

University of Groningen

Concurrent multitasking

Nijboer, Menno

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2016

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Nijboer, M. (2016). *Concurrent multitasking: From neural activity to human cognition*. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. Rijksuniversiteit Groningen.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

Samenvatting

Om tegenwoordig nog iets voor elkaar te krijgen is het verstandig om je telefoon uit te zetten, de internetverbinding uit de muur te trekken, de vitrage dicht te draaien en dan hopen dat niemand je lastig valt. In andere woorden: mijd multitasking te allen tijde. En hoewel ik het eens ben met dit gebod, moeten we niet vergeten dat multitasken tegenwoordig een integraal onderdeel is van onze maatschappij. Dat heeft zowel positieve als negatieve gevolgen. Eén van de slechtere ontwikkelingen is bijvoorbeeld alle fietsers die ik dagelijks tegenkom die alleen maar oog hebben voor hun mobieltje. Daartegenover staat wel dat we dankzij multitasken in staat zijn ingewikkelde taken te verrichten zoals het leiden van vliegtuigverkeer. Naast mijn eigen observaties is er ook door middel van onderzoek aangetoond dat wij een groot deel van onze tijd met meerdere dingen tegelijk bezig zijn. Daarom is het belangrijk om te begrijpen hoe onze hersenen meerdere activiteiten tegelijk uitvoeren, en wanneer dit een goed of een slecht idee is.

Er zijn drie hypotheses die vaak aangehaald worden om te verklaren hoe onze hersenen kunnen multitasken. Een doelstelling van dit proefschrift was om uit te zoeken welke hypothese onze bevindingen het best kan verklaren. Eén van de hypotheses is dat er een centraal multitaskinggebied bestaat in de hersenen dat het tegelijkertijd uitvoeren van meerdere activiteiten regelt. Het is echter ook mogelijk dat multitasken een verzameling strategieën is: voor elke combinatie van activiteiten die wij doen, verzinnen onze hersenen een nieuwe strategie die aangeeft hoe die activiteiten tegelijk uitgevoerd moeten worden. Als laatste kan het zijn dat multitasking voornamelijk impliciet geregeld wordt door de architectuur van onze hersenen: door te kijken naar de beschikbaarheid van hersenfuncties die door de activiteiten gebruikt worden (zoals de verwerking van visuele of auditieve invoer, of het onthouden van een aantal letters) kan de uitvoering van die activiteiten geïntegreerd worden.

Aan de hand van een serie van experimenten heb ik uitgezocht welke hypothese – of welke combinatie van hypotheses – het beste benadert hoe onze hersenen multitasken. Bij elk experiment gingen we uit van de derde hypothese dat multitasking impliciet geregeld wordt door de hersenarchitectuur, omdat deze hypothese sterke voorspellingen kan maken over het gedrag bij multitasken. Vervolgens kijken we hoe goed deze hypothese bij de observaties past en of de andere twee hypotheses mogelijk een rol spelen. De experimenten die ik heb gedaan onderzoeken multitasking op verschillende niveaus. Zo zal er gekeken worden naar neurale activiteit tijdens multitasken, welke cognitieve processen een rol spelen, wanneer mensen goed of slecht zijn in multitasken en wat voor beslissingen mensen maken als ze ervoor kiezen om te gaan multitasken.

De Neurale Basis van Multitasken

Om te kijken welke delen van de hersenen actief zijn tijdens multitasken hebben wij een fMRI-experiment uitgevoerd. Tijdens een fMRI-experiment komen mensen

in een MRI-scanner te liggen. Deze meet de zuurstofconcentratie in de hersenen. De zuurstofconcentratie geeft aan hoeveel zuurstof hersencellen nodig hebben in een bepaald deel van de hersenen op een bepaald moment en meet dus indirect de hersenactiviteit.

In het experiment moesten mensen, terwijl ze in de fMRI-scanner lagen, een aantal taken alleen of gelijktijdig met een andere taak uitvoeren. Deze taken waren op een aantal manieren verschillend: zo was er bijvoorbeeld een auditieve taak waar tonen geteld moesten worden en een visuele taak waar letters onthouden moesten worden. Als we er van uitgaan dat multitasken sterk bepaald wordt door de architectuur van hersenprocessen, dan zou het mogelijk moeten zijn om voorspellingen te maken over hoe goed taken tegelijk kunnen worden uitgevoerd. Als taken overlap hebben in de hersenfuncties die nodig zijn om ze uit te voeren, bijvoorbeeld wanneer beide taken visuele aandacht vereisen, dan verwachten we dat deze taken niet goed tegelijk uit te voeren zijn. Dit komt omdat een hersenfunctie maar voor één taak tegelijk bezig kan zijn. Dus wanneer twee taken dezelfde hersenfunctie tegelijk nodig hebben, dan moet één van de twee taken uitgesteld worden totdat de andere de hersenfunctie niet meer nodig heeft. Dit heet taakinterferentie en heeft negatieve gevolgen voor de reactietijden en accuratesse die behaald worden op de taken.

