

Convolutional neural networks for seizure prediction using scalp electroencephalogram

Progetto di Gruppo

Tutor: Prof.Marco Piangerelli

Gruppo: Simone Morettini e Alessandra Renieri



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni



→Introduzione

- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni

l'articolo



Neural Networks 105 (2018) 104-111



Contents lists available at ScienceDirect

Neural Networks

journal homepage: www.elsevier.com/locate/neunet



Convolutional neural networks for seizure prediction using intracranial and scalp electroencephalogram



Nhan Duy Truong a,b,c, Anh Duy Nguyen b, Levin Kuhlmann d,e,f, Mohammad Reza Bonyadi g,b, Jiawei Yang i, Samuel Ippolito c, Omid Kavehei a,b,e

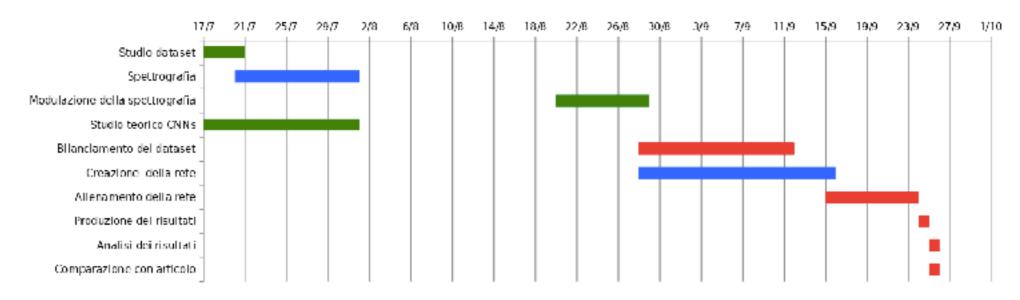
- * School of Decrical and Information Engineering, University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Assertio
- Nano-Neuro-Inspired Research Laboratory, School of Electrical and Information Engineering, University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia.
- School of Engineering Royal Melbaume Institute of Technology, Melbaume, VIC 2000, Assert in
- Centre for Human Psychopharmacology, 3e inhume University, Haethorn, VIC 2122, Australia
- * Neuromaginesing Laboratory, Department of Bezzical and Electronic Regimening, University of Melbaume, Paris ille, VI C 2010, Assert is * Department of Medicine, St. Vincent's Hospital Melbaume, University of Melbaume, Parkville, VIC 2010, Assert is
- Emere for Advanced Imaging University of Queenstand, St. Lucia, QLD 4072, Australia Dominication and Logistics Group, University of Advanced, Advanced St. 5005, Australia
- Nanochap Bezronics and Weathou Medical University, 201 Xueyuan West Rd, Weathou, China

progettazione lavoro

Titolo attività	Inizio	Fine	Durata (giorni)
Studio dataset	17/7	20/7	4
Spettrografia	20/7	31/7	12
Modulazione della spettrografia	20/8	28/8	9
Studio teorico CNNs	17/7	31/7	15
Bilanciamento del dataset	28/8	11/9	15
Creazione della rete	28/8	15/9	19
Allenamento della			
rete	15/9	23/9	9
Produzione dei risultati	24/9	24/9	1
Analisi dei risultati	25/9	25/9	1
Comparazione con articolo	25/9	25/9	1

UNICAM Università di Camerno 1336

CNNs on CHB-MIT



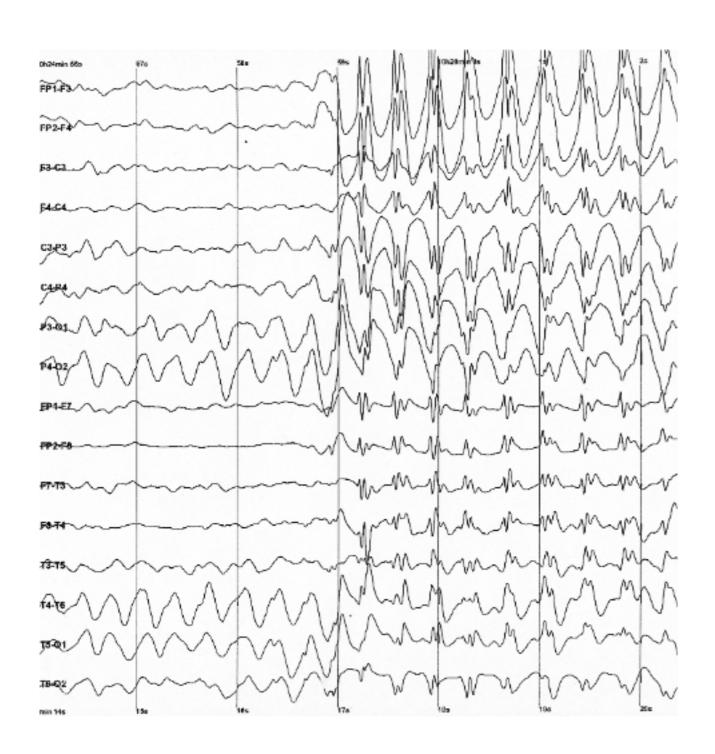
Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG



- **⇒**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- ⇒II nostro risultato
- **→**Conclusioni

l'epilessia





L'epilessia è una malattia neurologica che colpisce circa 50 milioni di persone in tutto il mondo.

In alcuni casi viene definita cronica e in altri transitoria (i.e. un episodio mai più ripetutosi), ed è caratterizzata da ricorrenti e improvvise manifestazioni con improvvisa perdita di coscienza e violenti movimenti convulsi dei muscoli, dette crisi epilettiche.

