

グリッドグラフのユースケース検討

- ▶ もし、ばらまかれたノードの中から、自律分散的にグリッド状のトポロジを見つけることができれば、何が出来る？
 - ▶ 元々は、自律分散制御でサインカーブを描くための下準備程度にしか考えていなかった。



- ▶ たまたま方眼紙を見て位置推定に使えることに気がつく。
 - ▶ いわゆるRange-free型手法なのに、方向の概念を持つ(X、Y方向)ので、推定精度を向上できそう。
 - ▶ 今までに見たことのない方法

▶ 7

このような経緯があって、次のような研究に仕立て上げていきました。

▶ 8

たくさんのモノが作る巨大ネットワーク

- ▶ 近い将来「モノ」は計算、通信能力を備えるようになる。
 - ▶ 気軽にモノに貼り付けられるようなセンサータグを期待している。
 - ▶ それによって、モノ同士がつながり、ネットワークが構成される。



▶ 9

Range-free型位置推定手法

- ▶ センサーの「位置」はセンサーアプリにとって非常に重要な情報の一つである。
- ▶ センサーをなるべく小型・小コスト化できるようにしたい。
 - ▶ 物理情報(ノード間の物理距離等)を利用せず、センサーネットワークのトポロジー情報のみで位置推定できるとよい。



Range-free型位置推定手法に着目

▶ 10

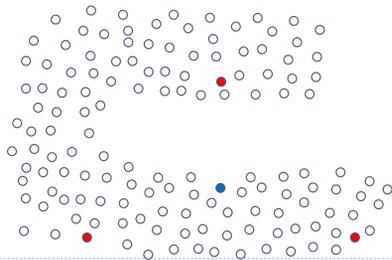
アウトライン

- ▶ 自己紹介と本研究に至った過程
- ▶ 提案手法のイメージとグリッドグラフの特徴
- ▶ まとめ

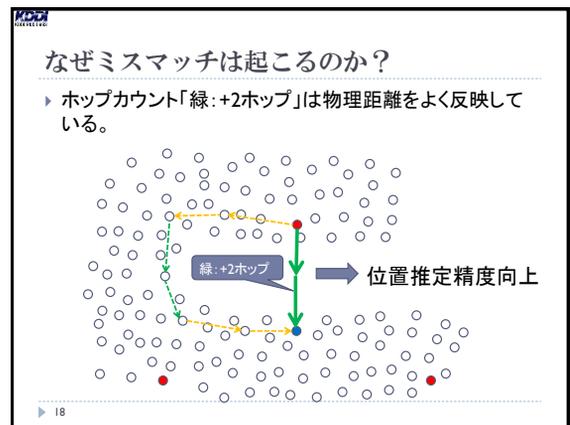
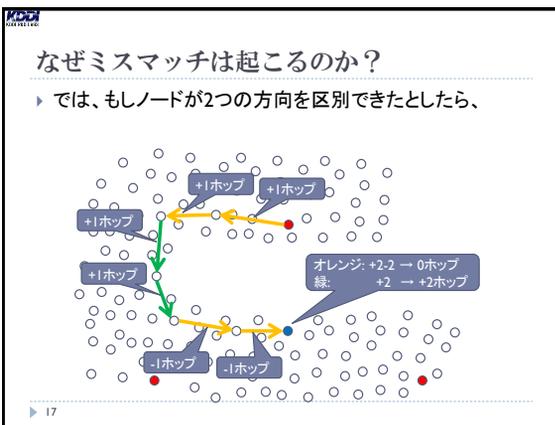
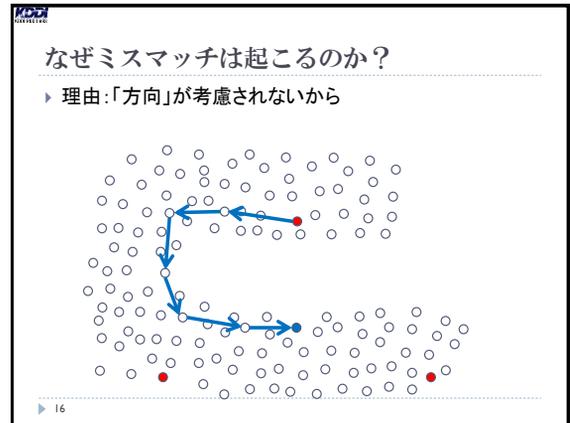
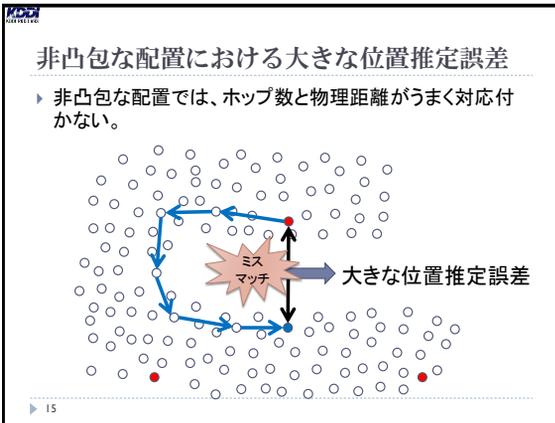
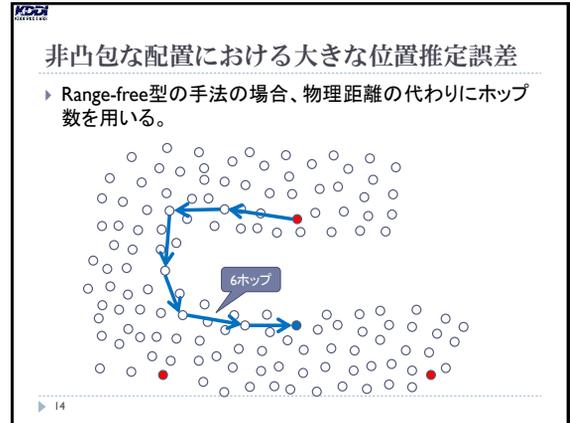
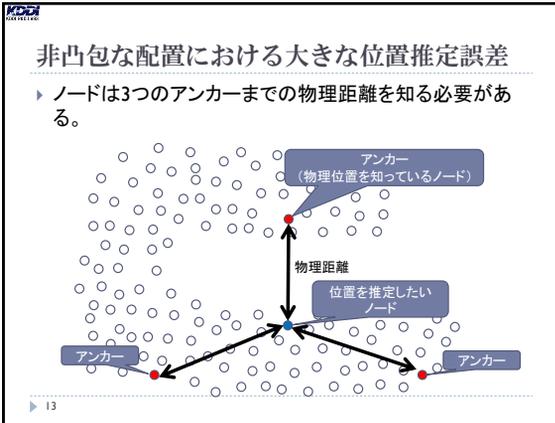
▶ 11

非凸包な配置における大きな位置推定誤差

- ▶ 多辺測量をベースにした位置推定手法では、非凸包なノード配置において位置推定誤差が大きくなってしまふ。



▶ 12



インスピレーション

▶ もし、方眼紙を物理空間上にかぶせることができ、

▶ 19

インスピレーション

▶ 方眼紙の各格子点にx-y座標が振ってあって、

▶ 20

インスピレーション

▶ アンカーがたまたま格子点上に位置していたら、

▶ 21

インスピレーション

▶ 方眼紙の各マス目 (四角形) の変の長さを算出できる。

▶ 22

インスピレーション

▶ もし、位置を推定したいノードも格子点上にあれば、

▶ 23

インスピレーション

▶ そのノードは非凸包配置であっても簡単に物理位置を推定できる。

▶ 24

インスピレーション

▶ この位置推定手順は、アフィン変換を使って数学的に定式化できる。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 - X_3 & X_2 - X_3 \\ Y_1 - Y_3 & Y_2 - Y_3 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} X_1 - X_3 & X_2 - X_3 \\ Y_1 - Y_3 & Y_2 - Y_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix}$$