Uit de fMRI-data blijkt dat de overlap tussen taken inderdaad voorspellend is: als de overlap in hersenactiviteit tussen twee taken groter is, zijn de prestaties lager wanneer deze taken tegelijk uitgevoerd worden. Daarnaast konden we in de data geen bewijs vinden voor de hypothese dat er een speciaal multitaskinggebied in de hersenen bestaat. Samen suggereren deze bevindingen dat onze mogelijkheid tot multitasken sterk afhankelijk is van de gedistribueerde architectuur van hersenfuncties en hun beschikbaarheid.

Het Modelleren van Multitasking

Het meten van de hersenactiviteit helpt ons begrijpen hoe de hersenen betrokken zijn bij multitasking, maar vertelt ons niet hoe de mechanismen werken die deze activiteit veroorzaken. Zo weten we bijvoorbeeld nog weinig over het gebruik van werkgeheugen tijdens multitasken. Het werkgeheugen is een tijdelijke opslagplaats voor gegevens die snel toegankelijk moeten zijn. Dat kan bijvoorbeeld het huisnummer zijn waar je naar op zoek bent in een straat. Een interessante vraag is uit welke componenten werkgeheugen precies bestaat tijdens het multitasken. Zo zou werkgeheugen in deze situatie kunnen bestaan uit een enkele component waarin een aantal stukken informatie paraat gehouden worden om snel opgevraagd of aangepast te worden. Het is echter ook denkbaar dat er meerdere componenten mee gemoeid zijn, een zogenaamd multicomponent systeem: bijvoorbeeld een systeem waarbij het paraat houden van informatie en het aanpassen daarvan in verschillende componenten gebeurt.

Om uit te zoeken of het werkgeheugen dat we tijdens multitasken gebruiken uit één of meerdere componenten bestaat hebben we een cognitief model gemaakt

voor beide varianten. Een cognitief model is een manier om uit te vinden hoe een mechanisme of proces in de hersenen werkt door er een formele omschrijving van te maken. Dat kan een wiskundige formule zijn, maar ook een verzameling regels die het mechanisme volgt. Deze omschrijving kan vervolgens gebruikt worden om een voorspelling te maken van het gedrag dat mensen vertonen wanneer het mechanisme toegepast wordt. Deze voorspelling kan daarna getoetst worden aan de hand van een experiment met mensen.

De cognitieve modellen die wij gemaakt hebben zijn computersimulaties die door middel van regels omschrijven hoe multitasken in de hersenen werkt. Ze zijn ontwikkeld in een cognitieve architectuur genaamd ACT-R (Adaptive Control of Thought – Rational). Een cognitieve architectuur is kort gezegd een theorie over menselijke cognitie die een aantal precieze aannames heeft over hoe cognitie precies in elkaar steekt. Het voordeel van het implementeren van een model binnen een bestaande architectuur is dat we deze aannames niet nog apart in ons model op hoeven te nemen en dat ze eerder al uitgebreid onderzocht zijn.

De modellen waren in staat het eerder genoemde fMRI-experiment uit te voeren en moesten dus een aantal taken alleen of in combinatie uitvoeren. De simulaties van deze modellen leverden voorspellingen op voor gedrag (reactietijden en accuratesse) en hersenactiviteit. We vergeleken deze voorspellingen onder andere met de data van het eerder uitgevoerde fMRI-experiment. Daaruit bleek dat het model waar werkgeheugen uit één component bestaat wel de gedragsdata goed kon benaderen, maar niet de hersenactiviteit. Het zogenaamde “multicomponentmodel” kan echter zowel de gedragsdata als de data van hersenactiviteit goed voorspellen. Dit betekent dat taakinterferentie binnen werkgeheugen ingewikkelder is dan tot nu toe werd gedacht, omdat het uit meerdere elementen bestaat waarin los van elkaar interferentie kan plaatsvinden.

Hoewel beide modellen sterk argumenteren voor een architecturale verklaring van het multitaskingsmechanisme, lijkt er ook een strategisch component aanwezig te zijn. Het multicomponentmodel geeft namelijk aan dat het bezetten en vrijgeven van werkgeheugen niet grotendeels automatisch geregeld is, zoals bij andere cognitieve functies, maar afhankelijk van de taak die uitgevoerd wordt. Dat is maar goed ook: onze hersenen weten niet van te voren hoelang de gegevens in het werkgeheugen vastgehouden moeten worden. Als dit wel automatisch werd geregeld, dan zou je plotseling kunnen vergeten welk huisnummer je ook alweer zocht, terwijl je er recht voor staat.

Rijgedrag Tijdens Multitasking

Autorijden is ook een activiteit die laat zien hoe moeilijk het is om multitaskingprestaties te voorspellen. Onderzoek heeft namelijk laten zien dat het rijgedrag soms beter kan worden wanneer mensen tegelijkertijd met iets anders bezig zijn. Om verder uit te zoeken waardoor dat komt heb ik een experiment met een rijsimulator uitgevoerd (Figuur 7-1). Het autorijden gebeurde in twee scenario's die je op de snelweg ook



Figuur 7-1. De rij simulator. *Links:* rijden zonder extra taak. *Rechts:* rijden terwijl er van een tablet gelezen moet worden.

tegenkomt: een bijna lege weg waar je alleen maar rechtuit hoeft te rijden, of een weg waar je regelmatig verkeer inhaalt en zelf ook ingehaald wordt. Het tweede rijscenario eist dus veel meer inspanning dan het eerste. Naast het autorijden moesten de bestuurders vaak ook een andere activiteit doen. Er waren er drie: als eerste was er een radioshow waar mensen naar luisterden. Als tweede was er een reeks fragmenten uit een radioshow, waarbij na elk fragment een meerkeuzevraag beantwoord moest worden. Als derde was er een scrollende tekst op een tablet die gelezen moest worden en waarover wederom meerkeuzevragen beantwoord moesten worden. Naast deze drie taken moesten mensen ook een stuk rijden zonder een tweede activiteit, zodat ze zich helemaal konden concentreren op het autorijden zelf. In totaal waren er dus vier condities.

Om te kijken wanneer mensen de beste rijprestaties vertoonden werden de vier rijcondities in een rangorde geplaatst. Het was geen verrassing dat de taak waar tekst op een tablet gelezen moest worden met ruime marge tot de slechtste rijprestaties leidde. Je zou daarnaast kunnen verwachten dat autorijden zonder tweede bezigheid het hoogst eindigt. Dit was voor zowel het rustige als het inspannende rijscenario echter niet het geval: het waren namelijk de twee radiotaken die voor de beste rijprestaties zorgden.

Dit lijkt op het eerste gezicht in te gaan tegen alles wat wij over multitasken weten. Het is echter wel te verklaren. Beide rijscenario's waren niet echt stimulerend voor de autorijders: het rustige scenario was saai, terwijl zelfs het inspannendere scenario zeer repetitief was. Wanneer mensen dingen moeten doen die saai of repetitief zijn, dan kunnen ze gaan dagdromen. Er is zelfs onderzoek gedaan wat aangeeft dat we wel tot 50 procent van onze dag hiermee bezig zijn. Dit betekent dat mensen hun eigen afleidende activiteit creëren als we er niet eentje aanbieden, zoals bijvoorbeeld de radioshow. Waarschijnlijk is het dagdromen geen bewuste keuze, maar een strategie om genoeg geprikkeld te blijven zodat men niet in slaap valt tijdens het rijden.

Dagdromen zorgt voor interferentie met het autorijden. Hoewel deze interferentie veel minder zwaar is dan datgene wat de tablet taak veroorzaakt, is het wel sterker dan de interferentie van de twee radiotaken. Kortom, de radiotaken leiden niet zo

zeer tot de beste rijprestaties, maar tot de minst slechte.

Keuzes Maken in Multitasken

Bij het autorijden zien we dat mensen niet altijd de beste keuzes maken wanneer het op multitasken aankomt: soms gaan ze namelijk dagdromen tijdens het autorijden. We hebben dit verder onderzocht door te kijken hoe rationeel de keuzes zijn die mensen maken wanneer ze beslissen om te gaan multitasken. Dat wil zeggen, kiezen ze ervoor om taken tegelijk te doen die goed samengaan, of ontwijken ze ten minste combinaties die erg slecht samengaan? Het experiment dat we gebruikt hebben om dit te toetsen lijkt erg op het fMRI-experiment. Mensen konden echter steeds zelf kiezen welke taak ze tegelijk met een andere vooraf bepaalde taak gingen uitvoeren. Elke gekozen combinatie werd dertig seconden lang uitgevoerd en daarna moest er een nieuwe combinatie gekozen worden. Dankzij de inzichten die we verkregen hebben over de effecten van overlap in cognitieve functies tussen taken konden we voorspellen welke combinaties van taken wel tot goede prestaties zouden leiden en welke niet.

De gedragsdata lieten zien dat de voorspellingen gebaseerd op de overlap tussen taken correct waren: prestaties waren lager voor taken die meer overlap hadden. Een groot deel van de mensen die het experiment gedaan hebben vond het echter moeilijk om uit te zoeken welke taken goed samen gingen: Ongeveer een derde selecteerde altijd dezelfde taak, ongeacht of deze wel of niet goed samenging met de andere taak. Van de resterende mensen koos een klein deel vrij willekeurig. Echter het grootste deel koos taken zodat de overlap tussen de taken die ze tegelijk moesten uitvoeren minimaal was. Ontdekken welke taakcombinaties de kleinste hoeveelheid overlap hadden bleek verre van simpel te zijn: het duurde bijna de helft van het volledige experiment voordat de keuzes die mensen maakten stabiliseerden. Mensen lijken dus in staat om rationele keuzes te maken die prestaties optimaliseren, maar er is een aanzienlijke leercurve. Dat het tijd kost om dit te leren geeft ook weer aan dat er een strategische aanpassing bij multitasking aanwezig is: de manier waarop multitasken geïmplementeerd is op het niveau van hersenarchitectuur helpt ons niet om intuïtief te begrijpen wat de limieten van het multitaskingmechanisme zijn.

Conclusies

In dit proefschrift hebben we ons gericht op het bepalen van de theorie die het best de resultaten van verschillende multitaskingexperimenten kan verklaren. Daarbij namen we drie mogelijke verklaringen onder de loep. De eerste verklaring is dat prestaties achteruit gaan tijdens multitasken, omdat er een centraal gebied is dat alles in goede banen moet leiden en daardoor tijd wegneemt die anders aan de taken was toegekend. De tweede verklaring is dat we allemaal verschillende controlestrategieën toepassen tijdens het multitasken die mogelijk niet optimaal zijn. De laatste verklaring is dat er limieten zijn aan onze capaciteit om informatie te verwerken, vanwege de structuur waaruit onze hersenen zijn opgebouwd. Wij vonden geen

bewijs voor een centraal gebied dat multitasking regelt. Het onderscheiden tussen de overige twee theorieën bleek echter een stuk lastiger. Multitasking lijkt dan ook een combinatie van de twee te zijn. In het algemeen is overlap in cognitieve functies een goede voorspelling van multitaskingprestaties. Daaruit kunnen we afleiden dat de beschikbaarheid van functies een grote rol speelt in het organiseren van het gelijktijdig uitvoering van meerdere activiteiten. Onze multitaskingmodellen laten daarnaast zien dat in sommige gevallen de beschikbaarheid van cognitieve functies beïnvloed kan worden door de strategie die gebruikt wordt om een activiteit uit te voeren.

Multitasking wordt over het algemeen in een slecht daglicht geplaatst. Dit is niet verwonderlijk als we kijken naar de overvloed aan voorbeelden waar multitasken niet echt een goed idee bleek te zijn. Zelfs in dit proefschrift zien we dat mensen niet intuïtief begrijpen welke activiteiten goed tegelijkertijd uit te voeren zijn. We zien bij autorijden zelfs dat mensen in bepaalde gevallen zelf een activiteit creëren die niet goed samengaat met de primaire bezigheid. We zagen echter ook dat multitasken de rijprestaties kan verbeteren, door een beter alternatief aan te bieden.

Maar hebben we ook geleerd wanneer multitasking goed is? Ik kan alleen een vuistregel geven: kijk naar de cognitieve, motorische en perifere functies die je nodig hebt om een activiteit uit te voeren en mijd gevallen waar er te veel overlap is met datgene wat je gelijktijdig wil gaan doen. Wat we vooral moeten onthouden is dat er veel gevallen zijn te bedenken waar er weinig overlap is, terwijl multitasken ons dan wel in staat stelt om meerdere activiteiten tegelijk te doen. In onze drukke levens kan dit soms wel het één en ander aan stress schelen. Daarom kan multitasken als een nuttige vaardigheid beschouwd worden als men het gebruikt met een beetje gezond verstand.