

# De Office Holoprinter

## Rapid Virtual Prototyping

*W. Spierings, G.J. Plattel en S. v. Gogh  
Dutch Holographic Laboratory BV, Eindhoven*

Door de combinatie van holografie en computergraphics zijn computermodellen niet alleen fotorealistisch af te beelden, maar ook levensecht in drie dimensies. Het lijkt alsof het voorwerp kan worden aangeraakt en het is van verschillende kanten te bekijken. Kortom, de afbeelding heeft de echtheid van een prototype, zonder dat er ooit een prototype is geweest! Het enige wat tot dan toe bestaan heeft is het computermodel en het daarvan gegenereerde hologram. Om dit proces mogelijk te maken is er bij DHL, (Dutch Holographic Laboratory) een prototype, van de Office Holoprinter ontwikkeld. De techniek hier gebruikt is Rapid virtual prototyping genoemd.

### Geschiedenis

Uit de experimenten eind jaren zeventig, in een schuurtje achter in de tuin van een studentenhuus, volgde de oprichting van het bedrijf Dutch Holographic Laboratory. Dit bedrijf opgericht door Walter Spierings heeft nu een aardige omvang gekregen. Er werken nu zes mensen fulltime en er is een machinepark van een tiental lasers, vier optische tafels met toebehoren zoals lenzen en spiegels in allerlei soorten en maten en drie breadboards voor het ontwikkelen van prototypes. Met behulp van een aantal zware Silicon Graphics computers en een mix van optica, elektronica, informatica, chemie en werktuigbouwkunde wordt er gewerkt aan de vernieuwing van de methoden en technieken om zo holografie tot een betaalbare en betrouwbare techniek om te vormen. Hologrammen worden o.a. door diverse multinationals, zoals Philips, Asea Brown, Boveri, AKZO, Hewlett-Packard,

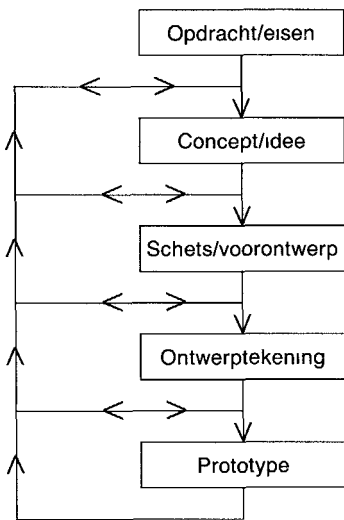
Nissan, Citibank en Philip Morris toegepast.

### Holografie als visualisatie middel

Als holografie wordt ingezet als visualisatietechniek was er tot voorheen voor het maken van een hologram veel ruimte nodig, en moest men de nodige kennis in huis hebben om een hologram te maken. Om het gehele proces toegankelijker te maken, is DHL al geruime tijd bezig met het onderzoek en verbetering van de Office Holoprinter. Met deze printer is het mogelijk om na het kiezen van het midden aanzicht, met één druk op de knop binnen een half uur een hologram te maken. De specialistische kennis van het maken van hologrammen is hier dus ook niet meer nodig. Wat voorheen in grote laboratoria gemaakt moest worden kan binnenkort gewoon op het ontwerp-bureau zelf. De Office Holoprinter heeft vooral toepassingen als visualisatiemiddel bij produktontwikkeling. Het hologram dient hierbij als 3D-model van het te produceren produkt. Het grote voordeel dat de Office Holoprinter hierbij heeft op de andere manieren van visualisering is dat het snel ( $\pm 20$  min) en goedkoop ( $\pm f 20,-$  op A4) kan. Wat hiermee samenvalt is dat aanpassingen in het model zeer snel te veranderen, en opnieuw uit te printen zijn.

### Toepassingen Rapid Virtual Prototyping

Een nieuwe ontwikkeling in de toepassingen van hologrammen is het gebruik ervan in het ontwerp-proces van nieuwe producten. Hiervoor heeft DHL de term Rapid Virtual Prototyping geïntroduceerd. Het ontwerp-proces van een prototype is globaal onder te verdelen in een aantal stap-



pen.

