

Generación de música mediante cadenas de Markov

Benjamín Vera, Sebastián Toloza

21 de diciembre de 2022

Resumen

La creación de música es una disciplina que a lo largo de su historia ha tenido varias interacciones con el azar, siendo este útil no solo para reemplazar el rol del compositor, sino también para darle herramientas más allá de la partitura convencional. Este proyecto busca explorar las opciones y limitaciones a la hora de generar música con modelos basados en cadenas de Markov. En particular, se explora la generación de melodías mediante modelos de Markov ocultos (HMM).

1. Modelos ocultos de Markov

Una cadena oculta de Markov homogénea con N estados ocultos y M estados observables consiste en una cadena de Markov $(X_t)_{t \in \mathbb{N}}$ en que los estados x_t se interpretan como *ocultos* y que se manifiestan a través de observables $(V_t)_{t \in \mathbb{N}}$, en que para cada uno de los estados ocultos existe una distribución de probabilidad asociada a los observables. Más formalmente, un Modelo de Markov Oculto (HMM) consiste en una tripleta (A, B, λ) en donde $\lambda \in \mathbb{R}^N$ denota la distribución inicial de los estados ocultos, $A \in \mathcal{M}_{N \times N}$ denota a la matriz de transición de la cadena de Markov oculta, y $B \in \mathcal{M}_{N \times M}$ denota a la matriz de *emisión* de estados observables. Es decir $b_{i,j}$ representa la probabilidad de que el estado i -ésimo de la cadena oculta emita la observación j . Está implicado en esta definición que las probabilidades de observación son homogéneas en el tiempo.

2. Formulación

Con el objetivo de generar secuencias de notas, interpretamos estas como los observables de un HMM con cierta cantidad de estados ocultos a definir. Lo que se busca es que el modelo pueda, a partir de ciertos datos de entrenamiento (melodías), generar una secuencia de notas que busque *imitar* su estilo. Esto introduce entonces un problema de *aprendizaje*; es decir, se busca encontrar, dada una secuencia observada, los parámetros del HMM que mejor expliquen este comportamiento para a partir de ellos generar otra secuencia de notas de manera aleatoria. Para esto se implementó el algoritmo de Baum-Welch, propio de esta teoría de modelos ocultos de Markov.

3. Resultados

Se trabajó principalmente con una base de datos de música de los juegos *Pokémon Diamond/Pearl/Platinum*

en formato MIDI, en donde se poseía libertad de elegir los *tracks* que se quisieran usar para modelar, generalmente escogiendo aquellos que sobresalieran o definieran la pista, usándolas así para entrenar el modelo y generar una secuencia de notas. A continuación presentamos un ejemplo. Como dato de entrenamiento se usó la melodía central de *Oreburgh City*, un fragmento del cual se presenta a continuación:



Y a continuación se muestra una secuencia generada por el modelo de tipo HMM con 15 estados ocultos.



Referencias

1. Shapiro, I. & Huber, M., *Markov Chains for Music Generation*, *Journal of Humanistic Mathematics*, Volume 11 Issue 2 (July 2021), pages 167. DOI:10.5642/jhummath.2021.08. Disponible en <http://scholarship.claremont.edu/jhm/vol11/iss2/8>
2. Yanchenko, A. K. (2017). Classical Music Composition Using Hidden Markov Models. *Duke University*.
3. Jurafsky, D. & Martin, J.H (2000). Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition. Prentice Hall PTR, USA.