

Esperienze didattiche di sintesi del suono applicata allo studio di segnali trasmissivi e di sistemi lineari nella scuola secondaria

SCARCIA Antonio¹, MOTTOLESE Cosimo², ZECCA Ettore³
Istituto Tecnico Industriale Statale "Edoardo Amaldi", Massafra - Statte
Sede centrale: C.so Roma 162 – 74016 Massafra (Taranto)

¹antonio.scarcia@istruzione.it

²cosimo.mottolese@istruzione.it

³ettore.zecca@istruzione.it

Nella presente comunicazione si riportano alcune considerazioni sull'utilizzo di tecniche di sintesi audio in tempo reale di esempi di segnali e del comportamento nel dominio della frequenza di sistemi di particolare rilevanza nelle programmazioni curriculari nelle classi terminali degli istituti tecnici industriali, a supporto delle attività didattiche e di laboratorio; in particolare, si discutono alcune scelte adottate in merito all'ambiente di sintesi utilizzato.

1. Introduzione

La caratterizzazione dei segnali determinati nel dominio del tempo e della frequenza costituisce una prassi fondamentale nello studio dei sistemi di controllo e dei sistemi di telecomunicazioni, in particolare nelle classi terminali degli istituti tecnici industriali. In misura meno accentuata che nel contesto precedente, esigenze analoghe possono verificarsi nello studio dei sistemi meccanici, in discipline di più recente introduzione negli ordinamenti didattici.

Nelle discipline di indirizzo, si rileva sempre più frequente il ricorso ad un approccio sistemico ed all'uso di modelli matematici; contestualmente, nelle attività di laboratorio le esperienze a carattere simulativo su elaboratore e l'utilizzo di strumentazione virtuale hanno progressivamente affiancato le più consolidate esercitazioni sui banchi attrezzati con strumentazione standard, circuiti sperimentali e trainer didattici. Di seguito, si discute su una esperienza - avviata dagli autori nell'ambito della propria attività didattica - finalizzata a individuare strumenti - utilizzabili sia in sede di trattazione teorica che di attività laboratoriali - di supporto alla didattica, attraverso il *rendering* audio di segnali.

2. Scelta di un ambiente di sintesi

Nelle intenzioni degli autori è apparso necessario individuare un ambiente software idoneo di sintesi che avesse le seguenti caratteristiche: implementabile su una pluralità di piattaforme, con strumenti integrati di visualizzazione (oscillogramma e spettro), caratterizzato da una licenza d'uso

non onerosa, interoperabilità in tempo reale (sintesi in tempo reale), curva di apprendimento non ripida in fase iniziale.

La sintesi del suono su elaboratore può vantare una copiosa letteratura e una grande varietà di soluzioni tecniche. Se si volesse tentare di delineare una tassonomia tra i linguaggi dedicati alla sintesi del suono (e più in generale tipici della *computer music*, che ne costituisce l'ambito di riferimento), è possibile distinguerli per : tecnologia (linguaggi per la sintesi in tempo reale, linguaggi per la sintesi in tempo differito), interfaccia (linguaggi ad interfaccia testuale, linguaggi basati su interfaccia grafica), piattaforma (linguaggi su piattaforme hw/sw d'uso generale, linguaggi che richiedono hardware proprietario con host).

Già dalla fine degli anni cinquanta le problematiche fondamentali sulla generazione e il trattamento numerico dei segnali audio sono state oggetto di ricerche sistematiche, in particolare ad opera di Max Mathew presso i Laboratori Bell [Mathews et al, 1969]. Mathews già nel 1957 aveva sviluppato il primo dei linguaggi MUSIC per la sintesi del suono su elaboratore a tempo differito, progenitore di una serie di linguaggi, dei quali *Csound*, sviluppato da Barry Vercoe, è tra i più popolari. *Csound* nella implementazione corrente (versione 5) supporta anche il tempo reale e l'uso di elementi grafici per l'interattività, ma non la modifica del codice *on the fly*.

Per la sintesi in tempo reale su personal computer negli ultimi anni abbiamo assistito ad una proliferazione di linguaggi distinguibili, nella prospettiva dell'utilizzatore finale, tra linguaggi con interfacce che privilegiano la modalità testuale su *console* come *Csound*, *Supercollider* e *Chuck* ed ambienti basati su interfaccia grafica come *Max/Msp* (con licenza commerciale) di Cycling 74, *Pure Data (PD)* di Miller Puckette, prescindendo in questa sede dai *framework* derivati per compilatori *general purpose* (tipicamente basati su C++) o ambienti più orientati alla musica da intrattenimento o la *performance* esecutiva, che in relazione ai nostri scopi presentano maggiore rigidità a livello di interfaccia e minore libertà sul piano della implementazione di algoritmi. Altri prodotti basati su GUI hanno avuto finora una diffusione relativamente limitata.

Dopo attente considerazioni, la scelta degli autori è caduta su **Pure Data**, originalmente sviluppato nel 1996 da Miller Puckette [Puckette, 1996], già creatore nel 1988 presso l'IRCAM di Parigi della versione originale di Max, distribuito con una licenza *BSD-like* e che consente la codifica e l'esecuzione di algoritmi di sintesi in tempo reale mediante un paradigma di tipo *data-flow*.

Sulla rete Internet sono disponibili le distribuzioni (per le diverse piattaforme GNU/Linux, OS X, IRIX, BSD, Windows); in particolare si distinguono una versione denominata *Vanilla* (una *core version*, aggiornata a cura di Puckette) e una versione *extended* (con estensioni, documentazioni ed esempi a cura della comunità di sviluppatori) che presenta anche una interfaccia grafica appena differente, entrambe disponibili all'URL: <http://puredata.info> .

Le caratteristiche prestazionali della piattaforma host (e del sottosistema audio) non sono critiche per i nostri scopi, dove il tempo di latenza – a differenza di quanto avviene nella pratica musicale – non è problematico.

Pure Data in esecuzione presenta una finestra con terminale per i messaggi da console (*PD-Window*) e una o più finestre in cui rappresentare gli algoritmi di sintesi (*Patch-Window*). I modi di operazione sono due, *run-mode* (in cui

sono attivi i controlli virtuali) ed *edit-mode* (in cui è possibile la modifica delle *patch*), con commutazione immediata da tastiera. Alla pari di altri ambienti di sintesi, PD distingue due tipologie di segnali: segnali audio (a frequenza di campionamento pari a 44100 Hz di *default*) e segnali di controllo (a 1/64 della frequenza di campionamento di *default*).

Gli operatori per la generazione e la manipolazione si presentano in forma di blocchi con ingressi (*inlet*) e uscite (*outlet*) tra di loro interconnessi: il paradigma di calcolo *data-flow* utilizzato privilegia una visione dal punto di vista dei segnali e i segmenti di interconnessione hanno aspetto diverso in dipendenza che trattino segnali audio, di controllo o messaggi; gli algoritmi rappresentati in tale forma prendono nome di *patch* (richiamando la gestione dei cavi di interconnessione dei sistemi elettronici modulari per il calcolo analogico o le misure). Nell'ambito dei blocchi si distinguono tra *object*, *message*, *atom* (number/symbol), GUI (per l'interazione: pulsanti, slider), *comment*. [Rocchesso, 2009]. La rappresentazione *data flow* facilita la comprensione dell'algoritmo, legato all'architettura stessa della *patch* e riduce i tempi di apprendimento rispetto un ambiente che utilizzi un paradigma testuale; il *debugging* va eseguito per ispezione.

3. Ambiti di applicazione e considerazioni di tipo didattico

Le esperienze implementate fino a questo momento hanno riguardato in particolare le rappresentazioni di segnali nel dominio del tempo (oscillogrammi) e nel dominio della frequenza (spettri), evidenziando in particolare le caratteristiche sul piano percettivo in varie situazioni (p.es. tra spettri con parziali in rapporto armonico e non armonico), segnali modulati, comportamento in frequenza di varie tipologie di filtri. In particolare il complesso delle esperienze intende coprire i seguenti temi: Modulazioni analogiche su portante sinusoidale, Modulazioni digitali su portante sinusoidale (ASK, FSK), Modulazioni impulsive (PAM, PWM), Campionamento e quantizzazione; effetti di *aliasing*, rumori bianco/rosa/marrone, sistemi filtranti (curve di risposta; frequenze di taglio; influenza del fattore di qualità), involuppi temporali di segnali (con particolare riguardo ai modi di risposta di sistemi lineari).

L'esecuzione delle esperienze indicate, prevede di volta in volta un inquadramento essenziale delle nozioni teoriche, la presentazione dell'algoritmo da implementare (con particolare riguardo alla caratterizzazione dei parametri manipolabili in tempo reale) e quindi il *rendering* audio, associato alle rappresentazioni oscillografiche e spettrali a video, disponibili in PD.

Le attività di laboratorio proposte sono risultate facilmente riproducibili sia in aula attrezzata, nonché dagli allievi stessi nello studio domestico, non essendoci criticità a livello hardware e per la natura della licenza. Le distribuzioni hanno già a corredo una ricca serie di esempi, commentati; è da rilevare altresì l'ampia disponibilità in rete di materiali a carattere tutoriale anche in lingua italiana

Sul piano didattico, tuttavia, è apparsa comunque necessaria da parte del docente una introduzione sui concetti relativi a segnali continui e discreti ed in

particolare sugli aspetti fondamentali al passaggio tra i due domini (tecnica del campionamento e ricostruzione).

Lo svolgimento delle esercitazioni/dimostrazioni richiede ovviamente che tutti i segnali considerati presentino frequenze udibili. La loro predisposizione è risultata agevole grazie all'ausilio della letteratura scolastica (testi d'adozione), unitamente alla costante consultazione di un'opera di riferimento sulle tecniche di sintesi, curata dello stesso Puckette [Puckette, 2007].

4. Conclusioni e sviluppi futuri

I primi risultati conseguiti appaiono incoraggianti in termini di partecipazione ed efficacia, in quanto la rappresentazione sonora si traduce in una esperienza che facilita significativamente la comprensione della natura fisica dei segnali trattati e delle contestuali formulazioni analitiche con le relative rappresentazioni grafiche.

E' altresì evidente che le esercitazioni e le dimostrazioni possano facilmente estendersi all'ambito di grande attualità delle tecniche di sonificazione che, a differenza della sintesi – pur caratterizzate nello scopo primario dell'uso del *rendering* audio in alternativa o in abbinamento ad altre forme di rappresentazione e visualizzazione scientifica – utilizza come materiali di partenza collezioni di informazioni di misura o dati di varia natura con procedimenti che devono soddisfare requisiti di ripetibilità [Hermann, 2008].

Infine, va notato come l'esperienza comune nella fruizione dei materiali musicali attuali abbia notevolmente ampliato il lessico sonoro rispetto ai decenni precedenti, facendo sì che tale approccio – considerato comunque alla stregua di supporto integrativo della didattica corrente - risulti particolarmente efficace.

5. Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il prof. Alberto Altamura, dirigente dell' ITI "Amaldi" per l'incoraggiamento fornito nel portare avanti questa iniziativa.

Bibliografia

[Mathews et al, 1969] Mathews M.V., Miller J.E., Moore F.R., Pierce J.R., Risset J. C., The Technology of Computer Music, The MIT Press, 1969

[Puckette, 1996] Puckette M. 1996. "Pure Data: another integrated computer music environment." Proceedings, Second Intercollege Computer Music Concerts, Tachikawa, Japan, pp. 37-41, 1996

[Puckette, 2007] Puckette M., The Theory and Technique of Electronic Music; World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2007.

[Rocchesso, 2009] Rocchesso D, Programmazione Visuale, URL: <http://cnx.org/content/m14602/latest/>

[Hermann, 2008] Thomas Hermann, Taxonomy and definitions for sonification and auditory display, Proceedings of the 14th International Conference on Auditory Display, Paris, France June 24 - 27, 2008