



時空間同期 ～情報通信基盤の刷新～

2023. 6. 8

国立研究開発法人 情報通信研究機構

グローバル推進部門

時空標準研究室

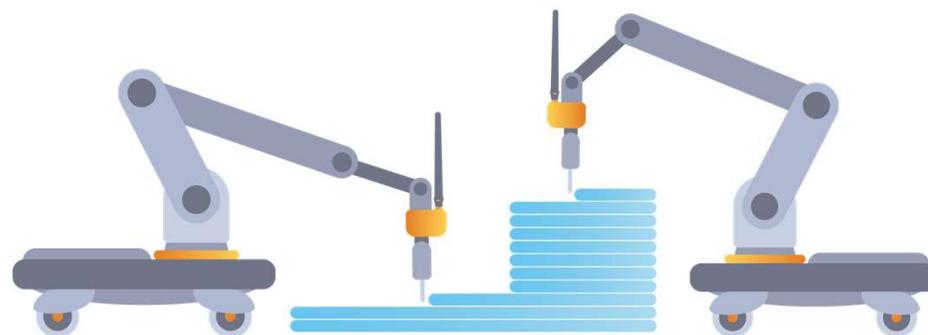
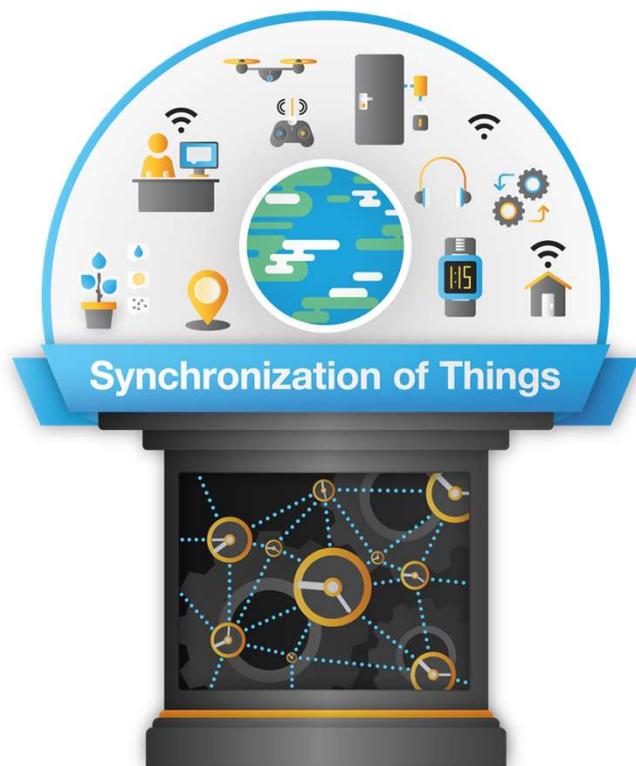
志賀 信泰



wiwi 時空間同期という価値

時空間同期とは

ローカルにデバイスが**時刻同期**し、
互いに**位置を把握**している状態



離れたデバイスが一つの時計を
共有する(ユニバーサルクロック)
時代が現実



時空間同期

～時刻と空間は切り離せない～



どれくらいの精度で彼らの時刻を合わせられるでしょうか？

1mの距離→
3ナノ秒遅れ



2mの距離→
6ナノ秒遅れ

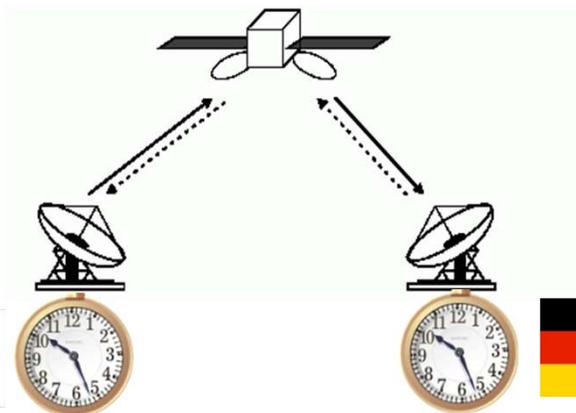


- 時刻を合わせるには距離が必要

WiWi コア技術 (ワイワイ)

既存技術

衛星双方向
時刻比較技術

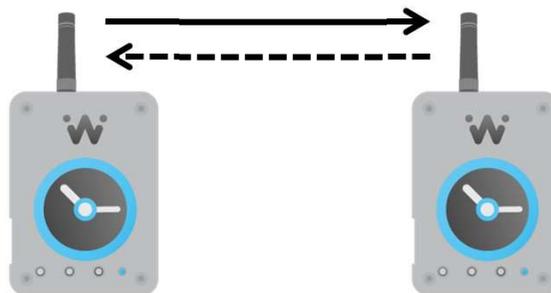


時刻差と伝播時間を
高精度に計測



新規技術

無線双方向
時刻比較技術
(ワイワイ)



