

Università degli Studi di Salerno
Dipartimento di Informatica




Tesi Magistrale in
Informatica

IoT and Ambient Intelligence for realtime background music: experiments with gym athletes

Relatori
Prof.ssa Delfina Malandrino
Dott. Rocco Zaccagnino

Candidato
Claudio Cavallaro

A man and a woman are walking on a city street, viewed from the side. The woman is in the foreground, wearing a white long-sleeved shirt and a grey vest. The man is slightly behind her, wearing a blue shirt. They are walking on a brick-paved sidewalk. In the background, there are city buildings, traffic lights, and street signs. Overlaid on the image are vibrant, flowing digital light trails in shades of blue, cyan, and magenta, suggesting a high-tech or futuristic theme.

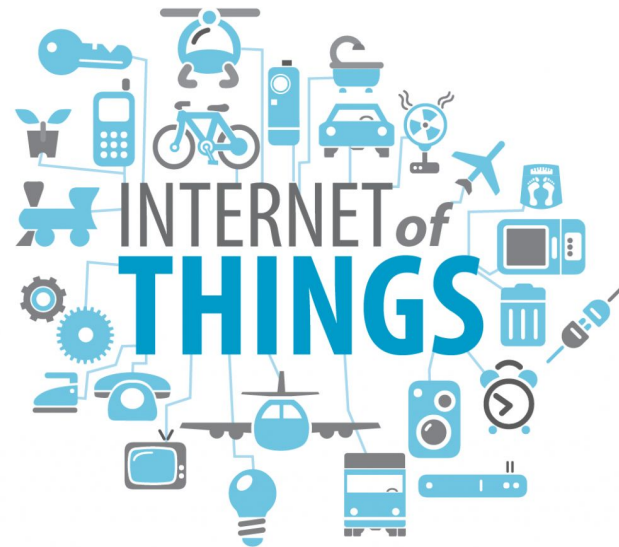
**L'Ambient Intelligence (Aml) è un settore
interdisciplinare della Computer Science che crea,
con l'Intelligenza Artificiale(AI) e l'Internet of
Things(IoT) un ecosistema intelligente.**

Aml

1. Circonda gli utenti in modo non invadente;
2. Riconosce gli utenti e le loro circostanze (ad es. attività, stato d'animo, ecc.) e opera di conseguenza;
3. Ha un comportamento predittivo basato sulla conoscenza dedotta dall'ambiente e delle attività specifiche degli individui;




Descrive la naturale estensione di Internet alla cose ovvero device intelligenti che collaborano tra loro ed interagiscono con l'utente.





**Integriamo un sistema di Ambient
Intelligence in una palestra**



L'idea è quella di generare musica di background adatta al tipo di esercizio fisico che i clienti della palestra stanno effettuando



Motivations

- I benefici della musica nello sport sono studiati da anni



Motivations

- I benefici della musica nello sport sono studiati da anni

Music can be used as a type of legal drug that enhances work output



Karageorghis, C., & Priest, D. L. (2008). Music in sport and exercise: An update on research and application. *The Sport Journal*, 11(3).

Karageorghis, C. I., & Terry, P. C. (1997). The psychophysical effects of music in sport and exercise: A review. *Journal of Sport Behavior*, 20(1), 54.

Allenamento

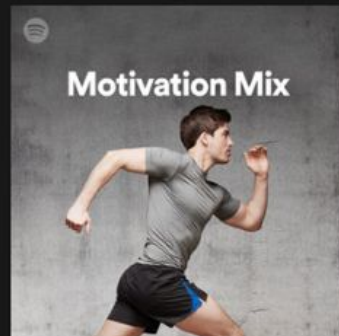


Le playlist più ascoltate

VISUALIZZA ALTRO



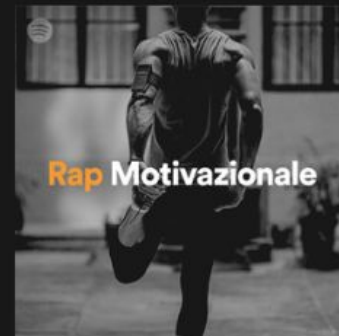
Ad Alta Intensità!
Le migliori hit in una Playlist perfetta per il tuo allenamento...
136.337 FOLLOWER



