

Università degli Studi di Udine

Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e
Fisiche

Corso di Laurea in Magistrale Comunicazione
Multimediale e Tecnologie dell'Informazione

Auditory and Tactile Interactions – A.A. 2024/25

Docenti: prof. Federico Fontana

Interfaccia Collaborativa Acustico-Tattile per Jam
Remota

Studente: Angela Rossi

Matricola: 174288



Il progetto mira a sviluppare un sistema innovativo per facilitare la comunicazione tra musicisti durante sessioni di improvvisazione remota. La soluzione integra feedback tattile e acustico per creare un'esperienza immersiva che simula la connessione fisica tipica delle jam session dal vivo.

I suoi obiettivi principali sono:

- Facilitare la comunicazione non verbale tra musicisti a distanza
- Minimizzare la latenza percettiva attraverso feedback aptici
- Mantenere l'immediatezza espressiva dell'improvvisazione musicale

Architettura del Sistema

Componenti Principali

Hub Centrale (App Mobile/Desktop)

- Interfaccia utente principale
- Gestione connessioni MIDI
- Elaborazione segnali audio
- Coordinamento comunicazioni

Indossabilità

- Dispositivo indossabile per feedback tattile
- Comunicazione Bluetooth con l'app
- Pattern vibrazionali personalizzabili
- Autonomia energetica estesa

Sistema MIDI Integrato

- Input da strumenti musicali
- Analisi real-time delle performance
- Rilevamento automatico di pattern musicali
- Trasmissione dati a bassa latenza

Server di Sincronizzazione

- Coordinamento sessioni multi-utente
- Gestione latenza di rete (<20ms target)
- Distribuzione segnali aptici e audio
- Backup e recovery sessioni

Flusso di Comunicazione

Strumento Musicale → Interface MIDI → App Locale → Server Cloud → App Remota → Wearable + Sistema Audio

Link all'esempio di interfaccia per la jam remota:

<https://angieneerangie.github.io/remote-jam/>

Questo è SOLO UN ESEMPIO VISIVO DI COME DEVE VENIRE FUORI, non vengono implementate le tecnologie proposte nello stack tecnologico che si leggerà più avanti.

Design del Wearable Specifiche Hardware

Forma e Ergonomia

- Fascia elastica per avambraccio
- Design non interferente con l'esecuzione musicale
- Materiali ipoallergenici e traspiranti
- Regolazione universale (circonferenza 20-35cm)

Sistema Aptico

- 4 motori lineari disposti a 90° (quadranti)
- Frequenza di vibrazione: 50-400Hz
- Intensità regolabile (10 livelli)
- Pattern combinabili per messaggi complessi

Tecnologia

- Processore ARM Cortex-M4
- Bluetooth 5.2 Low Energy
- Batteria Li-Po 300mAh (8+ ore autonomia)
- Peso totale: <50g
- Resistenza IPX4 (sudore/spruzzi)

Ad esempio a seconda di ogni strumento più “tipico” per una band:

BATTERISTA

Posizionamento: Fascia sull'avambraccio non dominante (sinistra se destrorso)

Pattern Aptici:

- **Quadrante 1 (superiore):** Kick drum di altri musicisti
- **Quadrante 2 (destro):** Cambi di tempo/accelerazioni
- **Quadrante 3 (inferiore):** Fill o break imminenti
- **Quadrante 4 (sinistro):** Accenti ritmici della sezione melodica

BASSISTA

Posizionamento: Avambraccio sinistro (mano che preme i tasti)

Pattern Aptici:

- **Quadrante 1:** Note fondamentali degli accordi
- **Quadrante 2:** Cambi di tonalità
- **Quadrante 3:** Intensità dinamica (forte/piano)
- **Quadrante 4:** Sincronizzazione con il kick drum

CHITARRISTA

Posizionamento: Avambraccio destro (mano che suona)

Pattern Aptici:

- **Quadrante 1:** Progressioni armoniche
- **Quadrante 2:** Solo/assolo in arrivo
- **Quadrante 3:** Ritmo della batteria
- **Quadrante 4:** Dinamiche del basso

PIANISTA/TASTIERISTA

Posizionamento: Avambraccio non dominante o entrambi

Pattern Aptici:

- **Quadrante 1:** Struttura armonica della band
- **Quadrante 2:** Melodie principali di altri strumenti
- **Quadrante 3:** Sezione ritmica (batteria+basso)
- **Quadrante 4:** Cambi di sezione/arrangiamento

VOCALIST

Posizionamento: Avambraccio non dominante

Pattern Aptici:

- **Quadrante 1:** Entrate vocali/cue
- **Quadrante 2:** Tonalità e modulazioni
- **Quadrante 3:** Intensità emotiva della musica
- **Quadrante 4:** Fine frase/respiro

STRUMENTI A FIATO (Sax, Tromba, etc.)

