

Educatie op schaal

Jean Schleipen • Philips Research Eindhoven • e-mail: jean.schleipen@philips.com

Industrie en Educatie

Bij Philips Research is de afgelopen 2 jaar gewerkt aan de totstandkoming van een functioneel en interactief 10:1 schaalmodel van een DVD speler. Een tweetal demonstrators is ondergebracht bij het Shanghai Science and Technology Museum en op de High Tech Campus in Eindhoven.

Verder zullen een aantal demonstrators door Philips ter beschikking worden gesteld aan **JetNet** voor demonstraties en proeflessen op middelbare scholen. Philips hecht grote waarde aan deelname in deze JetNet activiteiten, die uiteindelijk resulteren in een groter en kwalitatief beter aanbod van bèta-geschoolden voor de arbeidsmarkt.

Jet-Net, het *Jongeren en Technologie Netwerk Nederland*, is gericht op een één-op-één samenwerking tussen bedrijven en havo/vwo-scholen (www.jet-net.nl).

De organisatie stelt bedrijven in staat kennis en ervaring uit te wisselen over het opzetten en uitvoeren van activiteiten samen met havo/vwo-scholen. Het doel van de Jet-Net activiteiten is het enthousiasmeren van havo/vwo leerlingen voor wetenschap en techniek, teneinde de instroom van studenten op hogeschool en universiteiten voor bèta-vakken te vergroten.

Multi-disciplinair

Waarom een schaalmodel van een optische disc drive? Optische data opslag is niet weg te denken uit ons moderne bestaan. In 2005 werden wereldwijd tussen de 300 en 400 miljoen optische drives verkocht en de verwachting is dat dit aantal de komende jaren alleen nog maar zal toenemen. Het aantrekkelijke van optische data opslag als demonstrator is het multi-disciplinaire karakter. Om met nanometer precisie de bits op een plastic schijfje van nog geen euro uit te kunnen lezen en schrijven, is een perfecte samenwerking nodig tussen de disciplines fysica, chemie, wiskunde, mechanica en elec-

tronica. Juist deze harmonieuze en vaak elegante samenwerking tussen de verschillende vakgebieden willen we tot uiting laten komen in deze schaalmodellen van een DVD-speler.

Optische data opslag

Het principe van optische data opslag is gebaseerd op het belichten van een object met een diffractie-gelimiteerde lichtspot, waarna het door het object gereflecteerde licht wordt geregistreerd.

In de "optical pickup", het hart van een optische drive, wordt middels een **lichtweg** (lenzen, spiegels, polariserende optiek, tralies) een laser gefocuseerd op de disc, waarna de "putjes" die voorbij komen worden uitgelezen door het gereflecteerde licht op een detector af te beelden. Uit het zo verkregen analoge signaal wordt het oorspronkelijk binaire patroon ("putje" of "nietputje") op de disc herleid middels geavanceerde **digitale signaal processing**.

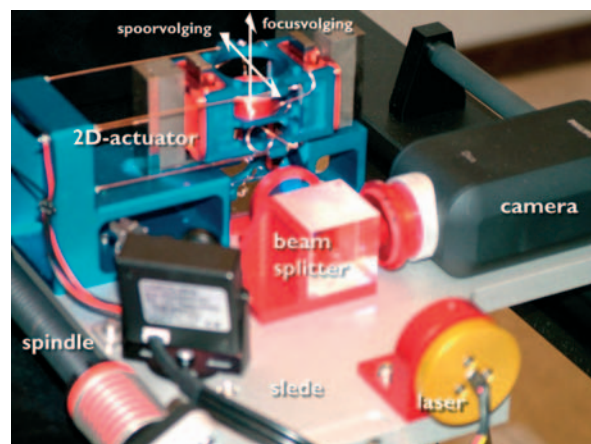
Tussen de gebruikersdata en de bitstroom die uiteindelijk op disc wordt gezet zit verder nog de **error coding** (een stukje wiskundige redundantie waarmee we in staat zijn om bitfouten tijdens lezen te detecteren en corrigeren) en

