

# Werken aan een doorbraak in de chip technologie

Bron: UT-nieuws 7 december 2000

Alles moet tegenwoordig sneller en sneller. Voor moderne toepassingen als video-conferencing en het downloaden van grote programma's over internet zijn zeer snelle verbindingen nodig. Deze verbindingen worden steeds vaker van glasvezel gemaakt, waarbij de signalen in de vorm van lichtpulsjes de wereld over schieten. UT-wetenschapper Radovanovic werkt aan een project dat over een paar jaar mogelijk leidt tot een doorbraak in de chiptechnologie.

We willen spelletjes die er zo realistisch mogelijk uitzien, met de meest fantastische effecten. Complete virtuele werelden worden berekend waarbij zelfs het geluid dat uit het surround-systeem komt met je meedraait als je virtueel door het speelveld draait. Moderne computerchips gemaakt van silicium. Het lijkt een geweldige combinatie, maar omdat de eerste werkt met lichtsignalen en de tweede met behulp van elektrische pulsjes, zijn het twee totaal verschillende werelden die op dit moment nog ver van elkaar staan.

## Tussenstap

De Servische wetenschapper Sasa Radovanovic is als aio in de ic-ontwerpgroep werkzaam bij de Terahertz-oriëntatie van MESA+. Zijn project heet fiber to the chip, waarbij onderzoekers proberen om glasvezel direct aan computerchips aan te sluiten. Nu gebeurt dat nog met een tussenstap. Een ontvanger module zet het lichtsignaal dat door een vezel komt om in een elektrisch signaal. Een tweede chip verwerkt het signaal; dat wordt bijvoorbeeld versterkt of er wordt een berekening mee uitgevoerd. Tot slot zet een zendermodule het signaal weer in licht om. Radovanovic kwam in januari dit jaar naar Nederland. In zijn thuisland studeerde hij elektrotechniek. In deze richting behaalde hij een graduate engineertitel, en deed vervolgens een master, die hij drie jaar later afrondde. In het besef dat wetenschap geen grenzen kent en op een open sollicitatie vond hij een plek in de ontwerpgroep van prof. Dr. Ir. Bram Nauta. Hij werkt daar onder begeleiding van dr. Ir. Anne Johan Annema.

## Ambitieuus

Het fiber to the chipproject noemt hij 'zeer ambitieus'. Het uiteindelijke doel is om alle verbindingen tussen computerchips te vervangen door optische vezels, gemaakt van glas of kunststof. Nu nog zijn deze verbindingen van koper. Koper heeft als voordeel dat het elektrische signaal van de chips direct doorgegeven kan worden, maar de huidige computertechniek loopt tegen de beperkingen aan. Op dit moment zijn er processoren op de markt die kloksnelheden tot 1500 MHz halen, terwijl de elektronica op het moederbord op maximaal 133 MHz loopt. Dit betekent dat ook de verschillende chips op het moederbord op een snelheid gaat die minder dan een tiende is van de snelheid van de processor. Voor koperen verbindingen zijn deze snelheden zeer hoog, maar een optische vezel heeft daar geen problemen mee.

## Dik en stug

Het gaat om elektrische signalen; dat is de reden dat koper problemen heeft met de snelheid. Immers, een elektrische stroom die door een draadje loopt, wekt een magneetveld op. Op het moederbord van een PC lopen honderden dunne koperbanen vlak langs elkaar. Zo dicht dat ze elkaar als het ware voelen; een signaal dat op de ene baan staat kan overgenomen worden door een naastliggende baan. Deze interferentie is uiteraard niet gewenst. Om toch betrouwbaar de informatie door te geven blijft de snelheid beperkt, en kunnen de banen moeilijk smaller gemaakt worden. Radovanovic noemt als sprekend voorbeeld de monitorkabel, dik en stug. En dat dik komt niet zozeer door de vele draden die er doorheen lopen, maar door de isolatie rondom de draden. Vezels maken gebruik van lichtsignalen, en hebben daarom geen last van deze interferentie-effecten.



