、電池駆動のWSNを構築することになる。システムの実用化するためには電池交換のコストを低く抑え、WSN特有の電源枯渇問題への対策が重要である。そこで、我々は主にセンシング間隔の変更によって長寿化を目指す。本論文では、バッテリーの電力消費を計算しネットワークの寿命を算出できるシミュレータの設計を提案する。提案するシミュレータにより、ユーザは時間や労力をかけずに仮想的に運用テストを行い、最適な運用形態を探ることができる。

2. 次世代型斜面防災システム

2.1 斜面防災システムの現状

我々は、WSNを用いた斜面防災システムを構築をしている[1]。本研究では、耐候性・避雷性の向上や、急斜面などメンテナンス困難な場所への設置を考慮したシステムを目指しており、その点から配線は適していない。

運用を進める上で、WSNの避けられない問題点に電源枯渇問題がある。WSNのセンサノードは乾電池のような一次バッテリーから電力を得て動作するが、バッテリーの容量は有限である。そのためバッテリー切れによりセンサが動作しなくなると、システム全体が機能しなくなる恐れがある。この問題に対する有効な解決方法は電力を節約して使う以外に見つかっていない。

本システムで扱う土砂災害は、降雨量や地中の水分含有量の変動と深く関係し、センサノードで降雨量や地中の水分含有量を周期的センシングで土砂災害を予知できる。降雨量や地中の水分含有量は時間によって大きく変わるデータである。その変動から当分土砂災害が起こりそうにないと判断できれば、しばらくの間は頻繁にデータを取得する必要はない。一方、土砂災害が起こるかもしれないと判断されれば、精度の高い予知を行うためにも、できるだけ頻繁にデータを取得することが好ましい。このことから、データの変動によりセンシングの周期を変えることでバッテリーの長寿化につながると期待できる。

本研究では、最低1年以上ノードの電池交換をせず稼働させたいという稼働時間要求がある。1年間に発生す

る降雨量や地中の水分含有量についての事例は限りなく多く存在する。そのため、バッテリーが長寿化できているか否か何度も実システムで評価し、電力消費の少ない運用形態を見つけるためには多大な労力が必要となる。そこで本研究では効率よく評価を行うため、電力消費に影響を与える要素を考慮し、バッテリーの寿命をどの程度長くできるか評価するシミュレータの設計を提案する。

2.2 シミュレータの必要要件

WSNの動作シミュレーションを行うために、プログラミング用のライブラリや専用のシミュレータがすでに存在するが[2]、これらはその使用にWSNについての専門的な知識が必要であったり、専門家が自分の考えたアルゴリズムを検証することを目的として作られている場合が多い。本研究において提案するシミュレータのユーザはWSNに関する専門知識を持たない土木関係者等を想定していることから、シミュレータへのデータ入出力のために誰にでもわかるGUIの設計が必要になる。

また、ユーザが考慮すべきデータが増大するにつれ、データ入力負担を増すことになることから、土木の知識があれば設定できる最低限のデータのみを入力とし、省電力化に関連するデータはそれらの入力の中からシミュレータ内部で決定できるような設計が必要になる。

3. シミュレータの設計

3.1 手法の概要

提案するシミュレータは、Crossbow社のMica MOTE[3, 5]を用いた斜面防災システムが運用中であるという環境を想定している。シミュレーションにおいて、システム運用者が設定を変更と思われる項目を入力とする。想定するシステムでは、降雨量や地中の水分量が増えない限り、常にセンサが動いている必要がない。そこで、データの取得間隔を最小限に抑えるために、降雨量や地中の水分量に応じてセンシング間隔を変更するルールを入力する。また、運用を開始してから新しくノードを追加したり、ノードの場所を変更することができるので、ノード同士の位置関係を決定できるような入力を可能にする。さらに、運用中に降雨などによって、頻繁にネットワークトポロジが変化すると考えられる。降雨量が一定以上になると特定のノード間の通信ができなくなるという条件を設定可能とし、降雨量などの時系列データをシミュレータに与えトポロジを変化させる。

以上の入力データから本シミュレータでは、トポロジの変化を考慮したネットワークトポロジモデル生成と、それによって求まるノードの親子関係とセンシング間隔を考慮したノードの電力消費モデル生成の2段階でネットワーク全体の稼働時間を算出する。そして、最短ノード稼働時間をネットワーク寿命としシステムの稼働時間が得られる。シミュレータの全体像を図1に示す。

