

Op zoek naar 'The seldom seen kid'

Stel je bent weg van 'The seldom seen kid', de nieuwste CD van Elbow. Zulke muziek zou je wel vaker willen horen. Er zijn wel websites die je verwijzen naar 'related artists', maar die zijn uitsluitend gebaseerd op namen. Zou het niet handiger zijn om bij het zoeken de daadwerkelijke muziek te kunnen gebruiken? Op dit moment is dat nog een illusie, maar volgens hoogleraar Remco Veltkamp en promovendus Bas de Haas kan die manier van zoeken snel werkelijkheid worden. *Erik Hardeman / fotografie Maarten Hartman*



Tik <http://yahmuugle.cs.uu.nl/> in en op je scherm verschijnt een toetsenbord. Speel een paar noten en druk op 'Enter'. Even later produceert de site een lijst met klassieke composities die op de door jou voorgespeelde manier beginnen. Welkom bij Yahmuugle (Yet another homophone: the musical UU global look-up engine).

"Yahmuugle werkt met software die de vorm van notenbalken met elkaar vergelijkt", legt Veltkamp uit. "Elke noot in een compositie heeft een bepaalde positie in de tijd en in de toonhoogte, en bovendien een bepaalde duur. Dat betekent dat je een notenbalk kunt 'vertalen' in een geometrisch patroon. Een promovendus van ons heeft daar een techniek voor ontwikkeld. Door er vervolgens een algoritme op los te laten dat geometrische patronen met elkaar vergelijkt, hebben we dus een zoekmachine ontwikkeld, die muziek op melodie kan herkennen."

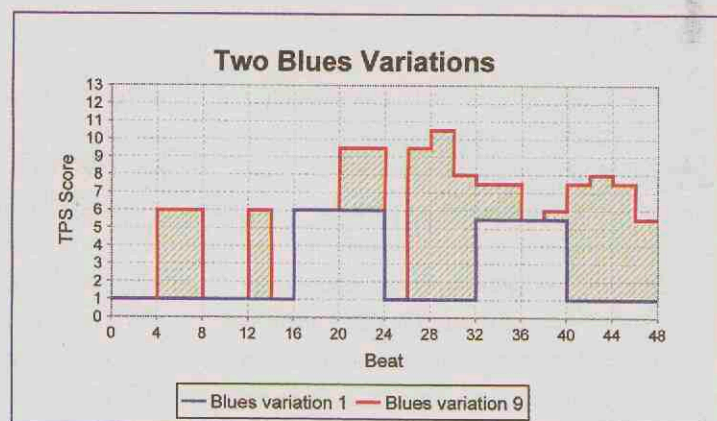
Yahmuugle is een kenmerkend product van de Utrechtse groep *Multimedia and Geometry*, die zich specialiseert in *multimedia retrieval by shape matching* of in beter Nederlands 'zoeken via patroonherkenning' (zie kader). "Dankzij dit programma is het nu mogelijk om in bibliotheken en archieven naar muziek te zoeken, die eerder alleen via de naam van de componist kon worden getraceerd", zegt Veltkamp. "In de door muziekbibliothecarissen bijeengebrachte database van Yahmuugle zitten bijna een half miljoen stukjes muziek, niet alleen bekende partituren, maar ook 80.000 anonieme manuscripten. Wij hebben die anonieme stukken vergeleken met de rest van de database en ontdekt dat 18.000 daarvan waarschijnlijk kopieën zijn van bekende composities."

Hoe veelbelovend het systeem ook mag zijn, de Utrechtse informaticus dromen al van volgende fasen in het onderzoek. "Wat Yahmuugle mist is muziekkennis", zegt Veltkamp. "Het houdt bijvoorbeeld geen rekening met het feit dat sommige noten belangrijker zijn dan andere. Die kennis proberen we er nu in te stoppen. Iets anders is dat melodie maar een van de aspecten van muziek is. Voor muziek-

liefhebbers zou het wel eens veel belangrijker kunnen zijn om naar composities te kunnen zoeken op basis van hun ritme of hun harmonische structuur."