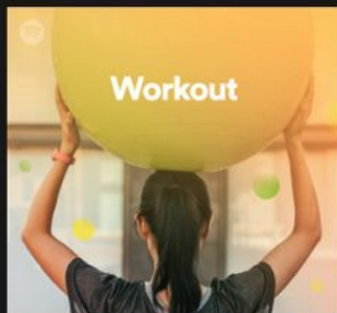
Motivation Mix
Uplifting and energetic music that helps you stay motivated.
4.397.114 FOLLOWER



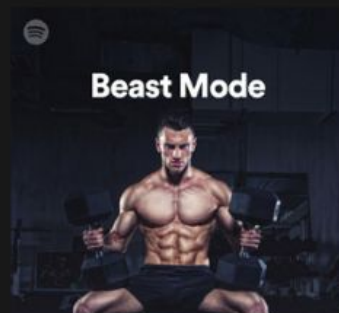
Allenamento Hip Hop
Allenati con le migliori basi Rap! E ricorda... 'No Pain No Gain!'
106.272 FOLLOWER



Rap Motivazionale
Allenati a ritmo rap italiano.
26.507 FOLLOWER



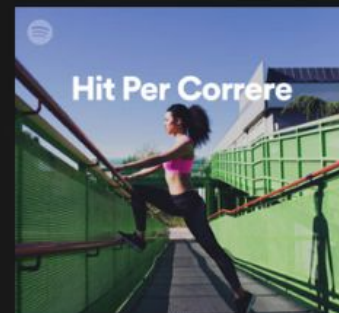
Workout



Beast Mode



Latin Cardio



Hit Per Corriere



Obiettivo



- Studiare un sistema basato sul **machine learning** in grado di **reagire** al cambio di intensità di lavoro di un utente
- Fornendo la **musica di background** adatta al tipo di sforzo effettuato



In che modo Spotify classifica le canzoni ?



Classificazione Spotify



- **Danceability (D)**: describe quanto una canzone è adatta ad essere ballata $[0.0 \div 1.0]$
- **Energy (E)**: rappresenta la misura dell'entità e dell'attività musicale $[0.0 \div 1.0]$
- **Loudness (L)**: il valore di volume in dB $[-60 \div 0]$

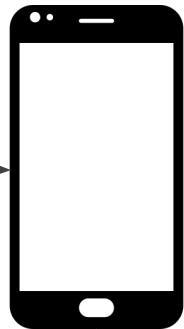
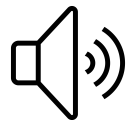


Classificazione Spotify



- **Speechiness (S)**: misura la presenza di parole pronunciate in una traccia $[0.0 \div 1.0]$
- **Valence (V)**: descrive la 'positività' della canzone $[0.0 \div 1.0]$
- **Tempo (T)**: il numero di bpm in una canzone

INPUT

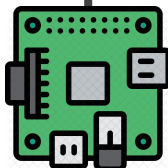


(idTrack, Preference)

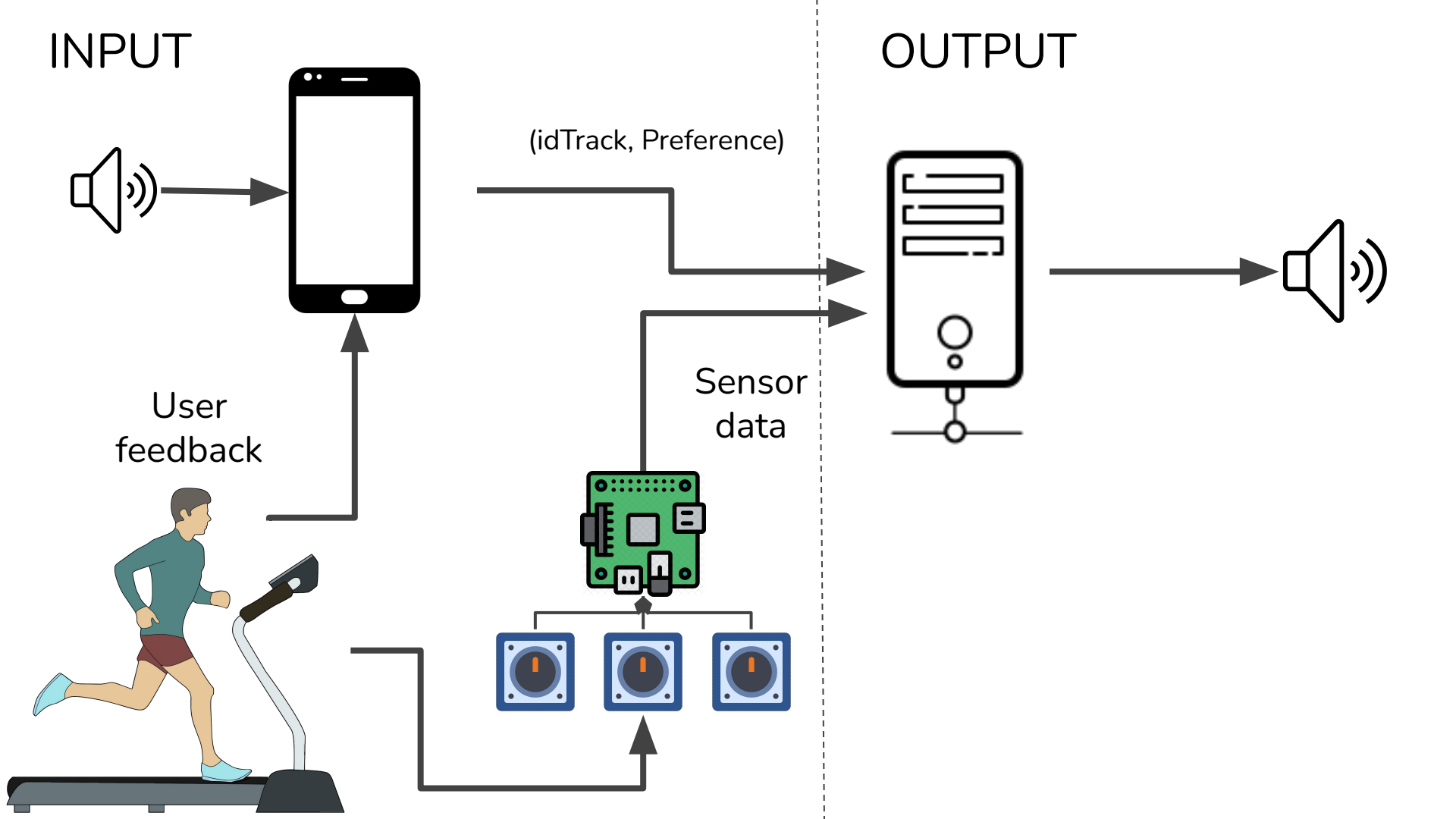
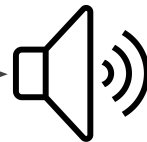
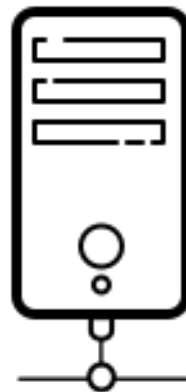
User
feedback



Sensor
data



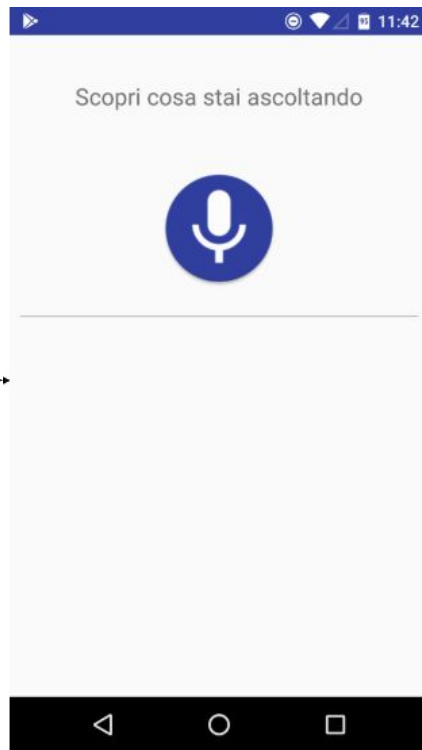
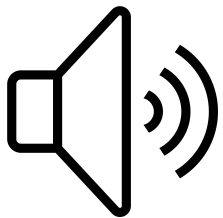
OUTPUT





