

Circuito oscillante a tempo discreto per il Virtual Acoustic Feedback

Leonardo Gabrielli, Stefano Squartini, Francesco Piazza

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università Politecnica delle Marche
Via Breccie Bianche 12, 60131, Ancona, Italy, e-mail s.squartini@univpm.it

Parole chiave: *Virtual Acoustic Feedback, Discrete-time Oscillator, Pitch/Onset Detection*

L'ambito di ricerca del Digital Music Technologies presenta uno stato dell'arte consolidato che spazia dai modelli fisici per strumenti musicali di varia natura all'effettistica, con un ampio ventaglio di soluzioni differenti. Un aspetto poco considerato dalla letteratura è quello del Virtual Acoustic Feedback, ovvero l'emulazione dell'accoppiamento acustico tra diffusori e pick-up degli strumenti in un ambiente. Un esempio tipico di questo fenomeno è rappresentato dal *guitar howling*, ampiamente e creativamente utilizzato da artisti del calibro di Jimi Hendrix e Joe Satriani. D'altro canto il problema del feedback acustico ha appassionato molti ricercatori negli ultimi anni, i quali si sono quasi esclusivamente focalizzati sulla sua cancellazione in diversi contesti operativi (gli autori di questa memoria hanno recentemente contribuito alla letteratura scientifica [1] in questo ambito). Sono invece molto rare le soluzioni tecniche proposte per l'emulazione, o comunque orientate alla possibilità di creare effetti musicali creativi basati su questo fenomeno acustico [2]. La presente ricerca si colloca proprio in questo contesto e si propone di avanzare una soluzione circuitale a tempo discreto per il Virtual Acoustic Feedback (VAF).

Il primo contributo proposto in letteratura risale ai primi anni '90 ed è dovuto a Sullivan [3], che propose una tecnica basata su Digital Wave Guide (DWG), per la modellazione congiunta della corda di chitarra e della propagazione in aria. Nonostante le estensioni proposte da Smith nel 2008 [4] e Ferguson et al. nel 2013 [5], l'approccio presenta delle serie limitazioni soprattutto in termini di adattabilità a ingressi audio di natura differente. Sulla base di questa analisi, gli autori di questa memoria hanno avanzato una soluzione innovativa [6,7] che si basa su oscillatore a tempo discreto, corredato di un set di algoritmi per l'automatizzazione del processo e la realizzazione di un effetto che sia il più naturale possibile e flessibile per l'utente.

L'oscillatore ha in ingresso un qualsiasi segnale audio (come il suono emesso da una corda in vibrazione e prelevato dai pick-up dello strumento) ed è caratterizzato da una non linearità "bounded" con un filtro passa-banda IIR in retroazione (Fig. 1 – sx). Le principali caratteristiche sono di seguito elencate:

- L'oscillatore si comporta da peaking filter, la cui frequenza di centro banda è determinata da quella del filtro in retroazione;
- L'oscillatore è causale e stabile; in particolare la seconda proprietà è sempre garantita se il filtro passa-banda IIR è esso stesso stabile;
- Il circuito implementato è garantita dalla possibilità di scegliere il primo coefficiente della parte Moving Average del filtro IIR pari a zero;
- La presenza della non linearità permette al circuito di oscillare e quindi di mantenere l'howling in uscita; nel caso della tangente iperbolica, l'impatto in termini di *frequency skew* rimane al di sotto della soglia di udibilità per una ampia gamma di valori scelti per la banda del filtro passa-banda e per l'ampiezza del segnale di ingresso.

Altri blocchi operativi dell'algoritmo sono i seguenti (come illustrato in Fig. 1 – sx) [7]:

- *Pitch Detection*: permette l'identificazione della frequenza principale del segnale di ingresso sulla base della quale viene scelta la frequenza di centro banda del filtro in retroazione; è stato usato l'algoritmo SNAC [8], le cui performance sono state ottimizzate grazie al coinvolgimento di un compressore in ingresso (per massimizzare la *pitch tracking stability*) e di un *median filter* (per limitare l'occorrenza di outliers);

- *Onset Detection*: algoritmo [9] che serve a identificare automaticamente l'occorrenza di pitch changes e ri-parametrizzare il circuito in maniera coordinata;
- *Timbre Enhancement*: realizzato per mezzo di una non linearità di tipo "Tube model", collocata in uscita al circuito, incrementa il colore e la naturalità del suono;
- *Gain Pedal*: agevola il controllo del guadagno nell'anello di retroazione;
- *Pitch Selection*: strategia per la selezione dell'howling pitch; diverse soluzioni sono state proposte, ed in particolare la "Harmonic" permette all'utente di selezionare il numero di armonica rispetto al pitch del segnale in ingresso (anche con controllo a pedale).