Harmonie

Op dat laatste aspect concentreert zich het onderzoek van promovendus Bas de Haas: "Harmonie ontstaat wanneer er meer dan één noot tegelijk klinkt, dat noemen we een akkoord", legt hij uit. "Aan de hand van kennis uit zowel de muziektheorie kun je als de psychologie een formeel model opstellen waarin aan elk akkoord in een bepaalde toonsoort een score is toegekend die uitdrukt hoe goed dat akkoord in die toonsoort past. Als je nu een muziekstuk neemt en je zet de scores van alle akkoorden uit tegen de tijd, dan krijg je een soort getrapte functie die het harmonische verloop van het stuk weergeeft."



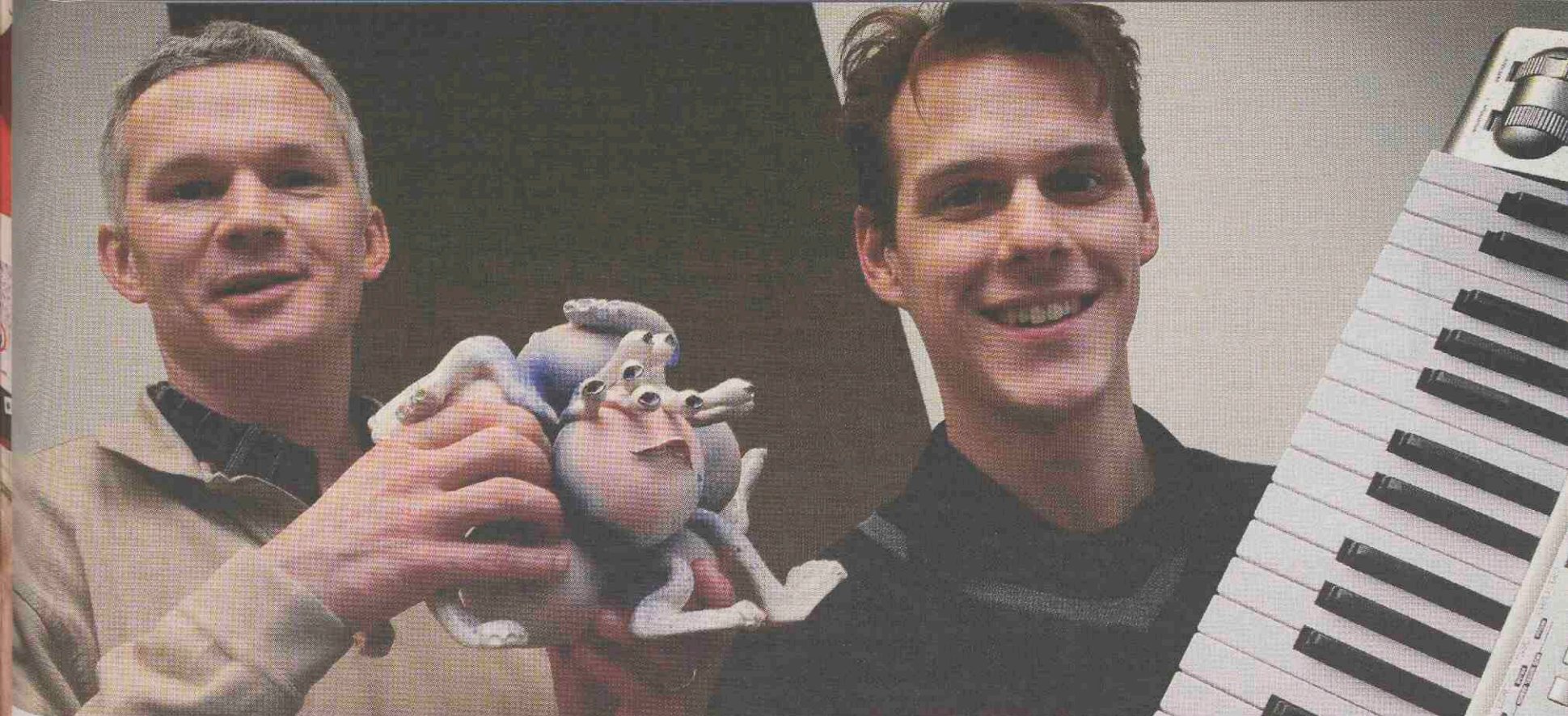
Grafiek van een eenvoudig bluesnummer (blauw) en een soortgelijk nummer (rood) met veel akkoorden. Op de X-as de tijd per 'beat', op de Y-as de harmonische score van de verschillende akkoorden. Uit de omvang van het gearceerde oppervlak blijkt dat deze twee nummers harmonisch nogal verschillen.

