

PERANCANGAN MIKROSTRIP MULTIBAND BANDPASS FILTER DENGAN METODE MULTI-NOTCH RESONATOR

**Toto Supriyanto¹⁾, Asri Wulandari¹⁾, Umar Rafif¹⁾, Rahul Asrialdi¹⁾, Alif Putra Seto¹⁾,
Fitrah Malik²⁾, Teguh Firmansyah²⁾**

1) Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

E-mail: toto.supriyanto@elektro.pnj.ac.id

2) Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

Abstrak

Pada penelitian ini dibahas perancangan dan simulasi filter mikrostrip multiband berbasis metode notch band, yang dimodifikasi melalui variasi panjang chop pada patch utama. Desain awal diadaptasi dari struktur ultra-wideband (UWB) yang dimodifikasi melalui penambahan maupun pengurangan patch tambahan, serta pengaturan parameter dimensi W5 untuk menghasilkan resonansi pada beberapa pita frekuensi. Tiga konfigurasi utama dirancang dan diuji, yaitu lima notch (50% chop), lima notch (full chop), dan satu notch (full chop). Proses simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak perancangan sirkuit mikrostrip, dengan lima iterasi untuk masing-masing konfigurasi, guna mengevaluasi pengaruh variasi W5 terhadap karakteristik frekuensi kerja, return loss, dan insertion loss. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi lima notch (full chop) menghasilkan jumlah pita frekuensi terbanyak, yakni enam pita pada frekuensi 0,84 GHz, 1,404 GHz, 3,063 GHz, 3,794 GHz, 4,092 GHz, dan 4,623 GHz. Namun, dua pita pada frekuensi di atas 3 GHz menunjukkan nilai insertion loss rendah (< -2 dB), yang mengindikasikan potensi hilangnya pita tersebut pada tahap realisasi fisik. Sementara itu, konfigurasi lima notch (50% chop) dan satu notch (full chop) masing-masing menghasilkan tiga pita frekuensi, dengan performa optimal pada iterasi ketiga. Pada kondisi tersebut, return loss dan insertion loss menunjukkan stabilitas kinerja yang lebih baik dibandingkan konfigurasi lainnya.

Kata kunci: Band pass filter, Mikrostrip, Multiband, Notch resonator.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi pada era modern telah mendorong penggunaan perangkat elektronik secara masif di berbagai bidang kehidupan. Seiring dengan meningkatnya kecanggihan teknologi, kebutuhan untuk menghubungkan berbagai perangkat secara nirkabel juga semakin krusial [1]–[3]. Antena menjadi salah satu komponen utama dalam sistem komunikasi nirkabel, berperan sebagai pemancar dan penerima sinyal data antar perangkat. Namun demikian, proses transmisi dan penerimaan sinyal seringkali menghadapi keterbatasan, khususnya pada aspek lebar pita (bandwidth) yang sempit. Kondisi ini menuntut adanya perancangan sistem komunikasi yang mampu mengakomodasi kebutuhan bandwidth yang lebih luas [4], [5].

Salah satu tantangan penting dalam sistem komunikasi nirkabel adalah gangguan (interferensi) pada frekuensi kerja perangkat, khususnya yang menggunakan antena mikrostrip. Untuk meminimalkan interferensi tersebut, diperlukan perangkat penyaring (filter) yang mampu melewatkannya hanya frekuensi yang diinginkan dan meredam frekuensi lainnya [6]–[8]. Filter berbasis teknologi mikrostrip menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan karena memiliki keunggulan dalam hal kemudahan fabrikasi, efisiensi biaya untuk desain tertentu, serta ketahanan struktural yang baik [9]–[12].