User feedback

1. Riconoscimento
brano via
ACRCloud



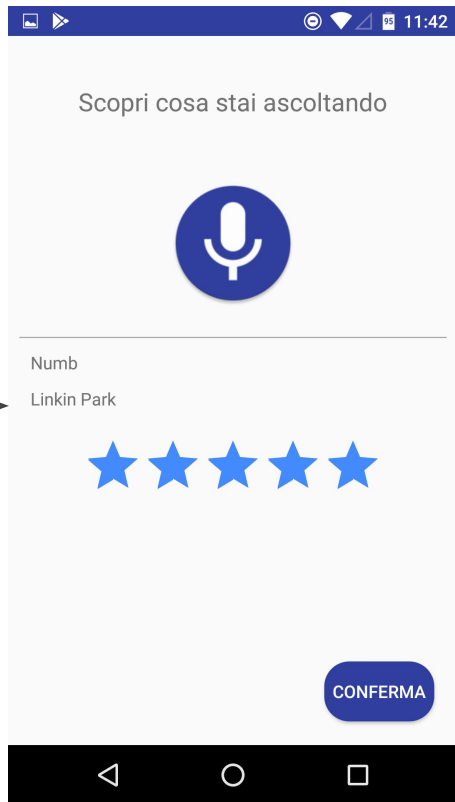


User feedback



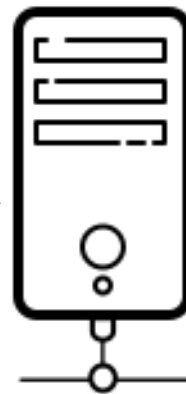
User

2. Fornisce
feedback



3. Invio
(id Track Spotify, Preference)

Utilizzando
Retrofit e OKHttp



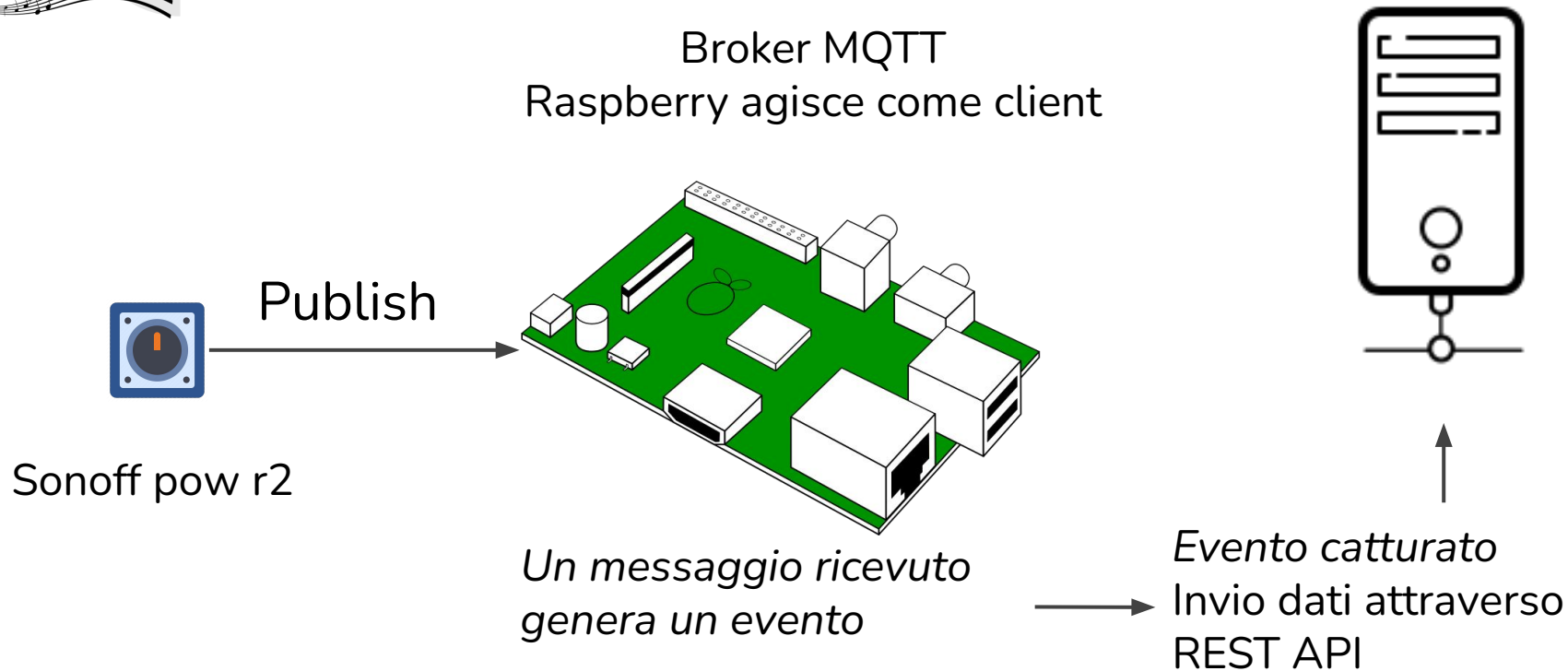


Esperimento preliminare

- L'app è stata utilizzata per un **esperimento** in palestra, in ambiente “non-intelligence”
- I clienti della palestra sono stati invitati a fornire **feedback** sui **brani** ascoltati in palestra attraverso l'app
- L'esperimento ha coinvolto **30 clienti** che hanno rilasciato **155 feedback** su **59 brani musicali**
- Il livello di **gradimento** della musica si attesta intorno al **62%**



