テラヘルツ波を用いた高セキュリティ無線システムの原理確認

Feasibility Confirmation of High-Security Wireless System using Terahertz Waves

九州大[1] ○(M2)河合 優佑[1], 山内 健太[1], 加藤 和利[1]

Kyushu Univ.[1], ○Yusuke Kawai[1], Kenta Yamauchi[1], Kazutoshi Kato[1]

E-mail: kawai.yusuke.573@s.kyushu-u.ac.jp

1. まえがき

無線信号は自由空間を伝わるため、有線で伝わる信号と比べ、第三者に傍受されるリスクが高い。そのため、無線の物理層でのセキュリティ向上は必須の課題である。我々は単一走行キャリアフォトダイオード(UTC-PD)を用いた光技術の特長を活かし、アンテナをアレー化し、テラヘルツ波を空間で合波することで、テラヘルツ波の指向性増大とビームステアリングを実現している[1, 2]。そこで、テラヘルツ波を用いた新たな高セキュリティ無線システムを考案した。今回、その受信原理を 300 GHz 帯キャリアを用いた 250 Mbit/s の伝送実験により実証したので報告する。

2. 高セキュリティ無線システムの原理

図 1 に目標とする無線システムの構成を示す。まず暗号器で送信データを二つのデータに分離する。ここで、分離したデータ同士のアンド演算の結果が、元のデータとなるように分離を行う。これらを光変調し、光ファイバで二か所の送信器に伝送する。送信器はフォトダイオード／アンテナアレーからなり、二つの高指向性テラヘルツ波ビームを受信器の位置で重なるように放射する。受信器では二つの信号どうしをヘテロダイン検波することでこれら信号のアンド演算が行われ、元のデータが復号される。

データを正しく復号するためには、二つのビームが重なる領域内でかつ、二つのデータの位相が揃う位置に受信器が存在しなければならない。これにより物理的なセキュリティ向上が期待できる。

3. ヘテロダイン検波によるアンド演算の実証実験

図 2 のように、四つのレーザ(LD1~LD4)と光ファイバカプラ(OC)を用い、差周波数が 300 GHz の光波ペアと 310 GHz の光波ペアを生成した。それぞれの光波をパルスパターンジェネレータ(PPG)で生成した 250 Mbit/s の矩形信号で強度変調器により変調した後、一つのチップ上の別々の UTC-PD でフォトミキシングし、それぞれ 300 GHz、310 GHz のテラヘルツ波を発生させた。

両光路長を同じにした場合と、310 GHz 側の光路に適当な長さの光ファイバを挿入することでテラヘルツ波に 1.5 ns の遅延を与えた場合の二通りについて実験を行った。受信器には FMB-D を用い、エンベロープディテクタ(DET)で受信信号の交流成分を検出し、包絡波形をオシロスコープ(OSC)で観測した。

図 3 に重ね合わせ前の二つのテラヘルツ波信号(上、中)とそれらを重ね合わせた後にエンベロープディテクタで検波した信号(下)を示す。二つのテラヘルツ波信号の High レベルが重なる部分のみが High レベルとして検波されており、アンド演算の実現を確認できた。

4. 結論

無線の物理層におけるセキュリティ向上のため二方向からのテラヘルツ波どうしのヘテロダイン検波による新たな無線システムを考案した。今回 300GHz 帯キャリアのヘテロダイン検波を行い、アンド演算を確認した。これにより、提案したシステムにおける受信方式の原理動作を実証した。

謝辞

研究の一部は総務省 SCOPE(受付番号 195010002)、JST 産学共創基礎基盤研究(JPMJSK1513)、及び JSPS 科研費(JP19K21977, JP20H00253)による。

参考文献

[1] Y. Zhou, et al., OFC2018, M4J.1.
[2] M. Che, et al., ECOC2019, Th2.C-2.

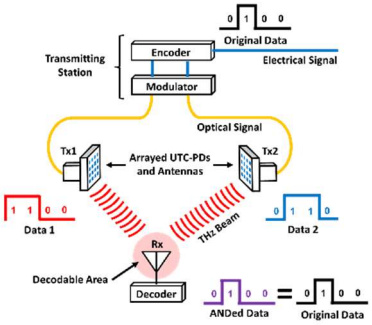

Fig. 1. Conceptual diagram of high-security communication system

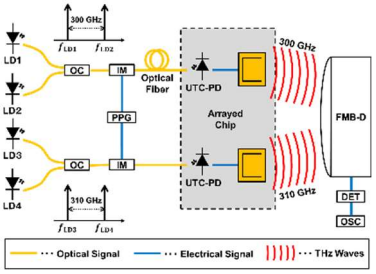

Fig. 2. Experimental setup for AND operation by utilizing arrayed UTC-PDs on a chip

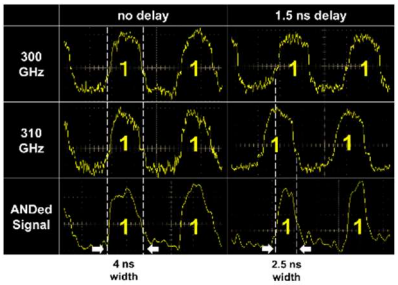

Fig. 3. Waveforms of THz 250-Mbit/s AND operation

© 2021年 応用物理学会