Vanuit de opdracht met specificaties komt men tot een idee en concept. Van dat concept wordt vervolgens een schets gemaakt, het zogenaamde voorontwerp. Indien zowel het idee als het voorontwerp volledig aan de eisen voldoen kan er een ontwerptekening worden gemaakt met bemetingen en andere detailleringen. Na dit alles kan er een prototype gemaakt worden om te kijken of het voldoet aan de ontwerp-eisen en de verwachtingen. Met deze aanpak is het mogelijk om na elke fase een terugkoppeling te laten plaats vinden. Een voordeel van een computer gegenereerd hologram is dat het maken ervan, onafhankelijk van de moeilijkheidsgraad, ongeveer 30 minuten duurt. In de toekomst is het de bedoeling dat je een midden aanzicht kiest en dat er dan een hologram wordt geprint. Een handmatig of lithografisch reeel prototype maken duurt, afhankelijk van de moeilijkheidsgraad, een tot tien dagen. Het is dus duidelijk dat de holografie hier een oplossing biedt. Wat hieruit duidelijk naar voren komt is dat hologrammen een realistische en ondubbelzinnige weergave geven van de gekozen scene. In dit proces is het mogelijk om hologrammen te genere-

ren zodra er (fotorealistische) computerafbeeldingen van het voorwerp zijn. Men kan dan kiezen uit verschillende soorten weergaven van het produkt in een hologram.

Zo is er een normale weergave (buitenkant), een opengewerkte weergave (exploded view) of een willekeurige doorsnede van het produkt. DHL heeft verschillende systemen ontwikkeld waarmee de holografie veel breder inzetbaar is geworden

- Holoprinter 2 steps reflectie
- DFCH (Digital Full Color Holoprinter)
- Office Holoprinter
- Dot Matrix Printer
- 3D scanner voor digitalisatie van objecten
- Laserwriter schrijft interferentie patronen lijn voor lijn
- ESPI meetsysteem

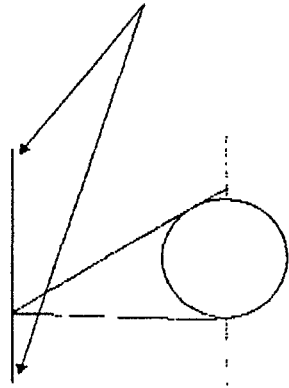
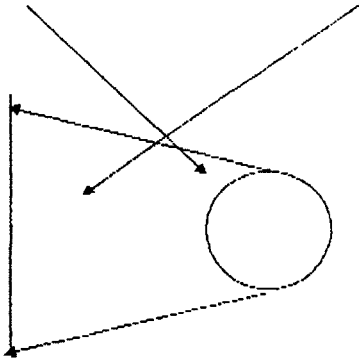
### Theorie

Om een inzicht te krijgen in het image processing gedeelte van de Office Holoprinter moeten we eerst terug naar de traditionele manier van hologrammen maken. Daarna kunnen we via de tussenstap van computer gegenereerde hologrammen, welke via het H1-H2 transfer principe werken, komen tot de methodiek van de Office Holoprinter.

### Traditioneel

Bij de traditionele methode wordt een voorwerp opgenomen door het reflecterende licht van het op te nemen voorwerp op de onbelichte plaat te laten interfereren met een referentie bundel.

Het daarbij ontstane referentiepatroon is uniek voor het voorwerp op die bepaalde afstanden onder een specifieke hoek met de referentie bundel. Bij reconstructie met dezelfde referentie bundel buigt het licht en wordt verstrooid. Het golffront wordt opnieuw gereconstrueerd alsof het nog steeds van het originele object afkomt. Bij reconstructie met de conjugate ('omgekeerde') referentiebundel zal het object in 'omgekeerde' richting gereconstrueerd worden. Het golffront gaat in de richting van waar het originele object stond.



### **Magic at work** (van 3D naar 2D en weer naar 3D)

Laten we het volgende gedachte experiment eens uitvoeren

Stel er wordt een hologram gemaakt van een bepaald object.

Als het hologram nu verlicht wordt met de geconjugeerde golf geeft het een reëel beeld (dit is een beeld dat op een scherm geprojecteerd kan worden).

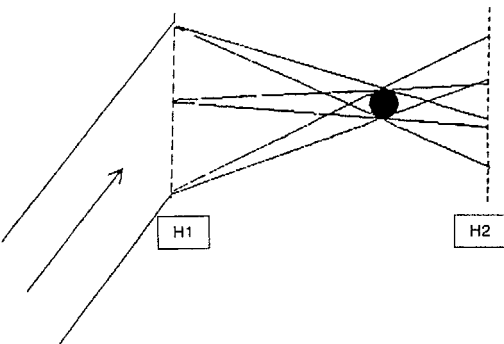
Stel nu voor dat er van dat hologram een heel klein dotje wordt gereconstrueerd. Vanuit dat punt wordt dat bepaalde aanzicht van het voorwerp gereconstrueerd. Omdat het een heel klein dotje is, is er geen diepte-informatie van het beeld. Als we het beeld op een scherm laten vallen wordt de afbeelding die we dan hebben op elke afstand vanaf het hologram scherp afgebeeld. Veronderstel dat we nu de afbeelding niet op een scherm projecteren maar opnemen op fotopapier. We doen dat niet alleen met dat ene puntje (dotje) maar ook met de daarnaast gelegen dotjes. We nemen zo in het totaal ongeveer 100 foto's op van naast elkaar, op een horizontale lijn liggende dotjes. Na het ontwikkelen van de foto's gaan we iets vreemds doen, we gaan ieder foto opnieuw opnemen op een holografische plaat. Ook deze foto's komen weer naast elkaar op een horizontale lijn te

liggen. We hebben nu dus weer een compleet hologram opgenomen wat weer hetzelfde 3D beeld geeft van hetzelfde voorwerp waar we mee begonnen zijn. In dit hologram zitten kleine sprongetjes omdat er maar 100 foto's op staan, in het limiet geval is het beeld exact hetzelfde omdat er dan oneindig veel dotjes belicht worden. Als het dus mogelijk is om een sequentiële reeks 2D foto's ook op een andere manier te maken bijvoorbeeld met een computer, dan is het dus mogelijk om voorwerpen die niet bestaan te laten zien in 3 dimensies alsof ze al wel bestaan hebben. Vanuit dit oogpunt zijn er tal van toepassingen te bedenken voor de visualisatie van 3D computer data van b.v.: architectonische constructies, chemische moleculen structuren, industrial design, medische wetenschap (NMR data), flow visualisation. Het theoretische model voor het calculeren van de juiste aanzichten is gepubliceerd in referentie 1, 2, 3, 4, 5.

Het theoretische model beschrijft de verandering in de deviatie van de afbeelding van een punt op een object op een dia's in een sequentiële reeks dia's. Deze deviatie op de verschillende dia's van de reeks beschrijft het 3D karakter van het object. Deviatie wordt dus omgezet in diepte!

## Transfer H2

Om het hologram wat we hierboven gemaakt hebben ook in daglicht zichtbaar te maken is er een extra stap nodig. Het master-hologram (H1) wordt gereconstrueerd met de conjugerende golf. Hierdoor ontstaat er een beeld op dezelfde afstand als dat het voorwerp van de holografische plaat afstand. Door op deze plek een tweede holografische plaat te zetten en een referentie bundel toevoegen ziet dit hologram H2 het andere hologram H1 als voorwerp en zo wordt het beeld door het hologram H2 opgenomen.



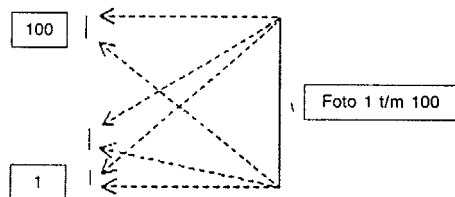
Het H1-H2 principe is verder uit ontwikkeld tot een printer kit die gebruikt wordt in holografische laboratoria voor full color photoresist mastering. Er is vanuit de holografische wereld enorm veel belangstelling voor deze printer, omdat het productie proces geheel Digitaal is en uiterst snel.



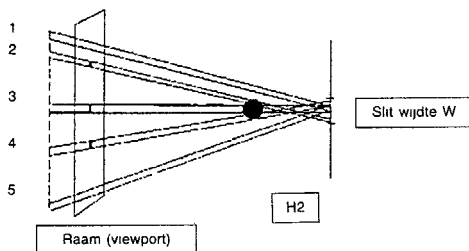
Digital Full Color Hologprint kit

## One step principle

Stel we gaan nu omgekeerd te werk. Laten we terug gaan naar het moment dat we 100 sequentiële foto's weer sequentieel in kleine dotjes (die op een horizontale lijn liggen) opgenomen hadden.

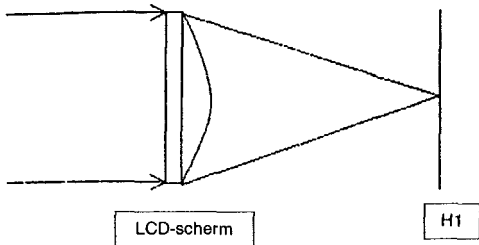


Als we nu het hologram belichten zal het beeld, welke opgebouwd is uit 100 foto's gereconstrueerd worden. We nemen nu een klein puntje met breedte  $W$  op het hologram H2 en we gaan kijken welke dotjes meedoen om het beeld (het cirkeltje) hiervan te construeren. Stel we plaatsen tussen het hologram en de master H1 een denkbeeldig raam (viewport). Op dat raam worden de resultante (2, 3, 4) afgebeeld van de dotjes die het cirkeltje op het hologram H2 construeren.



