

Musica e scienza – 1

L' algoritmo che rivoluzionò il mondo: l' MP3

 di **RENATO CARUSO**

info@renatocaruso.eu

Cari lettori di *Chitarra Acustica*, in questa rubrica si parlerà della musica in rapporto alla scienza e in particolare alla matematica, fisica, informatica e – perché no – filosofia. L'origine delle note con Pitagora, il protocollo MIDI, il linguaggio MusicXML, la scala musicale, Bach e la geometria musicale, Galileo e la nuova musica, la fisica degli strumenti musicali, la psicoacustica, NFT musicali e metaverso, e tanti altri argomenti faranno parte di questo appuntamento mensile.

«Meglio un buon piatto di pasta e fagioli o una pillola al gusto 'pasta e fagioli'? Sinceramente preferisco un piatto caldo per poter assaporare il tutto, ma in caso di necessità anche una pillola può andar bene.»

Meglio un buon piatto di pasta e fagioli o una pillola al gusto 'pasta e fagioli'? Sinceramente preferisco un piatto caldo per poter assaporare il tutto, ma in caso di necessità anche una pillola può andar bene. Cosa c'entra tutto questo con il buon caro MP3? Il confronto è quasi simile, andiamo a vedere perché.

Quando si parla di musica spesso si sente dire: «Mandami l' MP3 così lo ascolto e poi ti dico». Nella pratica di oggi, si invia tramite rete (email, Web, WhatsApp, Telegram ecc.) un file MP3 perché è molto più leggero di un file WAV (o WAVE).

Ecco la prima cosa da sapere: il 'peso' di un file. È importante per due motivi: può essere inviato tramite rete, e non occupa molto spazio nel nostro HD; anche se oggi sappiamo che con i servizi di streaming musicale, come Spotify, non abbiamo più bisogno di un HD con grandi capacità, poiché il tutto viene ascoltato in rete, senza bisogno di fare il download (scaricare fisicamente il brano sul nostro computer) come si faceva pochi anni fa.

Ma come è possibile ridurre un file da 100 MB a 4 MB? A venirci in aiuto è un programma scritto da un ingegnere tedesco, o meglio un algoritmo che trasforma

(codifica) un file di grandi dimensioni in pochi byte. L'algoritmo, per chi fosse a digiuno di informatica, è un semplice programma (scritto con delle righe di codice) che, dato in input un qualsiasi contenuto digitale, ci restituisce un altro tipo di output. Nel nostro caso, in input abbiamo un file musicale di grandi dimensioni, in output avremo lo stesso file musicale ma ridotto ad almeno un decimo.

Senza perderci nel mondo della programmazione e codifiche varie, il nostro algoritmo opera in modo molto semplice: taglia tutte le frequenze che il nostro orecchio non potrà mai percepire. Mentre un microfono capta tutte le frequenze e quindi registra ogni minima variazione di pressione, l'orecchio è un filtro, agisce come un 'taglia-frequenze'.

Questo fenomeno si chiama 'mascheramento' e a lavorare nel progetto di codifica di un segnale audio fu l'ingegnere tedesco di nome Karlheinz Brandenburg. Lui stesso programma un software che è in grado di tagliare tutte le frequenze che noi non riusciamo ad ascoltare. Ciò si basa su un altro fatto che è forse il più importante: un suono può essere scomposto in tante piccole parti.

Soffermiamoci un attimo sulla parola 'scomposizione'. Quando al nostro orecchio arriva una nota La (da qualsiasi strumento), in realtà – oltre alla sua frequenza propria, ad esempio 440 Hz – arrivano altri suoni, che sono dei multipli di 440 Hz. Quindi oltre alla fondamentale, cioè 440Hz, ci arriva anche un suono di 880Hz, di 1320Hz e



Karlheinz Brandenburg



Joseph Fourier

così via. Questi ultimi vengono chiamati ‘armoniche’ (i chitarristi li chiamano ‘armonici’...). La somma di queste armoniche, o ‘componenti’, ci dà il timbro di un suono. Per essere più precisi, ogni armonica ha un’intensità, cioè ha un ‘volume’ diverso. A seconda del livello di intensità di ogni armonica, si ha un timbro differente. Ad esempio, un clarino avrà la seconda armonica più alta rispetto alla chitarra, la terza più bassa e via dicendo. Sommando lo spettro di queste armoniche si ha il timbro, che comunque riguarda anche e soprattutto la geometria dello strumento e il materiale.

Ritornando al nostro ingegnere tedesco e al suo algoritmo, eliminando molti di questi suoni, il peso di un file si alleggerisce. La scoperta è stata fatta da un fisico francese di nome Joseph Fourier nel 1822, con la sua famosa Trasformata di Fourier, l’equazione che ci permette di trasformare un’onda complessa – armonica nel nostro caso – in tante piccole onde molto semplici e gestibili dal punto di vista matematico-fisico.

I suoni sono somme di altri suoni

Se ad esempio al nostro orecchio arrivano delle frequenze quasi simili, ciò verrà percepito come un unico suono. Se arrivano due suoni, uno più forte e l’altro molto debole, il secondo verrà tagliato. Questi sono esempi di mascheramento. L’orecchio non riesce (e per fortuna) a scomporre tutti i suoni. Se immaginiamo che in un brano ci sono numerose di queste sovrapposizioni e che potremmo scomporle in delle piccole onde, il miracolo MP3 è fatto.

Il mondo musicale, come sappiamo, si divide in fisico e percettivo. Il suono è un fenomeno di tipo fisico, che ha a che fare con lo strumento e l’aria o altro mezzo primario che viene messo in vibrazione. Ma la percezione che noi abbiamo di questo suono è soggettiva, dipende da altri fattori come il nostro orecchio, il cervello e così via. In poche parole, i suoni percepiti non corrispondono oggettivamente a quelli emessi da uno strumento. Questa disciplina, che è a metà tra la fisica e la psicologia, viene chiamata ‘psicoacustica’. Un ottimo modello di psicoacustica fa sì che si possa avere un migliore algoritmo di codifica di compressione dati.

A questo punto possiamo suddividere i file audio in tre tipi:

1. Non compressi: WAV, AIFF
2. *Lossy*: compressi con perdita di informazione (MP3, AAC, WMA)
3. *Lossless*: compressi senza perdita di informazione (FLAC)

L’MP3 (formalmente International Standards Organization-Moving Picture Expert Group-1/2 Audio Layer 3, anche noto come ISO-MPEG-1 Audio Layer III e ISO-MPEG-2 Audio Layer III) fa parte del secondo gruppo. Non è che, perdendo informazioni, non suona come gli originali, ma alcune frequenze vengono perse, comunque non udibili. Un po’ come avviene per le immagini, dove troviamo alcuni tipi di file come i JPEG che sono compressi, ma tutto sommato all’occhio non fanno alcuna differenza.

Al terzo gruppo appartengono quei formati di file che, pur riducendo a un terzo il peso, non subiscono quasi nessuna perdita di informazione.

Se da una parte è stata riconosciuta la paternità dell’algoritmo MP3 a Karlheinz Brandenburg, sotto la giuria dell’italiano Leonardo Chiariglione, fondatore del gruppo MPEG, dall’altra Steve Jobs ci ha dato gli strumenti per usufruirne. Ad un certo punto sono arrivati Napster, Winamp, iPod, iTunes... e il resto è storia. L’iPod non ha rivoluzionato soltanto il modo di ascoltare la musica, ma anche l’industria musicale.

Sarà però vero che il suono di un vinile (il nostro piatto di pasta e fagioli) è molto diverso da un buon MP3? È più caldo? O forse ci piace sentire la puntina? O ancora ci piace ‘toccare con mani’ la musica? Ormai tecnologia e potenza di calcolo sono sempre più veloci: basti pensare ai *plugin* dei software musicali che simulano le orchestre, per capire a che punto siamo arrivati. Il vero giudice è l’ascoltatore finale; e poi anche un pizzico di percezione corporea non guasta. In fondo la musica è e rimarrà sempre emozione.



«Sarà però vero che il suono di un vinile (il nostro piatto di pasta e fagioli) è molto diverso da un buon MP3? È più caldo? O forse ci piace sentire la puntina? O ancora ci piace ‘toccare con mani’ la musica?»

Parole chiave

#algoritmo #mp3 #psicoacustica
#tecnologiemusicali #psicoacusticata