時刻差と距離を
高精度に計測

標準時の双方向時刻比較技術を転用して
時刻同期 (ピコ秒精度) と距離計測 (mm精度)
の同時計測を安価、簡便、高精度に実現する技術

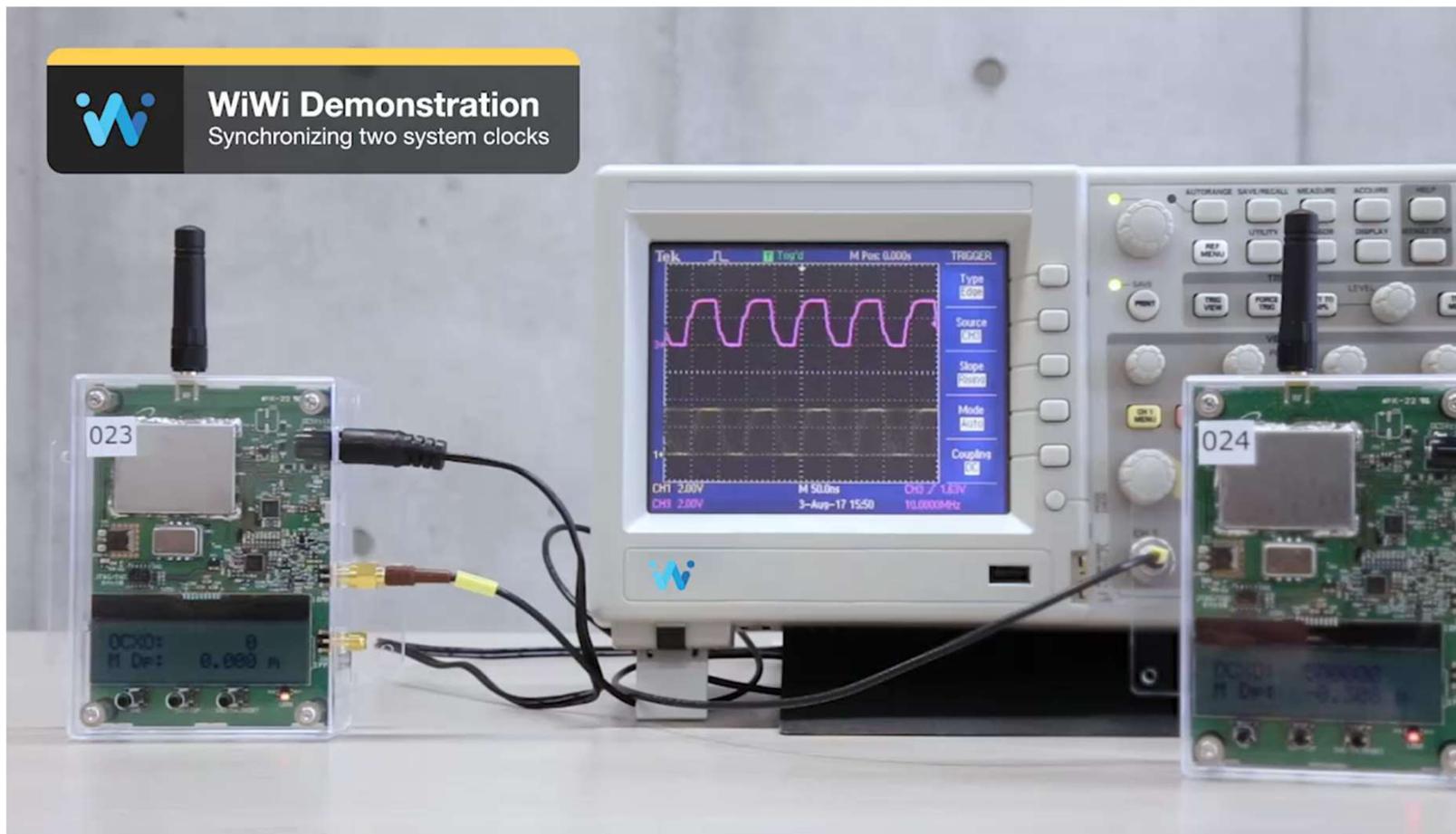
ワイワイモジュール できました



0号機(2016年)、2号機(2017年)、3号機(2017年)

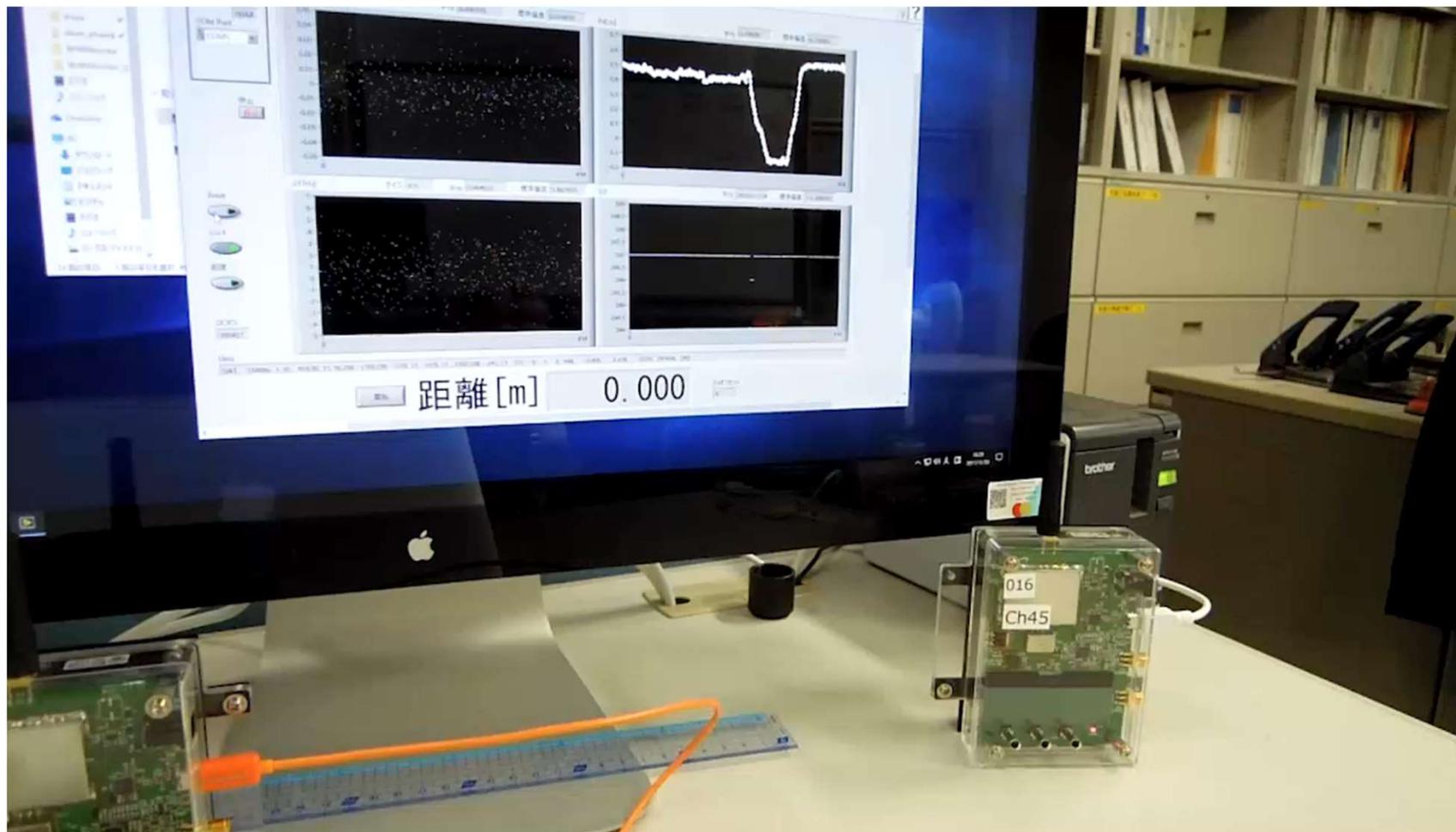
- 搬送波 : 920MHz
- IEEE 802.15.4準拠
- レンジ : 500m(2号機)/5km(3号機)ベストエフォート

WiWi ワイワイデモ (時刻同期)



2017年作成

WiWi WiWi ワイワイコア (位置計測)



1対1で時刻同期 (ピコ秒) と
距離変動計測 (mm) を実現

2018年作成



ワイワイデモ (距離変動計測)

