

レンズ・プリズム・波長板を集積化した メタサーフェスの次世代原子時計への期待 ～背景技術と展望～

情報通信研究機構 原 基揚
早稲田大学 池沢 聡
東京農工大学 岩見健太郎

1. 緒言

6G 以降の次世代通信網では, 新規に AI やセンシングテクノロジーの活用が期待されている¹⁾(図 1)。情報通信研究機構(National Institute of Information and Communications Technology: NICT)では, このような状況に対して, 通信網とこれらの連動を円滑に運用するために必須となる時空間同期技術の開発に取り組んでいる。例えば, 無線双方向通信を用いた D2D(Device to Device)での時刻同期・距離計測技術(Wireless two-way interferometry: Wi-Wi)²⁾ や, 無線基地局や衛星系, 近接する複数の通信デバイスからの時刻位置情報をアンサンブル処理して, より安定した時空間情報を生成するクラスタックロックなど³⁾, 多様な開発を進捗させている^{4,5)}。

ここで, これらの技術を「デバイス外部との時空間同期技術」と捉えると, 同期された時刻を電波環境によらずロバストに安定保持する技術や, ジャミングやスプーフィングを検出してアンサンブル処理の安定性を確保する技術など, 「デバイス内部での時空間同期技術」も必要不可欠な開発課題と言える。ここで必須となるのが超高安定なクロック標準を内蔵する技術であり, 我々は CPT 原子時計(CPT: Coherent Population Trapping(後述))の小型化に注目して開発を行っている^{6,7)}。

原子時計の小型化は 2000 年代に米国標準技術研究所(National Institute of Standards and Technology: NIST)を中心に先進的な開発が進められ, Microchip 社(当時: Symmetricom 社)から小型の原子時計モジュールが販売されるまでに至った⁸⁾。日本でも産業技術総合研究所を中心に小型原子時計の開発が行われ, 大幅な低消費電力化と長期安定性の改善に成功した⁹⁾。ただし, これらの原子時計のサイズは 2020 年代に 20cc を切るまでに小型化したものの, 汎用デバイスにボード実装するには巨大であり, また製造コストも民生用途へ展開するには, まだまだ高価な状況にある。NICT では, これらに対し, MEMS/NEMS(Micro/Nano Electro-Mechanical Systems)技術を活用して, 構成部品のレベルから原子時計の集積度を高め, 小型・微細化を加速させるプロジェクトを, 複数の大学・企業の協力のもと 2022 年より開始した¹⁰⁾。

本報告で紹介するメタサーフェス技術の活用は, 上記プロジェクトのさらに先を見据えた技術開発となる。通信端末をスマホやタブレット PC のような, より身近なデバイスに限定すると, サイズやコスト, 消費電力の劇的な抑制が求められるだけでなく, 大画面のインターフェースを備えるこれらのデバイスは他と比べてとりわけ薄型であり, 内蔵素子にも低背化が求められる。我々は, この課題に対し, 光学系を効率的に集積する技術を提案して開発を進めており, 以下, それについて解説を試みる。

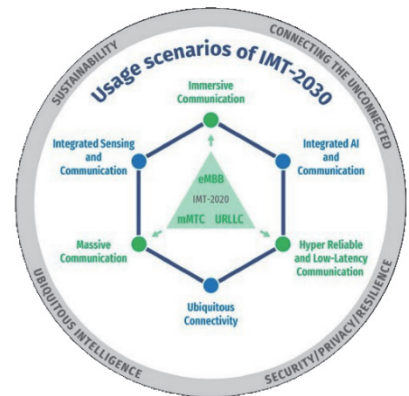


図 1 6G に向けたユースシナリオ¹⁾