

Deep Learning per la Classificazione di Veicoli Elaborando Segnali da Radar ad Onda Continua

Samuele Capobianco¹, Simone Marinai¹, Luca Facheris², Fabrizio Cuccoli³

¹ AILab - DINFO - Università di Firenze, ² DINFO - Università di Firenze, ³ CNIT - RaSS
{samuele.capobianco, simone.marinai, luca.facheris, fabrizio.cuccoli}@unifi.it

Abstract

In questo articolo viene presentato un approccio alla classificazione di veicoli stradali basata sull'utilizzo di deep neural networks per l'analisi di segnali provenienti da radar a onda continua a modulazione di frequenza lineare (FM-CW). Il sistema proposto è in grado di riconoscere la categoria dei veicoli terrestri elaborando il segnale eco trasmesso e raccolto da sistemi radar monostatici collocati in via sperimentale in alcuni punti della rete autostradale italiana.

1 Introduzione

L'elaborazione in tempo reale di informazioni sul traffico autostradale è molto importante per la gestione delle reti autostradali e può avere interessanti applicazioni anche in ambito smart cities. Il numero di sensori per il traffico sta crescendo rapidamente così come la quantità di informazioni utili per lo sviluppo di applicazioni atte al monitoraggio dei veicoli.

Nel corso degli ultimi anni sono state sviluppate diverse soluzioni per l'analisi di segnali basate sull'utilizzo di tecniche di apprendimento automatico. In particolare, è rimarchevole la flessibilità di utilizzo delle reti neurali per la risoluzione di problemi di diversa natura, ad esempio per l'analisi di documenti ([Afzal *et al.*, 2015], [Capobianco e Marinai, 2019]).

Nel seguito viene presentato un lavoro recente [Capobianco *et al.*, 2017] per l'analisi e classificazione di segnali radar FM-CW con l'ausilio di una rete neurale.

2 Radar a onda continua

Una componente fondamentale per realizzare un sistema intelligente capace di monitorare il traffico è la classificazione dei veicoli. La conoscenza della categoria a cui appartiene ciascun veicolo in transito sulla rete autostradale è il primo passo utile per identificare i veicoli che infrangono le norme del codice della strada o addirittura mettono in atto comportamenti criminali.

Diverse soluzioni sono state adottate per la classificazione di veicoli terrestri, molte delle quali basate sull'utilizzo di video camere o sistemi radar. Questi sensori producono una

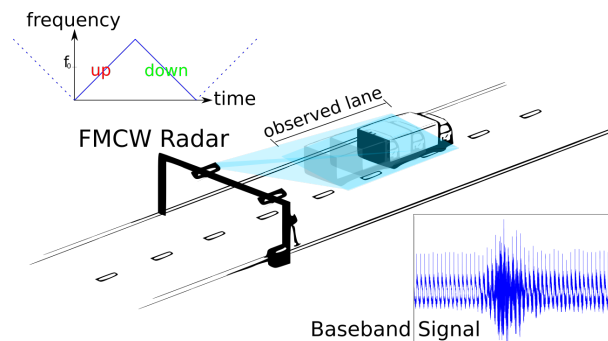


Figura 1: Sistema di osservazione delle corsie autostradali.

notevole mole di dati che possono essere utilizzati per l'apprendimento automatico di una soluzione. La peculiarità dei sistemi radar FM-CW, rispetto ad altre tipologie di sensori utilizzabili per gli scopi qui descritti, è la loro capacità di garantire la ricezione del segnale anche in presenza di nebbia o forte pioggia, condizioni in cui è difficile utilizzare sensori ottici. Attualmente, i sistemi radar FM-CW sono utilizzati (in via sperimentale) in alcuni punti della rete autostradale italiana. In Figura 1 viene mostrata la collocazione del sistema per il monitoraggio dei veicoli.

Il segnale generato dal sensore può essere utilizzato anche per classificare la categoria del veicolo avvalendosi di una adeguata analisi in modo da preparare i dati ad essere utilizzati da una rete neurale definita ad hoc.

3 Infrastruttura del sistema

Nel sistema qui descritto si impiega il segnale proveniente da radar ad onda continua per classificare i veicoli terrestri per poter sostituire gli attuali sistemi (spire a terra) che hanno un costo di manutenzione elevato.

3.1 Analisi del segnale

Il sistema radar utilizzato per il monitoraggio dei mezzi stradali produce un segnale per ciascun veicolo osservato lungo una determinata corsia. Si considera il segnale come una sequenza di frame la cui durata dipende dal tempo impiegato dal veicolo per passare nella corsia illuminata dall'antenna. Dato il segnale generato dal sensore, applicando Short Time Fourier Transform è possibile calcolarne lo spettrogramma,

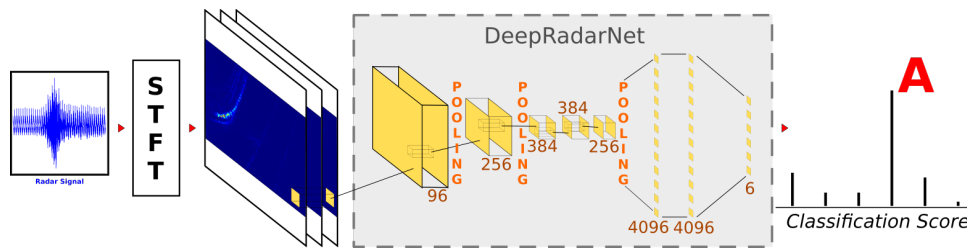


Figura 2: Elaborazione del segnale: dall'analisi tempo-frequenza fino alla predizione della categoria del veicolo.