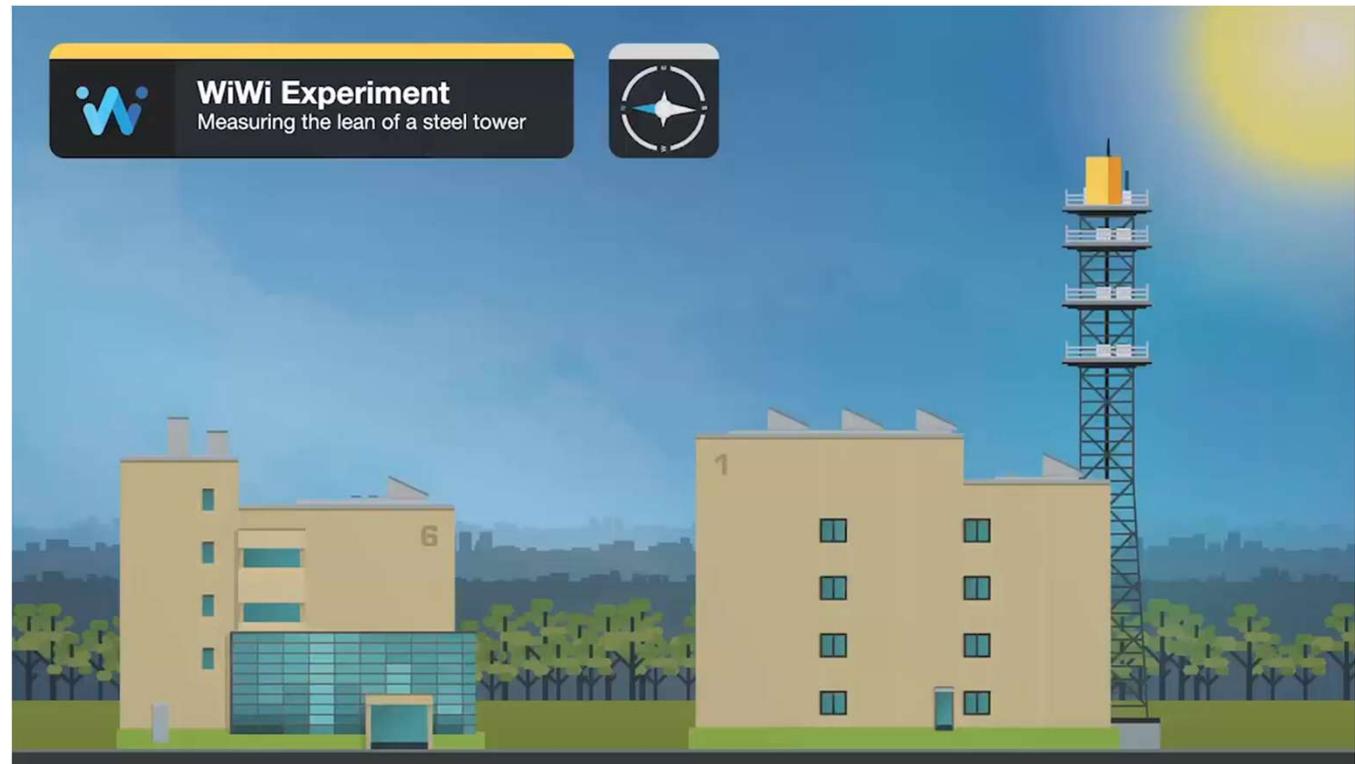
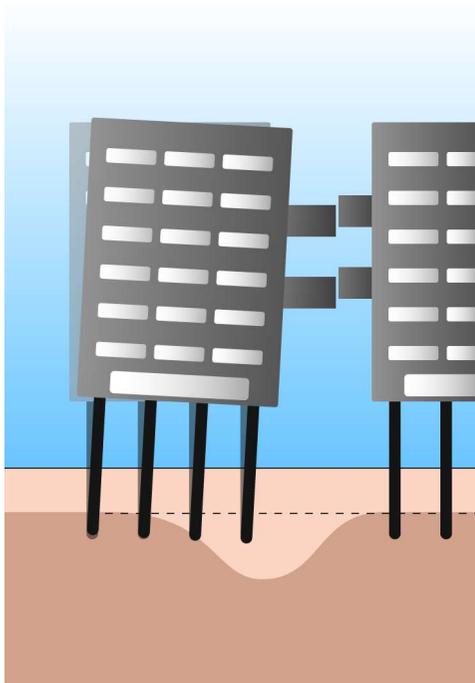
- このデモにおいて、PCはほとんど計算していない
 - ワイワイ方式は計算コストが非常に低いため、マイコン内で計算できてしまう。