Psychologie

Kenmerkend voor veel Utrechts informaticaonderzoek is de grote aandacht voor psychologische aspecten. Bas de Haas is vooral gefascineerd door de rol van muziek in het menselijk bewustzijn. "Ik ben halverwege mijn studie Cognitieve Kunstmatige Intelligentie overgestapt naar het conservatorium om gitaar te studeren. Uiteindelijk heb ik toch voor de wetenschap gekozen, maar het aardige is dat ik nu onderzoek doe

op het punt waar muziek en informatica elkaar raken. Aan de ene kant was ik al op het conservatorium gefascineerd door het idee dat muziek een structuur heeft met regels die je dus kunt formaliseren. Maar de ware drijfveer achter mijn onderzoek is dat je, als je muziek wilt begrijpen, niet in eerste plaats naar de muziek maar naar de mens en dus de psychologie moet kijken. Muziek speelt als het ware met de cognitieve mechanismen in

ons hoofd, dus als je muziek wilt begrijpen, moet je begrijpen hoe en waarom wij ernaar luisteren. Het leuke is dat ik nu kan kijken of ik hier vat op kan krijgen, want in feite maken en testen wij formele modellen voor de manier waarop mensen naar muziek luisteren. Dat spanningsveld tussen enerzijds de psychologie van de muziek en anderzijds de vertaling daarvan in formele algoritmes vind ik ongelooflijk boeiend."



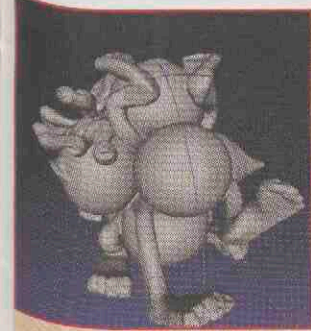
Remco Veltkamp en Bas de Haas: 'Ons ideaal is om muziek te kunnen vinden via geluidsfragmenten'

Wie twee harmonisch overeenkomstige liedjes wil vinden, moet dus zoeken naar twee grafieken die op elkaar lijken. Dat kan visueel, maar een exactere methode is om de grafieken over elkaar heen te plotten en de oppervlakte tussen de functies te berekenen. Hoe kleiner dat oppervlak, des te groter de harmonische overeenkomst. De Haas: "Ik heb een algoritme ontwikkeld dat een groot aantal liedjes op die manier razendsnel met elkaar kan vergelijken. Ik heb het onlangs uitgetest op ongeveer vijfduizend jazz standards en het werkte prima. Er zaten onder meer tien versies bij van *All the things you are* van Kern en Hammerstein. Hoewel die allemaal in een andere toonsoort stonden, wees mijn programma ze moeiteloos aan als harmonisch overeenkomstig."

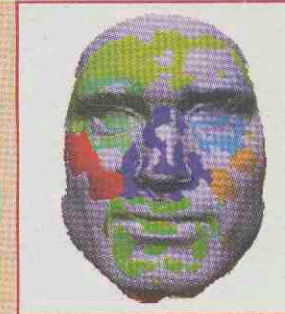
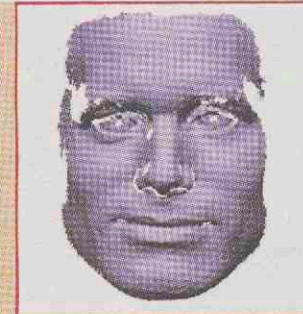
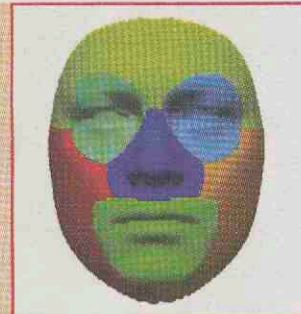
Net als de methode-Yahmuugle maakt de methode-De Haas gebruik van uitgeschreven muziek. "Dat is leuk", zegt hij, "maar pas echt

interessant wordt het als je rechtstreeks naar geluidsfragmenten kunt zoeken. Op dit moment is een *hot topic* in de informatica om algoritmes te ontwikkelen die uit audio-files de gespeelde akkoorden destilleren. Als dat lukt, en ik kan die algoritmes doorlussen naar de door mij ontwikkelde algoritmes voor harmonie, dan wordt het mogelijk om op basis van een geluidsfragment in een audio-database naar harmonisch verwante muziek te zoeken."

Veltkamp klinkt instemmend. "Ons ideaal is dat je op termijn automatisch via muziekfragmenten kunt zoeken naar muziek waarvoor je op dat moment in de stemming bent, dat je Elbow op kunt zetten en dat een database je dan zowel muzikaal vergelijkbare nummers opgeeft als nummers met een heel andere muzikale structuur, maar een zelfde sfeer. Het zal nog wel even duren, maar dat het binnen twintig jaar zo ver is, lijkt me een realistische schatting."



Shape matching



Door een modelgezicht (links) te vervormen met behulp van de scan van een gezicht (midden) ontstaat een goedgelijkend 3D-beeld van dat gezicht

Behalve voor het onderzoek naar *music retrieval* wordt de door Remco Veltkamp en zijn collega's ontwikkelde aanpak van *shape matching* ook op tal van andere terreinen toegepast. "De voor Utrecht kenmerkende insteek is dat we hier vooral kijken naar de vorm in een plaatje of in de muziek. Daarin verschillen we van groepen die naar overeenkomsten in bijvoorbeeld kleur of textuur kijken. Wij 'vertalen' de vorm van een object in een functie en ontwerpen vervolgens een algoritme om functies met elkaar te vergelijken. Het is een aanpak die afkomstig is uit de computationele geometrie, maar die inmiddels op veel terreinen zijn waarde heeft bewezen."

Drie voorbeelden van dat onderzoek:

- Dit is een beeldje, waarvan uit willekeurige hoeken laserscans zijn gemaakt. Tot voor kort was het onmogelijk om een driedimensionale afbeelding van zo'n beeldje te maken als je niet precies wist uit welke hoek de foto's waren gemaakt. Wij heb-

ben een rekenmethode ontwikkeld, die dat wel mogelijk maakt. Dat is een toepassing die onder meer van belang kan zijn voor **musea** die hun culturele erfgoed in 3D willen vastleggen.

- Voor het Nederlands Forensisch Instituut ontwikkelen wij een systeem dat uit foto's van onder meer **bewakingscamera's**, een driedimensionaal beeld van een gezicht kan reconstrueren. Doel is om dat vervolgens te 'matchen' met een database van 3D-gezichten. We zijn begonnen met het maken van een model van het gemiddelde menselijke gezicht. Dat hebben we gedaan door het gemiddelde te nemen van het gezicht van honderd willekeurige mensen. Daarna hebben we uitgerekend waar bij mensen sprake is van de grootste afwijkingen ten opzichte van dat gemiddelde, bijvoorbeeld ten aanzien van de lengte, de breedte, de neus en de mond. Als we nu een plaatje van iemand hebben, kunnen we op basis van de eigenschappen van diens gezicht ons 3D-modelgezicht zodanig ver-

vormen dat het diezelfde eigenschappen krijgt. Met een scan is ons dat al gelukt (zie afbeelding). Op dit moment zijn we die techniek aan het ontwikkelen voor foto's.

- Wij hebben contact met een bedrijf in Antwerpen, waar je kunt laten onderzoeken of jouw nieuw ontworpen **logo** al bestaat. Op dit moment gebeurt dat zoeken nog volledig met de hand. Dat betekent dat een medewerker soms tienduizenden vergelijkbare logo's moet bekijken om te zien of jouw logo ertussen zit. 's Ochtends halen ze de 3000 per uur nog wel, maar naarmate de dag vordert daalt dat aantal en willen ze bovendien wel eens een logo missen. Wij hebben nu een programma voor hen ontwikkeld dat hun database met logo's geautomatiseerd kan doorzoeken. Dat programma bestaat uit een datastructuur voor alle verschillende vormen die je in een logo kunt aantreffen, en een algoritme om de 'matching' tussen twee logo's te berekenen.