

Identificazione e verifica basati su segnali EEG

Carmelo Scotti

Alessandro Ricchetti

Marco Cappiello

INTRODUZIONE

Utilizzare i segnali EEG nel contesto biometrico presenta vantaggi unici:

- altre biometriche possono essere falsificate o imitate;
- a differenza di iride, impronta digitale o volto un corpo senza vita non genera segnali

Biometrics	Attack-Resilient ↑	Universality ↑	Uniqueness ↑	Stability ↑	Accessibility ↑	Performance ↑	Computational cost ↓
Face/Vedio	Medium	Medium	Low	Low	High	Low	High
Fingerprint/Palmprint	Low	High	High	High	Medium	High	Medium
Iris	Medium	High	High	High	Medium	High	High
Retina	High	Medium	High	Medium	Low	High	High
Signature	Low	High	Low	Low	High	Low	Medium
Voice	Low	Medium	Low	Low	Medium	Low	Low
face	Medium	High	Medium	Medium	Medium	Medium	High
Gait	High	Medium	High	Medium	Medium	High	Low
EEG	High	High	High	Low	Medium	High	Low

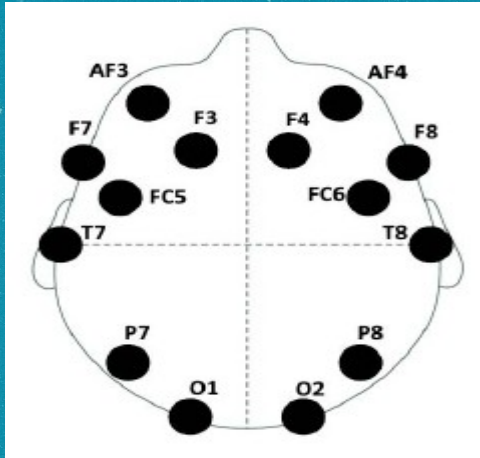
Identificazione e verifica

Identificazione

si occupa di stabilire chi sia l'utente: la richiesta del presunto utente viene confrontata con tutti i profili disponibili e assegnata all'identità che fornisce la migliore corrispondenza.

Verifica

si riferisce al compito di decidere se un utente è chi afferma di essere: la richiesta viene confrontata solo con il template dell'identità richiesta e l'utente viene accettato o rifiutato.



Dataset BED

- 21 soggetti
- 14 canali
- 3 sessioni
- 12 stimoli
- 256 Hz frequenza di campionamento

Preprocessing



Rumore

imperfezioni nell'acquisizione del segnale EEG



Artefatti

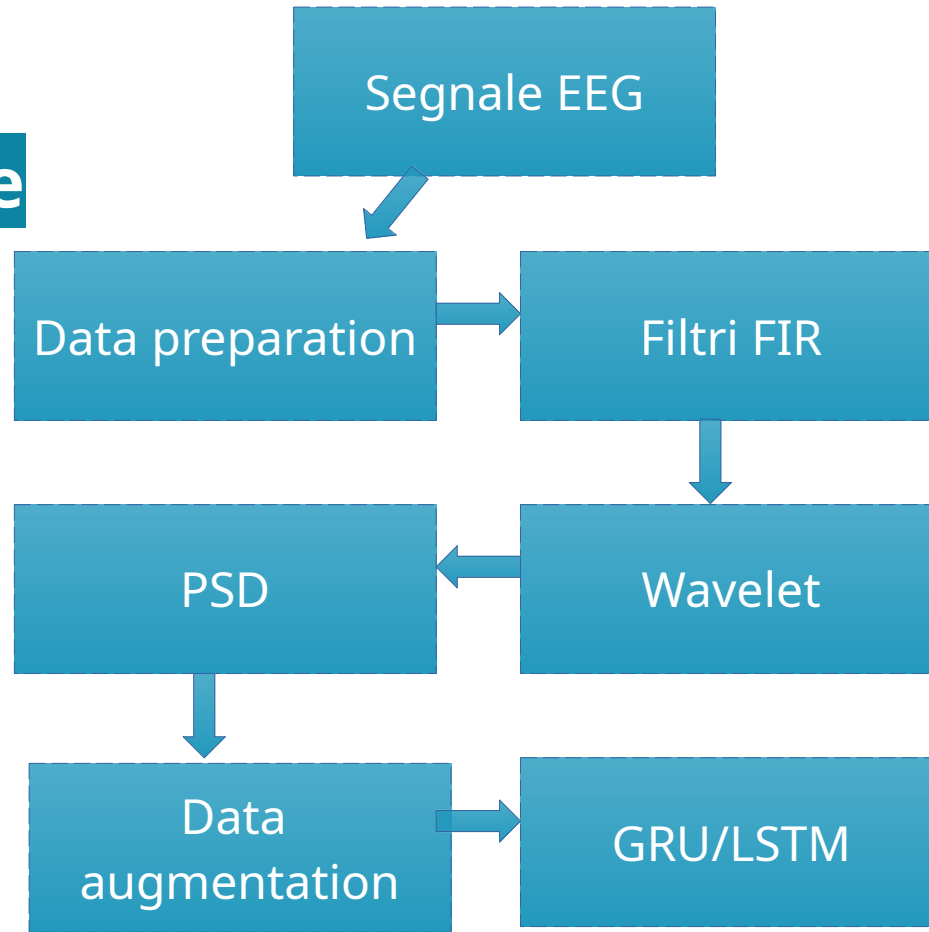
come quelli derivanti da movimenti muscolari, della mandibola o dal battito delle palpebre



Augmentation

tecnica per aumentare la diversità del test set applicando operazioni

Step Sperimentazione



Data preparation

- Il Dataset BED contiene per ogni soggetto e per ogni sessione il segnale EEG completo rilevato sul soggetto
- Il segnale comprende:
 - Fase iniziale per la verifica del corretto funzionamento dei sensori
 - I 66 stimoli a cui sono stati sottoposti i soggetti
 - Eventuali pause tra stimoli
- Lo scopo è stato quello di prelevare dal segnale completo solo le parti inerenti gli stimoli

Data preparation

- Nel dataset viene specificato per ogni segnale il timestamp di inizio sessione ed il timestamp iniziale e finale relativo alla somministrazione di ogni stimolo.
- Tramite i timestamps siamo riusciti a suddividere il segnale EEG completo in 66 segnali EEG, uno per ogni stimolo a cui è stato sottoposto il soggetto.
- Una volta suddivisi, infine i 14 canali sono stati concatenati.

Filtri FIR

- Opera nel dominio del tempo
- Non richiede una trasformazione nel dominio delle frequenze per essere applicato
- Si può specificare direttamente la frequenza di taglio del filtro FIR nel dominio del tempo
- Filtro passa-basso a 80 Hz
- Filtro passa-alto a 0.5 Hz
- Finestra utilizzata: Flattop

Wavelet discreta

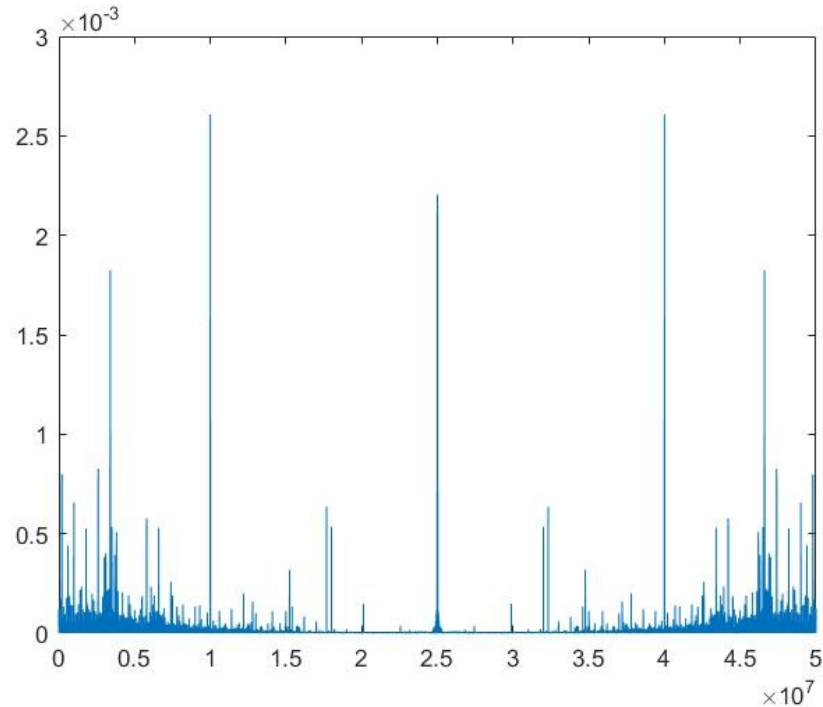
- Cattura sia le informazioni sul tempo che quelle sulla frequenza
- Decompone un segnale in un insieme di coefficienti wavelet di approssimazione e dettaglio in base al livello specificato
- Wavelet utilizzata: Daubechies con un filtro di decomposizione a quattro coefficienti (db4)
- E' stata effettuata per ogni segnale una trasformata di livello 4, ottenendo così 5 coefficienti:
 - Un coefficiente di approssimazione per le basse frequenze
 - 4 coefficienti di dettaglio per le frequenze più alte

