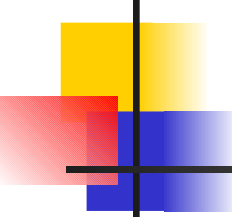


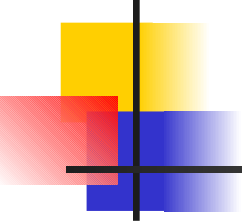
Zenegenerálás, „majdnem” természetes zene

Bernád Kinga és Roth Róbert



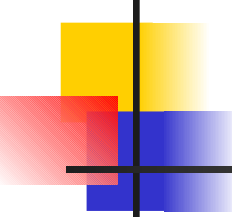
Tartalom

- 1. Bevezető
- 2. Eddigi próbálkozások
- 3. Módszerek
- 4. Algoritmus bemutatása
- 5. Összefoglaló



1. Bevezető

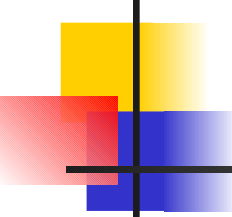
- 1.1. Egy kis zeneelmélet
- 1.2. Beszéd és zene



1.1. Egy kis zeneelmélet

Mi a zene?

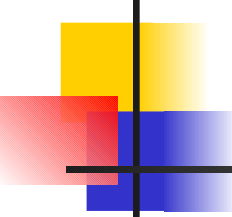
- nincs pontos meghatározás
- fülünkkel érzékeljük, halljuk(auditív)
- időben korlátos
- időben rendezett hangok sorozata



1.1. Egy kis zeneelmélet

Zene egységei:

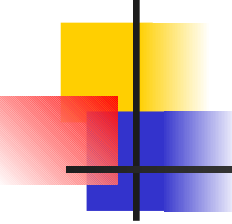
- hang - legkisebb egység
- ütem - adott egységen belüli hangok sorozata
- frázis - ütemekből áll
- dal - frázisok ismétlődése



1.1. Egy kis zeneelmélet

Hang tulajdonságai

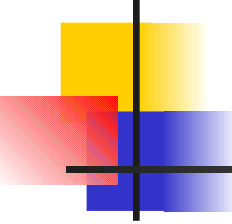
- hangmagasság
- időtartam
- hangszín



1.2. Zene és beszéd

Párhuzamba állíthatóak

- hang - betű
- ütem - szó
- frázis - mondat
- dal - szöveg
- zeneelmélet - nyelvtan
- kb. 88 hallható hang - 26 betű



1.2. Zene és beszéd

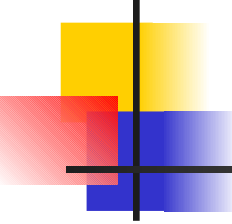
Probléma

- a nyelvtan és az alapegységek ismerete nem elég a helyes mondatok alkotásához

pl: Sáríka, szeret, leves, zöldség,finom

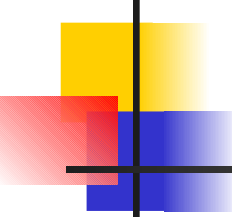
Finom zöldséges Sáríka szereti a levest.

Sáríka szereti a finom zöldséges levest.



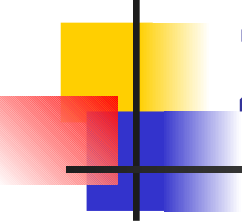
1.2. Zene és beszéd

- az agy kiszűri a teljesen lehetetlen kombinációkat
- zenegenerálás esetén ezt a feladatot(szűrést) egy az emberhez hasonló módon gondolkodó (mesterségesen intelligens) program végzi



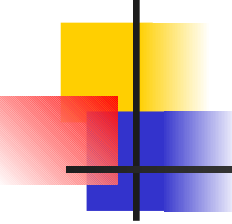
2. Eddigi próbálkozások

- 1792: Mozart Musikalisches Würfelspiel(zenes kockajáték)
- 1950-1951: CSIRAC számítógép zenét generál
- 1962: Iannis Xenakis FORTRAN programmal zenét komponált
- 1966: G. M. Koenig zenegenerátort ír
- 1971: szintetizátort ír, mely lejátssza