アンカーの物理位置 アンカーのx-y座標 ノードの物理位置 ノードのx-y座標

▶ 25

インスピレーション

▶ さらに、格子点以外のノードもラフな推定が可能である。

▶ 26

しかし、、、

▶ 誰がそんな方眼紙を置いてくれるのか？

▶ 27

アイデア

▶ 方眼紙を置く代わりに、グリッド状のトポロジを持つサブグラフを抽出し、それを方眼紙の代わりに用いる。

▶ 28

アイデア

▶ サブグラフ上のノードを方眼紙の格子点とみなす。

▶ 29

アイデア

▶ 格子点と見なされたノードは、x-y座標を持つ。
 ▶ このようなサブグラフを「グリッドグラフ」と呼ぶ。

▶ 30

アイデア

- ▶ 格子点と見なされたノードは、x-y座標を持つ。
- ▶ このようなサブグラフを「グリッドグラフ」と呼ぶ。

▶ 31

アイデア

- ▶ グリッドノードは、先の例と同じようにアフィン変換で位置推定する。

▶ 32

アイデア

- ▶ 非グリッドノードは、周囲のグリッドノードの重心に位置するとみなす。

▶ 33

ポイント

- ▶ 各セル(4ノードのサイクル)が凸四角形をなすこと

少なくとも、ABCDという小さな範囲内で、X方向同士(例えば直線ADと直線BC)が交わらないこと

↓

アフィン変換による位置推定のときに、1対1対応が保証される。

凸四角形でない...

X方向を向いているはずの線が交わってしまっている(1対1対応の変換不能)

▶ 34

幾何学的性質とトポロジーの接点

- ▶ 前提: 各ノードは半径Rの円内のノードと通信可能

4つのノードで凸四角形を形成するための十分条件

↑

グラフの言葉で言うと、4つのノードが形成するサイクルABCDにおいて、ACおよびBDにリンクが存在しないこととなる。

▶ 35

シミュレーション結果

提案手法

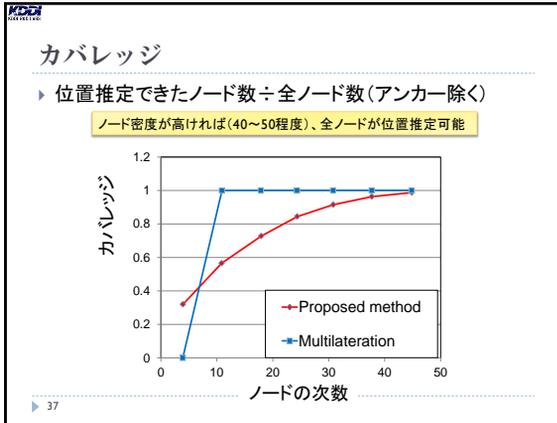
True position / Not covered / Anchor / Grid node

多辺測量ベースの手法

True position / Anchor

- ▶ 800ノードをランダムに配置
 - ▶ 平均次数は44
 - ▶ 全体の7%をアンカー(正確な位置を知っているノード)とした。ただし多辺測量の場合は2%とした。
- ▶ 緑の矢印が位置見積り誤差を表す。
- ▶ 提案手法の誤差の平均値は、0.3R。(多辺測量ベースの手法: 2.5R)

▶ 36



- ### アウトライン
- ▶ 自己紹介と本研究に至った過程
 - ▶ 提案手法のイメージとグリッドグラフの特徴
 - ▶ まとめ
- ▶ 38

- ### まとめ
- ▶ 学んだ大事なこと
 - ▶ とことん考え抜く。
 - ▶ すぐに諦めない。人に言われて諦めるのはダメ。
 - ▶ でも諦めも肝心。諦めるなら、本心から納得すること。
 - ▶ たくさん議論する。
 - ▶ 一人で悶々としていても袋小路に迷い込む。
 - ▶ ハイレベルな国際会議に投稿してみるのも手かも。
 - ▶ 弱みを克服するときに新たなネタが出てくる。
 - ▶ 今後の予定
 - ▶ より正確な位置推定誤差の理論解析
 - ▶ より現実的なシナリオでの評価
 - ▶ 非ユニットディスクグラフ
 - ▶ ノードの故障
 - ▶ ノードの移動
- ▶ 39

Thank you!

▶ 40