Конечно, давайте подробнее разберем технические детали работы Shazam:

### 1. Создание Акустического Отпечатка (Acoustic Fingerprinting):

- \*\*Спектрограмма (Spectrogram)\*\*: Приложение записывает короткий аудиофрагмент и конвертирует его в спектрограмму. Спектрограмма - это визуализация временной последовательности частот звукового сигнала. Она показывает, какие частоты присутствуют в звуке в разные моменты времени.

- \*\*Оконное Преобразование Фурье (Windowed Fourier Transform)\*\*: Спектрограмма создается путем применения оконной функции к аудиофрагменту и затем применения преобразования Фурье к каждому окну. Это позволяет разбить аудиофрагмент на маленькие кусочки и анализировать их частотное содержимое.

- \*\*Log-Mel Energy\*\*: Часто используемый подход в обработке речи и аудио - Log-Mel энергия. Он моделирует человеческое восприятие звука, преобразуя частоты в логарифмическую шкалу и вычисляя энергию в каждом частотном диапазоне.

- \*\*Hashing\*\*: После получения спектрограммы, Shazam использует хеширование для создания компактного представления акустического отпечатка. Хеши - это короткие числовые последовательности, которые представляют уникальные характеристики спектрограммы.

### 2. Хранение и Сравнение Акустических Отпечатков:

- \*\*База Данных (Fingerprint Database)\*\*: Shazam содержит огромную базу данных акустических отпечатков песен. Каждая песня в базе данных имеет свой уникальный акустический отпечаток в виде хеш-кода.

- \*\*Locality-Sensitive Hashing (LSH)\*\*: Этот метод используется для быстрого поиска близких акустических отпечатков в базе данных. LSH позволяет эффективно находить близкие хеш-коды (которые представляют схожие акустические отпечатки) без необходимости сравнивать с каждым хеш-кодом в базе данных.

- \*\*Shingling\*\*: Для учета возможных сдвигов во времени в записи песни, Shazam использует технику, называемую "shingling". Она позволяет сравнивать не только полные акустические отпечатки, но и их части, что делает алгоритм более устойчивым к небольшим изменениям в аудиофайлах.

### 3. Идентификация Песни:

- \*\*Совпадение (Match)\*\*: После получения акустического отпечатка и хеша от записанного звука, Shazam сравнивает его с акустическими отпечатками в базе данных. Он ищет наиболее близкие хеш-коды, которые указывают на совпадение между записанным звуком и песнями в базе данных.

- \*\*Пороговая Фильтрация (Thresholding)\*\*: Так как база данных может содержать миллионы акустических отпечатков, Shazam использует пороговую фильтрацию, чтобы ограничить количество сравнений. Только акустические отпечатки, которые проходят пороговое значение похожести, дальше проходят этап сравнения.

- \*\*Точное Сопоставление (Exact Matching)\*\*: После применения пороговой фильтрации, Shazam производит точное сравнение акустических отпечатков, чтобы определить наилучшее совпадение. Это может быть реализовано с использованием хеш-таблиц для эффективного поиска.

### Дополнительные Техники:

- \*\*Микрофоны с Высокой Чувствительностью\*\*: Чтобы уловить даже тихие фрагменты звука.

- \*\*Оптимизация для Шума и Эха\*\*: Алгоритмы обработки сигналов могут быть настроены для лучшей работы в шумных или эховых средах.

- \*\*Адаптация к Мобильным Устройствам\*\*: Shazam оптимизирован для использования на мобильных устройствах с ограниченными ресурсами, что требует оптимизации алгоритмов и базы данных.

Shazam использует комбинацию этих техник, чтобы обеспечить высокую точность и скорость идентификации песен даже на мобильных устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами.