

Studieadvies op basis van zelforganisatie

(Dynamische wegwijzers in een veranderend onderwijslandschap)

B. van den Berg, C. Tattersall, J. Janssen, R. Van Es en R. Koper

Samenvatting

Studenten kunnen tegenwoordig kiezen uit een steeds groter aanbod van cursussen en trainingen, die vaak in de vorm van losse modules op verschillende manieren aan elkaar geschakeld kunnen worden. Dit biedt veel voordelen maar vormt ook de basis voor een keuzeprobleem: wat is de meest effectieve weg naar mijn doel?

Dit artikel beschrijft de software architectuur die is ontworpen om Life-Long-Learners te ondersteunen bij het kiezen van hun leerpad in een leernetwerk. Deze architectuur sluit aan bij theorieën over zelforganisatie en indirecte sociale communicatie. De architectuur omvat de opslag, verwerking en presentatie van collectief studiegedrag en verschaft informatie over succesvolle leerpaden van medestudenten aan studenten die een vervolgkeuze voor hun studie maken.

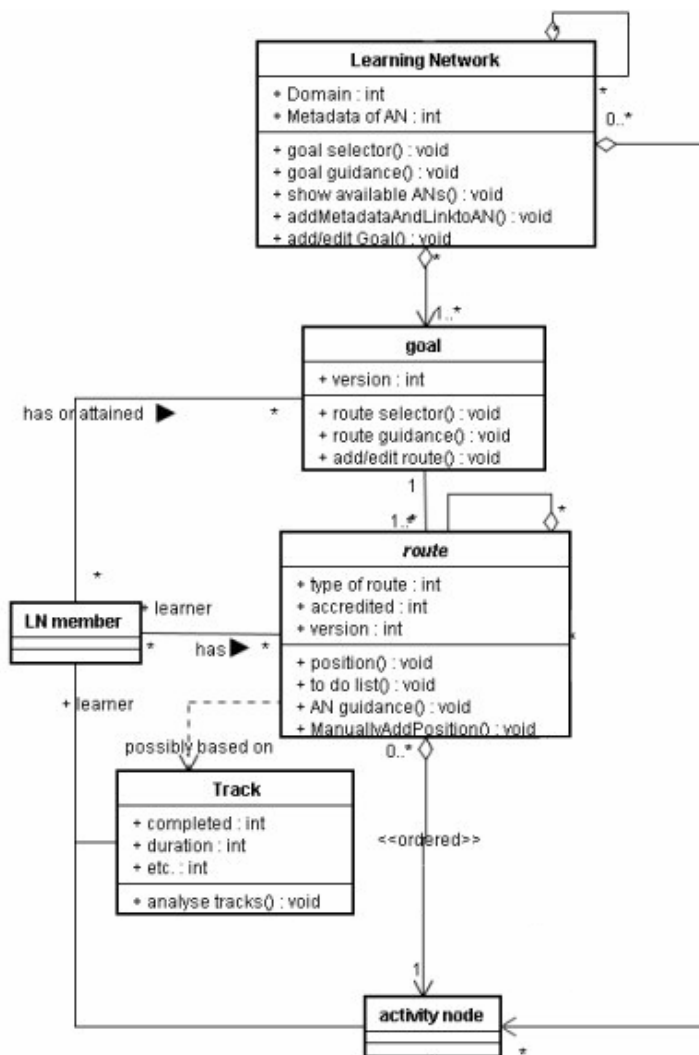
Er wordt een implementatie beschreven van een leernetwerk en verslag gedaan van de uitkomsten van een experiment met dit prototype. De resultaten leiden tot de conclusie dat er door het geven van een advies convergentie van leerpaden optreedt en dat de studenten die een studieadvies krijgen effectiever zijn..