通信機のデジタル回路をすこし改良するだけで時空間同期モジュールが出来上がることを示した。



応用例 1 インフラ変位モニター

マンションの傾斜



2018年作成

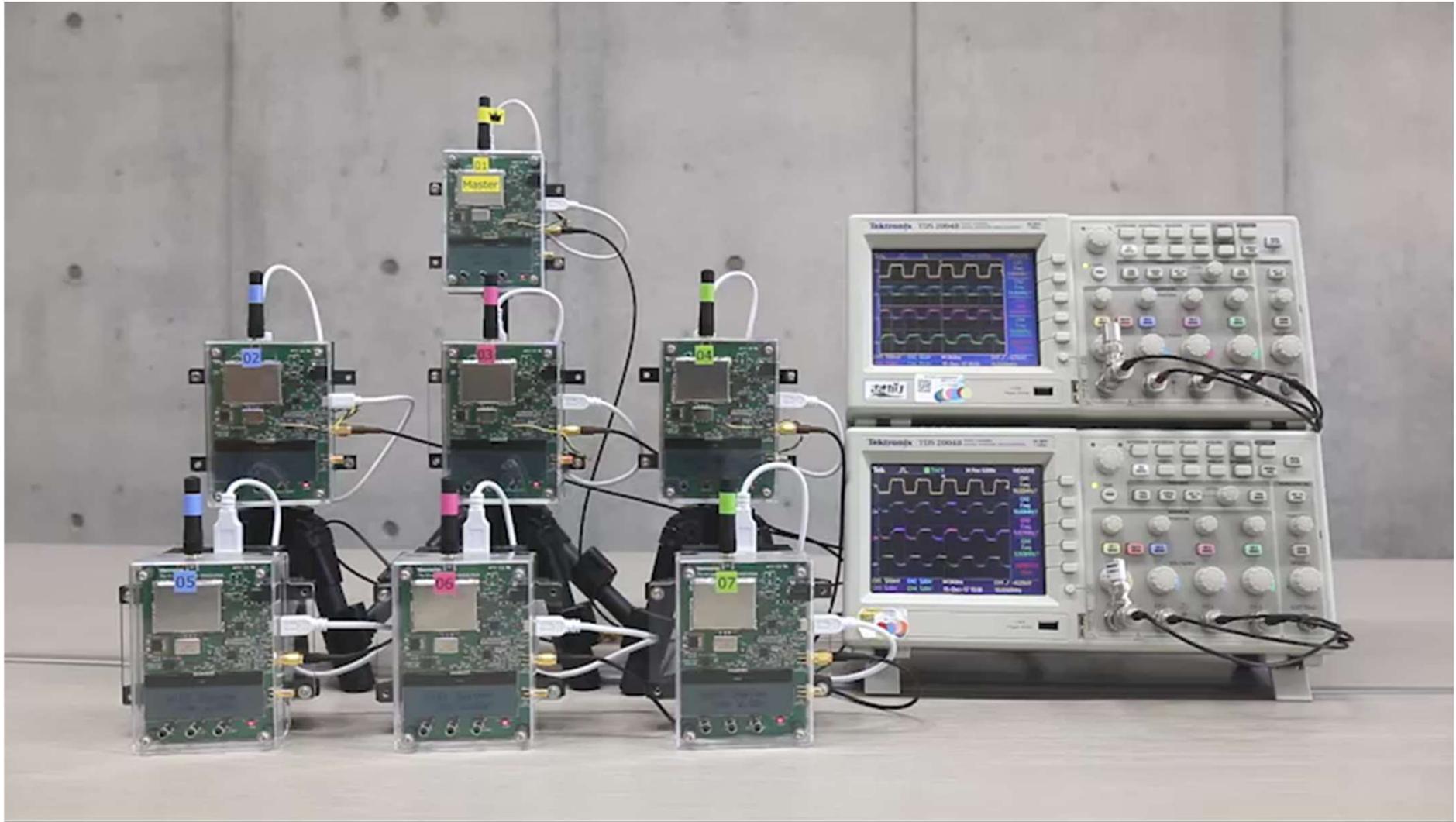
従来の問題点

長期微小(mm)変位を簡便に計測する方法がない

ワイワイが提供する価値

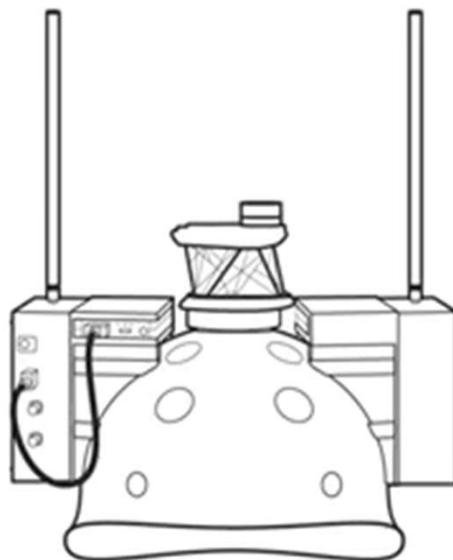
高精度変位計測(mm)を安価、簡便に

wiwi 7台の時刻同期デモ動画



2017年作成

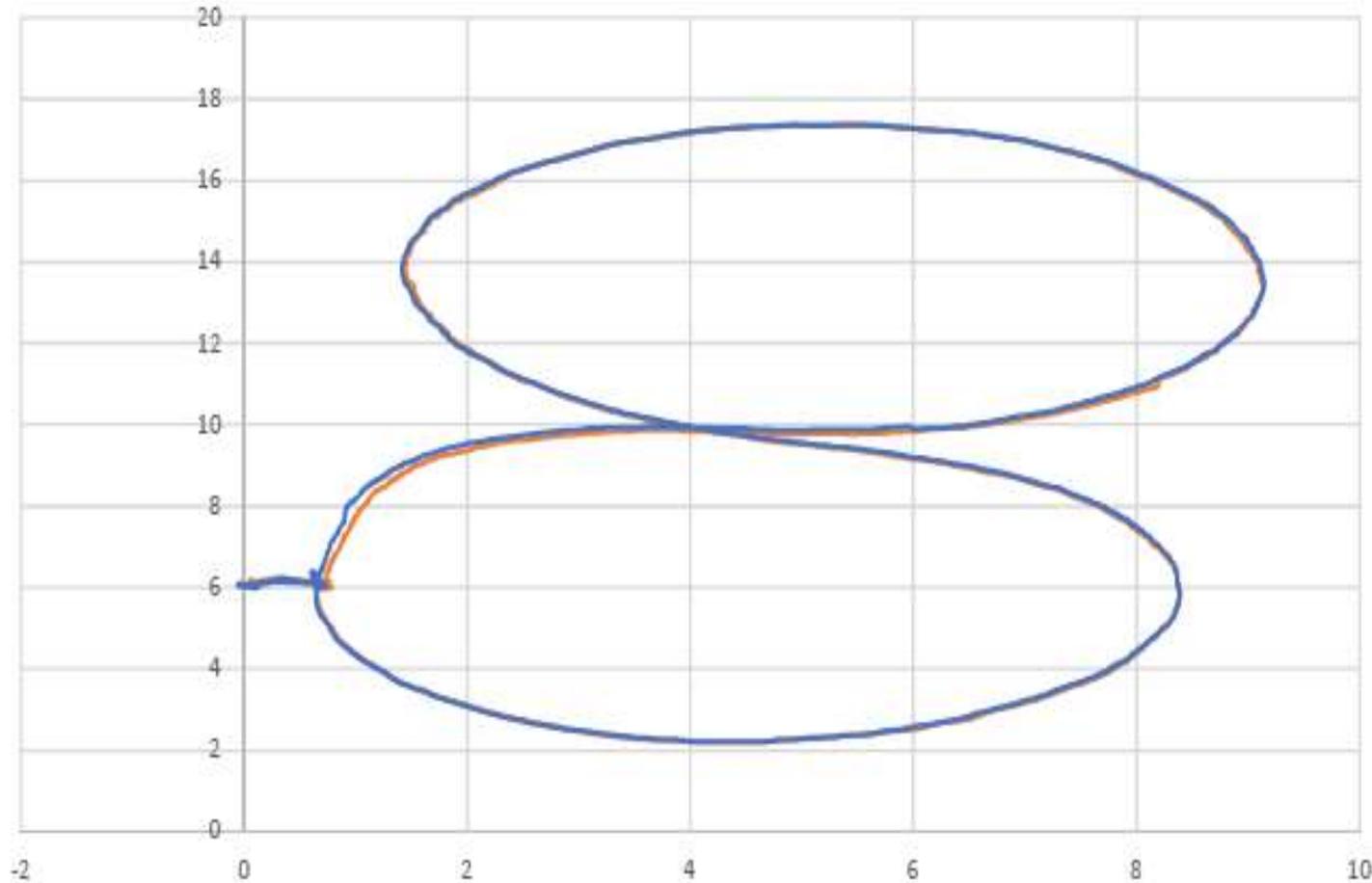
Wi-Fi フィールド実験1





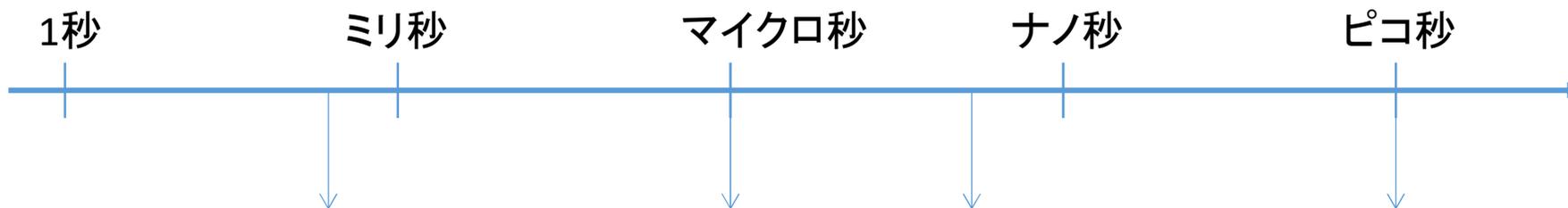
ワイワイとトータルステーション比較

— WiWi — TS



- 電波反射環境ではこうは行かないことも確認済み。

時刻同期 精度比較



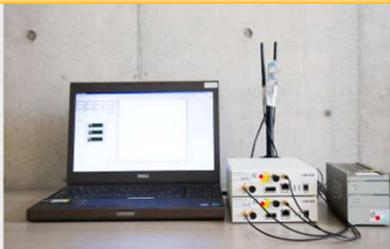
同期精度	10ミリ秒 人との同期	1マイクロ秒 M-M同期	10ナノ秒 位置計測	1ピコ秒 搬送波位相同期、 時空間同期
技術	NTP	PTP	GNSS	Wi-Wi
応用	現状	高頻度株取引 電カグリッド同期 センサー同期	屋外ナビ	電波で位置計測 協調通信 無線電力伝送