Sensing data



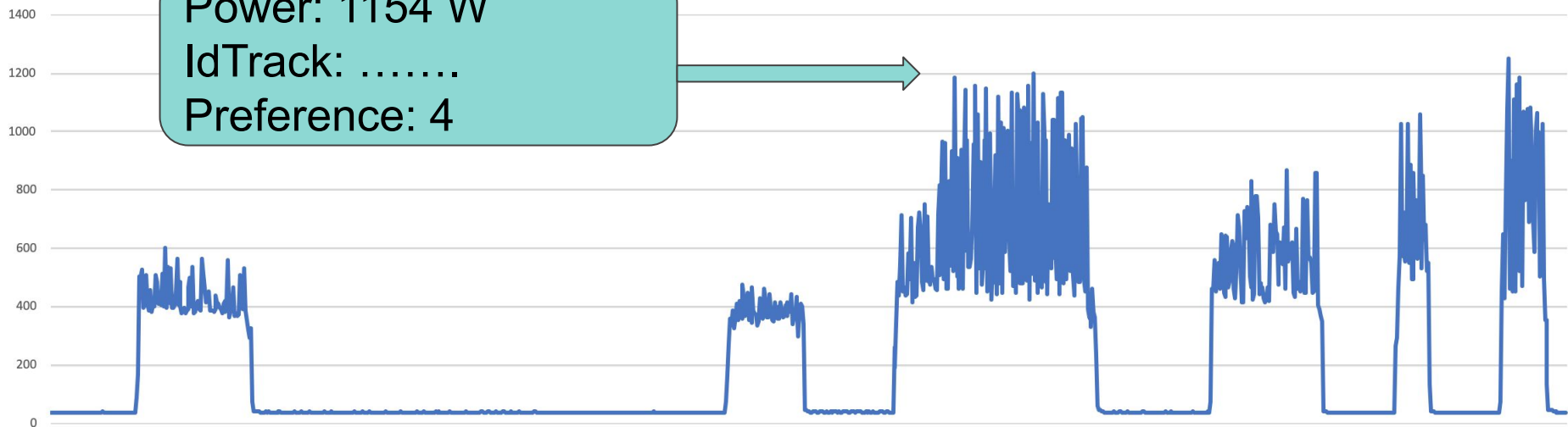


User feedback rispetto Sensing data

Power: 1154 W

IdTrack:

Preference: 4





Dataset



- Per ogni feedback inviato, si estraggono le caratteristiche delle canzoni tramite le API di Spotify
- I feedback vengono usati per addestrare il regressore sulle canzoni più apprezzate (3+ stars)






