Sistem Multicarrier dan Delay–Doppler untuk Komunikasi Nirkabel Generasi Mendatang

Program PPMI Riset STEI 2026 – Riset Kelompok Keahlian

Effrina Yanti Hamid[1], Arifa Aily Nuradha[1], Kusmadi[1]

[1]Sekolah Teknik Elektro dan Informatika (STEI), Institut Teknologi Bandung

PERIODE PELAKSANAAN
Maret – Desember 2026
Tahun Anggaran 2026

KETUA TIM
Dr. Effrina Yanti Hamid, S.T., M.T.
KK Teknik Telekomunikasi, STEI ITB

ANGGOTA TIM
Arifa Aily Nuradha · Kusmadi
Mahasiswa STEI ITB
Mitra: Bella W. Asril (IT Del)

Latar Belakang

OFDM, tulang punggung jaringan 4G/5G, menurun kinerjanya pada mobilitas tinggi (kendaraan, kereta cepat, satelit) karena efek Doppler memicu interferensi antar-subcarrier.

Waveform baru seperti GFDM dan OTFS, serta konsep Integrated Sensing and Communication (ISAC), menjanjikan solusi untuk 6G: satu sinyal untuk komunikasi sekaligus sensing jarak dan kecepatan.

Permasalahan

- GFDM non-ortogonal: ISI/ICI tinggi, ekualizer lambat konvergen, butuh pilot.
- Doppler fraksional pada OTFS menurunkan akurasi estimasi kanal.
- Estimasi jarak–kecepatan 2D-FFT terkunci pada grid sehingga akurasinya jenuh.

Tujuan

Mengembangkan teknik pemrosesan sinyal untuk sistem 6G berbasis waveform multicarrier dan delay–Doppler yang andal pada kanal dinamis:

1. Estimasi kanal & ekualisasi akurat berkompleksitas rendah untuk GFDM dan OTFS.
2. Ketahanan terhadap Doppler, termasuk Doppler fraksional.
3. Teknik ISAC untuk sensing jarak dan kecepatan.
4. Evaluasi terhadap metode konvensional dan batas teoretis.
5. Publikasi ilmiah bereputasi internasional.

Metodologi

1. **Pemodelan sistem & kanal**
   GFDM, OTFS, OFDM-ISAC; LTE-EPA & 3GPP EVA
2. **Perancangan algoritma**
   MMA-DFT, Enhanced Parabolic, DAR-FDE, TP-DFTR
3. **Simulasi Monte Carlo**
   BER/SER, NMSE, RMSE, kompleksitas vs CRB/CRLB
4. **Diseminasi**
   Jurnal IEEE Access & konferensi IEEE

Sistem	Skenario simulasi
GFDM	K=128, M=5; LTE-EPA
OTFS	512×128; EVA; 200–300 km/h
OTFS-ISAC	5,9 GHz; 250 km/h; V2X
OFDM-ISAC	5G NR 28 GHz; 256×64

Acknowledgement

Penelitian ini didanai oleh Program Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat, dan Inovasi (PPMI) STEI 2026 – Riset Kelompok Keahlian, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.

Sistem OTFS-ISAC untuk Komunikasi Kendaraan (V2X)

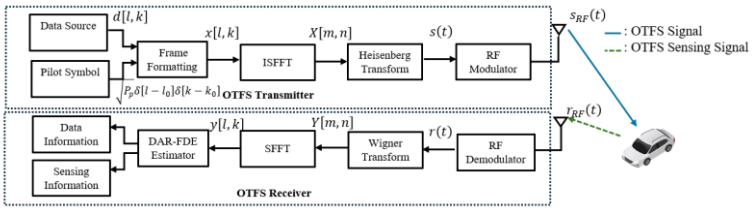
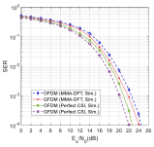


Diagram blok sistem OTFS-ISAC V2X dengan estimator DAR-FDE: deteksi data sekaligus sensing kecepatan kendaraan

Hasil Kegiatan

GFDM **Blind equalizer MMA-DFT**

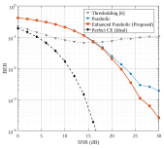


SER GFDM vs OFDM (LTE-EPA)

0,89 dB — **gain SER GFDM dibanding OFDM**

Tanpa pilot; MSE konvergen dalam ±15–20 blok.

OTFS **Enhanced Parabolic**

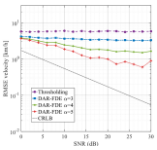


BER vs SNR, 200 km/h

≈ 7× — **BER lebih rendah vs parabolic (SNR 30 dB)**

NMSE lebih rendah di seluruh rentang SNR.

OTFS-ISAC **Estimator DAR-FDE**

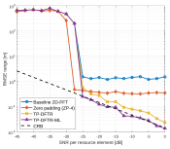


RMSE kecepatan vs SNR

≈ 6× — **RMSE kecepatan lebih rendah vs thresholding**

≈1 vs ≈5,7 km/h; kompleksitas O(PN).

OFDM-ISAC **Off-grid TP-DFTR**



RMSE jarak vs SNR (5G NR)

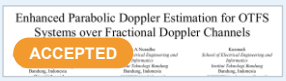
50× — **RMSE jarak lebih rendah vs 2D-FFT**

1,39 → 0,028 m; komputasi hanya 1,2× baseline.

Keluaran



IEEE Access (Q1) · Vol. 14, 2026
DFT-Assisted Multimodulus Blind Equalization for GFDM
E.Y. Hamid, B.W. Asril · doi:10.1109/ACCESS.2026.3671184



12th IEEE ICWT 2026
Enhanced Parabolic Doppler Estimation for OTFS Systems over Fractional Doppler Channels
E.Y. Hamid, A.A. Nuradha, Kusmadi



Beyond Technology Summit on Informatics International Conference 2026 (BTS-I2C 2026) · dipresentasikan 16 Des 2026
Directional Amplitude-Ratio Fractional Doppler Estimator for OTFS ISAC V2X Systems
E.Y. Hamid, A.A. Nuradha, Kusmadi

Kesimpulan

- Algoritma usulan meningkatkan akurasi estimasi kanal, deteksi, dan sensing.
- Kinerja mendekati batas CRB/CRLB dengan kompleksitas rendah berbasis FFT.
- GFDM, OTFS, dan ISAC berpotensi menjadi fondasi komunikasi 6G yang andal.