

空中計算の高信頼化に関する検討

タン スウファー

湯 素華

電気通信大学

SeMIシンポジウム

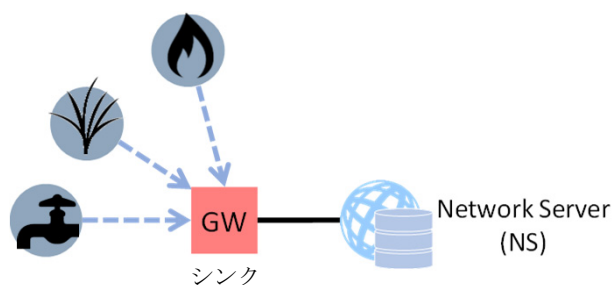
2021年6月8日

Tang et al.

Slide 2

研究背景

- 環境やものを観測 → 膨大な数のセンサの設置
- 低消費電力広域（LPWA）無線センサネットワーク
 - 5GのNBIoT
 - LoRaWAN
- 1km²のセルに100万個のノードが設置



ネットワーク・スケーラビリティ

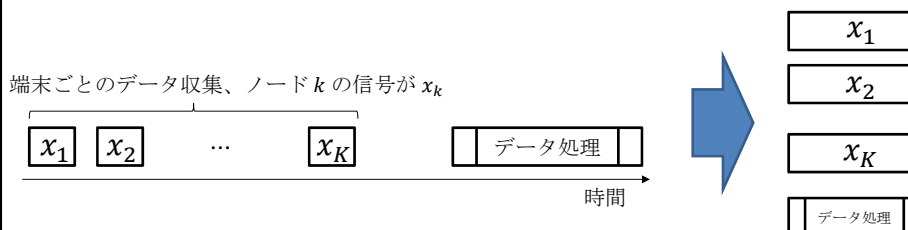
- データ収集と後処理：通常分かれる
- ノードからシンクへのMACチャネル上の通信
- 課題1：ノード数の急増により送信衝突が頻発
- 課題2：データ収集時間の長さ

Improve IoT network scalability



空中計算

- ノードごとのセンシング値が必要か
- 統計値のみ → データ収集と処理を同時に
 - 空中計算(Over-the-air computation: AirComp^[1])
 - 効率がとても高い → 1台分の送信時間
 - 衝突問題も同時に解決

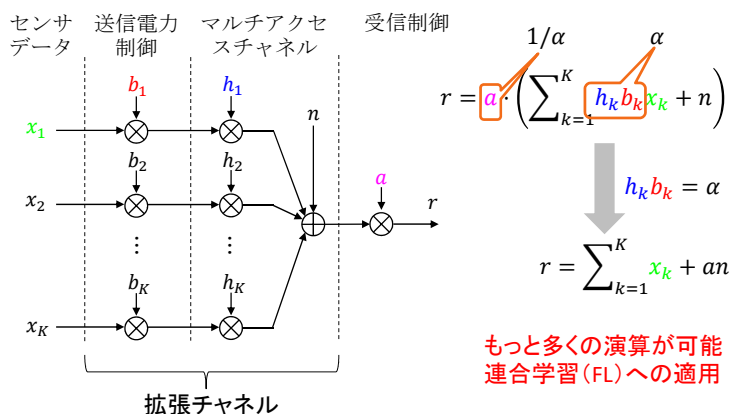


[1] J. Xiao, S. Cui, Z. Luo, and A. J. Goldsmith, "Linear coherent decentralized estimation," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 56, no. 2, pp. 757–770, 2008.

空中計算モデル^[2]

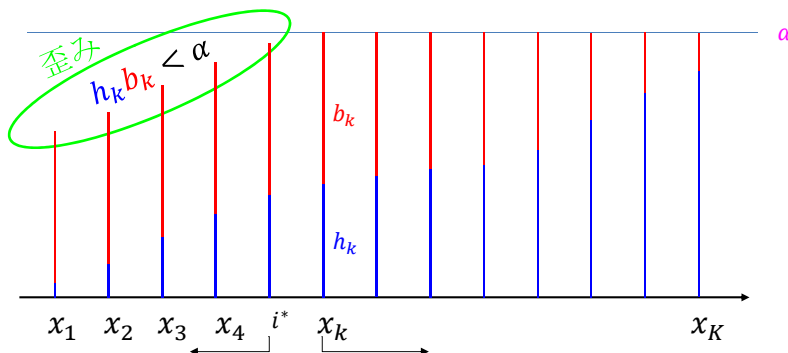
- 各ノードは、シンクに同期
- 各ノードの信号をシンクのアンテナで足し合わせる
- 送信電力制御をチャネルの一部とする

[2] W. Liu, X. Zang, Y. Li, and B. Vucetic, "Over-the-air computation systems: Optimization, analysis and scaling laws," *IEEE Transactions on Wireless Commun.*, vol.19, no.8, pp. 5488 – 5502, 2020.