L'algoritmo è stato implementato in Puredata su diversi sistemi operativi (Mac-OS e Linux), sia su piattaforme PC-based che embedded. Uno screenshot della relativa patch è riportata in Fig.1 - dx. Ulteriori informazioni riguardo il software sviluppato e le demo realizzate sono disponibili al seguente link: <http://a3lab.dibet.univpm.it/projects/vaf>. Sono state eseguite anche dei test soggettivi preliminari con dei musicisti per valutare l'opportunità dei blocchi operativi implementati e studiarne la parametrizzazione [7]. Sviluppi futuri sono orientati all'espletamento di prove soggettive complete e adeguate al contesto [10], per la validazione dell'algoritmo sviluppato sia dal punto di vista dell'emulazione del feedback acustico che di quello di un tool creativo per il digital music. Inoltre, la soluzione proposta sarà integrata nel framework WeMUST, su cui lavorano attivamente gli autori di questa memoria, per la connessione di dispositivi musicali (strumenti, effetti, amplificatori, diffusori, mixer, etc.) tramite Wi-Fi [11].

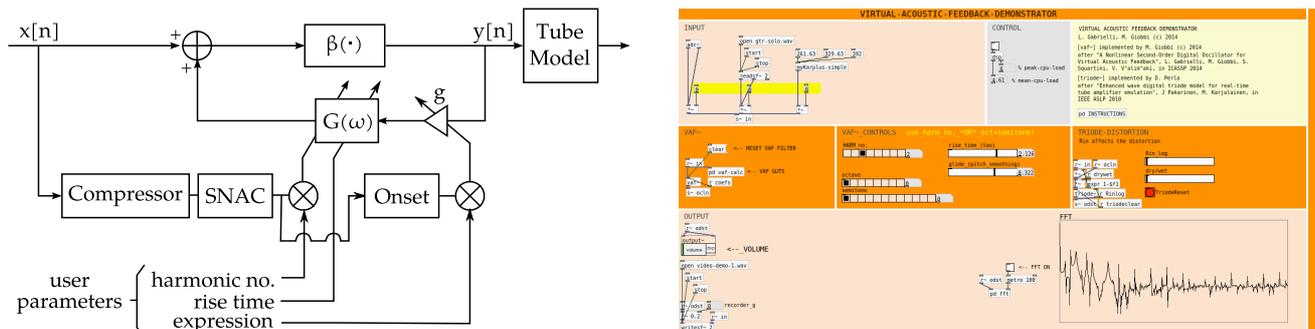


Fig. 1: Circuiti e algoritmi per il Virtual Acoustic Feedback (sx) e screenshot della implementazione degli stessi in ambiente Puredata (dx).

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. Faccenda, S. Squartini, E. Principi, L. Gabrielli and F. Piazza, "A Real-Time Dual-Channel Speech Reinforcement System for Intra-Cabin Communication", in Journal of the Audio Engineering Society, vol. 61, no. 11, p. 889-910, 2013.
- [2] D. Sanfilippo and A. Valle, "Towards a Typology of Feedback Systems" In Proceedings of the International Computer Music Conference, pp. 30-37. 2012.
- [3] C. R. Sullivan, "Extending the Karplus-Strong algorithm to synthesize electric guitar timbres with distortion and feedback", Computer Music Journal, vol. 14, no. 3, pp. 2637, 1990.
- [4] J. Smith, "Virtual electric guitars and effects using faust and octave", in Proceedings of the Linux Audio Conference (LAC 2008), 2008.
- [5] S. Ferguson, A. Johnston, and A. Martin, "A corpus-based method for controlling guitar feedback", in Proceedings of the Int. Conf. on New Interfaces for Musical Expression (NIME2013), 2013, pp.541-546.
- [6] L. Gabrielli, M. Giobbi, S. Squartini and V. Valimaki, "A Nonlinear Second-Order Digital Oscillator for Virtual Acoustic Feedback", in IEEE Proceedings Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, Italy, May 2014.
- [7] L. Gabrielli, M. Giobbi, S. Squartini and V. Valimaki, "A Nonlinear Second-Order Digital Oscillator for Virtual Acoustic Feedback", in Proceedings of AES 136th Convention, Berlin, Germany, April 2014.
- [8] P. McLeod, Fast, accurate pitch detection tools for music analysis, PhD Thesis, University of Otago. Department of Computer Science, 2009.
- [9] L. Gabrielli, F. Piazza and S. Squartini, "Adaptive linear prediction filtering in DWT domain for real-time musical onset detection", in EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2011.
- [10] L. Gabrielli, S. Squartini, V. Valimaki, "A subjective Validation Method for Musical Instrument Emulation" 131st AES Convention, New York, October 2011.
- [11] L. Gabrielli, S. Squartini and F. Piazza, "Advancements and Performance Analysis on the Wireless Music Studio (WeMUST) framework", in Proceedings of the AES 134th Convention, may 2013.