

Nuove tecnologie Hardware/Software per sistemi ADAS

Francesco Rundo¹, Sabrina Conoci¹, Francesca Trenta², Sebastiano Battiato²

¹STMicroelectronics – ADG Central R&D Group, Catania, Italia

²Università degli Studi di Catania – Dipartimento di Matematica e Informatica, Catania, Italia
francesco.rundo@st.com, sabrina.conoci@st.com, francesca.trenta@unict.it, battiato@dmi.unict.it

Abstract

Recentemente, il significativo sviluppo di tecnologie avanzate nell'industria automobilistica ha portato alla nascita dei cosiddetti Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). In tal senso, l'impegno da parte dei produttori di auto non si focalizza solo nel migliorare le misure di sicurezza passive ma anche nell'integrare nuove tecnologie hardware/software per rendere più efficienti le autovetture con guida automatica. L'ultima frontiera della ricerca si basa sullo studio dei segnali fisiologici in modo da determinare lo stato psico-fisico del conducente, dato che la maggior parte dei sinistri avviene a causa della disattenzione da parte degli autisti.

1 Introduzione

Nell'ottica di produrre, in un prossimo futuro, automobili dalla guida totalmente autonoma, è essenziale creare delle funzioni ADAS sempre più efficienti e integrate. In particolare, si auspica non solo di evitare eventuali pericoli derivanti dall'ambiente esterno ma soprattutto nell'ottenere informazioni circa lo stato del conducente e prevenire a priori determinati pericoli che potrebbero scaturire da comportamenti non consoni.

1.1 Un innovativo sistema per ricostruire il segnale ECG mediante PPG

In questo contesto, si propone un innovativo sistema per la valutazione medica dei segnali ottenuti mediante elettrocardiogramma (ECG) e misurazione fotoplethimografica (PPG) [Rundo et al., 2018a]. Il nucleo principale di tale sistema si basa sul modello lineare di *Reazione-Diffusione*. Nello specifico, è stata associata la fase diastolica del cuore ad una dinamica fisica di *Reazione* mentre la fase sistolica è stata modellata matematicamente mediante la proprietà fisica di *Diffusione*. Diverse analisi sperimentali condotte in laboratorio hanno rilevato una correlazione tra il segnale ECG e la derivata prima della forma d'onda del PPG, in relazione al medesimo paziente. Tali dati di correlazione sono stati utilizzati al fine di migliorare la robustezza della pipeline proposta. Inoltre, poiché diversi studi hanno riportato che, per

valutare il livello di attenzione del guidatore, è opportuno analizzare la cosiddetta Heart Rate Variability (HRV), che tradizionalmente è ottenuta mediante l'elettrocardiogramma (ECG), il quale non risulta semplice da acquisire, è stata sviluppata la pipeline proposta al fine di ricostruire il segnale ECG a partire dal PPG, il quale invece richiede una fase di acquisizione meno invasiva.

1.2 Monitorare la Driver Drowsiness mediante sensori SiPM

In merito allo studio dei segnali fisiologici, di seguito viene proposta una piattaforma multi-sensore completamente automatizzata per assistere il conducente prima e durante la guida [Rundo et al., 2018b]. In dettaglio, si propone un sistema composto da sensori *LED-silicon photomultipliers* (SiPMs) posizionati sullo sterzo dell'auto per il rilevamento del segnale mediante fotoplethimografia (PPG). Il segnale PPG del guidatore viene ricostruito ogni volta che quest'ultimo pone le mani sullo sterzo nel quale i sensori rilevano i cambiamenti dell'emoglobina identificati dalla luce emessa dal dispositivo LED mediante sensore SiPM. Il segnale PPG così raccolto viene elaborato per mezzo di filtri *Low/High pass* per rilevare la componente *alternating current* (AC) in quanto contiene le informazioni necessarie per valutare il livello di attenzione del conducente. Inoltre viene proposta una pipeline per il riconoscimento della forma d'onda del PPG al fine di fornire un segnale appropriato durante le fasi di raccolta e di post-elaborazione [Rundo et al., 2017a]. L'algoritmo proposto si basa sull'utilizzo di un modello non lineare bio-ispirato che può essere implementato mediante Cellular Neural Networks le quali risultano adatte per l'elaborazione in tempo reale del segnale PPG [Rundo et al., 2017b]. Attraverso un'innovativa pipeline matematica basata su tale modello, si è in grado di identificare le forme d'onda del segnale PPG [Page et al., 2015]. In ultima analisi, sono state eseguite delle opportune valutazioni circa il segnale PPG al fine di stabilire il livello di sonnolenza del guidatore e, di conseguenza, eseguire l'azione corretta al fine di preservare la sicurezza dell'auto e del conducente.

