Audio fingerprinting in WebAssembly per l'esecuzione in browser web

Candidato: Davide Pisanò *Relatore*: Antonio Servetti

Collegio di Ingegneria Informatica, del Cinema e Meccatronica
Politecnico di Torino

Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica, Luglio 2023

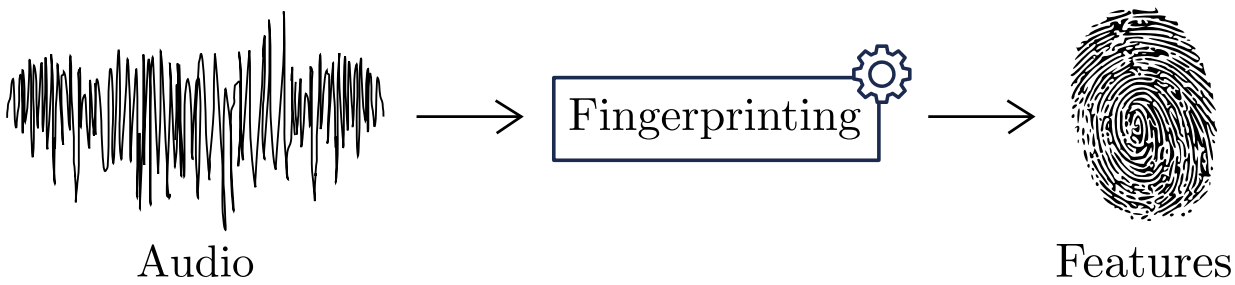
Obiettivo: fingerprinting di segnali audio all'interno del browser

Il Fingerprinting Audio

- Il **fingerprint audio** è l'impronta digitale di un audio
  - Ogni fingerprint identifica univocamente un audio
- Il **fingerprinting audio** crea il fingerprint dell'audio
  - L'algoritmo estrae delle features significative dell'audio
  - Un brano può essere ricercato note *alcune* sue features

Il Fingerprinting Audio

- Il **fingerprint audio** è l'impronta digitale di un audio
  - Ogni fingerprint identifica univocamente un audio
- Il **fingerprinting audio** crea il fingerprint dell'audio
  - L'algoritmo estrae delle features significative dell'audio
  - Un brano può essere ricercato note *alcune* sue features



Applicazioni del Fingerprinting

- **Riconoscimento audio**
  - Audio simili convideranno molto features
  - Es: *Shazam*, *ACRCloud*
- **Sincronizzazione** di fonti multimediali
  - È possibile sincronizzare due stream audio distinti
  - Es: second screen application
- **Pubblicità** personalizzata
  - Inserimento di un segmento audio personalizzato

Applicazioni del Fingerprinting

- **Riconoscimento audio**
  - Audio simili convideranno molto features
  - Es: *Shazam*, *ACRCloud*
- **Sincronizzazione** di fonti multimediali
  - È possibile sincronizzare due stream audio distinti
  - Es: second screen application
- **Pubblicità** personalizzata
  - Inserimento di un segmento audio personalizzato

Applicazioni del Fingerprinting

- **Riconoscimento audio**
  - Audio simili convideranno molto features
  - Es: *Shazam*, *ACRCloud*
- **Sincronizzazione** di fonti multimediali
  - È possibile sincronizzare due stream audio distinti
  - Es: second screen application
- **Pubblicità** personalizzata
  - Inserimento di un segmento audio personalizzato

Fingerprinting Audio nel Browser

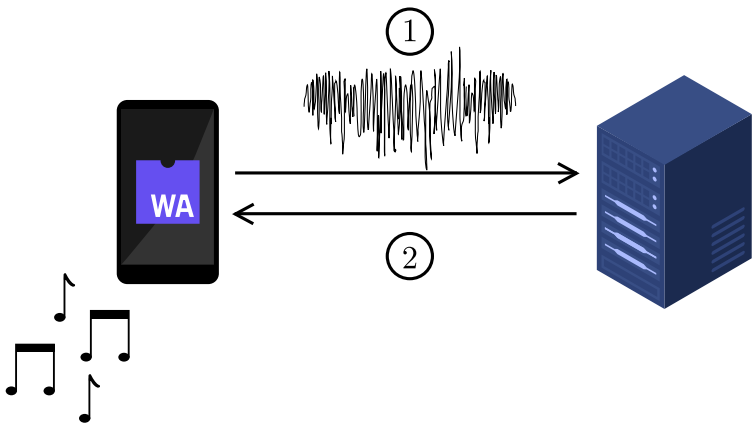
- Per molti anni capacità dei browser limitate
  - Scarse performance con Javascript
  - Niente operazioni in real time
  - Computazioni a carico del server
- Ora browser più avanzati
  - Computazioni parzialmente sul client
  - Server più scarichi

Fingerprinting Audio nel Browser

- Per molti anni capacità dei browser limitate
  - Scarse performance con Javascript
  - Niente operazioni in real time
  - Computazioni a carico del server
- Ora browser più avanzati
  - Computazioni parzialmente sul client
  - Server più scarichi

