



**CONSIGLIO NAZIONALE
DELLE RICERCHE**

Antonio Camurri °, Goffredo Haus ^,
Alberto Stiglitz ^, Renato Zaccaria °

**LRC C4 MUSIC: ORIENTAMENTI
GENERALI, DEFINIZIONE DEGLI
INTENTI E PREMESSA ALLE
SPECIFICHE FUNZIONALI**

N. 7/08

11/89

**PROGETTO FINALIZZATO
SISTEMI INFORMATICI E CALCOLO PARALLELO**

SOTTOPROGETTO 7

SISTEMI DI SUPPORTO AL LAVORO INTELLETTUALE

**PROGETTO FINALIZZATO
SISTEMI INFORMATICI E CALCOLO PARALLELO**

SOTTOPROGETTO 7
Sistemi di Supporto al Lavoro Intellettuale
Coordinatore Cesare Maioli

Antonio Camurri [°], Goffredo Haus [^],
Alberto Stiglitz [^], Renato Zaccaria [°]

**LRC C4 MUSIC: ORIENTAMENTI
GENERALI, DEFINIZIONE DEGLI
INTENTI E PREMESSA ALLE
SPECIFICHE FUNZIONALI**

N. 7/08

11/89

Rapporto Tecnico

- [°] DIST - Dipartimento di Informatica Sistemistica e Telematica
Università di Genova.
- [^] LIM - Laboratorio di Informatica Musicale
Dipartimento di Scienze dell'Informazione
Università degli Studi di Milano.

"STAZIONE DI LAVORO MUSICALE INTELLIGENTE"

Rapporto R1:

"LRC C4 MUSIC: orientamenti generali, definizione degli intenti e premessa alle specifiche funzionali."

INDICE:

- P0. Introduzione.
- P1. Orientamenti generali e definizione degli intenti.
- P2. Premessa alle specifiche funzionali.
- P3. Riferimenti bibliografici.

Parole chiave

computer music, audio digital signal processing, artificial intelligence, hypermedia, programming & microprogramming languages

P0. Introduzione.

Le applicazioni musicali degli elaboratori elettronici costituiscono un'area informatica specifica e ben delineata, oggetto di ricerca (sia scientifica che musicale) da più di venticinque anni.

Numerosi centri di ricerca internazionali (accademici e non) dedicano ampi sforzi in questo settore soprattutto in Nord America (tra i maggiori centri ricordiamo quelli presso il M.I.T., l'Università della California in San Diego, il CCRMA all'Università di Stanford, l'IBM Watson Research Centre, l'Università Carnegie Mellon) e in Europa (IRCAM a Parigi, IPEM in Belgio).

Dal punto di vista scientifico, l'Informatica Musicale delinea un campo di investigazione complesso: la musica costituisce un dominio in cui verificare e sviluppare proficuamente sia metodologie che applicazioni propriamente informatiche.

L'Informatica Musicale non è tuttavia un mero settore applicativo dell'informatica, privo quindi di originali contributi scientifici. Una significativa mole di risultati, soprattutto a livello teorico, conferma il ruolo importante che tale disciplina ha assunto ormai anche dal punto di vista puramente informatico; si veda, ad esempio, il numero speciale di ACM Computing Surveys, Vol.17(2), Giugno 1985 e anche (Mathews & Pierce, 1989), (Roads & Strawn, 1987a), (Roads & Strawn, 1987b), (Haus, 1984), (Minsky, 1981), (Smoliar, 1971), (Mathews, 1969) e nel prossimo luglio 1991 il numero monografico sulla computer music di IEEE Computer; è da considerare riferimento essenziale, inoltre, la bibliografia sulle applicazioni musicali degli elaboratori elettronici (Davis, 1988).

L'elaborazione di informazioni inerenti suono e musica coinvolge attività complesse e l'integrazione di differenti aree di ricerca: dalle architetture hardware e software per l'*elaborazione numerica del suono* in tempo reale (Blessner, 1978), alla elaborazione, rappresentazione e gestione dell'informazione musicale mediante tecniche di *ingegneria del software* (De Poli & Haus, 1982), *basi di dati* (Crivellari, Dalla Libera & Dulli, 1988), *microprogrammazione DSP*, *programmazione orientata agli oggetti* (Pope, 1986), *intelligenza artificiale* (Camurri, 1988b), *tecniche multimediali*, *interfacce utente avanzate* (ipertesti, ecc.) (Rodriguez, 1988).

Molti risultati importanti, ottenuti nei vari ambiti in cui si è sviluppata la ricerca informatico musicale, hanno contribuito a formare un solido retroterra culturale: sia per quanto riguarda il software, ad esempio con la definizione di

linguaggi specializzati e relativi traduttori (Mathews, 1969) (Moore, 1982); sia per quanto riguarda gli aspetti metodologici finalizzati alla *descrizione formale* dell'informazione musicale (Bertoni et al., 1978) (Dannenberg, 1984) (Goguen, 1975), ad esempio utilizzando *reti di Petri* (Haus & Degli Antoni, 1982) (Camurri et al., 1986) (Haus & Rodriguez, 1989) o *grammatiche formali* (Roads, 1978); sia per quanto riguarda l'hardware, ad esempio con lo sviluppo di DSP orientati alla sintesi ed elaborazione in tempo reale di segnali audio (Kahrs, 1980). Nel contempo, vengono aperti nuovi itinerari di ricerca in direzione di nuove istanze culturali, proposte continuamente dal mondo della ricerca informatica avanzata: *linguaggi ad oggetti* (Rodet & Cointe, 1984); *reti neurali e connessionismo* (Leman, 1985), vedi numeri speciali del Computer Music Journal 13(2) e 13(3), M.I.T. Press, Cambridge, MA; ecc.

D'altra parte si assiste a una progressiva e crescente diffusione del software di base per la gestione di suono (attraverso il controllo di DSP) e di dati musicali codificati a livello simbolico e subsimbolico (ad esempio, mediante lo standard MIDI) nei sistemi di elaborazione personale (PC), e nelle stazioni di lavoro (generalmente basate su Unix o su altri sistemi operativi Unix-like) degli anni 90 (ad es. NeXT, la prima stazione di lavoro dotata di serie di unità DSP e convertitori DAC e ADC).

La ricerca informatico musicale è motivata non solamente da ragioni *estetiche, scientifiche e tecnologiche* (qualità sonora più elevata, strumenti musicali di potenza sempre maggiore, migliore comprensione della musicalità umana, ecc.), ma anche dal suo elevato potenziale economico: progetto di nuovi strumenti (musicali e non) per la produzione e la post-produzione di suono e musica (in particolare per il settore radio-televisivo e cinematografico) e, più recentemente, multi-mediali (dispositivi ottici per la memorizzazione di suoni e immagini). Esiste inoltre un ampio settore di mercato riguardante gli strumenti musicali digitali, che ha tra l'altro dato vita alla International MIDI Association, quasi totalmente gestito da grosse multinazionali giapponesi e americane, la cui costruzione è stata possibile inizialmente grazie ad un consistente trasferimento di know-how dall'ambito della ricerca informatico musicale, avvenuto nei primi anni dello scorso decennio (Chowning, 1973).

Infine, la ricerca informatico musicale può essere causa di innovazioni tecnologiche in altri settori. Ad esempio, gli studi sul riconoscimento di sorgenti sonore singole (strumenti musicali) in segnali complessi (gruppi strumentali) può significativamente contribuire allo sviluppo di sensori acustici intelligenti,

adattivi; un altro esempio di campo applicativo è quello teatrale, per la spazializzazione del suono controllata da elaboratore (Bertolotti et al., 1988)

In definitiva, l'informatica musicale coinvolge diverse aree, tra cui le attività di *sperimentazione e creazione musicale individuale* (composizione, interpretazione musicale, teoria musicale, musicologia cognitiva), di *produzione e post-produzione musicale* (case discografiche, studi di registrazione, postproduzione video), di *editoria musicale elettronica* (Finarelli et al., 1988) e di *strumentazione musicale elettronica*. Inoltre, con il progressivo anche se lento (per lo meno in Italia) diffondersi degli strumenti informatici nelle strutture didattiche, il mondo della ricerca informatico musicale tende ad assumere in misura sempre maggiore il ruolo di punto di riferimento, sia per quanto riguarda lo sviluppo di nuovi strumenti di ausilio alla didattica musicale, sia come attività di supporto allo sviluppo o di selezione del software specializzato, sviluppato e diffuso commercialmente.

P1. Orientamenti generali e definizione degli intenti.

Da alcuni anni, l'Intelligenza Artificiale (IA) svolge un ruolo fondamentale nello scenario tratteggiato nel paragrafo precedente. L'IA si è rivelata di fondamentale importanza in numerosi settori di ricerca musicale: *composizione* (Laske, 1989b), *interpretazione ed esecuzione*, *teoria musicale*, *musicologia cognitiva* (Laske, 1989a) (Leman, 1989), *elaborazione numerica di suoni* (Roads & Strawn, 1987b). Recenti metodologie per la rappresentazione della conoscenza consentono un salto di qualità nel trattamento di informazione musicale/sonologica, discusso brevemente nel seguito.

Le esigenze e motivazioni alla base della "Stazione di Lavoro Musicale Intelligente" (SLMI) sono molteplici. Innanzi tutto vi è la necessità di superare la frammentazione funzionale delle attività di ricerca e produzione, che caratterizza i sistemi esistenti, mediante il progetto di una stazione di lavoro che integri, in un unico sistema modulare, i *diversi livelli di rappresentazione* (De Poli & Haus, 1982) ed aspetti della elaborazione di informazioni inerenti suono e musica. Tale sistema ha il ruolo di ambiente operativo sperimentale adatto ad accogliere e integrare sia moduli sperimentali che moduli commerciali.

I moduli sperimentali interessano attività di ricerca che riguardano la gestione di *partiture in notazione tradizionale*, la gestione di *linguaggi musicali non tradizionali* (Haus, 1983), lo sviluppo di strumenti software di ausilio alla

composizione e alla performance musicale (Anderson & Kuivila, 1990) e audiovisuale , l'utilizzazione di tecniche di intelligenza artificiale per la rappresentazione della conoscenza musicale ,l'elaborazione numerica dei segnali audio , la possibilità di integrare metodiche e strumentazione digitale audio standard .

In particolare verranno realizzate:

- * una shell per la rappresentazione della conoscenza musicale/sonologica come ausilio per le attività di composizione, analisi musicale, e per la didattica;
- * applicazioni per la compilazione, l'elaborazione e l'esecuzione di partiture musicali descritte per mezzo di reti di Petri;
- * applicazioni specifiche per la composizione musicale e per la performance musicale e audiovisuale;
- * alcune applicazioni e un insieme di tool che consentono di integrare e utilizzare contemporaneamente strumenti di generazione ed elaborazione sonora "on board" (basati su DSP evoluti), e moduli commerciali collegati via MIDI;
- * un ambiente sperimentale per microprogrammi DSP che implementano diverse tecniche di sintesi del suono (funzioni di due variabili, waveshaping, wavelet, automi cellulari) (Borgonovo & Haus, 1986) (Chareyron, 1990);
- * un ambiente specializzato per la generazione, l'editing, la catalogazione e la ricerca di campioni sonori; un tool per import/export di dati musicali rispetto allo standard di codifica internazionale più diffuso (Standard MIDI Files).

I moduli commerciali che verranno integrati nella SLMI, interessano principalmente attività ormai divenute standard nel processo di produzione musicale con strumenti informatici: *registrazione di sequenze di eventi sonori* codificati mediante lo standard MIDI, *editing e Desk Top Publishing* di partiture. Oltre alle applicazioni che consentono di svolgere tali attività, verranno integrati anche alcuni tool per il controllo di dispositivi speciali per la memorizzazione di segnali audio numerici che possono essere connessi al nucleo della stazione di lavoro.

Complessivamente l'insieme costituito dal nucleo, dalle applicazioni e dai tool descriverà tre livelli di accesso alla SLMI, corrispondenti a *tre livelli differenti di rappresentazione* dell'informazione musicale:

- * una shell di ausilio alla composizione musicale (livello cognitivo),
- * un ambiente per l'elaborazione di partiture musicali (livello simbolico/strutturale),

* un ambiente per l'elaborazione numerica di segnali audio (livello esecutivo/operativo).

I tre livelli saranno mutuamente comunicanti ed accessibili mediante un'*interfaccia utente* omogenea di tipo *ipertestuale*. L'architettura del sistema, di cui viene fornita una descrizione generale dettagliata nel Rapporto R2, è inoltre tale da consentire la derivazione di sottoinsiemi del sistema globale, dedicati a particolari attività.

P2. Premessa alle specifiche funzionali.

Per descrivere l'architettura della SLMI (ved. Rapporto R2) è stato adottato un *modello a strati*, la cui descrizione è stata corredata da diagrammi funzionali per esplicitarne graficamente la struttura.

Inoltre la complessità dell'architettura della SLMI ha suggerito di differenziare gli strumenti di descrizione delle specifiche funzionali secondo i livelli di rappresentazione dell'informazione musicale (cognitivo, simbolico/strutturale, esecutivo/operativo). Quindi, pur salvaguardando un'omogeneità formale complessiva, le specifiche funzionali dei vari moduli verranno formulate con strumenti formali differenti, secondo l'appartenenza del singolo modulo ad uno dei livelli di accesso alla stazione. In particolare: per i moduli appartenenti alla shell di ausilio alla composizione musicale (livello cognitivo) verrà utilizzato un formalismo basato su reti semantiche ad eredità multipla di tipo KL-ONE; mentre per i moduli appartenenti agli altri due livelli (simbolico/strutturale, esecutivo/operativo) verrà utilizzato un formalismo basato su reti di Petri (Haus, 1980) opportunamente adattato (ved. Rapporto R3) e supportato da descrizioni procedurali e di strutture dati espresse in una particolare variante del linguaggio Ada, denominata Ada/PDL (Sommerville, 1989).

P3. Riferimenti bibliografici.

Anderson, D.P., Kuivila, R. (1990). A System for Computer Music Performance. ACM Transactions on Computer Systems, 8(1), 56-82.

Bertolotti, F., Haus, G., Westkemper, H. (1988). Simulazione di sorgenti sonore in movimento per spazi teatrali. Atti del XVI Congresso Annuale AIA, Ass. Acustica Italiana, Milano.

Bertoni, A., Haus, G., Mauri, G., Torelli, M. (1978). A Mathematical Model for analyzing and structuring Musical Texts. Interface, 7(1), 31-43, Swets & Zeitlinger B.V., Amsterdam.

- Blessner, B.A. (1978). Digitization of Audio. *Journal of the Audio Engineering Society*, 26(10).
- Borgonovo, A., Haus, G. (1986). Sound Synthesis by Means of Two-Variable Functions: Experimental Criteria and Results. *Computer Music Journal*, 10(3), 57-71, MIT Press, Cambridge, MA.
- Camurri, A., Haus, G., Zaccaria, R. (1986). Describing and Performing Musical Processes. In *Human Movement Understanding*. (Morasso/Tagliasco Eds.), North-Holland Publ., New York.
- Camurri, A., & Zaccaria, R. (1988a). An Experimental Approach to a Hybrid Representation of Musical Knowledge. *Proc. First International Workshop on Artificial Intelligence and Music AIM-88, AAAI-88, USA, and GMD, St. Augustin, West Germany*.
- Camurri, A., Giacomini, M., Ponassi, A., Zaccaria, R. (1988b). Key-Music: an Expert System Environment for Music Composition. *Proc. International Computer Music Conference*, 119-126, Koln.
- Camurri, A. (1989). Temporal Logic Issues in Music Knowledge Representation. *Proc. Euromicro 89, Microprocessing and Microprogramming Journal*, 27(1-5), 541-546, North Holland.
- Camurri, A. (Ed.) (1990). *Artificial Intelligence and Music*. Special Issue of *Interface*, 19(3-4), Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
- Chareyron, J. (1990). Digital Synthesis of Self-Modifying Waveforms by Means of Linear Automata. *Computer Music Journal*, 14(3), M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Chowning, J. (1973). The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation. *Journal of the Audio Engineering Society*, 21(1).
- Crivellari, F., Dalla Libera, F., Dulli, S. (1988). Database per testi musicali. *Rivista di Informatica*, XVIII(2), 223-251.
- Dannenberg, R.B. (1984). A Functional Language for Real Time Control. *Communications ACM*, 27(8).
- Davis, D.S. (1988). *Computer Applications in Music: a Bibliography*. A-R Editions, Madison, WI.
- Degli Antoni, G., Haus, G. (1983). Music and Causality. *Proc. 1982 International Computer Music Conference*, 279-296, Computer Music Association Publ., San Francisco.
- De Poli, G., Haus, G. (1982). Ingegneria del software e informatica musicale. *Atti del Convegno Annuale A.I.C.A.*, 415-430, Università di Padova.
- Finarelli, L., Haus, G., Salvetti, G. (1988). A Musicological/Publishing Workstation for the Processing of Musical Texts. *Proc. 1988 International Computer Music Conference*, Schott Publ., Koln.
- Goguen, J. A. (1975). Complexity of Hierarchically Organized Systems and the Structure of Musical Experience. *UCLA Computer Science Dept. Quarterly*, 3(4).
- Haus, G. (1980). Metodi di definizione di specifiche funzionali di procedure software con uso di reti di Petri. Documento n. METOD-24, PFI-CNR, Sottoprogetto P1, Obiettivo METOD.
- Haus, G. (1983). EMPS: a System for Graphic Transcription of Electronic Music Scores. *Computer Music Journal*, 7(3), 31-36, M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Haus, G. (1984). *Elementi di informatica musicale*. Gruppo Editoriale Jackson, Milano.
- Haus, G., Rodriguez, A. (1989). Music Description and Processing by Petri Nets. *1988 Advances on Petri Nets, LNCS*, Springer, Berlino.

- Kahrs, M. (1980). VLSI and the Design of Real-Time Digital Sound Processors. Proc. 1980 International Computer Music Conference, Computer Music Association Publ., San Francisco.
- Laske, O. (1989a). Composition Theory: an Enrichment of Music Theory. *Interface*, 18(1-2), 45-59.
- Laske, O. (1989b). Articulating Musical Intuitions by Way of Rules. Proc. Second International Workshop on AI and Music, International Joint Conference on Artificial Intelligence IJCAI-89, Detroit, USA.
- Leman, M. (1985). Dynamical Hierarchical Networks as Perceptual Memory Representations of Music. *Interface*, 14(3-4), 125-164, Swets & Zeitlinger, The Netherlands.
- Leman, M. (Ed.) (1989). Models of Musical Communication and Cognition. Special Issue of *Interface*, 18(1-2), Swets & Zeitlinger, Amsterdam.
- Mathews, M.V. (1969). The Technology of Computer Music, M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Mathews, M.V. & Pierce, J.R. (Eds.) (1989). Current Directions in Computer Music Research. M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Minsky, M. (1981). Music, Mind and Meaning. *Computer Music Journal*, 5(3), 8-44, M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Moore, F.R. (1982). Introduction to Music Synthesis Using CMUSIC. Technical Report, University of California, San Diego.
- Pope, S. (1986). The Development of an Intelligent Composer's Assistant. Proc. 1986 International Computer Music Conference, Computer Music Association Publ., San Francisco.
- Roads, C. (1978). Composing Grammars. Computer Music Association Publ., San Francisco.
- Roads, C. & Strawn, J. (Eds.). (1987a). Computer Music Tutorial. M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Roads, C. & Strawn, J. (Eds.). (1987b). Foundations of Computer Music. M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Rodet, X., Cointe, P. (1984). FORMES: Composition and Scheduling of Processes. *Computer Music Journal*, 8(3), 32-50, M.I.T. Press, Cambridge, MA.
- Rodriguez, A. (1988). HyperMusic System. Proc. Apple University Consortium, Heidelberg.
- Smoliar, S.W. (1971). A Parallel Processing Model of Musical Structures. MIT TR-242, Cambridge, MA.
- Sommerville, I. (1989). Software Engineering. Addison-Wesley Publ.