PSD

- Descrive la distribuzione della potenza in un segnale su diverse componenti di frequenza
- Calcolata mediante il metodo di Welch su tutti i coefficienti ottenuti dalla trasformata wavelet
- La lunghezza dei segmenti per suddividere il segnale è pari alla metà della frequenza di campionamento (256 hz)
- La sovrapposizione dei segmenti utilizzata è pari a un quarto della frequenza di campionamento
- La finestra utilizzata è la Blackman

Data augmentation

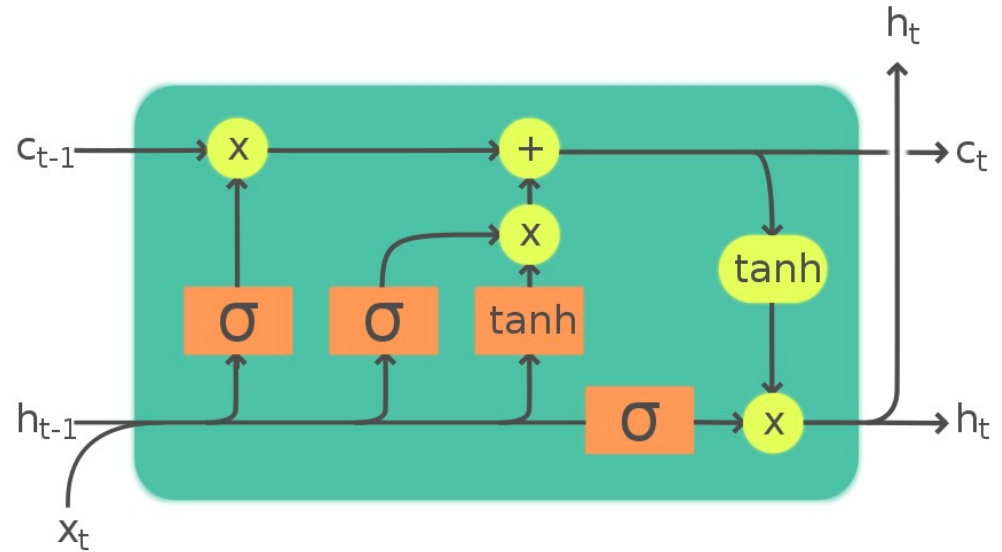
- Mirroring, replicazione e riflessione della PSD



LSTM

Ha tre porte:

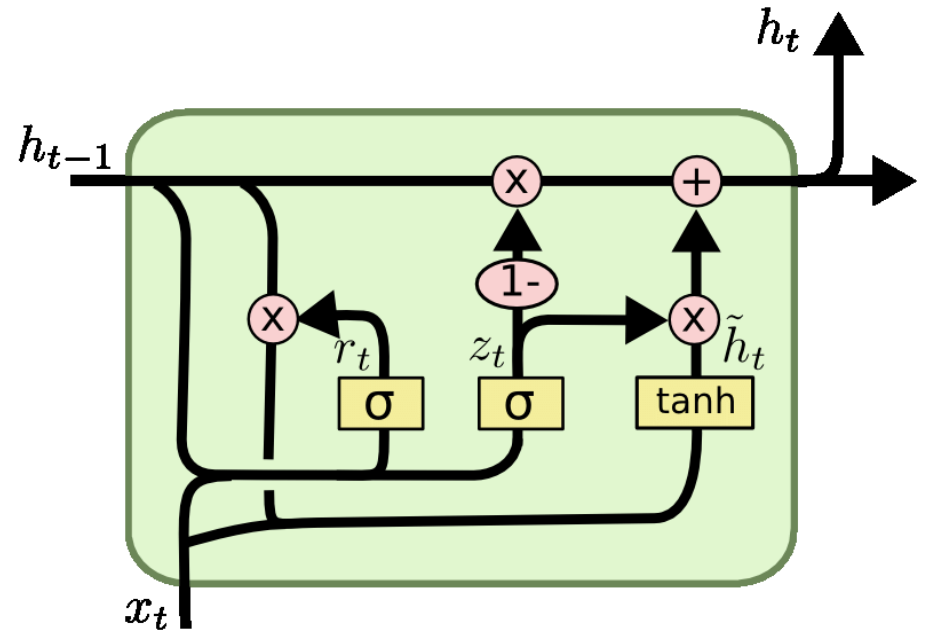
- Input
- Output
- Forget



GRU

Ha due porte:

- Reset
- Update



Architettura Modelli

LSTM

LSTM 64 (DROPOUT 0.2)
LAYERNORMALIZATION
DENSE 32 (RELU)
DENSE 21 (SOFTMAX)

GRU

GRU 64 (DROPOUT 0.2)
LAYERNORMALIZATION
DENSE 32 (RELU)
DENSE 21 (SOFTMAX)

Addestramento

Identification

Train set 0.7

Test set 0.3

Validation test 0.2

Verification

Train set sessione 1- 2

Test set sessione 3

Risultati identificazione

	LSTM	GRU
Accuracy	91,70	91,35
Precision	95,10	93,60
Recall	89,55	89,71

Risultati verifica

GRU 64																						
Metriche	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	Medie
AUC	0,680	0,720	0,500	0,995	0,510	0,995	0,905	1,000	0,695	0,540	0,995	0,900	0,995	0,150	0,650	0,880	0,860	0,790	0,655	0,890	0,820	0,77
EER	0,320	0,280	0,500	0,005	0,490	0,005	0,095	0,000	0,305	0,460	0,050	0,100	0,050	0,850	0,350	0,120	0,140	0,210	0,345	0,110	0,180	0,24

Metriche	Image	Cognitive	VEPC	VEP	Rest	Closed	Open	Medie
AUC	0,7	0,7	0,8	0,83	0,8	0,81	0,73	0,77
EER	0,3	0,3	0,2	0,17	0,2	0,19	0,27	0,23

Risultati verifica

LSTM 64

Metriche	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	Medie
AUC	0,680	0,620	0,440	1,000	0,490	1,000	0,940	0,970	0,850	0,370	0,970	0,950	1,000	0,080	0,690	0,890	0,860	0,840	0,720	0,890	0,940	0,77
EER	0,320	0,380	0,560	0,000	0,510	0,000	0,060	0,030	0,150	0,630	0,030	0,050	0,000	0,920	0,310	0,110	0,140	0,160	0,280	0,110	0,060	0,23

Metriche	Image	Cognitive	VEPC	VEP	Rest	Closed	Open	Medie
AUC	0,7	0,686	0,81	0,815	0,805	0,824	0,806	0,778
EER	0,3	0,314	0,19	0,185	0,195	0,176	0,194	0,222

Conclusioni

- I risultati prodotti dai due modelli sull'identificazione e la verifica presentano risultati molto simili.
- Per quanto riguarda l'identificazione l'LSTM registra un'accuratezza e una precisione leggermente superiori rispetto al GRU, nel caso del recall invece il GRU si pone in leggero vantaggio.
- Per ambedue i modelli è stata ottenuta un'accuratezza elevata superiore al 90%.

Conclusioni

- In merito alla verifica, in media su AUC e EER sono stati ottenuti gli stessi risultati per entrambi i modelli.
- Su 21 soggetti, 17 presentano un valore AUC maggiore di 0.6 quindi potenzialmente discriminati correttamente.
- Se considerassimo valori di AUC maggiori di 0.9, abbiamo un totale di 8 soggetti verificati con GRU e 7 con l'LSTM.

Conclusioni

- In merito alla verifica per stimoli, i risultati migliori con l'utilizzo del GRU sono stati ottenuti dallo stimolo VEP mentre i più bassi riguardano gli stimoli visivi e cognitivi (Image e Cognitive).
- Per l'LSTM, l'AUC maggiore è stata ottenuta con lo stimolo Closed mentre il più basso con lo stimolo cognitivo.
- In ogni caso, per tutti gli stimoli è stato raggiunto un AUC superiore a 0,6.

**Grazie per
l'attenzione**