Wi-Wiでは搬送波の位相ロックができるため、搬送波の位相を活用する「分散〇〇」のアプリケーションの道が拓ける

i.e. 分散MIMO、分散ビームフォーミング、分散アンテナアレイ等

* GNSSでは搬送波の位相ロックができない。

計測機の組み合わせ



Original Assembly
2015.07

零号プロトタイプ



Prototype
2016.08

壱号機



v1
2016.09

壱号改



v1.5
2017.01

弐号機



v2.0
2017.03

参号機



v3.0
2017.08

四号機



v4.0
2018.03

Wi-Wiモジュール
の試作



さきがけ研究開始

ワイワイ原理実証

テストチップ1完

距離変動実証

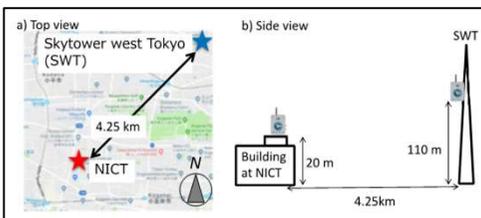
時刻同期実証

ハイパワー版

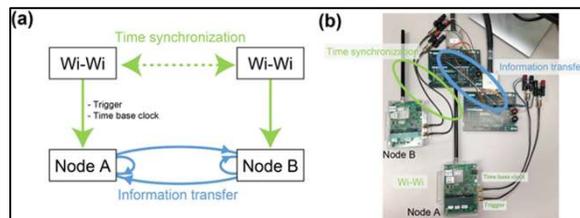
Wi-Wiモジュール
の活用



日照による鉄塔傾斜
をmm精度で計測



大気水蒸気モニタ実験



時刻同期通信プロトコルの開発

Wi-Wiシステム
の社会実装



メーカーからユーザまで全方位の意見を取り入れながら実装を進める

研究開発項目：(d)

極限時刻同期に基づく 革新的通信デバイスと応用開拓

提案機関：

国立研究開発法人情報通信研究機構(代表)

日本電波工業株式会社

国立大学法人東京大学

国立大学法人東北大学電気通信研究所

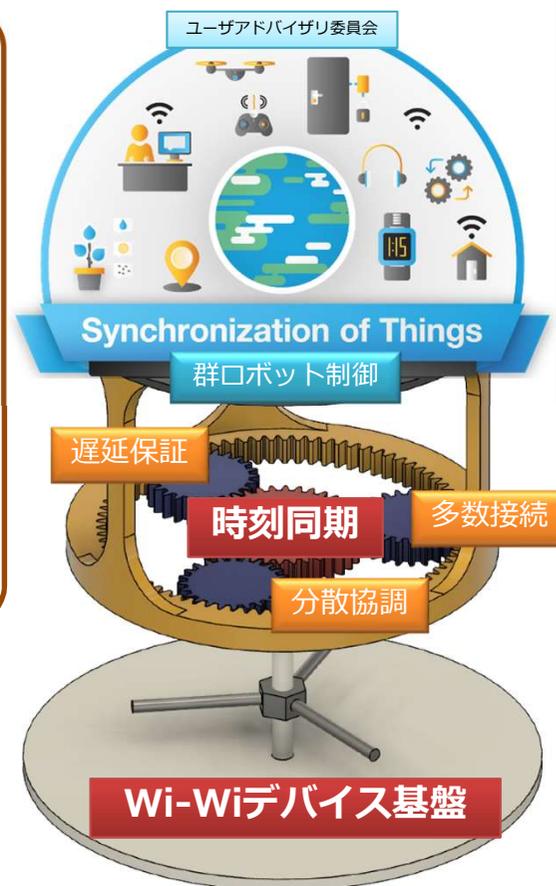
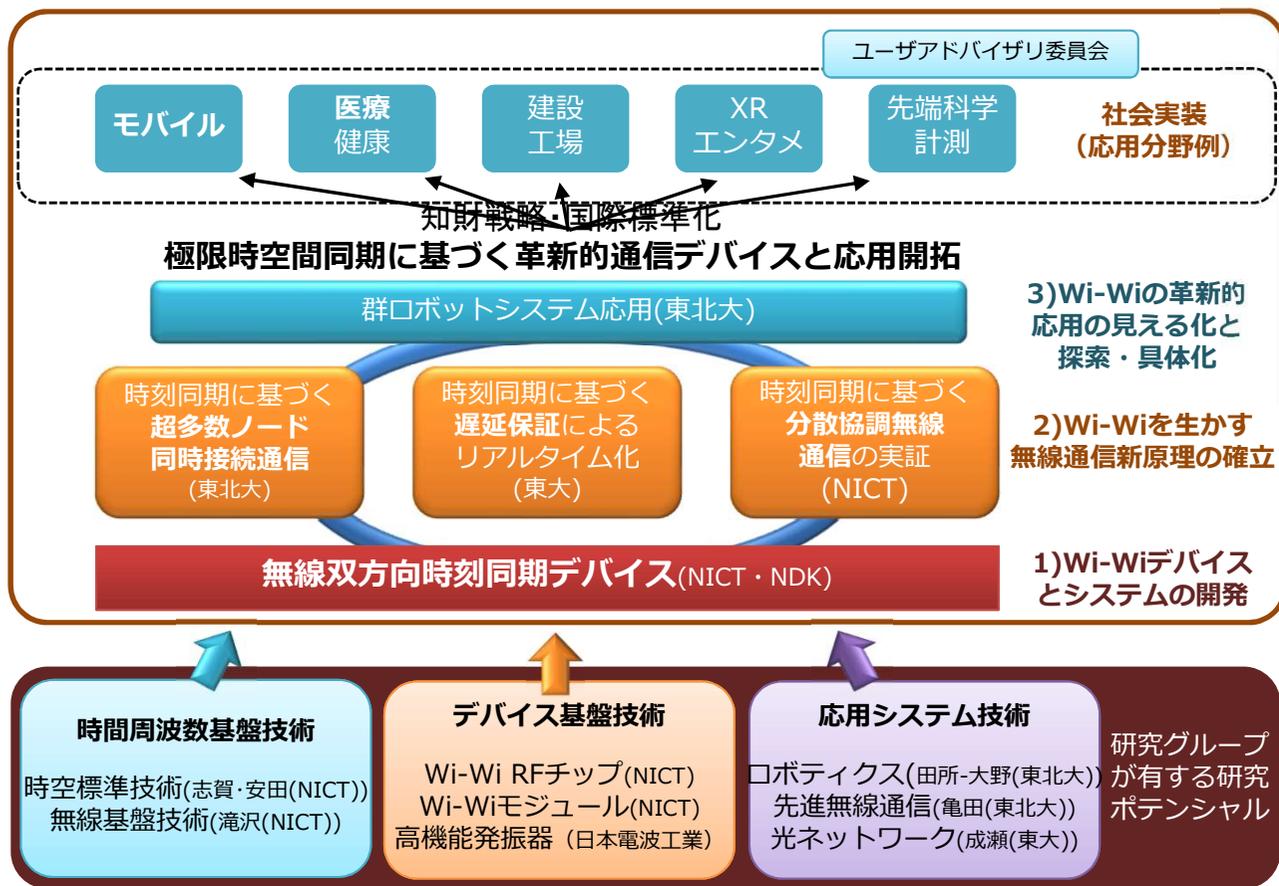
国立大学法人東北大学フ・サイバー・フィジカルAI研究センター