Le crisi sono definite come improvvisi picchi di attività elettrica nel cervello.

Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG

l'epilessia: definizione



La International League Against Epilepsy (ILAE) ha accettato la definizione proposta da un Task Force, la quale propone che l'epilessia debba essere considerata una malattia cerebrale definita da una delle seguenti condizioni:

- almeno due crisi non provocate (o riflesse) verificatesi a meno di 24 ore di distanza;
- una crisi non provocata (o riflessa) e una probabilità di ulteriori crisi simile al rischio generale di recidiva (almeno 60%) dopo due crisi non provocate, nei successivi 10 anni;
- diagnosi di una sindrome epilettica.

attacchi epilettici



Nel 2015 l'ILAE ha classificato tre tipi di attacchi epilettici:

- convulsioni focalizzate o parziali: le crisi hanno la loro origine da una popolazione neurale confinata in una parte di un emisfero cerebrale;
- convulsioni generalizzate: le crisi hanno la loro origine da una popolazione neurale che appartiene ad entrambi le parti dell'emisfero cerebrale;
- crisi non classificate: non esistono argomenti per classificare le crisi.

Ogni categoria mostra alcune caratteristiche le la distingue dalle altre.

l'epilessia: cure e rimedi



Non esiste cura per l'epilessia, ma circa il 70% dei pazienti trova beneficio usando i farmaci antiepilettici (**AED**): farmaci che hanno lo scopo di sedare le convulsioni.

Esistono casi in cui nemmeno gli AED possono controllare le convulsioni. Alternativa ai farmaci è la **chirurgia**, ovvero la rimozione della zona epilettogena. Tale zona non è chiaramente identificata, deve essere piccola e non deve interferire con le altre funzioni cerebrali. Per questo motivo non è possibile procedere sempre con la chirurgia.

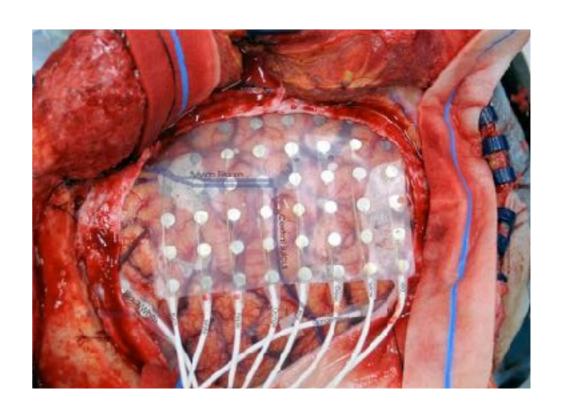
Negli ultimi anni i miglioramenti tecnologici hanno consentito la diffusione di dispositivi impiantabili che si possono utilizzare sia per la diagnosi e sia per meccanismi di soppressione della crisi (come ad essere un pacemaker cerebrale).

EEG

La tecnica standard per la registrazione dell'attività elettrica cerebrale è l'EEG: si posizionano sul cuoio capelluto più elettrodi i quali misurano l variazioni di tensioni dovute al flusso di correnti ioniche all'interno del cervello.

Un dispositivo più invasiva è l'iEEG o ECoG intracranico: le registrazioni vengono fatte usando una griglia di elettrodi che non sono posti sulla superficie della corteccia, ma sono inseriti nel cervello (che penetrano di una certa profondità nel cervello).





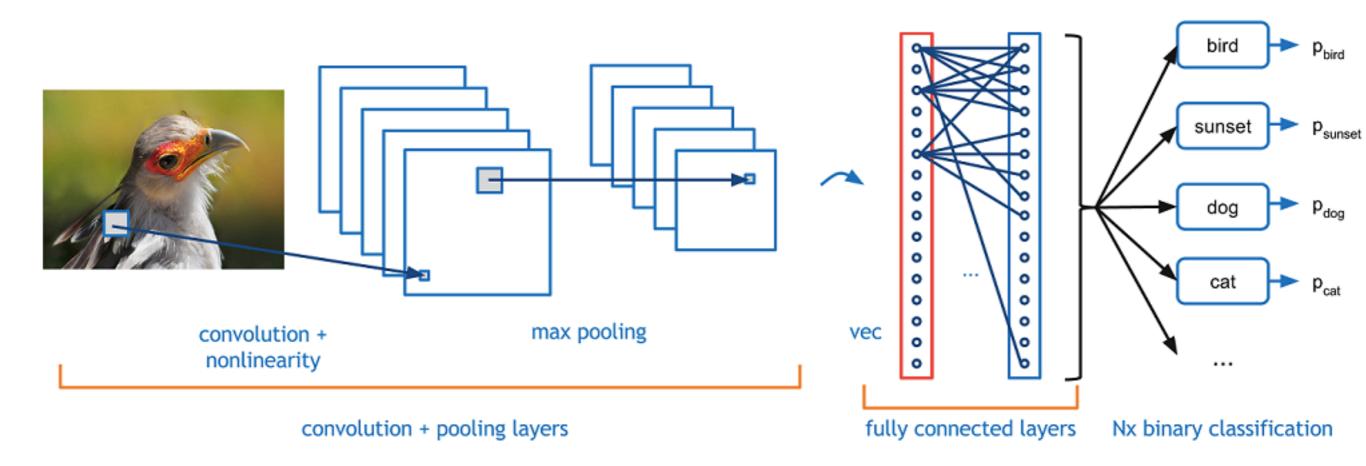
Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG



- **⇒**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni

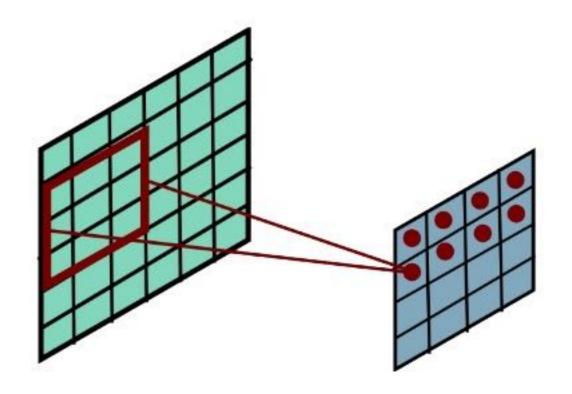
CCN: introduzione





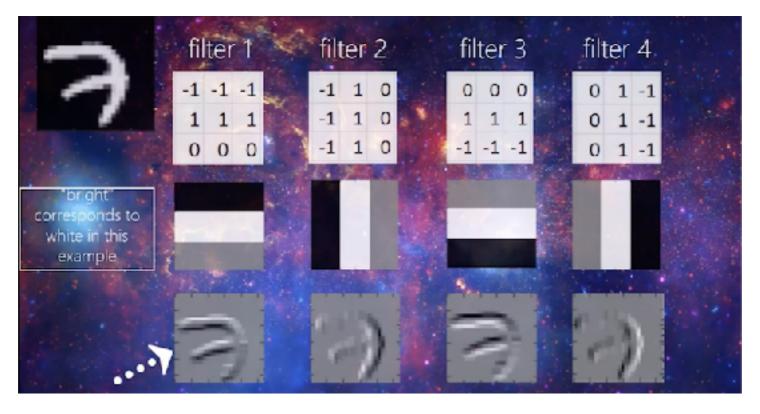
CNN: convolutional layer





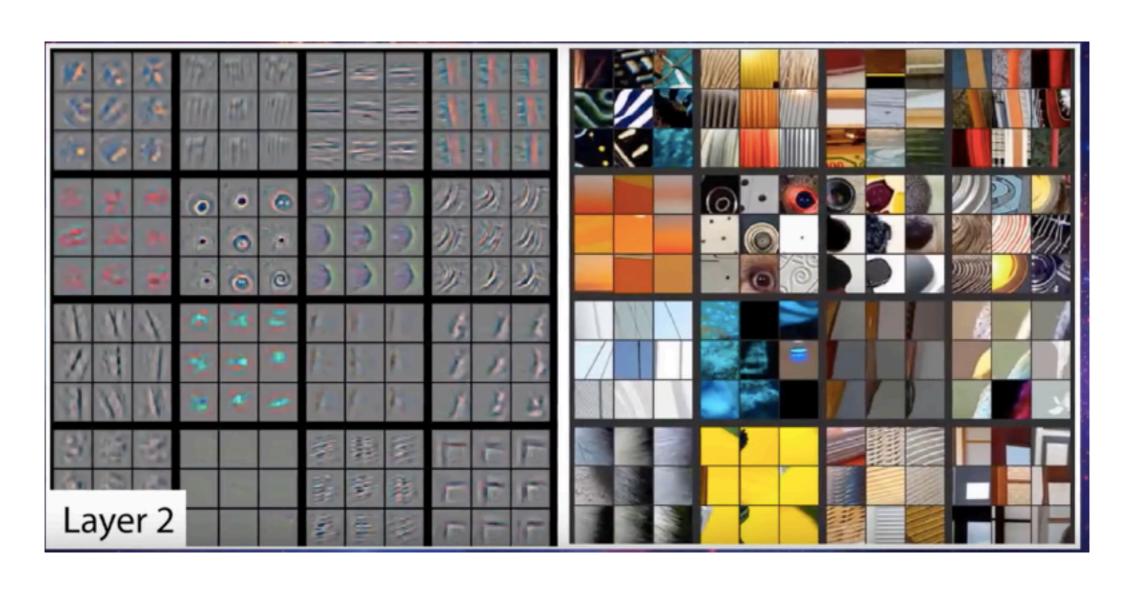




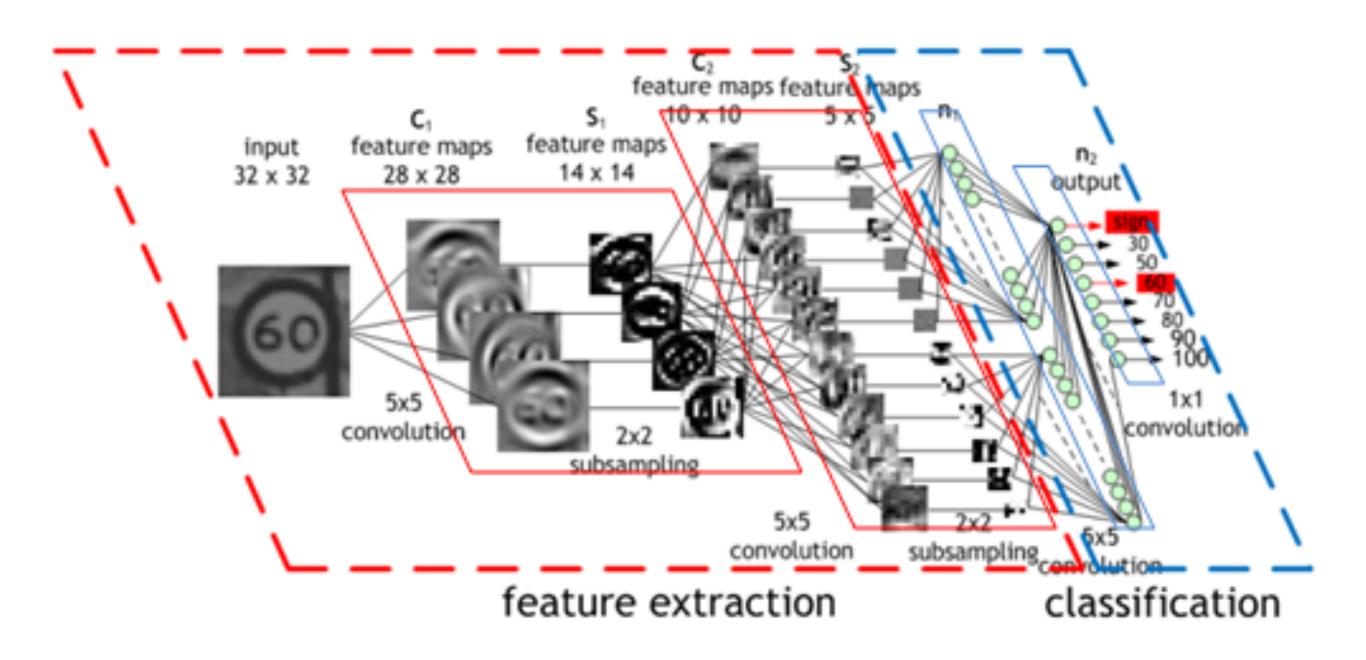


Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG









Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG

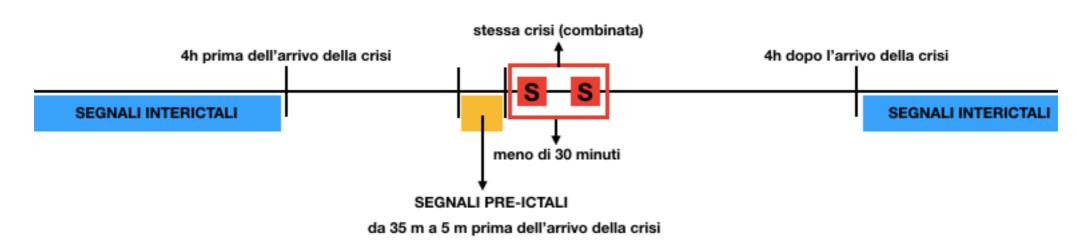


- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- ⇒II nostro risultato
- **→**Conclusioni

il dataset



PREPROCESSING



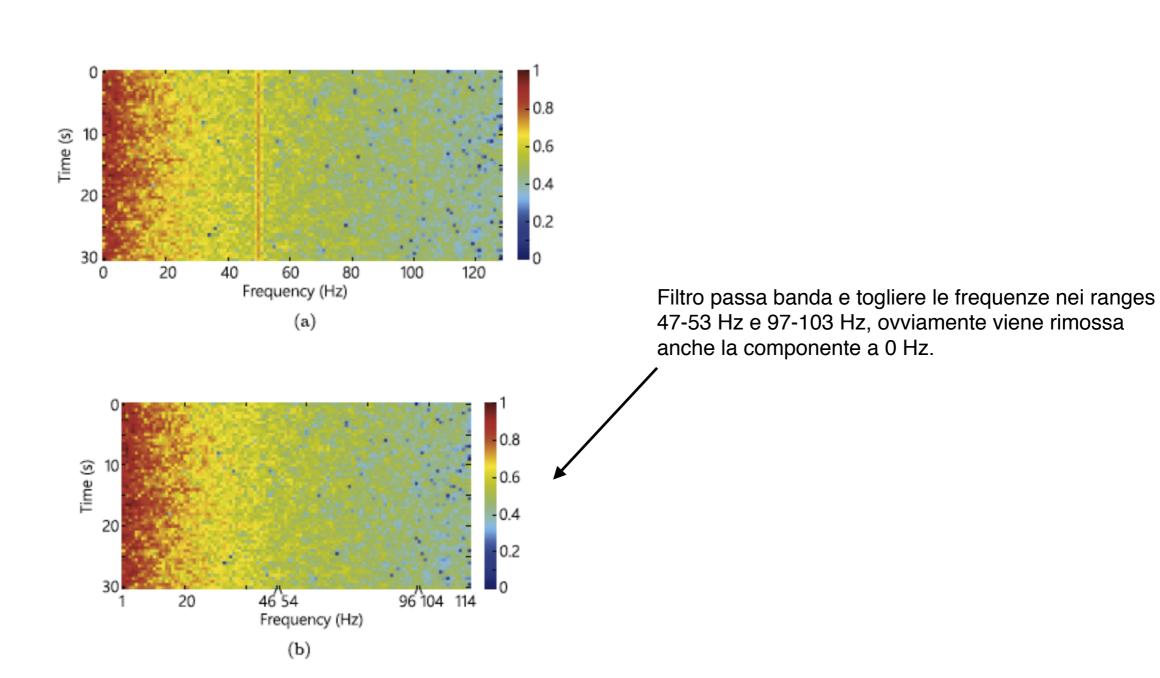
Dataset	EEG type	No. of patients	No. of channels	No. of seizures	Interictal hours
Freiburg Hospital	Intracranial	13 patients	6	59	311.4
Boston Children's Hospital-MIT	Scalp	13 patients	22	64	209
American Epilepsy Society Seizure Prediction Challenge (Kaggle)	Intracranial	5 dogs, 2 patients	16	48	627.7