Posizionamento: Avambraccio libero o gamba

Pattern Aptici:

- **Quadrante 1:** Sezione ritmica

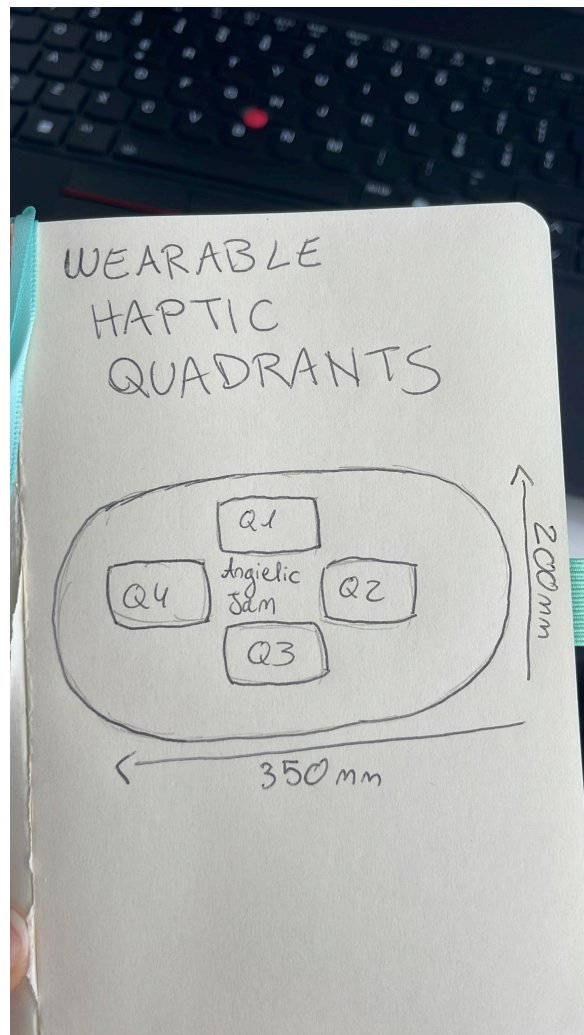
- **Quadrante 2:** Armonia di supporto
- **Quadrante 3:** Solo/entrate
- **Quadrante 4:** Dinamiche generali

CONFIGURAZIONI SPECIFICHE

Frequenze Ottimali per Strumento:

- **Batteria:** 80-150Hz (percezione "corporea")
- **Basso:** 60-120Hz (frequenze gravi)
- **Chitarra:** 100-250Hz (range medio)
- **Piano:** 150-300Hz (spettro completo)
- **Voce:** 200-400Hz (frequenze acute)

Bozza della fascia



Particolarità della fascia

Segnali di Base

- **Solo Attivo:** Quando un musicista fa un assolo, tutti gli altri sentono una vibrazione ritmica costante nella fascia (come un metronomo tattile a 120 BPM) per restare sincronizzati
- **Cambio Armonico:** Quando si cambia accordo/tonalità, tutti sentono 2 impulsi seguiti da una vibrazione che aumenta per 2 secondi nella fascia (come dire "attenzione, stiamo cambiando!")
- **Tensione Dinamica:** La forza della vibrazione riflette quanto forte/intenso sta suonando la band

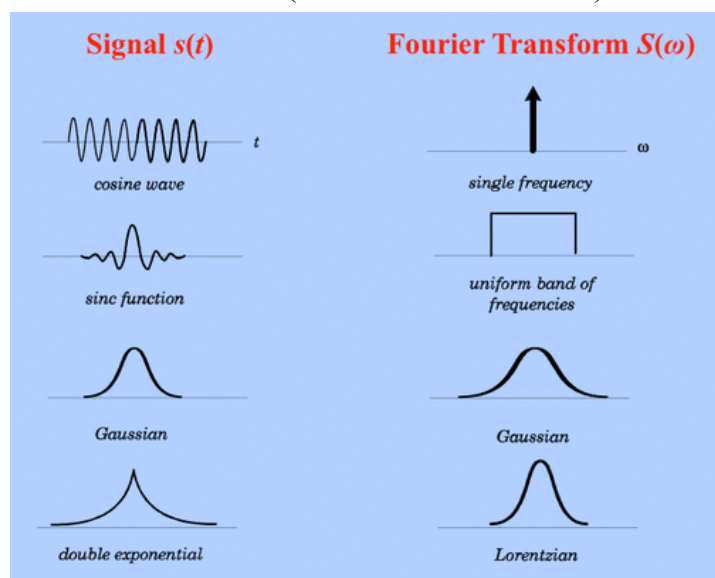
Pattern Avanzati

- **Modulazione:** Vibrazione "ondeggianti" quando si cambia chiave musicale (da Do maggiore a Sol maggiore, per esempio)
- **Stacco:** Un impulso secco e forte quando la band si ferma di colpo
- **Crescendo Collettivo:** Tutti sentono la vibrazione aumentare insieme quando la band cresce di intensità
- **Fine Sessione:** Una vibrazione che "gira" e diminuisce, come a dire "la jam è finita"

Libreria Segnali Codificati

- **Call Generale:** Campana soft con fade-out naturale
- **Stop/Pausa:** Click metallico breve e secco
- **Cambio Tempo:** Metronomo discreto (3 battute di preavviso)
- **Nuovo Membro:** Accordo progressivo ascendente

L'interfaccia fa anche un'analisi armonica in tempo reale con il riconoscimento di accordi, tramite FFT (Fast Fourier Transform):



Ed inoltre riesce anche a riconoscere le progressioni armoniche comuni, modulazioni e pivot chords, tensioni e risoluzioni (come già indicato sopra).