de **kanaalmodulatie** (het omzetten van een binaire stroom data in een reeks symbolen waarmee met maximale schrijfdichtheid het fysische kanaal, bijv. het schrijven in recordable media, wordt benut). Een optische disc bestaat doorgaans uit een spiraal met een groefstructuur. Tijdens schrijven en lezen dient de laserspot zich precies (binnen enkele

tientallen nanometers nauwkeurig) in deze groef te bevinden. Aangezien de disc tijdens het ronddraaien voortdurend staat te trillen, is de lens die het laserlicht op de disc focuseert opgehangen in een 2D-actuator. Met behulp van een **meet- en regellus** wordt deze actuator real-time in verticale (focusering) en horizontale richting (spoorvolgving) bijgestuurd.

Optica

Al deze facetten van optische data opslag komen in de demonstrator, cq. proefles aan bod. De studenten hebben de beschikking over een laser (halfgeleider, 660nm), een beam splitter, een set lenzen, polariserende optiek en een high-speed (frame-rate 100Hz) CMOS camera, en moeten zelf de lichtweg van de "optical pickup" uitrekenen (paraxiale optica). Vervolgens wordt de lichtweg op een slede (die onder de disc beweegt) opgebouwd en uitgelijnd. Zie figuur 1. Alle electronica wordt via een PC aangestuurd met LabView, een grafische programming interface (National Instruments).



Figuur 1. Detailopname van de optical pickup die op de slede is gemonteerd. Op de achtergrond is de 2D-actuator zichtbaar die in verticale- en horizontale richting kan worden aangestuurd voor focus-, respectievelijk spoorvolgving.

Mechanica

De optische disc van de demonstrator is een meter in diameter en bevat putjes die goed met het blote oog zijn waar te nemen. De afstand tussen 2 naburige sporen bedraagt 1 mm. De disc ligt op een draaitafel die met behulp van een DC-motor wordt voortbewogen. De slede, inclusief lichtweg, zit gemonteerd in het basisframe van de demonstrator en kan middels een DC-motor en een schroefas ("spindle") onder de disc door worden bewogen (voor spoorvolging). De objectieflens van de optical pickup is bevestigd in een 2D-actuator (bestaande uit een spoelenset in een statisch magneetveld, werkend volgens hetzelfde principe als dat van een luidspreker) en kan met behulp van een elektrische stroom in horizontale en verticale richting worden geactueerd. Discmotor, sledemotor en actuator worden eveneens vanuit LabView aangestuurd. Zie figuur 2.

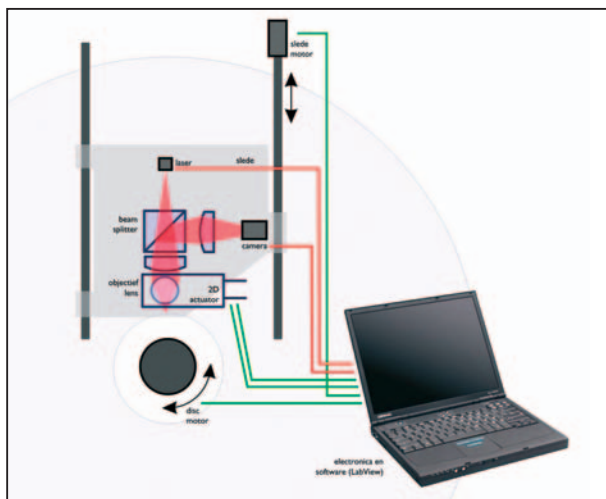
Regelen

Tijdens het opbouwen van de demonstrator zal de student zelf een focus- en spoorvolg-foutsignaal extraheren uit het camerabeeld. Deze foutsignalen worden gebruikt om middels een regellus de 2D-actuator de goede kant op te sturen, zodanig dat het beeld op de camera altijd scherp is, en de laserspot precies de groef blijft volgen. Om deze effecten goed te kunnen illustreren ligt de disc onder een kleine hoek op de draaitafel (waardoor hij op en neer gaat bewegen tijdens het ronddraaien). Verder bevatten de sporen die op de disc zijn aangebracht een sinus-vormige verstoring (een zgn. "wobble") met een frequentie van 10 x per omwenteling (waardoor de afgebeelde sporen in het camerabeeld voortdurend heen en weer staan te bewegen). De kunst is nu het afstellen van de regellussen: wanneer dit niet goed gebeurt zal de actuator niet volgen of zelfs gaan oscilleren. Ook hier kan naar hartelust worden geëxperimenteerd.