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni

STFT

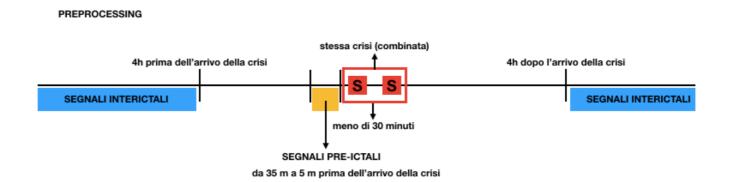




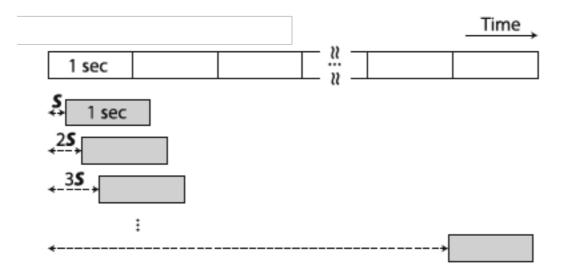
Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG

non-balanced dataset





Dataset	EEG type	No. of patients	No. of channels	No. of seizures	Interictal hours
Freiburg Hospital	Intracranial	13 patients	6	59	311.4
Boston Children's Hospital-MIT	Scalp	13 patients	22	64	209
American Epilepsy Society Seizure Prediction Challenge (Kaggle)	Intracranial	5 dogs, 2 patients	16	48	627.7



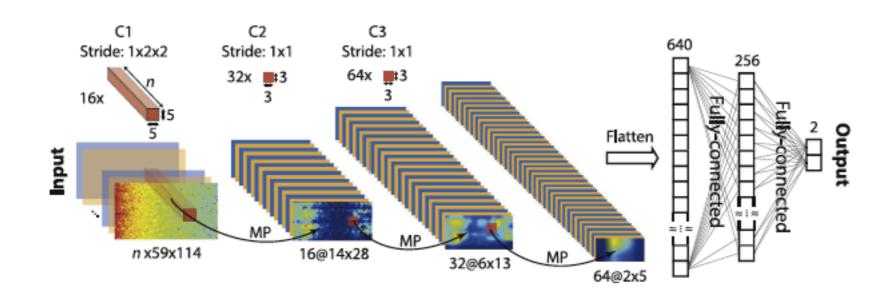
Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- ⇒II nostro risultato
- **→**Conclusioni

CNN





Il primo blocco convoluzionale ha 16 kernel (filtri) di dimensione n $\times 5 \times 5$, con n numero dei canali EEG, con scorrimento (stride) di 1 \times 2 \times 2. Il secondo blocco ha 32 kernel (filtri) di dimensione 3 \times 3, con scorrimento (stride) di 1 \times 1. Il terzo blocco ha 64 kernel (filtri) di dimensione 3 \times 3, con scorrimento (stride) di 1 \times 1. Il layer di maxpooling agisce su regioni 2 \times 2

A seguire i tre blocchi convoluzionali ci sono due layers completamente connessi di grandezza di output 256 e 2. Quest'ultimo ha una funzione di attivazione softmax, con tasso di dropout dello 0,5.

Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG

CNN: L-1-0



Al fine di non rendere il modello di predizione delle crisi epilettiche troppo specifico (problema di overfitting), si decide di utilizzare porzioni di segnale differenti nel training (training e validating): in particolare si selezionano rispettivamente il 75% e il 25%.

La valutazione del modello risulta molto robusto in quanto l'approccio di test del modello viene fatto secondo un modello leave-one-out cross-validation per ogni soggetto della ricerca. Se un paziente ha N segnali pre-ictali, allora N – 1 di essi vengono usate per il training (training e validating) e il periodo che rimane viene usato per il testing. Questo viene fatto N volte, così da usare ogni segnale pre-ictale. Idem per i segnali interictali.



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni

post-processing



Durante la fase di postprocessing occorre isolare i falsi positivi durante i periodi interictali. A tal fine si utilizza un filtro chiamato k-di-n: viene fatto suonare un allarme, che avverte di un arrivo di segnali pre-ictali, se e soltanto se almeno k predizioni su le n sono positive. Nella sperimentazione sono stati presi k= 8 e n= 10. Ciò significa che se durante gli ultimi 300 s almeno 240 s portano a una predizione positiva di arrivo di segnali pre-ictali, allora suona l'allarme.



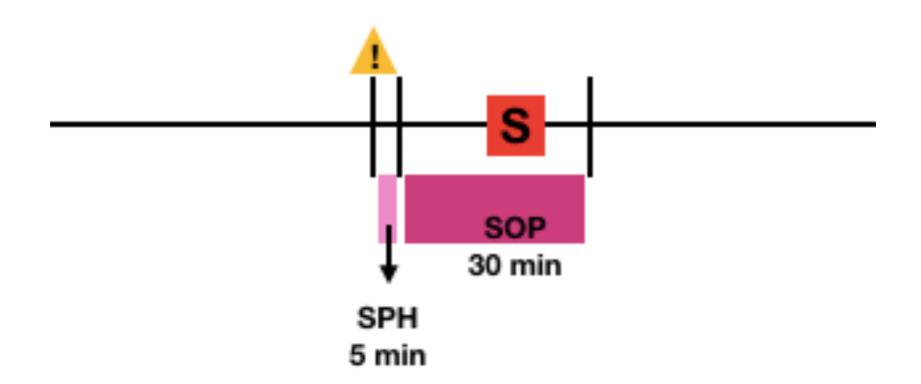
- **⇒**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- ⇒II nostro risultato
- **→**Conclusioni

SOP e SHP



Al fine di dare una valutazione al sistema proposto, vanno definiti i valori di sensitività e FPR (false positive rate). Abbiamo allora bisogno di due oggetti:

- seizure occurrence period (SOP): è l'intervallo in cui ci si aspetta che accada la crisi; esso non deve essere troppo lungo, in modo da ridurre al minimo l'ansia nel paziente. Nel lavoro proposto è pari a 30 minuti.
- seizure prediction horizon (SPH): periodo fra l'allarme e l'inizio del SOP; esso deve essere un tempo lungo abbastanza per permettere interventi o precauzioni sufficienti per il paziente. Nel lavoro proposto è pari a 5 minuti.



Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG

sensitività e FPR



La **sensitività** è definita come la percentuale di crisi epilettiche correttamente predette diviso il numero totale delle crisi, i.e.

TruePositive

TruePositive+FalseNegative

L'FPR è definito come il numero di falsi allarmi per ora.



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN

→Articolo proposto

- Dataset
- Prepocessing
- CNNs
- Post Processing
- System Evaluation
- Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni

risultati



Patient	No. of seizures	Interictal hours	Sensitivity (%)	FPR (/h)
Pat1	4	23.9	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Pat3	5	23.9	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Pat4	5	23.9	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Pat5	5	23.9	40 ± 0.0	0.13 ± 0.00
Pat6	3	23.8	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Pat14	4	22.G	50 ± 0.0	0.27 ± 0.00
Pat15	4	23./	100 ± 0.0	0.02 ± 0.02
Pat 16	5	23.9	80 ± 0.0	0.17 ± 0.13
Pat 17	5	24	80 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Pat18	5	24.8	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Pat19	4	24.3	50 ± 0.0	0.16 ± 0.00
Pat20	5	24.8	60 ± 0.0	0.04 ± 0.00
Pat21	5	23.9	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
Total	59	311.4	81.4±0.0	0.06 ± 0.00

Participant	No. of seizures	Interictal hours	Sensitivity (%)	FPR (/h)
Dog1	4	80	50 ± 0.0	0.19 ± 0.02
Dog2	7	83.3	100 ± 0.0	0.04 ± 0.03
Dog3	12	240	58.3 ± 0.0	0.14 ± 0.09
Dog4	14	134	78.6 ± 0.0	0.48 ± 0.07
Dog5	5	75	80 ± 0.0	0.08 ± 0.01
Pat1	3	8.3	100 ± 0.0	$0.42 \pm 0.0G$
Pat2	3	7	66.7 ± 0.0	0.86 ± 0.00
Total	18	627.7	75 ± 0.0	0.21 ± 0.04

No. of seizures	Interictal hours	Sensitivity (%)	FPR (/h)
7	17	85.7 ± 0.0	0.24 ± 0.00
3	22.9	33.3 ± 0.0	0.00 ± 0.00
6	21.9	100 ± 0.0	0.18 ± 0.00
5	13	80 ± 20	0.19 ± 0.03
4	12.3	50 ± 0.0	0.12 ± 0.12
6	11.1	33.3 ± 0.0	0.00 ± 0.00
5	14	80 ± 0.0	0.14 ± 0.00
5	5	80 ± 0.0	0.40 ± 0.00
6	23	100 ± 0.0	0.28 ± 0.02
3	24.9	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
5	20	100 ± 0.0	0.25 ± 0.05
4	20.9	100 ± 0.0	0.23 ± 0.09
5	3	100 ± 0.0	0.33 ± 0.00
64	209	81.2 ± 1.5	0.16 ± 0.00
	7 3 6 5 4 6 5 5 6 3 5 4 5	No. of seizures Interictal hours 7 17 3 22.9 6 21.9 5 13 4 12.3 6 11.1 5 14 5 5 6 23 3 24.9 5 20 4 20.9 5 3 64 209	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- →II nostro risultato
- **→**Conclusioni

linguaggi e librerie







Durante lo svolgimento del progetto è stato utilizzato il linguaggio Python 3.6.6, ed in particolare le librerie Keras 2.2.2 (e Tensorflow 1.10.0).

Utilizziamo Anaconda per gestire tali pacchetti.