1.3 ADAS: landmarks facciali per la Drowsiness detection

In relazione a quanto esposto, il gruppo Image Processing Laboratory (IPLAB)¹, nell'ambito di un'attività di ricerca PON ADAS+ in collaborazione con STMicroelectronics ADG-Central R&D, si è focalizzato sull'analisi del livello di attenzione attraverso l'attività cardiaca con l'ausilio di algoritmi di Machine Learning e di Computer Vision. Infatti misurare la variabilità degli intervalli tra i battiti cardiaci rappresenta un valido indicatore circa lo stato del sistema cardiovascolare per ottenere informazioni sulla condizione fisiologica di un essere umano dato che il battito cardiaco è regolato dal sistema nervoso autonomo. Al fine di ottenere informazioni su quest'ultimo, si è deciso di analizzare la Heart Rate Variability (HRV). Le soluzioni di visione integrate sono fondamentali per realizzare applicazioni ADAS veloci ed efficienti, inoltre la valutazione del livello di disattenzione basata sui bio-data ha fatto un decisivo passo in avanti, di conseguenza l'idea centrale dello studio di seguito proposto consiste nel ricostruire il segnale PPG usando i cosiddetti *facial landmarks* e opportune tecniche di Machine Learning per fornire informazioni sul sistema cardiovascolare e sul livello di affaticamento.

Il metodo proposto si basa su un approccio di Machine Learning che, nello specifico, combina due tipologie di reti neurali: Long Short-Term Memory (LSTM) [Hochreiter e Schmidhuber, 1997] e Convolutional Neural Networks (CNN) [Le Cun e Bengio, 1995]. Nel dettaglio, le reti LSTM sono state implementate al fine di elaborare in maniera efficiente dati sequenziali, denominati time series mentre le CNN per quanto concerne la classificazione di immagini. A differenza degli approcci presenti in letteratura, l'algoritmo proposto si avvale dei *facial landmarks*, punti di interesse che identificano le strutture principali del viso (ad es. naso, occhi, bocca), per ottenere il segnale PPG. L'idea sulla quale si basa tale metodo è relativa al concetto di Video Magnification che permette di rivelare piccoli movimenti del viso dovuti alla circolazione sanguigna e difficili da osservare ad occhio nudo. È stato appurato che l'impulso del sangue provoca il cambiamento di colore su diversi punti della pelle per cui si è deciso di utilizzare una videocamera a basso frame rate allo scopo di generare una sequenza video di un soggetto per analizzarne i micromovimenti facciali e, quindi, valutare il tempo di transito degli impulsi. Una volta estratti i landmarks dei quali è stata calcolata l'intensità dei pixel ad essi associata, è stata definita la time series da elaborare mediante il modello LSTM per provare la possibile correlazione tra il segnale PPG ricostruito e quello originale. I risultati ottenuti mediante validazione hanno confermato tale correlazione.

Al fine di validare ulteriormente i risultati ottenuti, è stato definito il modello CNN per classificare correttamente le immagini del conducente e verificare se esso si trova in uno stato di attenzione o meno. Anche per quanto concerne tale analisi, è stata determinata un'elevata accuratezza per quanto riguarda la classificazione delle immagini. Per maggiori informazioni si rimanda al seguente lavoro [Rundo et al., 2019].

Riferimenti bibliografici

- [Rundo et al., 2018a] Francesco Rundo, Francesca Trenta, Sabrina Conoci, Sebastiano Battiato. An Innovative Bio-Inspired NonLinear ECG reconstruction from PPG signal for Drowsiness Car Driver Monitoring. A New System based on Silicon Photo Multiplier Combo Device. In *Proceedings of the XX AISEM Annual Conference*, Naples, Italy, 11-13 February 2019.
- [Rundo et al., 2018b] Francesco Rundo, Francesca Trenta, Sabrina Conoci, Sebastiano Battiato. A Novel Platform Combo System ADAS++: the Driver Drowsiness Monitoring with SIPM Sensor. In *Proceedings of the XX AISEM Annual Conference*, Naples, Italy, 11-13 February 2019.
- [Rundo et al., 2017a] Francesco Rundo, Sabrina Conoci, Salvatore Petralia, Giorgio Fallica, M.C. Mazzillo. *Processing of ElectroPhysiological Signals*. IT Patent Nr. 102017000081018, 18 July 2017.
- [Rundo et al., 2017b] Francesco Rundo, Sabrina Conoci, Giorgio Fallica. *Processing of ElectroPhysiological Signals*. IT Patent Nr. 102017000120714, 24 October 2017.
- [Page et al., 2015] Adam Page, Amey Kulkarni, Tinoosh Mohsenin. Utilizing deep neural nets for an embedded ECG-based biometric authentication system. In *Proceedings of 2015 Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS)*, pages 1-4, Atlanta, GA, USA, October 2015.
- [Le Cun e Bengio, 1995] Y. Le Cun, T. Bengio. Convolutional networks for images, speech, and time series. *The handbook of brain theory and neural networks*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1995.
- [Hochreiter e Schmidhuber, 1997] S. Hochreiter, J. Schmidhuber, Long Short-Term Memory, *Neural Computation*, 9(8):1735-1780, 1997.
- [Rundo et al., 2019] Francesco Rundo, Francesca Trenta, Sabrina Conoci, Sebastiano Battiato. Advanced Motion-Tracking System with Multi-Layers Deep Learning-Framework for Innovative Car-Driver Drowsiness Monitoring. *Workshop at FG 2019*, Lille, France, 14 May 2019.

¹ IPLAB – Machine Learning for Spatio-Temporal Data Mining: <http://iplab.dmi.unict.it/tempml/>