Dataset

Sensing data

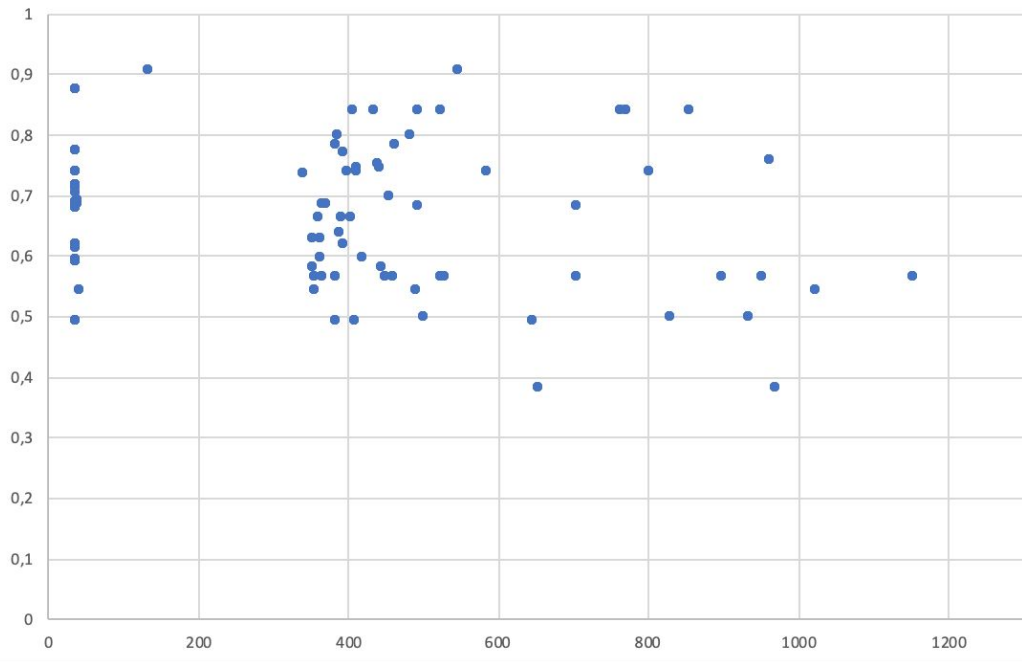
Song info

D	E	L	S	V	T
					



Analisi preliminare

Dati di questo genere hanno suggerito l'uso di Random Forest (Breimann, 2001)



Cootes, T. F., Ionita, M. C., Lindner, C., & Sauer, P. (2012, October). Robust and accurate shape model fitting using random forest regression voting. In *European Conference on Computer Vision* (pp. 278-291). Springer, Berlin, Heidelberg.

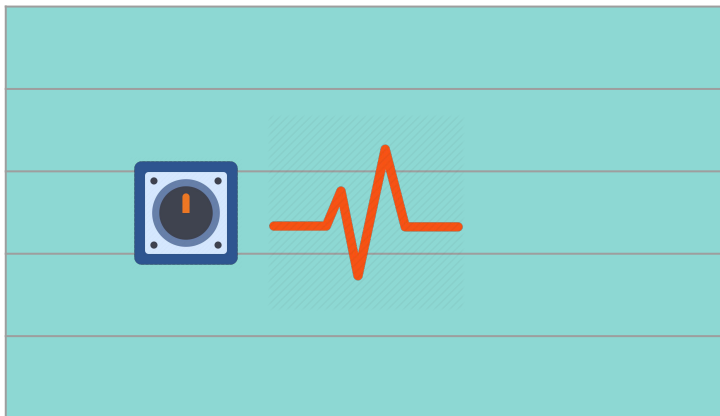
Wang, L. A., Zhou, X., Zhu, X., Dong, Z., & Guo, W. (2016). Estimation of biomass in wheat using random forest regression algorithm and remote sensing data. *The Crop Journal*, 4(3), 212-219.