[†]立命館大学 情報理工学部

[‡]立命館大学大学院 理工学研究科

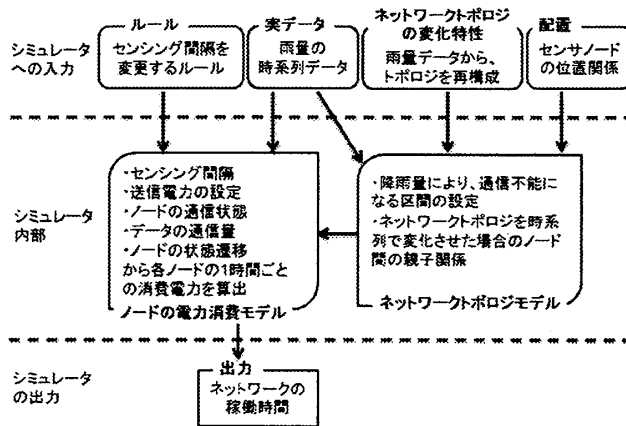


図 1: シミュレータの全体像

3.2 ネットワークトポロジモデル

WSNにおいて、子ノードで収集されたデータは親ノードに転送される。トポロジが変化すると各ノードの親子関係も変わる。着目したノードの子ノードが増えると、子ノードから送られてくるデータ量が増大し、データを送信するさいの消費電力も増加する。

トポロジ変化の流れを図2に示す。Mica MOTEでは、降雨などの要因でノード間の通信が不能になると、子ノードは基地局までのデータを送信できなくなるので、自動的に新しいトポロジを形成する。シミュレーションではこれを再現するため、降雨量の変化に応じた通信不能区間を設定することでトポロジを仮想的に変化させ、ネットワークトポロジモデルを作成する。

3.3 ノードの電力消費モデル

ノードの電力消費はセンシング間隔とノード間の親子関係から決定できるため、2つの条件を組み合わせる網羅的にノードの寿命を計算し、あらかじめシミュレータ内にノードの電力消費モデルとして登録しておく。シミュレーション時に入力データから、電力消費モデルを各ノードに当てはめる。この電力消費モデルを算出するさいに考慮する要素は次の5点である

1. センシング間隔を決定するルール
2. ノード間の通信ができる最小の送信電力の設定
3. ノードの状態遷移
4. ノード間の親子関係による電力消費
5. 送受信での通信データ量

これらを考慮し、1時間あたりの各ノードの消費電力を決定する。ノードの状態遷移とは、ノードは常に送受信

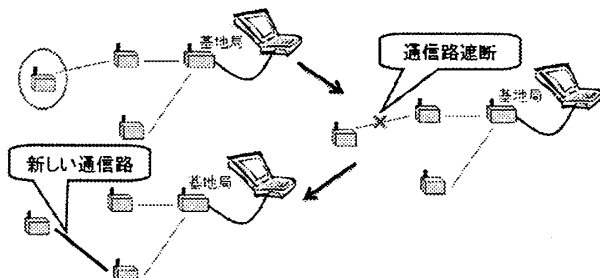


図 2: ネットワークトポロジの変化

表 1: 既存の省電力化手法との比較

	既存研究	本研究
センシング間隔	×	○
ネットワークトポロジ	○	○
送信電力制御	○	○
ノードの状態、スリープ制御	○	○
クロック制御	○	×

できる状態にある必要はないことから、通信しない場合に、ノードの通信用デバイスをスリープモードに変更させる規則のことである。センサノードの各状態で流れる電流が一定であるとする、通信時の消費電力は通信量に依存するので、1~5の条件を考慮してノードの電力消費が計算できる。これによって形成されたノード間の親子関係から決定される電力消費モデルを各ノードにあてはめ、最も稼働時間の短いと予測されたノードの寿命をネットワークの寿命とし、出力する。

4. 提案手法の評価

既存の省電力化手法と本手法の比較を表1に示す。既存の省電力化の手法はトポロジの構成方法やデータの通信量などを個別に考え[4]、省電力化するものが多い。それに対し本手法では、センシング間隔を変更することで省電力化を図る。それに加えノードの状態を制御するなど、省電力化できる要素を統合的に考え消費電力を計算することで、予測精度の向上を図る。

本研究ではネットワークトポロジやクロック制御は考慮していない。ネットワークトポロジのようにセンサノードの配置最適化を考慮しないのは、本研究で扱う斜面防災システムの目的が土砂災害を未然に検知することであり、センサノードはあくまで土砂の崩れそうな場所に配置することを考えているためである。本シミュレータでは扱う Mica MOTE はクロック制御機構を持たないため[5]、クロック制御は考慮していない。

5. おわりに

本論文では、WSNを用いた斜面防災システムにおいて、限られた入力条件からネットワークの寿命を算出するシミュレータの設計を提案した。今後は、設計をもとにシミュレータの実装を進める。また、ユーザの負荷を軽減させる GUI の設計が課題である。

参考文献

- [1] 深川良一, センサーネットワークを利用した次世代型斜面防災システムの構築, 立命館大学 総合理工学研究機構 防災システム研究センター, 2008.
- [2] Philip Levis, TOSSIM: Accurate and Scalable Simulation of Entire TinyOS Applications, SenSys, 2003.
- [3] MoteView User's Manual, http://www.xbow.com/Support/Support_pdf_files/MoteView_Users_Manual.pdf, June 2007.
- [4] 阪田史郎 他, ZigBee センサーネットワーク-通信基盤とアプリケーション, 2005.
- [5] MPR-MIB Wireless Module User's Manual, http://www.xbow.com/Support/Support_pdf_files/MPR-MIB_Series_Users_Manual.pdf, July 2007.