

De dvd-demonstrator, een natuur- én wiskundeproject

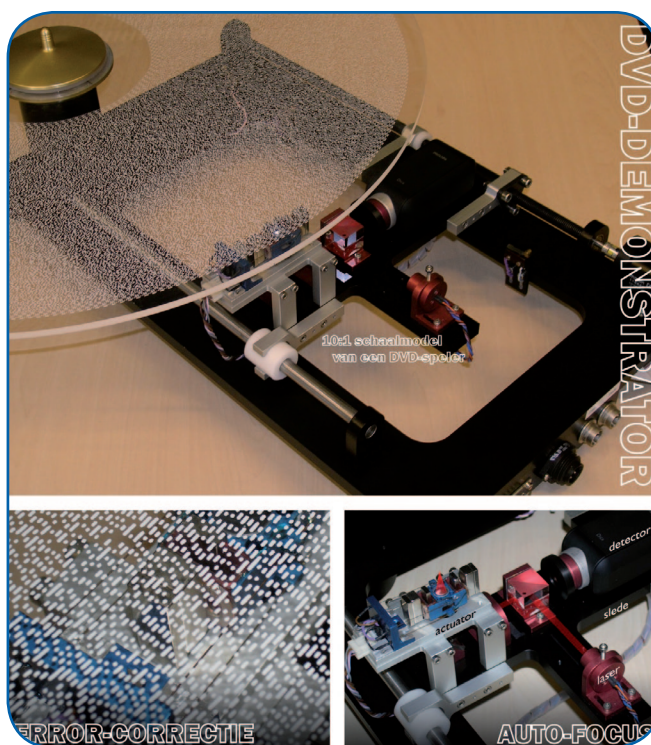
Een film kijken op je dvd-speler, een game spelen op je Wii, een cd'tje branden met de foto's van je vakantie, iedereen maakt wel eens gebruik van optische dataopslag. Achter de bekende kunststof schijfjes schuilt een wereld van ingenieuze technologie. Naast disciplines zoals natuurkunde, elektrotechniek en meet- en regeltechniek, komt daar ook – leuke – wiskunde aan te pas.

Jean Schleipen is onderzoeker bij Philips Research. Als expert op het gebied van optica en laserfysica was hij onder andere betrokken bij de ontwikkeling van Blu-ray, de opvolger van dvd. Om het principe van optisch dataopslag te demonstreren, bedacht en bouwde Schleipen de dvd-demonstrator, een mega-dvd-speler met een werkende laser en een optische schijf waarin je de putjes kunt zien. Samen met Riel Notermans van Technific schreef Schleipen een reader en handleiding waarmee docenten de demonstrator zelf in kunnen zetten in hun les.

Nullen en enen

“Het lesmateriaal gaat in op verschillende vragen”, vertelt Schleipen. “Wat is het principe van een dvd? Hoe ziet een dataspoor eruit? Hoe lees je zo'n spoor uit? Hoe houd je de laser gefocuseerd als het spoor op en neer hobbelt en niet recht loopt? Hoe is de data weggeschreven op de disk? Wat doe je als de data verkeerd wordt uitgelezen omdat de disc vuil of beschadigd is?” In drie lessen passeren deze en meer vragen de revue. De wiskunde die hier bij komt kijken, laat iets zien over de toepassing van binaire reeksen. Of het nu over muziek gaat, een game, een film of foto's, de informatie op de disc bestaat uit louter 'random' rijen nullen en enen. “In de les gaan we kort in op hoe je een analoog signaal omzet in een digitaal signaal. Daarna behandelen we een aantal technieken waarmee je die nullen en enen zo efficiënt en veilig mogelijk op kunt slaan en weer uit kunt lezen”, aldus Schleipen.

De nullen en enen worden in de vorm van putjes op een schijfje vastgelegd. De kortste putjes zijn twee bits lang (een putje = 1,1 en geen putje = 0,0), de langste putjes zijn acht bits lang (een putje = 1,1,1,1,1,1,1,1 en geen putje = 0,0,0,0,0,0,0,0). De data op een cd, dvd of Blu-ray Disc bestaat uit een random patroon van korte en lange putjes. Op de optische disk van de demonstrator – een kleine meter in doorsnede – kun je dit putjespatroon duidelijk zien.



Afbeelding 1: De dvd-demonstrator, een werkend 1:10 schaalmodel van een dvd-speler

[7, 4]-Hamming-code

Als je een cd of dvd kritisch bekijkt, zie je dat er altijd wel krasjes, stofjes of vingerafdrukken op zitten. De kans dat er bij het uitlezen van de putjes een fout wordt gemaakt is dus levensgroot. Toch merk je daar niets van als je het schijfje afspeelt. Dit komt doordat er een speciale codering wordt toegepast. Hierbij worden aan de eigenlijke informatiebits een aantal extra bits toegevoegd waarmee je kunt testen of de

► Lees verder op volgende pagina.

uitgelezen bits goed zijn of fout. De Amerikaanse wiskundige Richard Hamming heeft veel onderzoek verricht naar foutendetecterende- en corrigerende codes. Hoewel bij de ontwikkeling van zo'n code veel algebra komt kijken, is de toepassing ervan verbluffend eenvoudig. We gaan hier kort in op een eenvoudige Hamming code.