Validation test



Sensing data



Song info

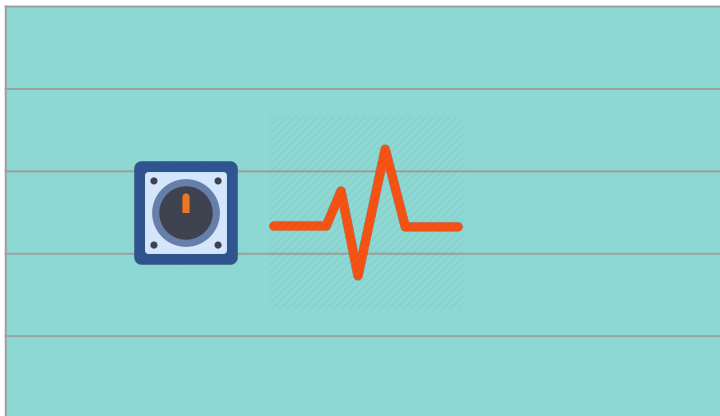
D	E	L	S	V	T



Validation test



Sensing data



Song info

D	E	L	S	V	T

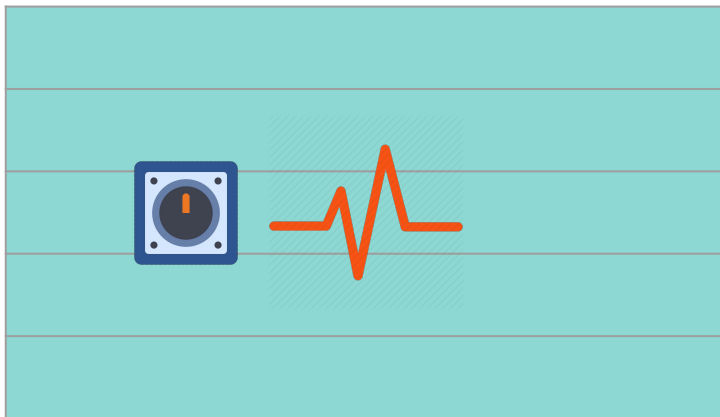


Validation test



Weka
Machine learning software

Sensing data



Song info

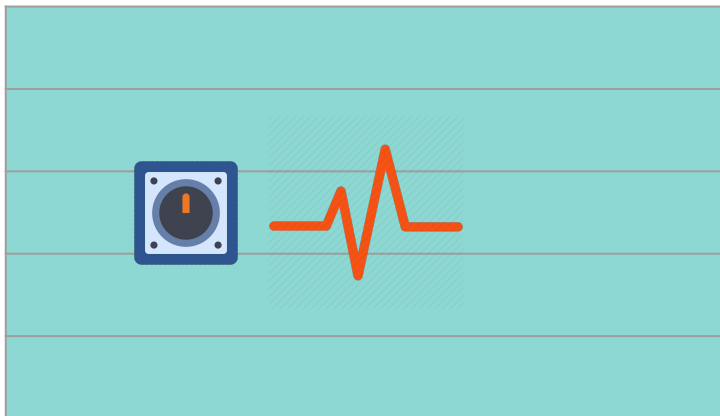
D	E	L	S	V	T



Validation test



Sensing data



Song info

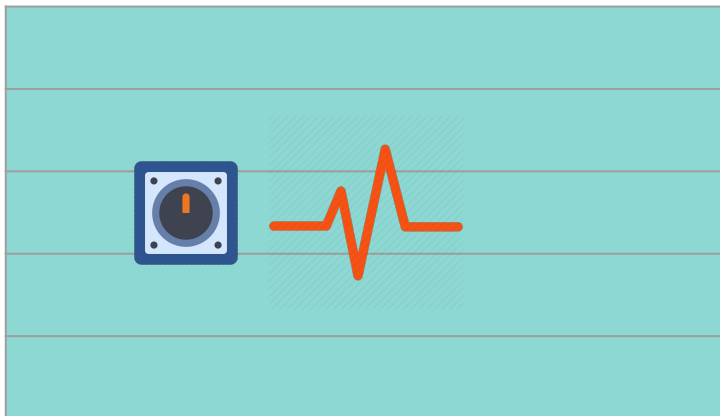
D	E	L	S	V	T



Validation test



Sensing data



Song info

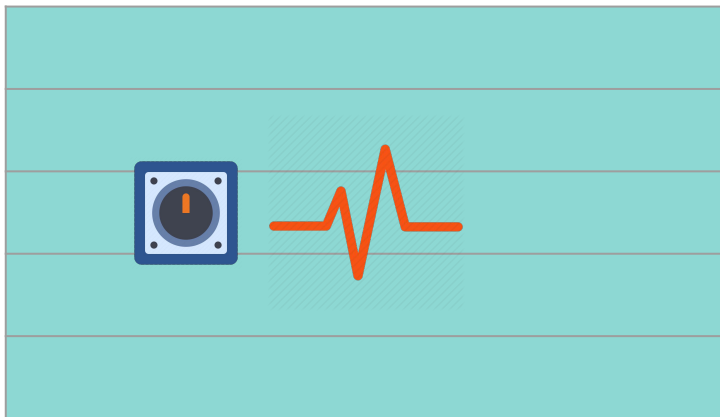
D	E	L	S	V	T



Validation test



Sensing data



Song info

D	E	L	S	V	T



Validation test



- Test sul dataset per ogni caratteristica hanno mostrato che quelle a maggior coefficiente di correlazione sono:
 - **Danceability**
 - **Energy**



Validation test



Music characteristic	MAE	RMSE	CC
Danceability	0.0266	0.0553	0.8779
Energy	0.0279	0.0563	0.8507

