

Titolo

Progetto 1 – Trasmissione e ricezione testo con e senza codifica in ambienti diversi (MATLAB-only)

Studente: Kerem Tokatli

Codice Persona: 10771260

Corso: Sistemi di Comunicazione – Prova finale

1. Obiettivo

Questo progetto implementa e valuta un sistema di comunicazione **Tx-Rx** per la trasmissione e ricezione di un testo.

L'obiettivo è confrontare le prestazioni:

- **con e senza codifica di canale,**
- in **ambienti diversi** modellati tramite canali differenti.

Il sistema è realizzato come **simulazione in MATLAB**

2. Catena di trasmissione e ricezione

La catena implementata è:

1. **Sorgente (testo)** → conversione **testo** → **byte** → **bit**
2. **Codifica di canale (opzionale):**
 - **codifica a ripetizione (fattore N=3)**
 - **codifica FEC Hamming(7,4) (correzione di 1 errore per codeword)**
3. **Modulazione: BPSK** (mappatura bit 0→-1, 1→+1)
4. **Canale (ambiente):**
 - a. **AWGN** (rumore additivo gaussiano)
 - b. **Rayleigh flat fading + AWGN** (con equalizzazione ideale)
 - c. **Ostacolo:** attenuazione addizionale modellata come riduzione dello SNR (loss = 6 dB)
 - d. **AWGN_SYNC:** AWGN con imperfezioni di sincronizzazione (**timing offset + offset di fase/frequenza**), senza compensazione.
 - e. **AWGN_SYNC_CORR:** stesso caso AWGN_SYNC ma con **stima e correzione** della sincronizzazione in ricezione usando un **preamble** noto.
5. **Sincronizzazione (solo per AWGN_SYNC_CORR):** stima timing (correlazione con preamble) + stima CFO (due metà uguali del preamble) + compensazione CFO/fase

6. **Demodulazione BPSK** (decisione a soglia 0)
7. **Decodifica (opzionale)**: majority voting sulla ripetizione
8. Ricostruzione **bit** → **testo**

3. Parametri di simulazione

- SNR: da **0 a 14 dB** con passo **2 dB**
- Codifica: NONE / ripetizione N=3 / Hamming(7,4)
- Numero di frame per punto SNR: **Nframes = 50** (media per stabilizzare le curve BER)
- Metrica: **BER (Bit Error Rate)**
- **AWGN_SYNC**: timingDelay = 2 campioni, freqOffsetNorm = 0.001, phaseOffset = 10°
- **AWGN_SYNC_CORR**: stima e compensazione di timing/CFO/fase tramite preamble (2×64 simboli)

4. Risultati

Le prestazioni sono riportate tramite curve **BER vs SNR** con media su **Nframes = 50**. Sono stati prodotti due confronti principali:

1. **Confronto codifiche in AWGN** (NONE vs REP3 vs HAMMING74)
2. **Confronto sincronizzazione** (AWGN vs AWGN_SYNC vs AWGN_SYNC_CORR) con codifica fissata

Osservazioni principali:

- In AWGN, il BER decresce rapidamente all'aumentare dello SNR; le codifiche migliorano la robustezza, in particolare **Hamming(7,4)**.
- In **Rayleigh**, la presenza di fading peggiora il BER rispetto ad AWGN, soprattutto a basso SNR; la codifica riduce gli errori ma resta un gap rispetto al canale AWGN.
- Con **ostacolo (attenuazione)** il BER è maggiore rispetto al caso AWGN, coerentemente con una riduzione dello SNR effettivo; la codifica aiuta a compensare parzialmente la perdita.
- Nel caso **AWGN_SYNC** gli errori di sincronizzazione degradano le prestazioni.

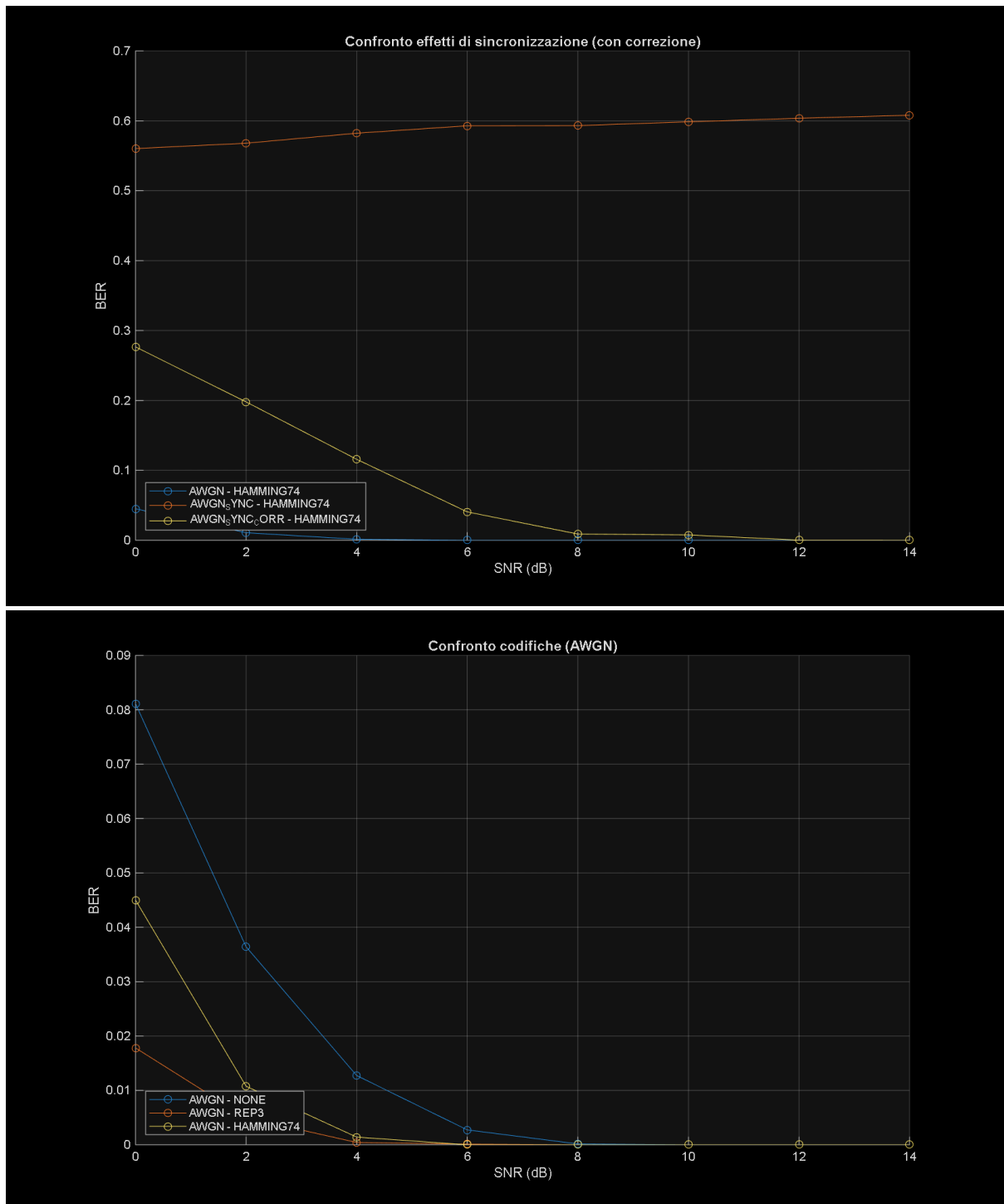
- Nel caso **AWGN_SYNC_CORR**, la stima e compensazione (timing + CFO + fase) basata su preamble riduce significativamente il BER rispetto ad AWGN_SYNC, **riducendo il BER e avvicinando le prestazioni al caso AWGN ideale.**

5. Conclusioni

Il sistema Tx–Rx simulato mostra chiaramente l’impatto dell’ambiente di trasmissione sulle prestazioni e il beneficio di una codifica di canale, anche semplice.

In particolare, fading e attenuazione (ostacolo) degradano le prestazioni rispetto ad AWGN, mentre la codifica migliora la robustezza riducendo il BER a parità di SNR.

Inoltre, l’introduzione di errori di sincronizzazione mostra che un sistema reale può degradare molto rispetto al caso ideale. La versione **AWGN_SYNC_CORR** evidenzia come una sincronizzazione basata su preamble (stima timing/CFO/fase) migliori le prestazioni riportandole più vicine al caso AWGN.



6. Materiale consegnato

- Codice MATLAB commentato (main_progetto1.m)
- Figure risultati: BER_sync_comparison.png, BER_coding_comparison.png,
- File risultati: results.mat

- Repository GitHub: codice + relazione + figura risultati