Spektrum frekuensi yang digunakan dalam komunikasi nirkabel mencakup berbagai layanan, mulai dari penyiaran radio (AM dan FM), televisi (UHF), hingga telekomunikasi bergerak (GSM, CDMA, LTE), dan lain sebagainya. Salah satu teknologi yang menawarkan lebar pita sangat besar adalah Ultra Wideband (UWB) [13]–[15]. UWB merupakan teknologi jaringan nirkabel dengan kemampuan transmisi data berkecepatan tinggi pada jarak pendek (short-range wireless), sehingga memiliki potensi yang signifikan untuk diaplikasikan pada sistem komunikasi modern yang membutuhkan kapasitas data besar, latensi rendah, dan kinerja spektral yang efisien [1]–[3], [16]–[19].

Penelitian ini membahas perancangan dan simulasi filter mikrostrip multiband berbasis metode notch band, yang dimodifikasi melalui variasi panjang chop pada patch utama. Desain awal

diadaptasi dari struktur ultra-wideband (UWB) yang dimodifikasi melalui penambahan maupun pengurangan patch tambahan, serta pengaturan parameter dimensi W5 untuk menghasilkan resonansi pada beberapa pita frekuensi. Tiga konfigurasi utama dirancang dan diuji, yaitu lima notch (50% chop), lima notch (full chop), dan satu notch (full chop). Proses simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak perancangan sirkuit mikrostrip, dengan lima iterasi untuk masing-masing konfigurasi, guna mengevaluasi pengaruh variasi W5 terhadap karakteristik frekuensi kerja, return loss, dan insertion loss. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi lima notch (full chop) menghasilkan jumlah pita frekuensi terbanyak, yakni enam pita pada frekuensi 0,84 GHz, 1,404 GHz, 3,063 GHz, 3,794 GHz, 4,092 GHz, dan 4,623 GHz. Namun, dua pita pada frekuensi di atas 3 GHz menunjukkan nilai insertion loss rendah (< -2 dB), yang mengindikasikan potensi hilangnya pita tersebut pada tahap realisasi fisik. Sementara itu, konfigurasi lima notch (50% chop) dan satu notch (full chop) masing-masing menghasilkan tiga pita frekuensi, dengan performa optimal pada iterasi ketiga. Pada kondisi tersebut, return loss dan insertion loss menunjukkan stabilitas kinerja yang lebih baik dibandingkan konfigurasi lainnya.

Studi Pustaka

Interferensi pada frekuensi kerja merupakan salah satu permasalahan utama dalam sistem komunikasi nirkabel yang menggunakan antena mikrostrip. Untuk meminimalkan interferensi tersebut, diperlukan perangkat penyaring (filter) yang mampu melewatkannya hanya frekuensi yang diinginkan, baik pada proses transmisi maupun penerimaan sinyal. Salah satu metode yang umum digunakan adalah perancangan filter berbasis teknologi mikrostrip. Filter mikrostrip memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan teknologi penyaringan lainnya, antara lain kemudahan proses fabrikasi, biaya produksi yang relatif rendah pada desain tertentu, serta ketahanan yang baik selama pemakaian. Frekuensi kerja dalam sistem komunikasi mencakup berbagai layanan, mulai dari penyiaran radio (AM dan FM), televisi (UHF), hingga telekomunikasi bergerak (GSM, CDMA, LTE). Salah satu teknologi yang menyediakan bandwidth lebar adalah Ultra Wideband (UWB), yang diklasifikasikan sebagai short-range wireless dan mampu mendukung kecepatan transfer data yang sangat tinggi.

Fokus penelitian ini adalah pada perancangan filter mikrostrip multiband dengan metode notch band. Beberapa penelitian terdahulu terkait perancangan filter mikrostrip antara lain sebagai berikut. Ref [20] merancang dual- and triple-passband filter menggunakan alternately cascade multiband resonators. Penelitian ini menggunakan substrat Rogers R04003 dan menghasilkan frekuensi kerja pada 2,3 GHz, 3,7 GHz, dan 5,3 GHz dengan bandwidth masing-masing 3,8%, 6,8%, dan 5%. Meskipun mencakup penjelasan teori dan eksperimen yang lengkap, penyajian hasil kurang konsisten dalam penggunaan satuan. Ref [21] mengusulkan quad-band bandpass filter berbasis asymmetric stepped impedance resonators menggunakan substrat Roger Duroid 5880. Filter ini menghasilkan empat pita pada frekuensi 2,4 GHz, 3,5 GHz, 5,2 GHz, dan 6,8 GHz, dengan bandwidth 6,4%, 9,4%, 3,8%, dan 4,9%, return loss sebesar 13 dB, 38 dB, 19 dB, dan 26 dB, serta insertion loss masing-masing 0,5 dB, 1,3 dB, 1,3 dB, dan 1 dB. Salah satu pita memiliki bandwidth yang kecil sehingga tidak dapat dihitung secara akurat. Pada penelitian lainnya dirancang hairpin bandpass filter dengan open stub dan defected ground structure (DGS) untuk frekuensi UMTS 3G (1920–1980 MHz). Filter ini menghasilkan return loss sebesar $-10,82$ dB pada frekuensi tengah 1948,5 MHz, insertion loss $-1,3$ dB, dan bandwidth 61 MHz. Penggunaan DGS mampu sedikit meningkatkan return loss sebesar 0,3 dB pada frekuensi cut-off, meskipun peningkatannya tidak signifikan.

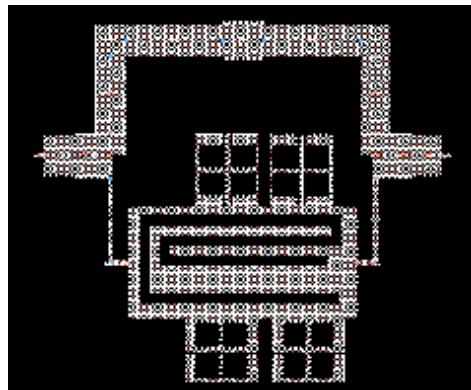
Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian ini dilaksanakan secara sistematis untuk menghasilkan rancangan dan realisasi filter mikrostrip multiband berbasis metode notch band. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Spesifikasi: Spesifikasi awal filter yang akan dirancang ditetapkan sebagai berikut: rentang frekuensi kerja (f) 1,85–7,65 GHz, parameter insertion loss (S_{21}) lebih besar dari -3 dB, return loss (S_{11}) lebih kecil dari -10 dB, serta nilai Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) kurang dari 2.
2. Pemilihan Substrat: Substrat yang digunakan adalah Rogers Duroid 5880, dengan spesifikasi konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) sebesar 2,2, loss tangent 0,0009, dan ketebalan patch 1,575 mm.
3. Perancangan Filter UWB: Perancangan dimulai dengan membentuk dimensi mikrostrip bandpass filter untuk frekuensi 1,85–7,65 GHz menggunakan perangkat lunak Advanced Design System (ADS) 2011, guna mendapatkan karakteristik ultra wideband yang sesuai.
4. Perancangan Filter Notch Band: Setelah rancangan filter UWB memenuhi spesifikasi, dilakukan modifikasi untuk menghasilkan filter multiband dengan menerapkan metode notch band. Modifikasi ini bertujuan untuk memunculkan pita larangan pada frekuensi tertentu.
5. Pabrikasi Filter: Desain hasil simulasi dikonversi ke format Visio, kemudian dikirim ke pihak manufaktur untuk proses pabrikasi filter mikrostrip multiband sehingga diperoleh prototipe fisik.
6. Pengukuran Filter: Filter hasil pabrikasi diuji untuk mengukur spesifikasi kinerjanya, mencakup frekuensi kerja, return loss, insertion loss, dan VSWR, menggunakan perangkat ukur yang sesuai.
7. Analisis Hasil: Data hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil simulasi untuk mengevaluasi kesesuaian desain, mengidentifikasi deviasi yang terjadi, serta menilai kelayakan performa filter.

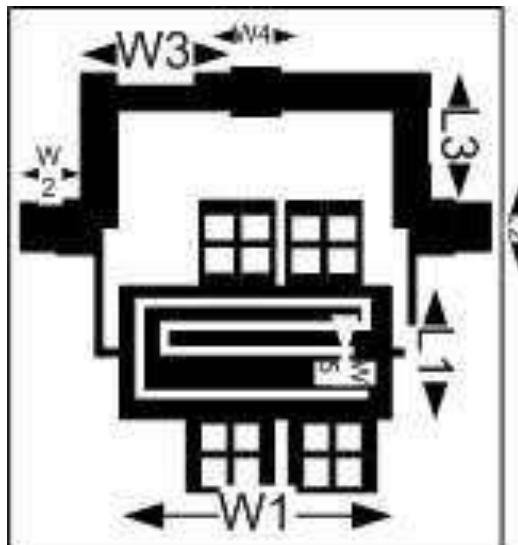
Hasil dan Pembahasan

Desain pada konfigurasi ini terlihat pada Gambar 1. perubahan utama terletak pada panjang chop di dalam patch persegi panjang. Dimensi lebar chop dipertahankan, namun panjangnya diperbesar untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap jumlah pita frekuensi yang dihasilkan. Pola folded chop tetap digunakan, karena secara teori konfigurasi ini mampu memunculkan resonansi tambahan akibat gangguan medan listrik pada jalur transmisi mikrostrip.



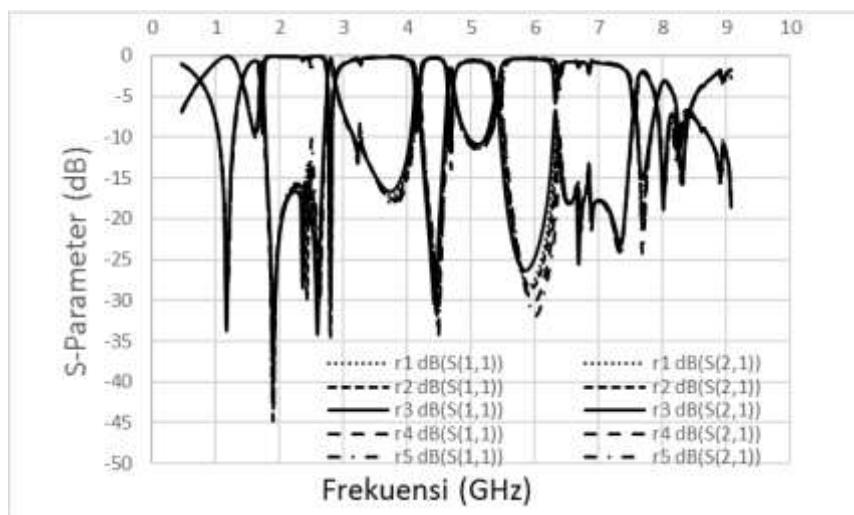
Gambar 1. Desain filter mikrostrip multiband menggunakan metode notch Band

Struktur filter masih menggunakan empat patch tambahan—dua di bagian atas dan dua di bagian bawah patch utama—with posisi yang sama seperti desain acuan. Notch tambahan ini berfungsi untuk menciptakan pita larangan pada frekuensi tertentu, yang pada gilirannya akan menghasilkan pita lolos tambahan di antara pita larangan tersebut. Simulasi dilakukan lima kali dengan memvariasikan dimensi W_5 (0,6–1,0 mm) untuk mengoptimalkan kinerja filter. Dimensi utama filter adalah $W_1 = 22,5$ mm, $W_2 = 9,5$ mm, $W_3 = 4$ mm, $W_4 = 5$ mm, $L_1 = 11$ mm, $L_2 = 10,5$ mm, dan $L_3 = 4$ mm. Parameter kinerja yang diukur meliputi return loss, insertion loss, dan frekuensi kerja pada setiap pita, secara lengkap terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi filter mikrostrip multi band menggunakan metode notch band