Algoritmi di Machine Learning per il riconoscimento delle intenzioni musicali

Solo Detection Algorithm

Parametri Input:

- Volume relativo (+15dB soglia)
- Densità armonica (>4 note simultanee)
- Durata sostenuta (>8 battute)
- Profilo melodico (range >2 ottave)

Output: Probabilità Solo Attivo (0-1)

Confidenza Minima: 0.75

Call Pattern Recognition

Rilevamento:

- Frase melodica ripetuta 2+ volte
- Direzione verso musicista specifico
- Pausa successiva per risposta
- Intervallo armonico caratteristico

Machine Learning: Random Forest

Training Set: 10,000+ pattern etichettati

Accuratezza Target: >90%

Accessibilità Universale

Supporto Disabilità Uditive

- Enfasi massima su feedback tattile
- Visualizzazioni grafiche dettagliate
- Pattern aptici estesi e complessi
- Integrazione con hearing aids

Supporto Disabilità Visive

- Audio spazializzato ultra-dettagliato
- Descrizioni vocali stato sessione
- Navigazione completamente audio
- Compatibilità screen reader

Adattamenti Motori

- Alternative al wearable (cuscino aptico, sedia vibrante)
- Controlli semplificati
- Automazione intelligente
- Comando vocale per funzioni base

Scenario d'uso dettagliato

Jazz Quartet - Sessione di improvvisazione

Setup Iniziale (2 minuti)

1. Connessione automatica via QR code condiviso
2. Riconoscimento strumenti tramite analisi timbrica
3. Calibrazione ambiente acustico individuale
4. Test pattern aptici e soglie personalizzate

Warm-up Collaborativo (5 minuti)

1. Giro armonico standard (ii-V-I)
2. Sincronizzazione automatica tempo e tonalità
3. Bilanciamento dinamico automatico
4. Attivazione graduale funzioni comunicative

Improvvisazione Principale (20 minuti)

1. **Piano inizio solo:** Attivazione automatica pattern "solo attivo"
2. **Passaggio a chitarra:** Call tattile + conferma audio
3. **Walking bass enter:** Segnale armonico per supporto
4. **Drum solo preparation:** Countdown tattile coordinato
5. **Trading fours:** Alternanza automatica ogni 4 battute
6. **Final ensemble:** Convergenza tutti i pattern

Closure Coordinato (1 minuto)

1. Segnale "ultima volta" distribuito
2. Rallentando sincronizzato
3. Accordo finale con feedback confermativo
4. Statistiche sessione e registrazione

Stack Tecnologico

Frontend Mobile

- Flutter/React Native (cross-platform)

- Real-time audio processing (FMOD/JUCE)
- 3D visualization engine (Three.js/Unity)
- Bluetooth LE library

Backend Server

- Node.js con WebSocket real-time
- Redis per session management
- PostgreSQL per user data
- InfluxDB per metrics musicali

Machine Learning Pipeline

- TensorFlow Lite per edge computing
- Cloud ML per training modelli
- Feature extraction librosa/essentia
- Real-time inference <10ms

Hardware Wearable

- ESP32-S3 (WiFi + Bluetooth)
- DRV2605L haptic driver
- LRA actuators custom design
- Firmware C++ real-time

Latenza Totale Target

- Rilevamento pattern: <5ms
- Trasmissione server: <15ms
- Rendering aptico: <2ms
- Totale end-to-end: <22ms

Scalabilità Sistema

- Concurrent sessions: 10,000+
- Max musicisti per session: 8
- Geographic distribution: global
- Availability target: 99.9%

Questa interfaccia mira ad essere estremamente funzionale per quanto riguarda una jam remota, però anche inclusiva, dando la possibilità a chi ha delle disabilità uditive e/o visive di essere comunque in grado di portare avanti il loro lavoro da musicista, sia esso amatoriale o professionale. Pensiamo a come un dispositivo tattile avrebbe potuto aiutare ulteriormente un musicista come Ludwig van Beethoven, che ha iniziato a perdere l'udito dai 28 anni fino a progressivamente diventare completamente non-udente.

Ovviamente come già scritto sopra il link al progetto di GitHub è solo per avere un'idea visiva e non per implementare le tecnologie proposte per la costruzione del dispositivo.

Il motivo che mi ha spinto a pensare a questa idea qua è che credo fortemente nell'inclusione a livello artistico, e creare qualcosa che possa aiutare dei musicisti a lavorare anche se a distanza, ed anche se possono avere delle difficoltà visive e/o uditive, è un qualcosa che è giusto portare avanti.