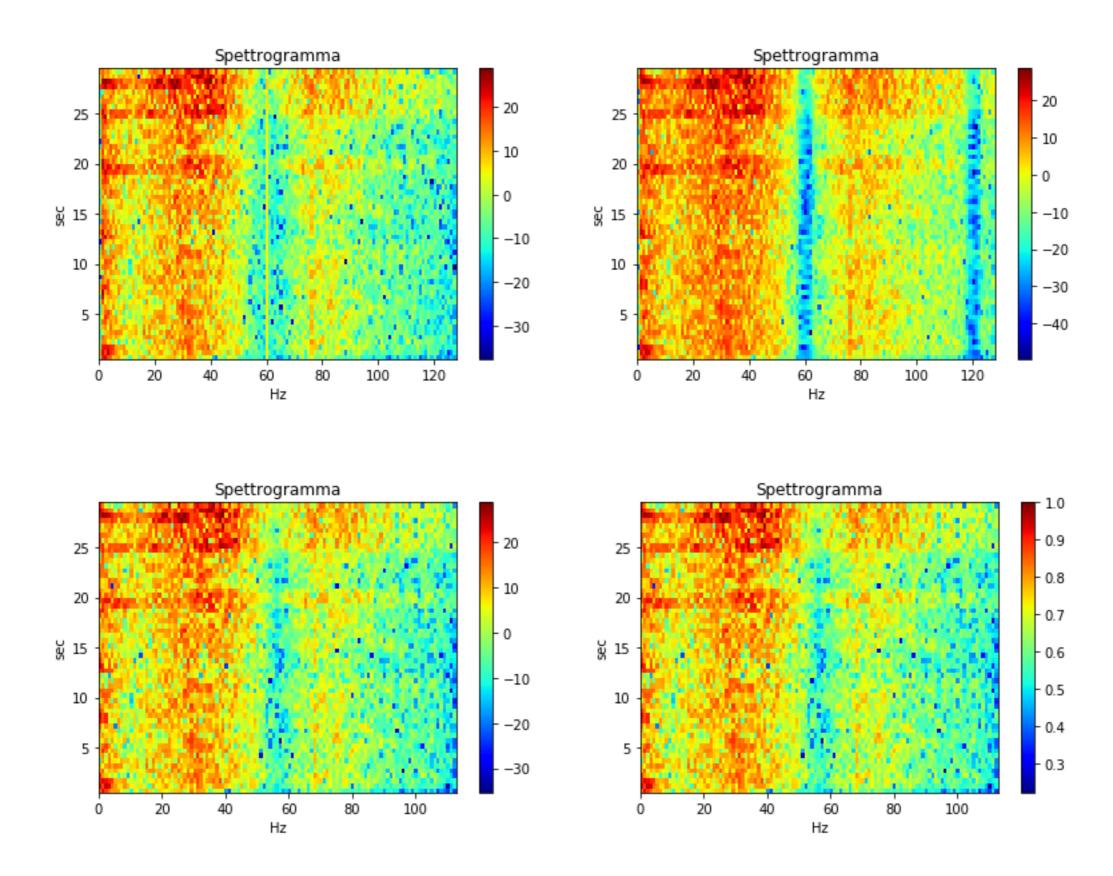
il dataset



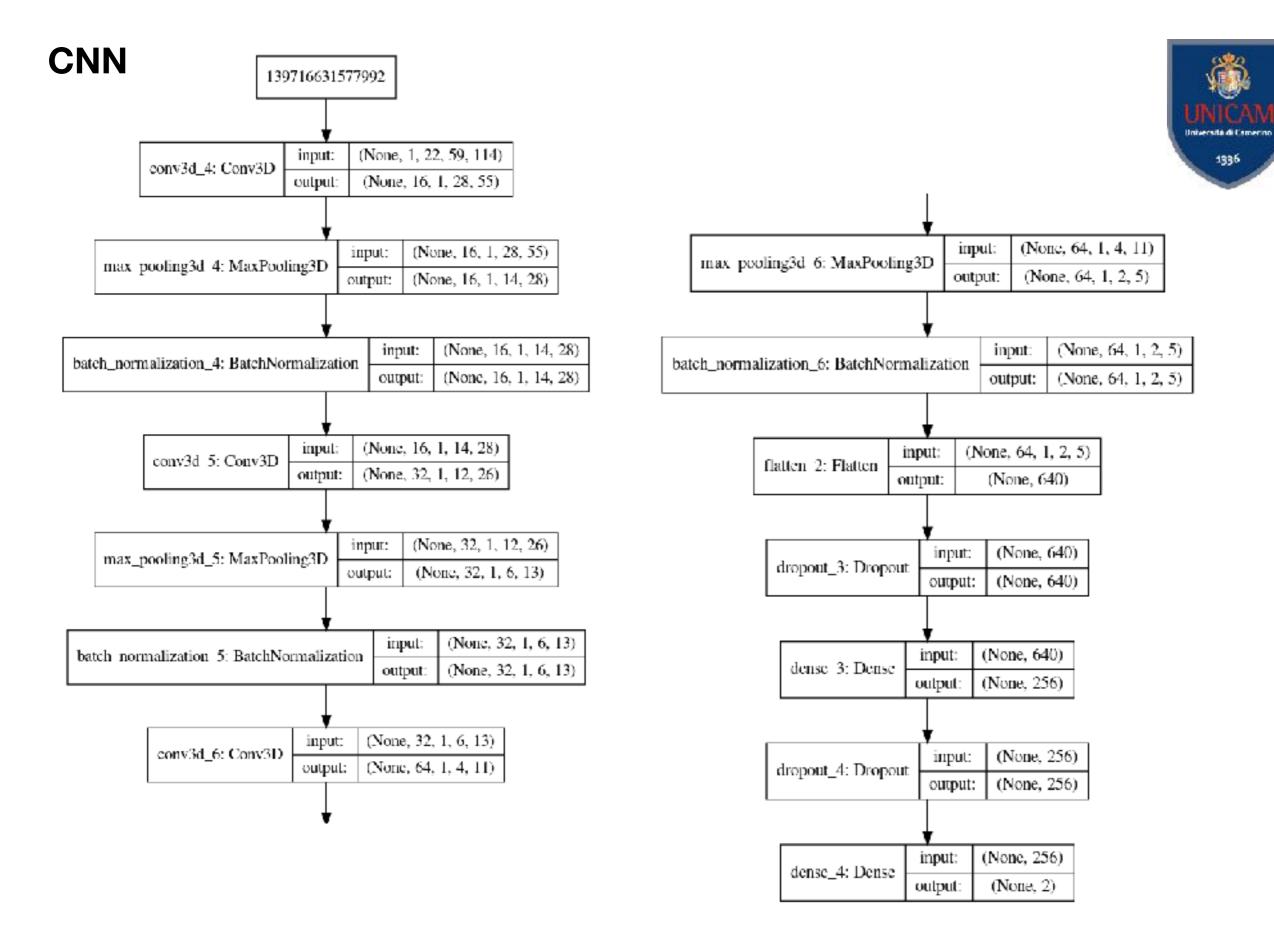
_	Patient	No. of seizures	Interictal hours	Sensitivity (%)	FPR (/h)
\rightarrow	Pat1	7	17	85.7 ± 0.0	0.24 ± 0.00
\rightarrow	Pat2	3	22.9	33.3 ± 0.0	0.00 ± 0.00
	Pat3	6	21.9	100 ± 0.0	0.18 ± 0.00
\rightarrow	Pat5	5	13	80 ± 20	0.19 ± 0.03
	Pat9	4	12.3	50 ± 0.0	0.12 ± 0.12
	Pat 10	6	11.1	33.3 ± 0.0	0.00 ± 0.00
	Pat13	5	14	80 ± 0.0	0.14 ± 0.00
	Pat14	5	5	80 ± 0.0	0.40 ± 0.00
	Pat 18	6	23	100 ± 0.0	0.28 ± 0.02
\rightarrow	Pat 19	3	24.9	100 ± 0.0	0.00 ± 0.00
	Pat20	5	20	100 ± 0.0	0.25 ± 0.05
-	Pat21	4	20.9	100 ± 0.0	0.23 ± 0.09
-	Pat23	5	3	100 ± 0.0	0.33 ± 0.00
_	Total	64	209	81.2 ± 1.5	0.16 ± 0.00