Data

De putjes op de disc bevatten echte data. Zie figuur 3. Als de lichtweg goed is opgebouwd en de focus- en spoorvolging goed lijkt te werken, kan de student deze data gaan de-coderen. Aangezien de bitrate van de demonstrator erg laag is (de plaat draait rond met een snelheid van 0.2 omwentelingen per seconde) was HiFi audio niet haalbaar, en is gekozen voor tekst afgewisseld met bitmaps. De ruwe data op de disc, en die met behulp van de camera, worden uitgelezen, zijn ge-encodeerd met een eenvoudige foutcorrectie (4-7 Hamming code) en een modulatiecode ($dk=17$) die lijkt op die van Blu-ray Disc (de opvolger van DVD).

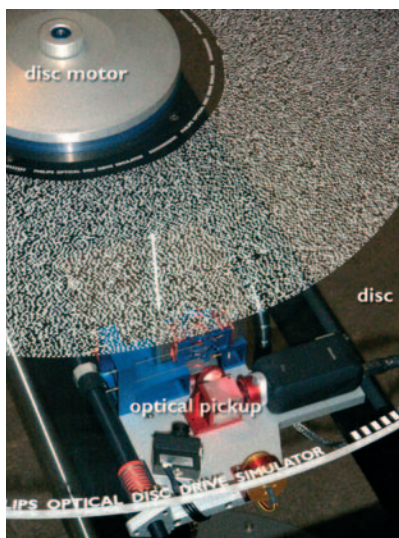
Met deze proefjes wordt, op een speelse manier, beoogd duidelijk te maken dat (geavanceerde) wiskundige methodieken en algoritmes essentiële ingrediënten zijn voor optische disc drives. Zonder wiskunde geen foutcorrectie en slechts 1 GByte op een DVD in plaats van 4.7 GBytes. De student kan de error correctie real-time volgen en er enige statistiek op loslaten. Verder kan er gespeeld worden met stukjes zwarte tape die vingerafdrukken moeten simuleren. Hoe groot mogen de stukjes tape zijn en hoe lang gaat het decoderen nog goed?



Figuur 2. De optische disc drive demonstrator wordt gecontroleerd en bediend met een computer, gebruik makende van LabView als programmeertaal. De PC stuurt de individuele bouwstenen van de optische drive aan: laser, camera, actuator, slede- en disc motor; en bevat de "firmware", de intelligentie, van de optische drive.

Proefjes

Binnenkort zal de eerste demonstrator worden ingezet op een middelbare school in de regio Eindhoven. Feedback van docenten en studenten zal worden gebruikt om de proeven die de studenten met de demonstrator kunnen doen, aan te passen en mogelijk verder uit te bouwen. ♦



Figuur 3. Op de disc staat informatie gecodeerd volgens een zgn. runlength limited code. Dit heeft tot gevolg dat er putjes zijn met een minimale en maximale lengte, hetgeen in deze opname goed te zien is.

Jean Schleipen is sinds 1992 werkzaam bij Philips Research in Eindhoven waar hij werkte aan verschillende onderwerpen variërend van laser scanners tot optische neurale netwerken. De laatste jaren is zijn onderzoeksgebied optische data opslag en werkt hij aan diverse Blu-ray Disc gerelateerde onderwerpen. Daarnaast besteedt hij in het kader van educatie en promotie van wetenschap & technologie een deel van zijn tijd aan diverse JetNet activiteiten.