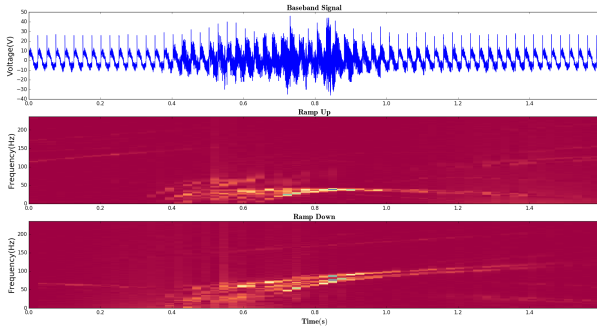


Figura 3: Calcolo degli spettrogrammi per la rampa up e la rampa down a partire dal segnale in banda base.

come illustrato in [Mazzino et al., 2018], dove per il medesimo problema discusso in questo articolo è stato utilizzato un metodo di tipo deterministico basato sulla modellistica elettromagnetica delle diverse categorie di veicoli.

In Figura 3 si rappresenta il risultato della trasformazione dal segnale in funzione del tempo ad un segnale in funzione del tempo e della frequenza.

L'idea è quindi quella di classificare i veicoli che percorrono le autostrade andando ad apprendere direttamente dallo spettrogramma la corretta rappresentazione per discriminare l'input nelle diverse categorie.

3.2 Rete neurale

Con l'analisi tempo-frequenza del segnale eco è possibile trasformare il segnale monodimensionale (Figura 3 in alto) in due segnali bidimensionali (Figura 3 rampa-up e rampa-down). A partire da questa nuova rappresentazione è quindi possibile utilizzare reti neurali convoluzionali per catturare la struttura topologica degli spettrogrammi ed utilizzare questa rappresentazione per classificare il segnale stesso. Per l'architettura della rete neurale ci siamo ispirati ai modelli proposti per il riconoscimento di oggetti all'interno di immagini ([Krizhevsky et al., 2012], [Simonyan e Zisserman, 2014]).

L'organizzazione del sistema realizzato per classificare i veicoli è mostrato in Figura 2. Dopo aver calcolato gli spettrogrammi, la rete neurale composta da diversi livelli di trasformazione permette di determinare la classificazione utilizzando i parametri appresi durante la fase di training.

4 Conclusioni

In questo lavoro è stato sviluppato un metodo per la classificazione della categoria dei veicoli in transito su autostrade

utilizzando i segnali provenienti da radar ad onda continua con modulazione di frequenza lineare. I risultati ottenuti sono molto positivi arrivando ad avere un'accuratezza nella predizione intorno al 96%. Maggiori dettagli relativi ai risultati sperimentali conseguiti sono descritti in [Capobianco et al., 2017].

Si ringrazia Topcon Infomobility S.R.L. Concordia sulla Secchia (Modena) e Autostrade per l'Italia (Roma) per aver fornito i dati radar.

Riferimenti bibliografici

- [Afzal et al., 2015] Muhammad Zeshan Afzal, Samuele Capobianco, Muhammad Imran Malik, Simone Marinai, Thomas M. Breuel, Andreas Dengel, e Marcus Liwicki. Deepdocclassifier: Document classification with deep convolutional neural network. In *13th Int.l Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR*, pages 1111–1115, 2015.
- [Capobianco et al., 2017] Samuele Capobianco, Luca Facheris, Fabrizio Cuccoli, e Simone Marinai. Vehicle classification based on convolutional networks applied to FM-CW radar signals. In *Traffic Mining Applied to Police Activities - Proceedings of the 1st Italian Conference for the Traffic Police (TRAP-2017)*, pages 115–128, 2017.
- [Capobianco e Marinai, 2019] Samuele Capobianco e Simone Marinai. Deep neural networks for record counting in historical handwritten documents. *Pattern Recognition Letters*, 119:103 – 111, 2019. Deep Learning for Pattern Recognition.
- [Krizhevsky et al., 2012] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, e Geoffrey E. Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In F. Pereira, C. J. C. Burges, L. Bottou, e K. Q. Weinberger, editors, *Advances in Neural Information Processing Systems 25*, pages 1097–1105. Curran Associates, Inc., 2012.
- [Mazzino et al., 2018] Agnese Mazzino, Luca Facheris, Fabrizio Cuccoli, e Angelo Freni. 2.5d physical optics based algorithm for vehicles classification through a fm-cw radar. In *2018 15th European Radar Conference (EuRAD)*, pages 257–260, Sep. 2018.
- [Simonyan e Zisserman, 2014] Karen Simonyan e Andrew Zisserman. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. In *Proceedings of ICLR 2014*, volume abs/1409.1556, 2014.