הצעת פרוייקט – "פרסוף"

אביב בכור (214201600)

מכללת הרב תחומי ב'

הפרוייקט שלי נעשה יחד עם הצבא והמטרה שלו היא להכיר אותי עם העולם של עיבוד אותות דיגיטליים. כדי לעשות זאת הוחלט שהדרך הטובה ביותר היא לבצע מערכת התקלוט אותות מתשדיר רדיו, תעבד אותם ולאחר מכן תסיק עליהם איזו שהיא מסקנה. המערכת שהחלטנו לבצע היא מערכת התקלוט אותות מתחנות רדיו ותידע את המשתמש האם ברדיו משודר שיר או לא (למשל משודרת פרסומת או תוכנית) כדי לאפשר למשתמשים להימנע מהקשבה לפרסומות או תוכניות ולאפשר להם להקשיב רק למוזיקה.

תיאור הבעיה האלגוריתמית:

ישנן שני בעיות אלגוריתמיות עיקריות במערכת. הראשונה, קליטה ועיבוד אותות דיגיטליים (DSP). שרשרת העיבוד הדיגיטלית כוללת קליטה של אות רדיו FM והוצאת המידע המתאים ממנו. הבעיה השניה היא זיהוי וקטלוג האות – האם הוא מוזיקה או לא – הקיטלוג יכול להיות כללי (האם האות הוא מוזיקה או לא) או יותר ספציפי, חלוקה לז'אנרות.

רקע תיאורטי:

כמו שישנן שתי בעיות אלגוריתמיות שונות ישנם שני תחומים עיקריים הדורשים ידע תיאורטי בפרוייקת שלי; עיבוד אותות ולמידת מכונה.

עיבוד אותות:

שלב עיבוד האותות מחולק לשני שלבים, שרשרת הקליטה (rf chain) ושרשרת העיבוד (DSP chain).

שרשרת הקליטה:

תהליך קליטת האותות הוא בעיקר תהליך אלקטרוני המתרגם גלי רדיו לאותות חשמליים במתחים שונים המתורגמים לאפס ואחד ונקראים כביטים. תהליך זה מאפשר לנו לתרגם גלי רדיו לתוכן בינארי שאפשר לעבד במחשב. לצורך הפרוייקט שלי אין לי צורך לעבוד על תהליך התרגום עצמו אלא רק להשתמש במודול המאפר לי לקלוט גלי רדיו ולתרגם אותו ללא צורך לעבוד ברמה הפיזית. הקליטה נעשית כאוסף של דגימות IQ, כלומר אוסף של דגימות המורכבות כאשר I מהווה את החלק הממשי וQ מהווה את החלק המדומה. את הדגימות האלו ניתן לתרגם מאוד בקלות מערך מדומה לערך ממשי שניתן לשדר\לקלוט על ידי מציאת פאזה ואמפליטודה. דגימות IQ הן דרך טובה ופשוט לדגום אות מבלי לאבד הרבה מידע.

לדוגמא: עבור הדגימה a + bj:

וככה האות יכול להיכתב בצורה של x = Acos(x- Φ)

שרשרת עיבוד:

פונקציה חשובה המשומשת בתהליך של עיבוד אותות היא fourier transform המאפשרת להפריד אות הנמצא במימד הזמן לתצוגה במימד התדר, דבר שמאפשר לנו לראות אילו תדירויות הן הדירויות העיקריות באות ובכך למצוא את האותות המרכיבים אותו. FFT (Fast Fourier Transform) או (Discrete Fourier Transform) DFT מאפשרים לנו לאתר תחנות בקלות (איזורים בגרף עם ריכוז גבוהה של תדרים) ומאפשר לנו לראות ולהבין אות בצורה יותר טובה מאשר אם הוא היה במרחב הזמן.

כאשר N הוא כמות הדגימות באות במרחב הזמן.

תהליך עיבוד אותות מחולק לשלושה תהליכים עיקריים, כל אחד בתוכו מחולקת גם הוא לכמה חלקים. התהליכים הם קליטת אות (הוסבר כבר החלק הקודם), פילטור רעש ודמודוליזציה.

פילטור רעש:

תהליך הפלטור עובד על עיקרון של חלונות. חלון הוא אוסף של דגימות אשר יכול, בעזרת פעולה מתמטית הנקראת קונבולוציה, להפריד בין תחנות שונות ובכך למנוע רעש הנוצר משני תחנות אשר נמצאות קרובות מידי. כדי לעשות את זה מבצעים קונבולוציה בין דגימות החלון (החלון צריך להיות בגודל שרוצים לסנן את האות אליו, במקרה של תחנות FM זה khz75) לבין דגימות האות.

כאשר K הוא מספר הדגימות בחלון ו-h הוא החלון.

דמודוליזציה:

בשביל דמודוליזציה ישנם שני שלבים עיקריים; דסימציה והדמודוליזציה עצמה.

תחילה צריך לחלץ את אות המידע מהאות, לשם כך משתמשים בדמודוליזציה. דמודוליזציה זה תהליך בו מכפילים את האות באות ההפוכי שלו בדיליי ובכך ניתן לחלץ את אות המידע על ידי מציאת הפאזה (בכדי להיפתר מהערך הממרוכב של האות).

השלב השני הוא דסימציה. הרעיון של דסימציה הוא להקטין את התדר של האות כדי שיהיה אפשר לשמוע אותו (בדרך כלל 44.1khz). בשביל לעשות את זה, כל דגימה n באות החדש תיהיה שווה לדגימה ה-n\*m באות החדש (כאשר m הוא הגודל שרוצים לבצע דסימציה בו). לאחר מכן יש להעביר פילטר נוסף כדי למנוע רעש היכול להיווצר כתוצאה מהדסימציה

לאחר העברת האות בכל השרשרת מתקבל אות קול (דגימות ממשיות) אשר ניתן להשמיע או לעבד.

למידת מכונה:

בשביל להבדיל בין מוזיקה ללא מוזיקה בחרתי להשתמש במודל LOF (Local Outliar Factor) שנועד לאלגוריתמים של מציאת חריגים (anomaly detection) אך להשתמש בו בתור אלגוריתם המאפשר לי גם למצוא האם נקודה חדשה היא חריגה (novelty detection).

אלגוריתם LOF:

אלגוריתם LOF עובד על פי רעיון של צפיפות. האלגוריתם בודק את הצפיפות של קבוצות של נקודות באוסף נתונים כלשהו ונותן לכל אוסף של קבוצות קרובות ערך. כל נקודה שהיחס בין המרחק שלה למרחק של הקבוצה גדול מאחד נחשב לחריג. הייתרון של אלגוריתם זה על אלגוריתמים אחרים מבוססים צפיפות הוא שאלגוריתם זה מתייחס גם לצפיפות של קבוצות חריגים, כלומר אם ישנה נקודה שקרובה מאוד לנקודה שלא נחשבת חריגה אבל היא עצמה בעלת יחס הגדול מאחד היא לא תחשב לחריגה בעצמה. תוספת זו מעלה את רמת הדיוק של המודל.

וקטורזציה:

אותות קול הם אוסף של מספרים המתארים את עוצמת הגל כפונקציה של זמן. המידע הזה לא חשוב כדי להבדיל בין מוזיקה לאותות אחרים ולשם כך יש לשלוף תכונות של גלי קול ולהפוך אותם לוקטור בעל n מימדים שנוכל להכניס כנקודה למודל שלי.

תכונות של גלי קול:

Spectrogram: ייצוג של עוצמת האות

Spectral Centroid: התדר המרכזי עליו הגל נשען. "מרכז הכבידה" של האות.

Spectral Rolloff: מתאר את הצורה הכללית של הגל, הנקודות בהן תדר גבוה מתחיל להתאפס.

Spectral Bandwidth: הרוחב של האות בחצי מהאמפליטודה.

Zero-Crossing Rate: כמות הפעמים שהאות חוצה את קו האפס. קול משתנה בתדירות נמוכה ולכן יהיו לו פחות חציות של האפס להבדיל ממוזיקה אשר בה זה יכול לקרות בתדירות גבוהה מאוד.

Mel-Frequency Cepstral Coefficients(MFCCs): אוסף של ערכים (בדרכ 20) המתאר את הצורה הכללית של הקול האנושי.

Chroma feature: מייצג את האנרגיה עבור כל אחד מגבהי הצלילים – במילים אחרות, התווים המופיעים בכל אות.

הליכים עיקריים בפתרון הבעיה:

1. איסוף מידע: מציאת מאגר מידע גדול ואמין ממנו אפשר לשלוף דגימות של מוזיקה

2. עיבוד אותות: יצירת מודולים המאפשרים קליטת אות רדיו והוצאת אות קול.

3. לימוד המכונה: שימוש במידע כדי ללמד את המכונה לזהות את התכונות של מוזיקה וכך גם לדעת מה הוא לא מוזיקה.

הליכים עיקריים בלמידת מכונה:

1. וקטורזציה של מידע: שליפת תכונות האודיו עבור כל אחד מהקבצים במאגר המידע ולהפוך אותם לוקטורים.

2. לימוד המודל (novelty detection using clustering): יצירת המודל (או שימוש בספריה) וללמד אותו לזהות מוזיקה בעזרת שיטת clustering. כלומר, יצירת קבוצה המתארת את התכונות של מוזיקה ועבור כל ערך חדש (novelty) לבדוק האם הוא שייך לקבוצה או לא.

תיאור טכנולוגית ההנדסה:

המערכת שלי תחולק לשלוה מודולים עיקריים: מודול ה-DSP, מודל ה-LOF והלולאה המרכזית אשר עוברת על כל ספקטרום ה-FM (88khz-108kz) וקולטת את התחנות.

שלבי המערכת יהיו:

קליטת תחנות --> עיבוד האותות (DSP) --> קטלוג בעזרת המודל (מוזיקה או לא) --> תצוגה למשתמש

פיתוחים עתידיים:

1. הוספת בחירה של תחנה ספציפית ולא כל הספקטרום

2. זיהוי ז'אנרות

לוחות זמנים:

אוגוסט: למידה תיאורתית על עיבוד אותות

ספטמבר: עבודה על שרשרת DSP

אוקטובר: למידה תיאורתית על למידת מכונה וfeature extraction לגלי קול

נובמבר: עבודה על למידת המכונה

דצמבר: מעבר אפקטיבי על כל ספקטרום הFM

סוף דצמבר – ינואר: חיבור כל המודולים יחד למערכת אחת

מנחיי הפרוייקט: טובי סטפ, אלכס יופית



חתימת סטודנט:

חתימת רכז המגמה: