

Sterren kijken voor betere realtime embedded positiebepaling

Beeldverwerkingstoepassingen gebruiken vaak vooraf aangebrachte visuele herkenningspunten om de positie en oriëntatie van objecten of zichzelf te bepalen. Aan de hand van de grootte en de perspectivische vervorming van deze markers berekent een intelligente camera de positie en oriëntatie. De hoeveelheid gegevens die de camera genereert, is echter zo groot dat daarvoor zeer veel rekenkracht vereist is. Chess ontwikkelde een embedded, energiezuinig en realtime prototype dat hoge framerate's haalt op basis van SimD-processoren en aangepaste merktekens.

Dave van Soest
Raj Bose

Automatisch geleide voertuigen, industriële componentplaatsing, videobewaking en augmented reality zijn alle toepassingen die visuele markers gebruiken, bakens waarmee een beeldverwerkingssysteem de positie en oriëntatie van zichzelf en van objecten kan bepalen. De camerabeelden bestaan echter uit dusdanig veel informatie dat ze normaalgesproken slechts op een lage framerate kunnen worden geanalyseerd, zeker als dit realtime moet gebeuren. Het realtime-aspect is belangrijk voor toepassingen die direct een positie-schatting verlangen. Voor camera's en voorwerpen die zich met niet-lineaire snelheid en richting verplaatsen, speelt de hoogte van de framerate een cruciale rol.

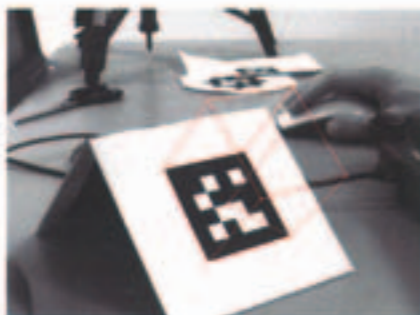
Huidige gangbare computers leveren top-prestaties, maar vaak is zelfs dat niet genoeg om hoge framerate's te halen. Bovendien verbruiken deze machines veel energie en nemen ze aanzienlijke ruimte in beslag. Dit beperkt de toepasbaarheid van zulke systemen, vooral in mobiele applicaties. Recente ontwikkelingen in de markt van extreem parallelle laagvermogenprocessors bieden uitkomst voor beide problemen tegelijk.

Blokjes

Het verwerken van de camerabeelden gaat in verschillende stappen, waar de informatie

op een steeds hoger abstractieniveau wordt geanalyseerd. In eerste instantie wordt in de onbewerkte beelden naar simpele structuren gezocht, zoals randen en hoekpunten. Na deze stap is de hoeveelheid informatie al enorm gereduceerd, tot slechts een beschrijving van de gevonden structuren en de bijbehorende lokale beeldinformatie. De tweede stap combineert deze structuren om de in het beeld voorkomende marker(s) te detecteren. Vervolgens berekent het systeem in de derde stap de positie en oriëntatie van de marker, door de waargenomen vorm en locatie van de structuren te vergelijken met het corresponderende interne model hiervan.

Het uitlezen van de unieke identificatiecode - een variabel blokjespatroon in het binnenste van de marker - vormt de laatste stap in het proces. Aan de hand van deze code levert een database de locatie van de marker in de wereld, van waaruit het systeem berekent waar de camera zich in de wereld bevindt.



Figuur 1: Augmented reality is een techniek die virtuele beelden projecteert over opnames van de echte wereld. In dergelijke toepassingen is een goede positiebepaling door de camera nodig om de virtuele objecten juist te kunnen plaatsen, zoals de driedimensionale kubus.

Daarnaast vormt de code een extra check of het gevonden object inderdaad een van de uitgezette markers is.

Het is dus de eerste stap in de beeldverwerking die, vanwege de grote hoeveelheid informatie, het leeuwendeel van de rekenoperaties vergt. Aan de andere kant zijn deze rekenoperaties relatief eenvoudig en bovendien repeterend voor iedere pixel. Dat wil zeggen: het systeem bepaalt voor elke pixel of deze deel uitmaakt van een rand of hoekpunt. Gangbare seriële processoren zijn minder geschikt voor dit monnikenwerk. Ze voeren de operaties namelijk pixel voor pixel uit en ondersteunen zeer complexe operaties, die grotendeels overbodig zijn voor beeldverwerking op laag niveau. Dat vermindert de snelheid waarmee eenvoudige operaties kunnen worden uitgevoerd. Dit is onder meer de reden waarom er specifieke chips voor multimediatoepassingen in omloop zijn.

De ontwikkeling van parallelle processoren speciaal voor beeldverwerkingsdoelinden ondervangt deze problemen en maakt realtime herkenningstoepassingen met hoge framerate's mogelijk. Zulke processoren kenmerken zich door een laag stroomverbruik gecombineerd met een groot

aantal simpele rekenoperaties per seconde. Twee processoren die binnen het vakgebied bekend zijn, zijn de Imap van NEC en de Xetal van NXP (zie Bits&Chips 6, 2007). De processorarchitecturen zijn gebouwd volgens het SimD-concept: Single Instruction Stream, Multiple Data Stream. In het geval

van beeldverwerking houdt dat in dat op meerdere pixels in parallel steeds dezelfde rekenoperatie wordt uitgevoerd. In de eerste stap van de beeldherkenning moet voor iedere pixel in het beeld op exact dezelfde manier worden bepaald of deze deel uitmaakt van een rand, hoekpunt of andere structuur. Daarom is SimD uitermate geschikt voor het versnellen van dit proces, door honderden pixels simultaan te verwerken. Het relatief geringe aantal berekeningen in de volgende stappen van het proces van positiebepaling zijn overigens wel door een gangbare seriële processor uit te voeren, al dan niet embedded.

Naast de voordelen qua snelheid en het lage stroomverbruik brengen SimD-processoren ook enkele beperkingen met zich mee. De details verschillen per architectuur, maar in het algemeen bieden zulke processoren weinig verschillende rekenoperaties en heeft iedere rekenkern slechts beperkte toegang tot het geheugen. Daar komt bij

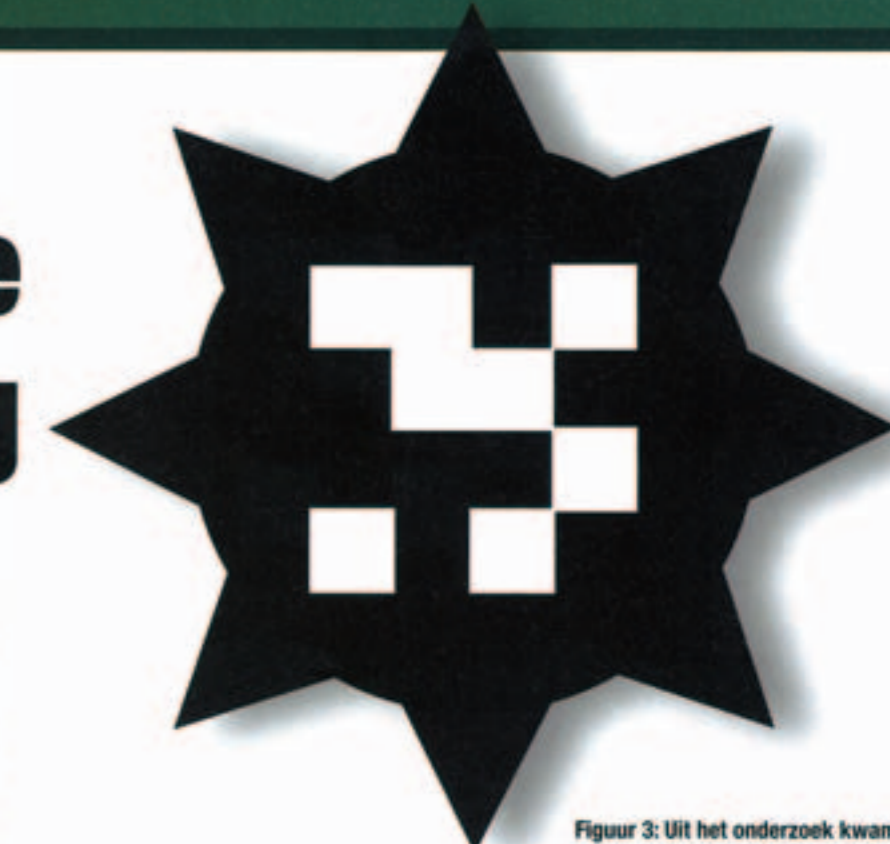


Figuur 2: Het proces van markerherkenning bestaat uit een aantal stappen. In eerste instantie worden in het originele plaatje (a) de randen en hoekpunten gezocht (b). Het combineren van deze structuren vormt de basis voor de herkenning (c).

dat vanwege de realtime-eis de verwerking van de huidige beeldlijn afgerond dient te zijn wanneer de volgende beeldlijn instroomt. Dit perkt het beschikbare aantal operaties per pixel in.

Scherp

De prijs voor de realtime embedded markerherkenning op een hoge framerate is een beperkte herkenningsgraad van de markers en een lagere nauwkeurigheid van de positiebepaling. Een aanpassing aan het ontwerp van de markers kan, rekening houdend met de mogelijkheden van de gebruikte processor, de herkenningsgraad weer enigszins verbeteren en daarmee ook de nauwkeurigheid



Figuur 3: Uit het onderzoek kwam naar voren dat een achtpuntige ster aanzienlijk eenvoudiger te herkennen is door beeldverwerkingssystemen dan de standaard rechthoekige markers. De scherpe hoekpunten maken de vorm beter detecteerbaar, zeker onder driedimensionale rotaties. De specifieke vorm onderscheidt zich beter van de omgeving.

van de positiebepaling verhogen. Dit gaat samen met het ontwikkelen van beeldverwerkingsalgoritmen die zowel geschikt zijn voor het herkennen van de nieuwe markerpunten als voor de implementeerbaarheid op de gekozen processorarchitectuur.

Gedurende het onderzoek heeft Chess de vorm van de marker ontwikkeld van de in dit soort systemen gebruikelijke rechthoek naar een achtpuntige ster (Figuur 3). Door

Het systeem maakt realtime embedded positiebepaling mogelijk bij hoge framerate's. Het huidige prototype is in staat om meerdere markers tegelijk te herkennen met een bereik van enkele decimeters tot een tiental meters. Het systeem gebruikt daarvoor een statische optische configuratie met een relatief goedkope camera

en optica. Dit maakt de weg vrij voor een nieuwe lijn van veeleisende toepassingen, waarbij mobiliteit en een laag stroomverbruik een belangrijke rol spelen.

Dave van Soest werkt aan zijn afstudeerproject 'Zelflokalisatie op een SimD-platform' voor zijn studie Artificial Intelligence aan de Universiteit van Amsterdam. Hij voert dit project uit bij Chess Image Processing Solutions (IPS) in Haarlem. Raj Bose werkt bij Chess IPS als technisch manager. Chess IPS ontwerpt en produceert intelligente camera's.

Redactie Pieter Edelman