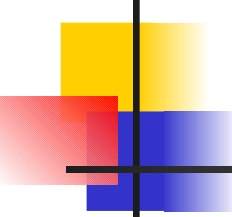
2. Eddigi próbálkozások

- 1983: Robert Rowe megírja a szintetizátor Turbo Pascal verziót
- '90-es évektől napjainkig: David Cope létező zenestílus imitálása



3. Módszerek

- 3.1. Matematikai modellek
- 3.2. Tudás alapú rendszerek
- 3.3. Zenenyelvten
- 3.4. Gépi tanulás
- 3.5. Evolúciós módszerek



3.1. Matematikai modellek

Sztochasztikus modellek

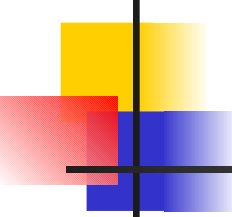
- a zenét nem determinisztikus módszerekkel állítjuk elő, a zeneszerző szerepe a valószínűségek megadása
- pl.: Markov láncok

Elsőrendű mátrix

Note	A	C#	Eb
A	0.1	0.6	0.3
C#	0.25	0.05	0.7
Eb	0.7	0.3	0

Másodrendű mátrix

Note	A	D	G
AA	0.18	0.6	0.22
AD	0.5	0.5	0
AG	0.15	0.75	0.1
DD	0	0	1
DA	0.25	0	0.75
DG	0.9	0.1	0
GG	0.4	0.4	0.2
GA	0.5	0.25	0.25
GD	1	0	0



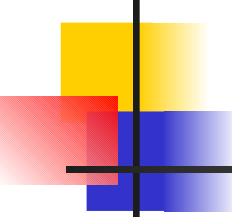
3.1. Matematikai modellek

Fraktálok

- a természet harmonikus illetve inharmonikus eseményeiből is előállítható zene
- pl.: fractMus
(<http://www.geocities.com/siliconvalley/haven/4386/>)

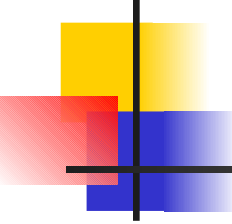
Determinisztikus módszerek

- pl.: On-Line Encyclopedia of Integer Sequences lehetőséget nyújt egy sorozat lejátszására
(<http://www.research.att.com/~njas/sequences/>)



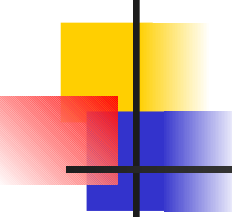
3.2. Tudás alapú rendszerek

- meghatározza egy adott stílus jellemzőit, majd a jellemzők alapján rakja össze a zenét
- ha adott egy szabályrendszer, akkor van kész a mű, ha minden szabálynak megfelel
- pl.: David Cope : 1996. Experiments in Musical Intelligence. Madison, WI: A-R Editions



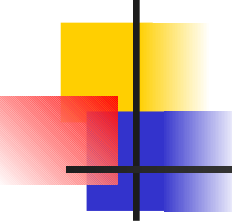
3.3. Zenenyelvtan

- a zenét egy nyelvként kezeli, melynek van egy külön nyelvtana
- előbb felépíti a zenei nyelvtant, majd ez alapján felépíti a zenét
- általában magasabb szintű elemekre van megadva (akkordok, ritmus szabályzás)



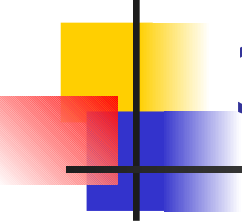
3.4. Gépi tanulás

- kezdetben nem rendelkeznek az adott tudású műfajról, ehelyett a programozó által megadott példák feldolgozásával "tanulják meg" a stílust
- a tanult szabályok alapján felépítenek egy új művet
- szorosan kapcsolódnak ide a Neurális hálók
- pl.: NEUROGEN - zenerészlet értékelése Neurális hálók használatával



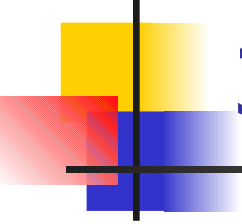
3.5. Evolúciós módszerek

- egy technika, mely leggyakrabban használt algoritmus a **Genetikus algoritmusok**
- Fogalmak
 - Egyed
 - Populáció
 - Operátorok
 - Szelekció
 - Rekombináció
 - Mutáció
 - Fenotípus
 - Genotípus
 - Rátermettségi függvény



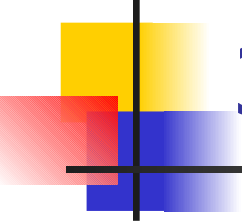
3.5. Evolúciós módszerek

- Genetikus operátorok általában
 - Szelekció – hozzájárul a populáció fejlődéséhez, ez választja ki, hogy melyik egyedek éljenek a következő generációban is, vagyis legyenek szülő
 - Rekombináció – a szülők valamilyen “keresztelésével” egy új egyedet hoz létre
 - Mutáció – véletlenszerű, mégis bizonyos szabályoknak megfelelő módosítást végez egy egyeden, amellyel a populáció változik és fejlődik (ld. evolúció)



3.5. Evolúciós módszerek

- Genetikus algoritmus leírása
 - egy kereső algoritmus
 - egy populációt addig fejleszt operátorokkal, amíg egy elfogadható megoldást talál
 - megoldás feltétele:
 - az egyedek karakterláncok
 - rátermettségi függvény meghatározhatósága



3.5. Evolúciós módszerek

- **Genetikus algoritmus leírása**

Populáció inicializálása

Amíg nem találta meg a legmegfelelőbb megoldást

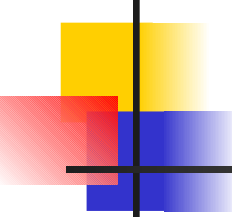
Minden egyednek határozd meg a
rátermettségét

Válaszd ki a rátermettebbeket, hogy szülők
legyenek

Hozd létre az új egyedeket

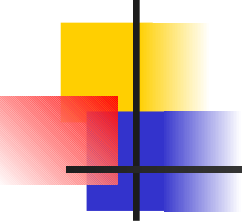
Új generáció létrehozása az új egyedekkel
és szülőkkel

Amíg vége



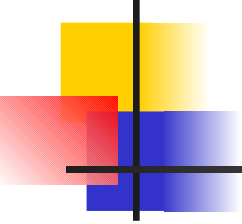
4. musiGen bemutatása

- 4.1. Cél
- 4.2. Felépítés
- 4.3. Ábrázolás
- 4.4. Genetikus operátorok
- 4.5. Rátermettségi függvény
- 4.6. Fejlődés
- 4.7. További lehetőségek



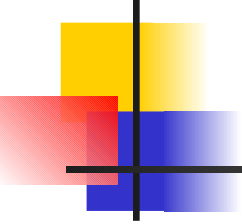
4.1. A “musiGen” célja

- Genetikus algoritmusok ? Zenegenerálás
- Genetikus algoritmusok kevés szabály alapján nagyon nagy számú lehetőségből is megtalálják az “elég jó” megoldásokat
- A musiGen genetikus algoritmusok alkalmazását szemlélteti a zeneszerzésben



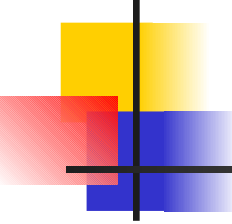
4.2. Felépítés

- Egyedek
- Populációk
- Genetikus operátorok
- Rátermettségi függvény



4.2. Felépítés

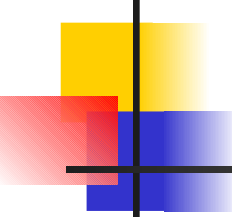
- 2 populáció
 - Ütemek
 - Frázisok
- Populációk mérete
 - 64 ütem
 - 48 frázis
 - Miért? - nagyobb populációra rátermettségi függvény "rendszerigénye" nagy



4.3. Ábrázolás

Egyedek reprezentációja

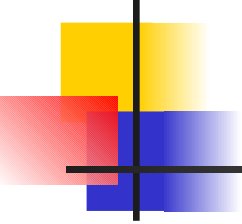
- Első byte mindig az egyed "rátermettsége"
 - -30 és 30 között – 0-val inicializálva
 - Ennek értéke alapján dől el, hogy egy egyed tovább él a következő generációban is, vagy nem
- A többi byte az egyedet írja le
 - Ütem: 8 esemény = további 8 byte
 - Frázis: 4 ütem = további 4 byte



4.3. Ábrázolás

Egyedek reprezentációja ütemek esetén

- Események típusai
 - 14 darab hang-esemény – az adott számú hang megszólaltatása, mely bekövetkezésének valószínűsége $1/24$
 - Szünet esemény – szünet a zenében $5/24$ valószínűséggel
 - Ismétlés esemény – előző hang ismétlése $5/24$ valószínűséggel

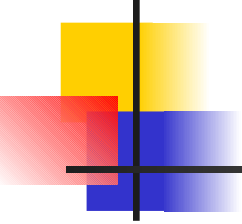


4.3. Ábrázolás

- Pl: 12x 1, 2, 3, 4, 0, 6, 15, 7 

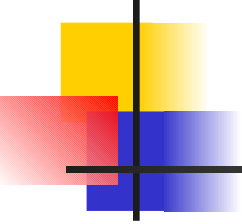
Egyedek reprezentációja frázisok szintjén

- Frázisok
 - A rátermettség után megjelenik a frázis 4 ütemének az ütempopulációbeli sorszáma
 - Pl.: 1x 14, 53, 42, 26



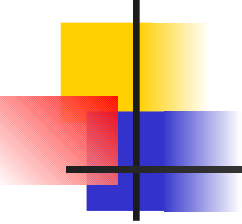
4.4. Genetikus operátorok

- Ütemek szintjén
 - Megfordítás – Tükrözi az ütemet-> megfordítja a hangok sorrendjét az ütemben
pl: 12x 0,1,7,6,2,15,3,7 -> 0x7,3,15,2,6,7,1,0
 - Jobbra forgatás – minden hangot jobbra tol
pl: 12x 0,1,7,6,2,15,3,7 -> 0x7,0,1,7,6,2,15,3
 - Invertálás – $x_i = 15 - x_i$, ahol x_i az i . hang értéke
pl: 12x 0,1,7,6,2,15,3,7 -> 0x15,14,8,9,13,0,12,8



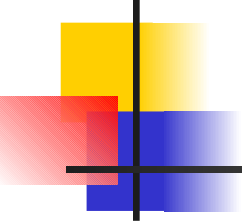
4.4. Genetikus operátorok

- Ütemek szintjén (szünetmegőrző operátorok)
 - Növekvő rendezés – a hang eseményeket növekvő sorrendbe rendezi a többi esemény figyelmen kívül hagyásával
pl: 12x 0,1,7,6,2,15,3,7 -> 0x0,1,2,3,6,15,7,7
 - Csökkenő rendezés – csökkenő sorrendbe rendez
pl: 12x 0,1,7,6,2,15,3,7 -> 0x0,7,7,6,3,15,2,1
 - Transzponálás - megadott értékkel növeli a hangesemények értékeit
pl: 12x 0,1,7,6,2,15,3,7 -> 0x0,2,8,7,3,15,4,8



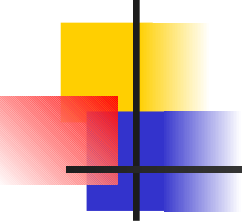
4.4. Genetikus operátorok

- Frázisok szintjén
 - Megfordítás (megegyezik az ütem-operátorral)
 - Jobbra forgatás (megegyezik az ütem-operátorral)
 - Javítás – legrosszabb cserélődik véletlenszámmra
pl: 12:20, 34:24, 2:-5, 23:-25 ütem:érték párok
34x 12, 2, 23, 34 -> 0x 12, 2, 14
 - Legjobb frázis – a feldolgozandó frázist kicseréli
az új frázis ütemei a 4 legjobb osztályzatú ütem



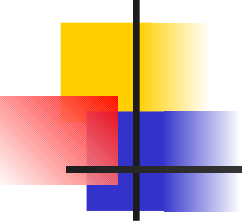
4.4. Genetikus operátorok

- Frázisok szintjén (folytatás)
 - Unalmas ütem – megkeresi az összes frázisban legtöbbször előforduló ütemet, és az összes előfordulását különböző véletlenszámokra cseréli
 - Árva frázis – az ütemek előfordulásait megszámlolja, majd a feldolgozandó frázist kicseréli egy olyan frázisra, melynek ütemei a 4 legritkábban előforduló ütem
 - Ez a két operátor a konvergencia elkerülése érdekében vezetődött be



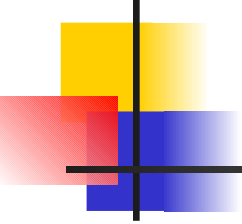
4.5. Rátermettségi függvény

- Neurális hálókkal implementálható rátermettségi függvény
- A program bonyolultsága megnő, fejlesztési idő szintén
- A szabályoknak megfelelés nem feltétlenül esztétikus
- “Én tudom, mi tetszik” elv: emberi értékelő
- A populációk egyedeit ember értékeli
- Egy generáció $64+48=112$ kb 15 perc alatt értékelhető



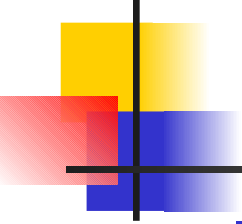
4.6. Fejlődés

- A populációk fejlődnek
 - Előbb az ütempopuláció
 - Majd a frázispopuláció
- Folyamat
 - Populáció családokra oszlik
 - 2 legrátermettebb lesz a 2 szülő
 - Másik 2 kicserélődik
 - Egy "tökéletes" leszármazott
 - Egy "mutáns" leszármazott



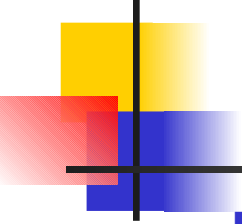
4.7. További lehetőségek

- Hangok hossza változó legyen
- Még 10 generáció kiértékelése
- Adott akkordok alapján hangok
- Neurális hálós rátermettségi függvény



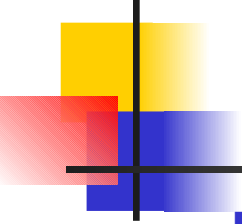
5. Összefoglaló

- Új terület: Evolutionary Computer Music
– Eduardo Reck Miranda, John A. Biles,
2007 ápr.
- A “tökéletes” zenegenerátor
tulajdonságai



Könyvészet

- en.wikipedia.org
 - Computer Aided Composition
 - Markov Chains
 - Algorithmic Composition
 - Generative Music
 - Evolutionary Music
- John A. Biles : GenJam – Original Paper
<http://www.it.rit.edu/~jab/GenJam94/Paper.html>
- Wayne Chase : How music really works(Roedy Black publishing)
- John A. Biles : Evolutionary Music Tutorial
- John A. Biles : A genetic algorithm for generating jazz solos



Könyvészet

- Bruce L. Jacob : Composing with genetic algorithms
- www.google.com