実施期間：3年間(2020～2023年)

1. 提案の概要(2)

提案事業の概要説明図

本事業は、1)Wi-Wiデバイスとシステムの開発、2)無線通信新原理の確立、3)革新的応用の見える化と探索・具体化、から構成される。各研究開発項目に最適な研究者が参画するとともに、ユーザとなる企業から構成されるユーザアドバイザリ委員会を設置し、デバイス開発からユースケース設定、そして事業化計画まで、密に連携を取りながら相互補完的な研究開発を進めることで、**極限時刻同期技術**の事業化の有用性を短期間で示す。



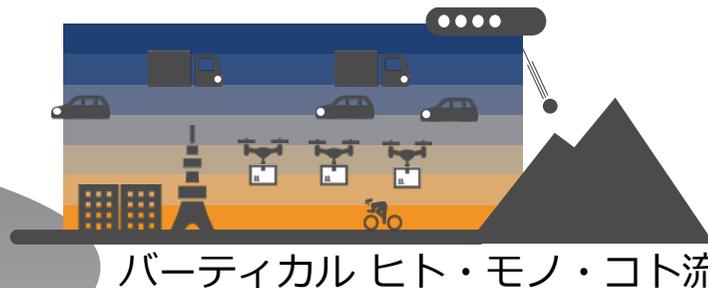


ヒト・モノ・コト連携への道

時空間同期によるヒト・モノ・コト連携

- ・ 時空間情報の上位レイヤ (認証、セキュリティ、プライバシー)
- ・ サービス展開

STEP 03
~2040



STEP 02
~2035

時空間同期インフラ

- ・ 電波距離→空間距離
- ・ 基準局設置
- ・ 絶対位置計測



STEP 01
~2025

時刻同期技術

- ・ 時刻同期技術の完成
- ・ 時刻同期ネットワーク
- ・ 時刻同期通信プロトコル



現在

時刻と位置を把握せずに成立する情報通信

- ・ プリアンブル
- ・ ロジカルクロック



ニーズと シーズの ギャップ

- 研究者だけではギャップを埋められない
- 「ニーズから引き上げてもらうしかない」→ユーザとの連携
- 時空間同期を実装するには、基礎研究、ビジネス、標準化、法整備を同時に進めることが必要。
- 国際的な連携も必須。



論文リスト

1. N. Shiga, K. Kido, S. Yasuda, B. Patna, Y. Hanado, S. Kawamura, H. Hanado, K. Takizawa, and M. Inoue, "Demonstration of wireless two-way interferometry (Wi-Wi)," IEICE Communications Express, Vol.6, No.2, pp77-82 (2017) https://www.jstage.jst.go.jp/article/comex/6/2/6_2016XBL0181/article/-char/en
2. Satoshi Yasuda¹, Nobuyasu Shiga¹, Bohla Panta², Kaori Fukunaga, "TOWER TILT MONITORING WITH WIRELESS TWO-WAY INTERFEROMETRY (WI-WI)" International Symposium on Structural Health Monitoring and Nondestructive Testing 4-5 October (2018), Saarbruecken, Germany https://www.ndt.net/article/shmndt2018/papers/SHM-NDT-2018_paper_57.pdf
3. S. Yasuda, R. Ichikawa, Y. Hanado, S. Kawamura, H. Hanado, H. Iwai, K. Namba, Y. Okamoto, K. Fukunaga, T. Iguchi, N. Shiga, "Horizontal atmospheric delay measurement using wireless two-way interferometry (Wi-Wi)," Radio Science 54 (2019) <https://doi.org/10.1029/2018RS006770>
4. Bholaj Raj Panta, Kohta Kido, Satoshi Yasuda, Yuko Hanado, Seiji Kawamura, Hiroshi Hanado, Kenichi Takizawa, Masugi Inoue, and Nobuyasu Shiga, "Distance Variation Monitoring with Wireless Two-way Interferometry (Wi-Wi)", Sens. Mater., Vol. 31, No. 7, (2019), p. 2313-2321. <https://doi.org/10.18494/SAM.2019.2212>
5. Daijiro Koyama, Yunzhuo Wang, Nobuyasu Shiga, Satoshi Yasuda, Nicolas Chauvet, and Makoto Naruse, "Low latency information transfer based on precision time synchronization via wireless interferometry," Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol. 12, no. 2, pp. 225-235 (2021) <https://doi.org/10.1587/nolta.12.225>
6. YUSUKE YAMASAKI, NICOLAS CHAUVET, NOBUYASU SHIGA, SATOSHI YASUDA, KENICHI TAKIZAWA, RYOICHI HORISAKI, AND MAKOTO NARUSE, "Delay-bounded Wireless Network Based on Precise Time Synchronization Using Wireless Two-way Interferometry," IEEE Access, (2021) <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3087866>