1W-7

# 異方性トポロジにおける無線センサネットワークのノード位置推定技術の検討

高島　優斗†　　安達 直世†　　滝沢　泰久†

†関西大学環境都市工学部

## 1　はじめに

無線端末とセンサを組み合わせた無線センサネットワークは、リアルワールドなサービスの提供を目指すユビキタスネットワーク社会において、重要な技術要素である. この無線センサネットワークにおいては、取得した物理的な位置情報は重要な情報となる. そのため、正確なセンサノードの位置情報を取得する研究が多く行われてきている.　位置推定方式は測距機能の有無から Range-Base と Range-Free に大別できる. Range-Base には GPS や ActiveBadge[?] などがあり，高い位置推定が可能であるが，ノード間測距機能（デバイス）を必要とするため，コストおよび電力消費において無線センサネットワークには向かない．一方，Range-Free には APIT[?] や DV-Hop[?] などがあり，これらは測距機能を必要としないが，高い位置推定精度を得るには，大量のアンカーノードを必要.　これらの問題を解決するため、我々は自己組織化マップ (SOM, Self Organizing Maps) を用いた位置情報取得方式を提案している（以降，SOM 測位)[?]. 測距機能を用いず，かつ極少数のアンカーノードを使用することによって高精度な位置推定が可能であることが確認されている [?].　無線センサネットワークが用いられる環境は多様な環境が想定される．すなわち，障害物などにより見通し内と見通し外の空間が混在すると考えられる．このような空間では，無線センサネットワークのトポロジは異方性となる．しかし，既存方式は異方性のネットワークトポロジにおいては，高い精度が得ることが困難である．以上のことから，異方性ネットワークトポロジにおいても高い位置推定精度を実現することを目的とし，SOM 測位の改良を行った．本稿ではその改良方式とその効果について述べる.

## 2　異方性トポロジへの適応のための改良

異方性トポロジにおいては，障害物などによりある方向のお互いに直接通信可能なノード (以降、近傍ノード) がない場合が生じる．そのため，近傍ノードがない方向のノード間の相対的位置関係が得られず，再現したトポロジが折れ曲がる誤再現となるケースが増える．このために，位置精度が低下する．これを改善するために，近傍ノードの範囲拡大と再試行時数に応じた距離減衰の改良を行った.

### 2.1　近傍ノードの範囲拡大

異方性トポロジではある方向に近傍ノードが存在せず，当該方向のトポロジ情報が得られない．そこで，欠落している方向の情報を得るため，近傍ノード範囲を従来は 2 次近傍（2 ホップ）ノードまでであったが，これを拡大して 3 次近傍（3 ホップ）ノードまでとする．各ノードは 1 次近傍ノードからの定期的なブロードキャスト送信による仮位置情報を受信する．この仮位置情報には情報送信ノードの推定位置とその 1 次近傍ノードと 2 次近傍ノードの推定位置が含まれる．この 3 つの推定位置情報から次のように自己位置を修正する．2 次近傍ノードが当該ノードの 3 次近傍ノードある場合，当該ノード推定位置と 3 次近傍ノードの推定位置より当該ノードと 3 次近傍ノードの推定距離を算出する．この推定距離がノード間固定距離（ノード間距離を一定とした事前設定された任意の値，詳細は文献 [5] を参照）より小さい場合は，トポロジに矛盾があるため当該ノードに推定位置を次のように更新する（図 x 参照）.

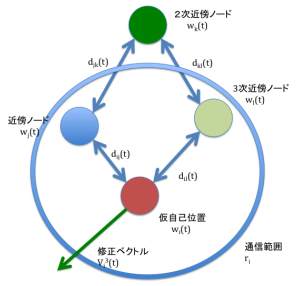


図 3: 3 次近傍ノードによる位置修正

$$V_i^3(t) = \frac{d_{ij}(t) + d_{jk}(t) + d_{kl}(t) - |w_i(t) - w_l(t)|}{|w_i(t) - w_l(t)|}(w_i(t) - w_l(t)) \quad (1)$$

同様に 1 次近傍ノードが当該ノードに 2 次近傍でこれらの推定距離がノード間固定距離より小さい場合，式 (1) により当該ノードに推定位置を更新する．送信ノー

Node Localization of Wireless Sensor Networks on Non-isotropic Topology
†Yuto TAKASHIMA　†Naotoshi ADACHI　†Yasuhisa TAKIZAWA
†Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University



Copyright ©2013 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

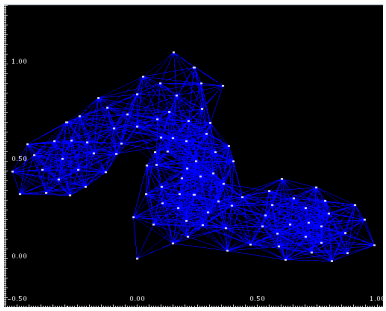

図 1: . トポロジー原型

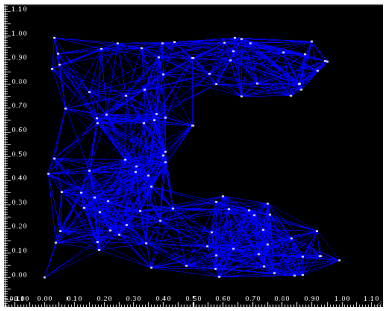

図 2: 位置推定トポロジー

ドに推定位置は 1 次近傍ノードの推定位置として当該ノードに推定位置を次のように更新する．

更新した推定位置は当該ノードの 1 次近傍ノード推定位置および 2 次近傍ノード推定位置とともに定期的に隣接ノードへブロードキャスト送信する．以上の通信と処理を各ノードで非同期に行う．

### 2.2 再試行数に応じた距離減衰

近傍ノード範囲の拡大を行っても，トポロジに矛盾（1 次近傍より 2 次近傍が近い）を再現する場合がある．この場合，現在の推定状態から推定処理を再試行するが，この再試行の際にノード間固定距離を減衰させる．ノード間固定距離を減衰することで，1 次近傍ノードへ強く接近させて，トポロジの矛盾を解消させる．

## 3 評価と考察

折れ曲がりを防ぐために改良を行った場合と行わなかった場合での平均推定位置誤差を表示する (図 5). この評価より、精度が改善されていることがわかる．シミュレーション環境は下記を参照（図 4）．

| シミュレーション環境 | |
|---|---|
| 領域 | 1.0m×1.0m |
| アンカノード数 | 3個 |
| 通信範囲 | 0.3m |
| 端末間一定距離 | 0.3m |
| 一定距離の減衰量 | 1/(再試行回数) |

図 4: シミュレーション環境

## 4 おわりに

ノード数が適当数である場合，近傍ノード範囲拡大と再試行数に応じた距離減衰により異方性トポロジにおいて精度を高めることが確認できた．今後はノード数が少ない場合に精度改善されない問題について検討する予定である．

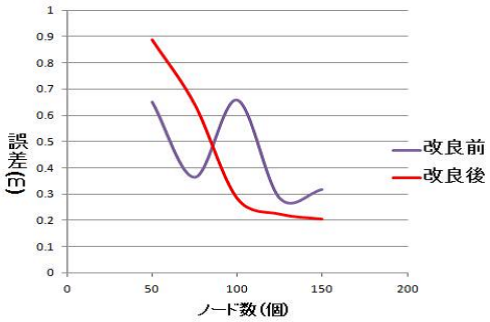


図 5: 平均推定位置誤差のグラフ

## 参考文献

[1] A.Harter, A.Hopper, P.Steggles, A.Ward, and P.Webstar : The anatomy of a context-aware mobile applications, MOBICOM1999 (1999).

[2] Tian He, Chengdu Huang, Brian M.Blum, John A.Stankovic, and Tarek F.Abdelzaher : Range-free localization and its impact on large scale sensor networks, ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS), v.4 n.4, p.877-906 (2005).

[3] D.Niculescu and B.Nath : DV-based positioning in ad hoc networks, Telecommun.Syst, vol.22,pp267-280 (2003).

[4] 滝沢泰久，デイビス　ピーター，岩井誠人，川合　誠，小花貞夫 : 無線アドホックネットワークによる自律的端末位置推定方式とその特性，情報処理学会論文誌，Vol. 46, No. 12 (2005)

[5] 大野, 安達, 滝沢 : 無線センサネットワークにおける自己組織化位置推定方式の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.7, pp.1774–1782, (2012).



Copyright ©2013 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.