Als we nu de resultante van de dotjes die het beeld maken zouden kunnen vastleggen op een foto en dit voor elke sliit, en we deze reeks foto opnemen met behulp van een laser op een onbelicht hologram H2, dan zouden we in een stap een H2 transfer hologram kunnen maken zonder de tussen stap van het maken van de master. Omdat het werken met foto's om hologrammen te

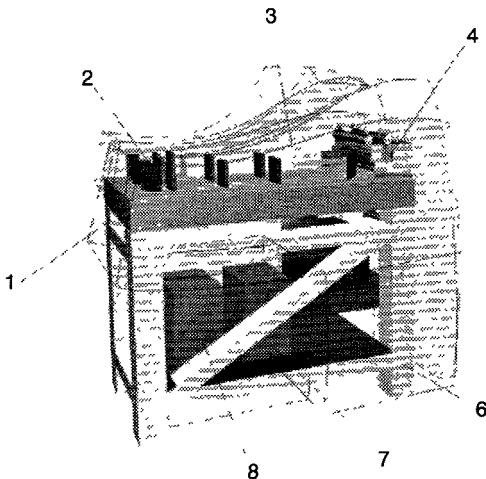
maken nogal omslachtig is, zijn in de praktijk alle foto's digitaal. De viewport foto's worden geraytraced vanuit de originele 100 bitmap files. De H1 stap wordt dus in feite in de computer gesimuleerd Om het afbeelden van de plaatjes in de holografische opstelling te vergemakkelijken wordt een LCD-scherm gebruikt. De afbeelding van het LCD-scherm wordt geprojecteerd in de spleet met behulp van een lenzen systeem en wordt holografisch vastgelegd met laserlicht.



Schematische opbouw van de Office Holoprinter

## De Office Holoprinter

De ontwikkeling van de Office Holoprinter is in verschillende blokken onder te verdelen. Zo wordt er constant gewerkt aan de ontwikkeling van de verschillende onderdelen van de Office Holoprinter. Allereerst is er natuurlijk onderzoek gedaan naar de methodiek van de Office Holoprinter. Er is voor de Office Holoprinter nu een droog ontwikkel-unit ontwikkeld. Er is een versie voor 8x10 cm hologrammen die mooie prints maakt. De volgende stap is het A-3 formaat. Op dit moment zijn er nog wat cosmetische problemen in de geprinte voorbeelden. Ook wordt er veel aandacht geschonken aan het proces van het verwerken van reeksen videoplaatjes in hologrammen, zodat bijvoorbeeld 3D pasfoto's geprint kunnen worden. Dat bij de ontwikkeling van de Office Holoprinter heel wat specifieke kennis over de aparte onderdelen komt kijken is duidelijk. De meest voorkomende vakgebieden zijn: Fotonica (optica en elektronica), Mechatronica (mechanica en elektronica), Chemie en Informatica.



Schematische opbouw van de deskside holoprinter

- 1 Trillingsvrije optische tafel
- 2 Optische componenten en hoog resolute LCD scherm
- 3 Hoog vermogen solid state laser
- 4 Filmtransport
- 5 Filmrolhouder
- 6 Aktief depend frame
- 7 Controller
8. Silicon graphics computer

## **Toekomst**

De toekomst voor DHL ligt in het realiseren van de 1 stap Office Holoprinter. Later zullen ook kleur en grotere formaten mogelijk zijn.

Het project is ondersteund vanuit het ministerie van Economische Zaken middels een PBTS subsidie Mechatronica en voor de tweede fase middels een BSI subsidie geavanceerde IT systemen.

## **Referenties**

1. The Hague nr 1507-48 "development of an Office Holoprinter"
2. Spie Electronic Imaging nr. 1667-06 "development of an Office Holoprinter 2"
3. Spie Electronic Imaging nr. 1914-02 "development of an Office Holoprinter 3"
4. Spie Electronic Imaging nr. 2176-11 "development of an Office Holoprinter 4"
5. Spie Electronic Imaging nr 2043-24 "Office Holoprinter concept"