## Duur

De snelheid van de communicatie tussen chips onderling kan dus fors omhoog door de elektrische signalen te vervangen door lichtpulsjes, die door optische vezels naar de plaats van bestemming worden gebracht. Op dit moment worden vezels, in het bijzonder glasvezels, veel gebruikt voor het transporteren van grote hoeveelheden data over grote afstanden. Glasvezel is relatief duur, en daarom alleen rendabel in dergelijk zware toepassingen. Dat een optische verbinding zo duur is, komt voor een belangrijk deel door de techniek van de omzetting van lichtpulsjes naar elektrische signalen en omgekeerd. Voor het omzetten tussen optische en elektrische signalen wordt gebruikt gemaakt van dure GaAs- (galliumarsenide) en InGaP- (indium-galliumfosfide) halfgeleiders. Deze materialen vangen het licht op en zetten het om in een elektrisch signaal. Deze halfgeleiders zijn zeer gevoelig voor lichtpulsjes, wat belangrijk is want onderweg raken de pulsjes vaak vervormd, wat detectie moeilijker maakt. Nadeel van deze GaAs- en InGaP-halfgeleiders is niet alleen dat ze duur zijn, maar ook dat de zender en de ontvanger buiten de signaalverwerkende chip zitten. Dit betekent dat er sprake van drie onderdelen. Dat maakt het geheel erg duur, terwijl het signaal alsnog over het trage koper gestuurd wordt. Het doel van het fiber to the chipproject is deze drie componenten te integreren in een enkele chip, die met de standaard CMOS-technologie gemaakt kan worden. CMOS is een techniek waarmee vrijwel alle moderne chips gemaakt worden, die intern wel de gewenste hoge snelheden halen. Radovanovic is binnen het project bezig met

het siliciumdeel, dat wil zeggen de zender, de ontvanger en de signaalverwerkende delen van de chip. Lichtpulsjes die binnenkomen zijn vaak sterk vervormd, en moeten weer tot mooi rechte elektrische pulsjes verwerkt. De grootste uitdaging van het project is om alles te ontwerpen binnen de bestaande CMOS-technologie, dus zonder de dure GaAs- en InGaP-halfgeleiders.

## **Snelheid**

Op het gebied van lichtgevoeligheid van silicium moet nog veel gebeuren. Op dit moment kan CMOS een snelheid van 500 Mbps aan, dat wil zeggen 500 miljoen nullen en enen per seconde. Een enkele lichtpuls duurt dan 2 ns, 1 ns is een miljardste seconde. Dat aantal van 500 miljoen moet omhoog naar tien miljard nullen en enen – 10 Gbps, dat betekent ook dat de lichtpulsjes korter worden. Dit is nog steeds veel langzamer dan de GaAs-zenders en ontvangers die 50 Gbps halen, maar voldoende voor toepassingen in bureaucomputers. De onderzoekers van de Terahertz-oriëntatie pakken dit snelheidsprobleem van twee kanten aan. Aan de ene kant proberen ze de lichtpulsjes beter op de chip te richten, zodat een sterker signaal afgegeven wordt. Een sterker signaal betekent makkelijker en betrouwbaarder detectie. De verbinding tussen de chip en de buitenwereld met een vezel is een groot probleem, waar andere Terahertzonderzoekers hard aan werken.

## **Detectie**

Radovanovic werkt aan de andere kant van het probleem, namelijk de detectie van het optische signaal door het silicium. Als een lichtsignaal op een halfgeleider valt, kan dat licht een elektron losmaken in het materiaal. Hierbij ontstaat aan de ene kant een negatief geladen elektron en aan de andere kant, waar het elektron verdwenen is, een positief geladen gat. De kunst is om deze twee ladingen gescheiden te houden, dit kan door zogenaamd P-gedoteerd silicium op N-gedoteerd silicium te brengen. De detector is hiernaast schematisch weergegeven. In het P-materiaal is een overschot aan gaten, dit materiaal kan makkelijk elektronen opnemen. Tussen de anode en de kathode ontstaat door het licht een elektrische stroom, die gedetecteerd kan worden. Een halfgeleider als GaAs is bijzonder gevoelig voor de lichtpulsjes, terwijl silicium meer moeite heeft om een elektrongat paar te vormen, en te houden. Radovanovic moet de gevoeligheid van het silicium verhogen, zodat kortere en zwakkere lichtpulsjes al voldoende zijn om een betrouwbaar signaal te meten. Een mogelijkheid waar hij aan denkt is het aanleggen van een elektrische veld over de detector, dat het elektron en het gat uit elkaar trekt. Zo worden ze als het ware geholpen om uit elkaar te blijven. Het gebruiken van andere materialen dan in de standaard CMOS-technologie gebruikt worden is uit den boze voor Radovanovic, want dan wordt het proces te duur omdat de chips dan niet in bestaande fabrieken gemaakt kunnen worden. Hij hoopt dat de technologie over drie jaar, als hij klaar is met zijn promotieonderzoek, rijp is voor de markt. In dat geval wordt voor hetzelfde geld veel meer snelheid verkregen en kan het energieverbruik van de chips flink omlaag. Dat laatste is interessant voor mobiele toepassingen zoals gsm-telefoons en laptops. Radovanovic ziet zijn project als een grote uitdaging, die kan leiden tot een doorbraak in de chiptechnologie.