MAE = Mean Absolute Error

RMSE = Root Mean Squared Error

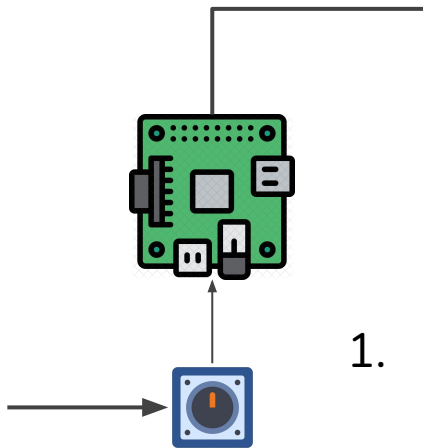
CC = Correlation Coefficient



Soluzione proposta



2. Raspberry
invia dati al
server



1. Ogni 5 s il sensore
pubblica i dati
raccolti



3. Il server predice
le caratteristiche del
brano sulla base dei
nuovi dati (sensed)

4. Il Server trova il
brano più affine con
il brano target
predetto



Soluzione proposta

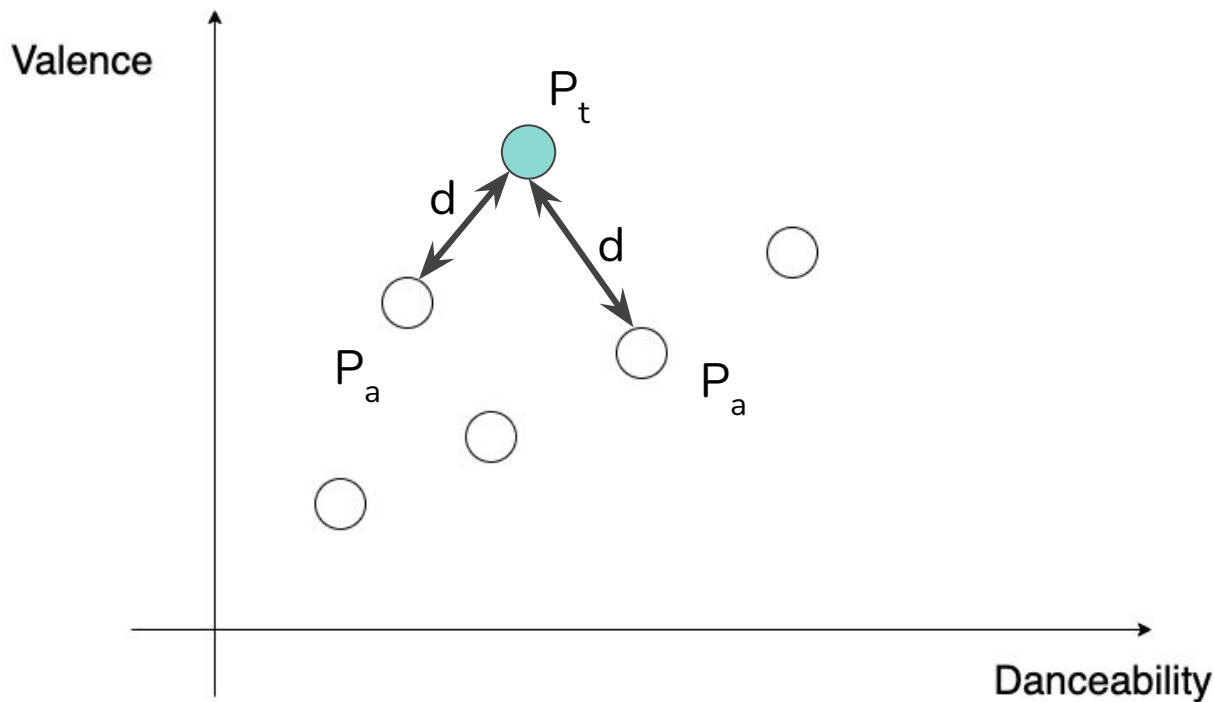
- Una volta predette le caratteristiche della canzone ideale (target)
- Ne usiamo **due** (Danceability, Valence)
- Si cerca la canzone **più “vicina”**
 - Tramite la **distanza geometrica** tra due punti

Mulmuley, K. (1994). Computational geometry. *An Introduction Through Randomized Algorithms*. Prentice-Hall.



Soluzione proposta

$$d = \sqrt{(x_t^2 - x_a^2)^2 + (y_t^2 - y_a^2)^2}$$



Target song

$P_t (x_t, y_t)$

Available song

$P_a (x_a, y_a)$



Risultati

- Una volta implementata la soluzione di Aml proposta, abbiamo condotto un **nuovo esperimento** per misurare le preferenze dei clienti della palestra.
- Siamo passati da una percentuale di gradimento delle canzoni del **62%** (ambiente **non-intelligence**)
- Ad un gradimento dell'**80%** con Aml



Sviluppi futuri

- Utilizzare più sensori (eterogenei) per il sensing dell'ambiente
- **Continuous feedback** in ottica di **incremental learning**
- **Algoritmo genetico multiobiettivo** per la scelta del brano target ottimale

[illegible]