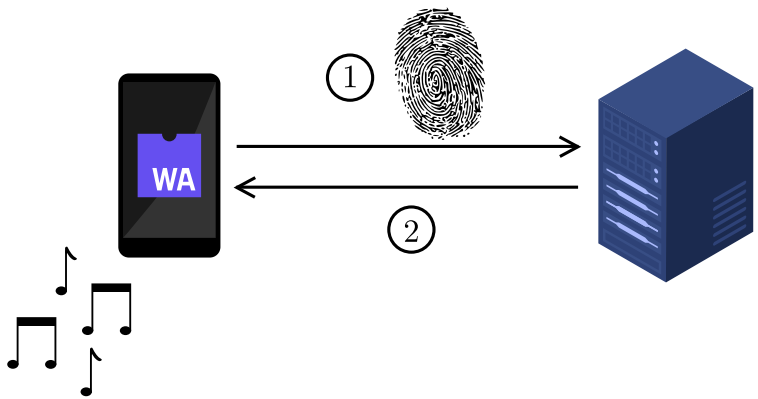
Rivedere il modello C/S

C/S classico



1. Client invia audio
2. Server risponde

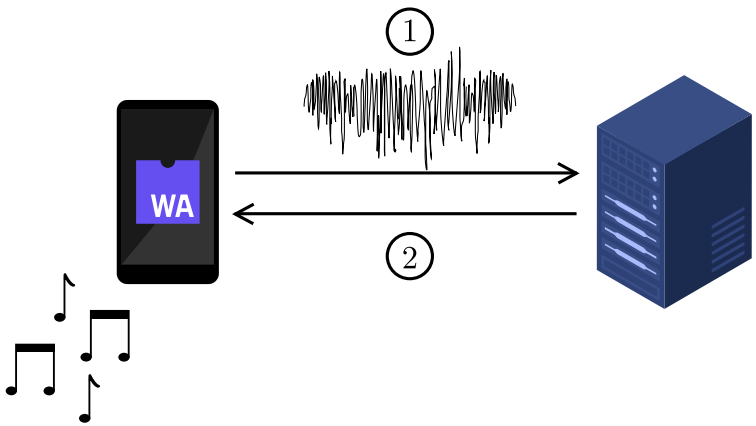
C/S rivisto



0. Client calcola fingerprint
1. Client invia fingerprint
2. Server risponde

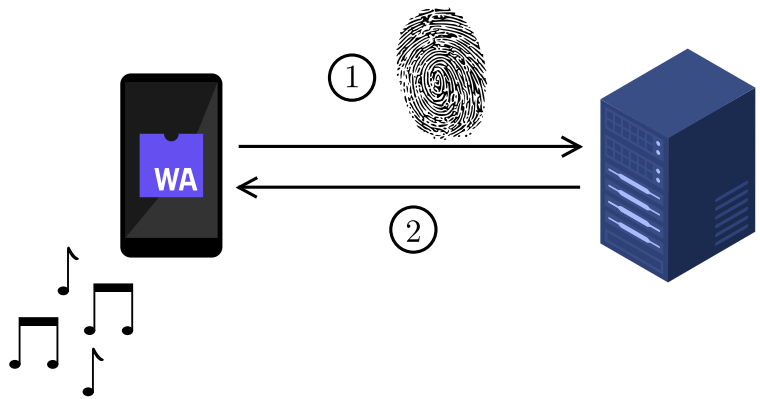
Rivedere il modello C/S

C/S classico



1. Client invia audio
2. Server risponde

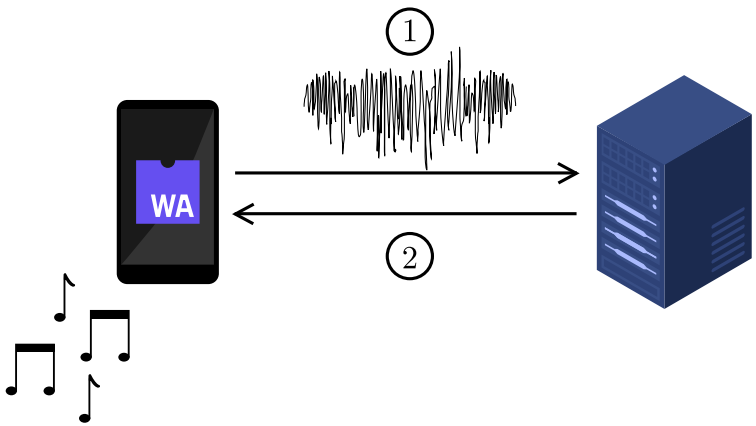
C/S rivisto



0. Client calcola fingerprint
1. Client invia fingerprint
2. Server risponde

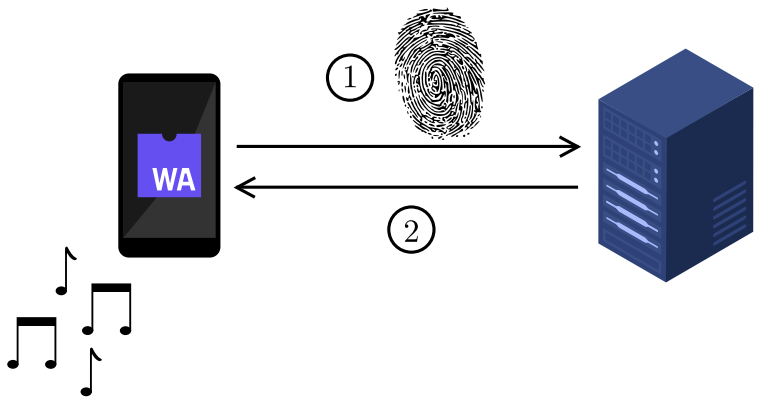
Rivedere il modello C/S

C/S classico



1. Client invia audio
2. Server risponde

C/S rivisto



0. Client calcola fingerprint
1. Client invia fingerprint
2. Server risponde

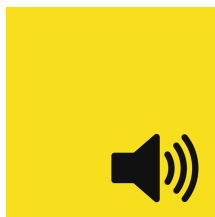
Wasm e WebAudio

È possibile eseguire l'algoritmo nel browser grazie a:

Wasm

- Formato per codice binario
- Eseguibile nel browser
- Target per linguaggi di alto livello

WebAudio



- API Javascript
- Manipolazione audio

Wasm e WebAudio

È possibile eseguire l'algoritmo nel browser grazie a:

Wasm

- Formato per codice binario
- Eseguibile nel browser
- Target per linguaggi di alto livello

WebAudio

- API Javascript
- Manipolazione audio

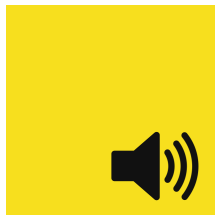
Wasm e WebAudio

È possibile eseguire l'algoritmo nel browser grazie a:

Wasm

- Formato per codice binario
- Eseguibile nel browser
- Target per linguaggi di alto livello

WebAudio

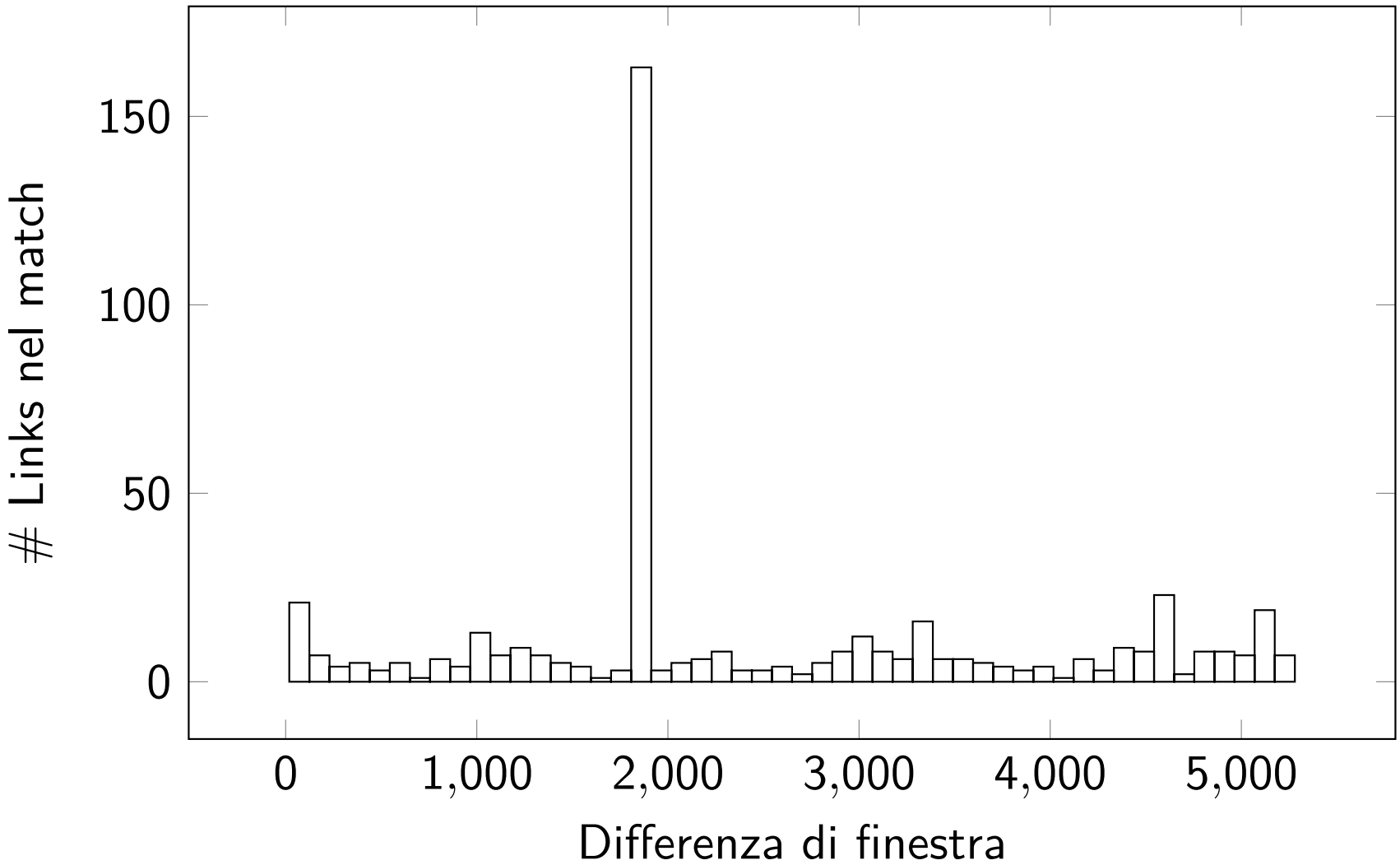


- API Javascript
- Manipolazione audio

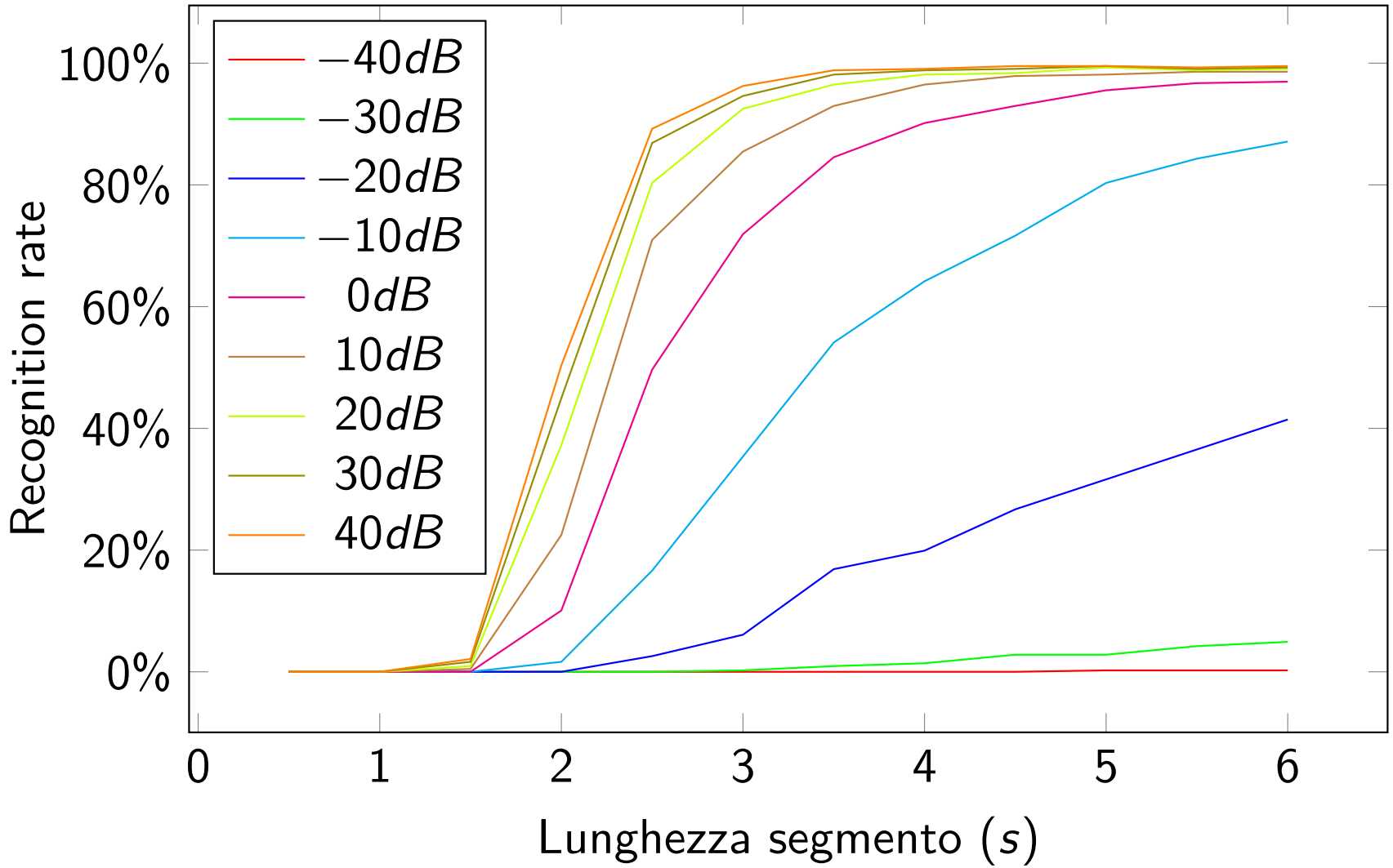
Matching

- Basato su tre idee:
  1. $\Delta T \geq 0$ tra features brano originale e registrazione
  2. ΔT costante tra features brano originale e registrazione
  3. Gli hash delle features devono coincidere
- Quindi bisognerà:
  1. Raggruppare per ΔT e per id brano originale
  2. Ogni gruppo da n features
  3. Ordinare per n crescente
  4. **Miglior match**: gruppo con n maggiore

Riconoscimento: Visualizzazione



Recognition rate



Second screen application