Hasil terbaik diperoleh pada iterasi ketiga ($W_5 = 1,0 \text{ mm}$) dengan tiga pita frekuensi pada 1,172 GHz, 2,798 GHz, dan 4,656 GHz. Return loss yang diperoleh adalah $-33,745 \text{ dB}$, $-30,88 \text{ dB}$, dan insertion loss sebesar $-0,028 \text{ dB}$, $-0,241 \text{ dB}$. Meskipun semua konfigurasi menghasilkan tiga pita, terlihat bahwa penambahan panjang chop tidak selalu meningkatkan kualitas filter. Dibandingkan dengan desain lima pita pada subbab sebelumnya, konfigurasi ini menghasilkan jumlah pita yang lebih sedikit, yang menunjukkan bahwa panjang chop berlebihan dapat menurunkan efisiensi kopling antarresonator.



Gambar 3. Hasil simulasi multi band menggunakan metode notch band.

Kesimpulan

Pada penelitian berhasil dirancang multi band menggunakan metode notch band. Proses simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ADS, dengan lima iterasi untuk masing-masing konfigurasi, guna mengevaluasi pengaruh variasi W_5 terhadap karakteristik frekuensi kerja, return loss, dan insertion loss. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi lima notch (full chop) menghasilkan jumlah pita frekuensi terbanyak, yakni enam pita pada frekuensi 0,84 GHz, 1,404 GHz, 3,063 GHz, 3,794 GHz, 4,092 GHz, dan 4,623 GHz. Namun, dua pita pada frekuensi di atas 3

GHz menunjukkan nilai insertion loss rendah (< -2 dB), yang mengindikasikan potensi hilangnya pita tersebut pada tahap realisasi fisik. Sementara itu, konfigurasi lima notch (50% chop) dan satu notch (full chop) masing-masing menghasilkan tiga pita frekuensi, dengan performa optimal pada iterasi ketiga. Pada kondisi tersebut, return loss dan insertion loss menunjukkan stabilitas kinerja yang lebih baik dibandingkan konfigurasi lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa penambahan panjang chop tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kinerja filter. Sebaliknya, pengaturan parameter dimensi W5 terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah pita dan stabilitas karakteristik filter. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan desain filter mikrostrip multiband yang ringkas dan berperforma tinggi untuk aplikasi komunikasi nirkabel modern.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini dibiayai oleh Politeknik Negeri Jakarta.

Daftar Pustaka

- [1] T. Maeda *et al.*, “A low-power dual-band triple-mode WLAN CMOS Transceiver,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 41, no. 11, pp. 2481–2489, 2006, doi: 10.1109/JSSC.2006.883323.
- [2] G. Qi, P. I. Mak, and R. P. Martins, “A 0.038-mm² SAW-Less Multiband Transceiver Using an N-Path SC Gain Loop,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 52, no. 8, pp. 2055–2070, 2017, doi: 10.1109/JSSC.2017.2697409.
- [3] D. G. Rahn *et al.*, “A Fully Integrated Multiband MIMO WLAN Transceiver RFIC,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 40, no. 8, pp. 1629–1641, 2005.
- [4] S. F. R. Chang *et al.*, “A dual-band RF transceiver for multistandard WLAN applications,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 53, no. 3 II, pp. 1048–1055, 2005, doi: 10.1109/TMTT.2005.843509.
- [5] J. Zipper *et al.*, “A single-chip dual-band CDMA2000 transceiver in 0.13 μm CMOS,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 42, no. 12, pp. 2785–2794, 2007, doi: 10.1109/JSSC.2007.908750.
- [6] K. Lim *et al.*, “A 65-nm CMOS 2 × 2 MIMO Multi-Band LTE RF Transceiver for Small Cell Base Stations,” *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 53, no. 7, pp. 1960–1976, 2018, doi: 10.1109/JSSC.2018.2824300.
- [7] J. Lu, L. Ma, C. Gu, and J. Mao, “A High-Isolation Duplexer With Mismatched Load Impedance for Integrated Sensing and Communication,” *IEEE Microw. Wirel. Components Lett.*, vol. 32, no. 9, pp. 1127–1130, 2022, doi: 10.1109/LMWC.2022.3166259.
- [8] H. Moon, J. Han, S. Il Choi, D. Keum, and B. H. Park, “An Area-efficient 0.13-μm CMOS multiband WCDMA/HSDPA receiver,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 58, no. 5 PART 2, pp. 1447–1455, 2010, doi: 10.1109/TMTT.2010.2042909.
- [9] C. Chen, T. Huang, and R. Wu, “Design of Dual- and Triple-Passband Filters Using Alternately Cascaded Multiband Resonators,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 54, no. 9, pp. 3550–3558, 2006.
- [10] T. Firmansyah, F. Kurniawan, and Y. R. Denny, “Multiband microstrip antenna array with slot and array method for GSM, WCDMA, and LTE,” in *International Conference*

- [11] M. Pal, J. Chatterjee, and R. Ghatak, “Multiband BPF with wide upper stop band using asymmetrically positioned stub loaded open loop resonators,” *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 68, no. 11, pp. 1041–1046, 2014, doi: 10.1016/j.aeue.2014.05.002.
- [12] H. F. Abutarboush, R. Nilavalan, S. W. Cheung, and K. M. Nasr, “Compact printed multiband antenna with independent setting suitable for fixed and reconfigurable wireless communication systems,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 8, pp. 3867–3874, 2012, doi: 10.1109/TAP.2012.2201108.
- [13] A. Quddus and R. Saleem, “Dual Port UWB Diversity/MIMO Antenna with Dual Band-Notch Characteristics,” in *International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, 2016, pp. 7–10.
- [14] F. Foroutan and N. K. Nikolova, “UWB active antenna for microwave breast imaging sensing arrays,” *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 18, no. 10, pp. 1951–1955, 2019, doi: 10.1109/LAWP.2019.2929016.
- [15] Z. Yang, F. Shi, and H. Liang, “A Portable Traffic Counting, Speed Estimation, and Classification Terminal Using IR-UWB Radar,” *IEEE Sens. J.*, vol. 22, no. 13, pp. 13365–13374, 2022.
- [16] E. Doumanis, L. Guan, G. Goussetis, and D. Ferling, “Dual-band bandpass double ground plane coaxial resonators and filters,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 66, no. 8, pp. 3828–3835, 2018, doi: 10.1109/TMTT.2018.2841838.
- [17] H. Saghlatoon, R. Mirzavand, M. M. Honari, and P. Mousavi, “Sensor Antenna Transmitter System for Material Detection in Wireless-Sensor-Node Applications,” *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 21, pp. 8812–8819, 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2868006.
- [18] T. Firmansyah *et al.*, “Multifunctional Glass Microfluidic Microwave Sensor Attenuator for Detection of Permittivity and Conductivity with Device Protection,” *IEEE Sens. J.*, vol. 24, no. 4, pp. 4574–4585, 2024, doi: 10.1109/JSEN.2023.3347554.
- [19] Ramya, T. Rama Rao, and R. Venkataraman, “Concurrent Multi-Band Low-Noise Amplifier,” *J. Circuits, Syst. Comput.*, vol. 26, no. 6, pp. 1–11, 2017, doi: 10.1142/S0218126617501043.
- [20] X. Guo, L. Zhu, and W. Wu, “Design Method for Multiband Filters With Compact Configuration in Substrate Integrated Waveguide,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 66, no. 2, pp. 3011–3018, 2018, doi: 10.1109/TMTT.2018.2830337.
- [21] K. Zhou, C. Zhou, H. Xie, and W. Wu, “Synthesis Design of SIW Multiband Bandpass Filters Based on Dual-Mode Resonances and Split-Type Dual- and Triple-Band Responses,” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 67, no. 1, pp. 151–161, 2019, doi: 10.1109/TMTT.2018.2874250.