チャネルゲイン低下への対応

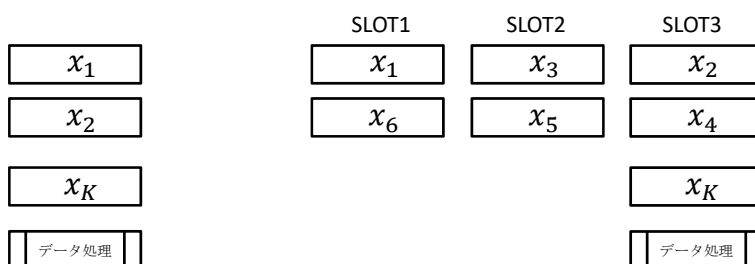
- 課題： h_k が小さいとき、大きな送信電力が必要
 - 実システムには、ノードの送信電力に限界ある
 - 歪みが発生： r と $\sum_{k=1}^K x_k$ の間の平均二乗誤差 (MSE) ^[2]



[2] W. Liu, X. Zang, Y. Li, and B. Vucetic, "Over-the-air computation systems: Optimization, analysis and scaling laws," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.19, no.8, pp. 5488 – 5502, 2020.

対策案1 : Time diversity [3]

- 複数のスロットを使用
- 各スロットにおいて、チャネルゲインが閾値以上のノードが送信
- 閾値以下のノードは、後続のスロットを待つ
- 待機により、ほとんどの場合チャネルゲインが改善



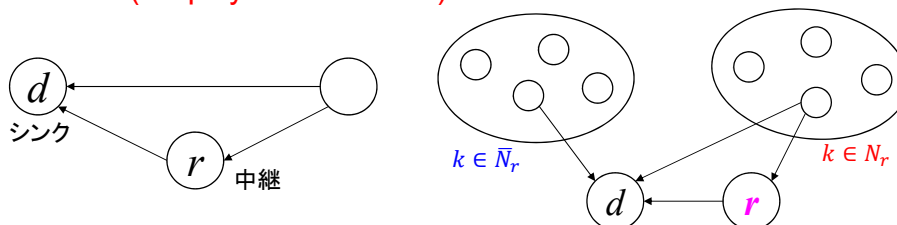
従来 : One slot

対策案1 : Multi-slot

[3] Suhua Tang, et al., "Multi-Slot Over-The-Air Computation in Fading Channels," arXiv:2010.13559, <http://arxiv.org/abs/2010.13559>

対策案2 : 中継 [6]

- 中継
 - DF (Decode-and-Forward) [4]
 - AF (Amplify-and-Forward) [5]

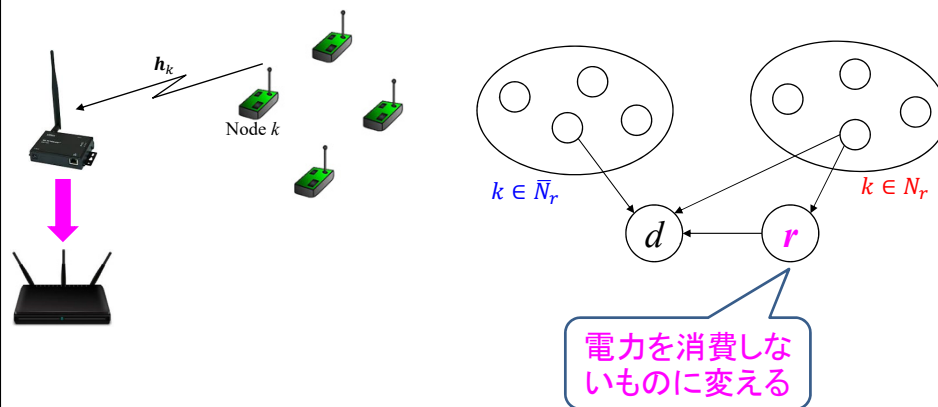


[4] T. Wang, A. Cano, G. B. Giannakis, and J. N. Laneman, "High performance cooperative demodulation with decode-and-forward relays," IEEE Transactions on Communications, vol. 55, no. 7, pp. 1427–1438, 2007.

[5] S. Yang and J. Belfiore, "Towards the optimal amplify-and-forward cooperative diversity scheme," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 53, no. 9, pp. 3114–3126, 2007.

[6] Suhua Tang, et al., "Reliable over-the-air computation by amplify-and-forward based relay," IEEE Access, vol. 9, pp. 53333–53342, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3070901, Apr. 2021.

今後？



ご興味があれば、shtang@uec.ac.jp までご連絡ください。