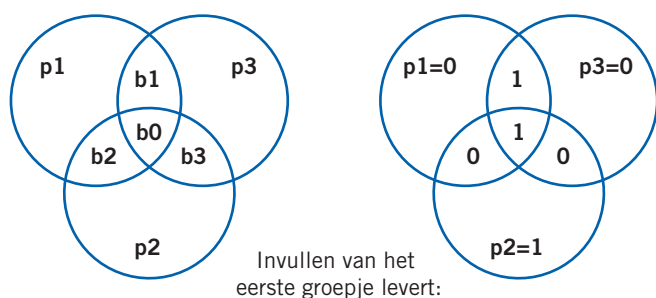
Stel dat een stukje muziek is omgezet in de volgende binaire reeks:

1100011011011111

Voor we deze reeks gaan wegschrijven op de disc, delen we de reeks op in groepjes van vier bits (b0, b1, b2, b3) en voegen we aan elk groepje drie extra bits toe, de zogenaamde pariteitbits (p1, p2, p3). We krijgen nu dus vier rijtjes van zeven bits (b0, b1, b2, b3, p1, p2, p3):

1100* 0110*** 1101*** 1111*****

De waarde van de pariteitbits bepalen we met behulp van drie cirkels en de regel: 'In elke cirkel moet een even aantal enen staan'. We vullen dit als volgt in:



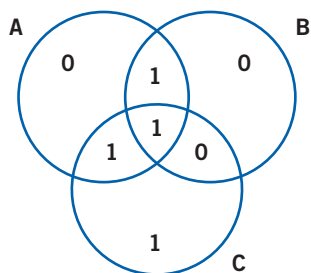
We schrijven dus de volgende codewoorden weg op de disc:

1100010 0110011 1101001 1111111

Bij het teruglezen zitten er wat klein stofjes in de weg en krijgen we:

1110010 0110011 1001001 1111101

Om op fouten te controleren vullen we de gelezen bits weer in de bekende diagrammen in. We gaan er vanuit dat er maximaal één fout kan optreden per groepje van zeven bits. Voor het eerste groepje van zeven bits:



Cirkel B voldoet aan de regel dat er een even aantal enen in moet staan. Deze cirkel bevat dus geen fout. Cirkel A en cirkel C bevatten allebei een oneven aantal enen. De fout moet dus staan in het segment dat alleen deze twee cirkels gemeenschappelijk hebben. De 1 die hier staat moet dus worden veranderd in een 0.

Op dezelfde manier kunnen we ook de andere codewoorden controleren en waar nodig corrigeren.

De codewoorden die we hier gebruiken bestaan uit zeven bits: vier informatiebits en drie pariteitbits. We noemen dit een [7, 4]-code.

Met de hier besproken code kun je maximaal één fout in een codewoord opsporen en corrigeren. Als er een krasje of vuiltje op een cd zit, is de kans natuurlijk groot dat een hele rij bits achter elkaar verkeerd wordt uitgelezen. Het risico op fouten wordt daarom letterlijk gespreid. Voordat de bits worden weggeschreven worden de codewoorden uit elkaar gerafeld en over een groter gebied op de disc verspreid. Dit wordt interleaving genoemd. Het komt erop neer dat van een aantal codewoorden eerst alle eerste bits achter elkaar worden weggeschreven, dan alle tweede bits, etc. Voor onze code woorden krijg je dan de reeks:

1011 1111 0101 0011 0001 1101 0111.

Tenslotte wordt op de verkregen bitstream nog een digitale kanaal codering toegepast waardoor er op de disc minder putjes nodig zijn om de informatie vast te leggen. Hierdoor wordt de geheugencapaciteit van de disc aanzienlijk vergroot. Digitale kanaal codering wordt op veel andere plaatsen toegepast, bijvoorbeeld bij optische telecommunicatie (internet) en bij het oversturen van digitale tv via satelliet.

Vakoverstijgend

De dvd-demonstrator leent zich uitstekend voor een vakoverstijgend project. Leerlingen kunnen op een speelse manier ervaren hoe wiskunde, natuurkunde en andere technisch disciplines samenkomen in apparatuur die ze zelf dagelijks gebruiken. Docenten die al met de dvd-demonstrator hebben gewerkt, zijn enthousiast: "Het is mooi de leerlingen eens een model van zo'n veel gebruikt en hightech apparaat te tonen!", "Leuk om te doen." De les (met wiskunde- en natuurkunde-onderdelen) bestaat uit drie delen die in carrouselvorm gegeven kunnen worden. Totaal zijn er drie lessen nodig.

Gebaseerd op het lesmateriaal bij de dvd-demonstrator is een wiskundeopdracht ontwikkeld voor leerlingen vanaf 2/3 havo/vwo. U vindt deze les op www.wisactueel.nl onder het kopje 'opdrachten'.

De dvd-demonstrator is een les voor de bovenbouw havo/vwo. Meer informatie over deze les en de voorbereidende masterclass vindt u op www.jet-net.nl onder kennisuitwisseling/lesmateriaal/dvd-demonstrator.

De NLT-module 'De mp3-speler' gaat dieper in op de wiskunde van foutendetecterende en -corrigerende codes. U kunt deze module downloaden op http://betavak-nlt.nl/les/modules_v/gecertificeerd/00013.