gli spettrogrammi





Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG



Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG



https://github.com/MesSem/CNNs-on-CHB-MIT



i risultati



Pazianto	Nº attacahi	Ore in	interictal S		vità (%)	FPR (/h)	
Paziente	Paziente N° attacchi	Articolo	Progetto	Articolo	Progetto	Articolo	Progetto
Paz1	7	17	14,49	85,7±0,0	84,75±30,88	0,24±0,00	0,54±1,79
Paz2	3	22,9	26,26	33,3±0,0	41,42±46,98	0,00±0,00	1,80±2,86
Paz5	5	13	14,57	80±20	77,43±39,28	0,19±0,00	3,05±3,34
Paz19	3(2)	24,9	26,21	100±0,0	84,61±30,76	0,00±0,00	11,98±5,92
Paz21	4	20,9	23,63	100±0,0	79,82±32,95	0,23±0,09	1,67±2,32
Paz23	5	12,5	14,25	100±0,0	84,82±27,09	0,33±0,00	1,74±2,92

Camerino - 26.09.2018 - CNNs for seizure prediction using sEEG



- **→**Introduzione
- **⇒**Basi teoriche:
 - Epilessia
 - CNN
- **→**Articolo proposto
 - Dataset
 - Prepocessing
 - CNNs
 - Post Processing
 - System Evaluation
 - Risultati
- **➡**Il nostro risultato
- **→**Conclusioni

conclusioni



I risultati sono in linea con quelli che si sono avuti nell'articolo

Segnaliamo che gli autori sono stati contattati in quanto, dopo la lettura dell'articolo non erano troppo chiare le procedure seguite dagli autori. A seguito delle varie comunicazioni messe in atto abbiamo realizzato che ci sono state molte omissioni e alcuni errori nel calcolo di dati importanti ai fini della replicazione dei risultati.

Tutto ciò ci ha portati ad avere una visione critica nei confronti dei risultati dell'articolo stesso: sicuramente la <u>CNN è uno strumento utile nei</u> <u>problemi di predizione, ma probabilmente raggiunge dei risultati lievemente inferiori rispetto a quelli riportati.</u>



riferimenti

- [1] Nhan Duy Truong, Ann Duy Nguyen, Levin Kuhlmann, Mohammad Reza Bonyadi, Jiawei Yang, Samuel Ippolito, Omid Kavehei Convolutional neural networks for seizure prediction using intracranical and scalp electroencephalogram, Neural Networks, Elsevier 2018.
- [2] Yann LeCun, Yoshua Bengio, Geoffrey Hinton Deep Learning, Nature, 2015
- [3] Aurelien Geron, Hands-on machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow O'Reilly, 2017
- [4] Yun Park, Lan Luo, Keshab K. Parhi, Theoden Netoff Seizure prediction with spectral power of EEG using cost-sensitive support vector machines, Epilepsia, 52(10):1761?1770, 2011
- [5] Ali Shoeb, Application of Machine Learning to Epileptic Seizure Onset Detection and Treatment, PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology, September 2009.
- [6] Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE, PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic
- [7] https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.signal.spectrogram.
- [8] https://pythontic.com/visualization/signals/spectrogram
- [9] https:==www:youtube:com=watch?v = Y RhxdV ksIs&feature =youtu:be
- [10] https://www.youtube.com/watch?v=cAICT4AI5Ow
- [11] https://www:youtube:com=watch?v=ZjMXQa5s6s
- [12] https://keras.io/layers/convolutional/
- [13] https://www.youtube.com/watch?v=FTr3n7uBluE
- [14] http://course.fast.ai/lessons/lesson4.html
- [15] http://course.fast.ai/lessons/lesson2.html
- [16] https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S235239641730470X-mmc1.pdf
- [17] https://www.physionet.org/pn6/chbmit/