1 **Introductie en achtergrond**

De afgelopen decennia hebben belangrijke veranderingen plaatsgevonden in het onderwijs. Deze veranderingen vinden veelal hun oorsprong in vernieuwde ideeën over leren en de rol van de betrokkenen in het leerproces. Er is sprake van wezenlijke accentverschuivingen. Op dit moment wordt leren meer gezien als een zelf-gereguleerd en actief proces van een lerende die beschikt over bepaalde competenties en die in belangrijke mate zijn eigen beslissingen neemt over wat, hoe en wanneer. (Elen, Lowyck en van den Berg,1999). Leren is daarbij minder tijd en plaats gebonden dan voorheen en vindt bij voortduring plaats; wat tot uitdrukking komt in termen als afstandsonderwijs, Leven Lang Leren en E-learning. Meer in het algemeen onderscheidt Livingstone (2001) vier vormen van onderwijs (leren): Formal education, Non formal education or further education en Informal education or training, Informal learning. Onderwijsinstellingen en daarmee ook de docenten zijn in dit geheel in de loop der jaren een andere rol gaan spelen. De rol van de docent is in veel gevallen minder centraal geworden en is zich meer gaan richten op het leerproces dan op de inhoud(soverdracht) en bovendien nemen docent en student steeds vaker rollen van elkaar over. Het gebruik van ICT speelt daarbij een belangrijke rol. Het stelt informatiebronnen beschikbaar, maakt het mogelijk dat mensen

samenwerken en communiceren zonder dat ze in elkaars nabijheid zijn, ondersteunt bij het plannen en managen van het leerproces.

Het concept Learning Networks zoals beschreven door Koper (Koper et al. 2005) reflecteert de veranderde opvattingen van leren en integreert deze in een systeem waarin deelnemers vanuit verschillende rollen actief en doelgericht participeren. Zoals in figuur 1 te zien is wordt een Learning Network (LN) gedefinieerd als een verzameling Activity Nodes in een bepaald domein waarmee LN deelnemers interacteren op basis van één of meer Goals met daaraan gekoppeld een route waarlangs het doel bereikt kan worden.



Figuur 1: UML diagram van concepten van een Learning Network en hun onderlinge relaties.

Een LN heeft altijd betrekking op een specifiek domein en bestaat niet zonder (inter)actie met bronnen, dit kunnen leermaterialen zijn maar ook personen.. Deze interactie wordt beschreven in een *Activity Node*. Een Activity Node (AN) kan op verschillende manieren geïmplementeerd worden (in

één of meer onderwijsinstellingen) Een AN kan betrekking hebben op één enkele leertaak, een cursus, een workshop of een programma etcetera.

In een leernetwerk is de traditionele rolverdeling van docent en student losgelaten. Deelnemers in een LN kunnen (tegelijkertijd) verschillende rollen vervullen, afhankelijk van hun doelen, mogelijkheden, functie etc. Elke deelnemer in een LN kan in principe een AN maken, aanpassen, bestuderen, of begeleiden, routes definiëren etc.

Een *Goal* geeft aan wat een persoon wil leren. Goals kunnen a) zelf bepaald worden, b) gekozen worden uit een informele lijst met goals of c) gekozen worden uit een lijst met formele goals (= het behalen van een bepaald niveau (bachelor, master, phd, etc.) in een bepaald domein.

Een *Route* is het plan om een goal te realiseren. Het plan bestaat uit een geordende serie AN's. De ordening bestaat uit sequenties en selecties met een taal om specifieke routeregels te definiëren. Een *track* is een pad afgelegd door een individuele student.

In de eerder onderscheiden vormen van leren is de verantwoordelijkheid en de mate van vrijheid met betrekking tot de inrichting van het leerproces verschillend: naarmate het leren informeler wordt, neemt de vrijheid van de lerende zelf voor het bepalen van het doel en de route erheen toe.

Tegelijkertijd neemt het aantal keuzemogelijkheden toe omdat in een LN de institutionele grenzen overstegen worden. Dit stelt de student voor een keuzeprobleem: wat is de meest effectieve weg naar mijn doel? Om dit probleem te tackelen maken we gebruik van de theorieën van learning networks. De in dit artikel voorgestelde architectuur ondersteunt studenten bij het kiezen door een advies te geven voor een vervolgkeuze voor hun studie gebaseerd op gedrag van voorgangers. Deze ideeën steunen op de principes van zelforganisatie en indirecte sociale communicatie zoals die bijvoorbeeld aangetroffen worden in de mierenwereld (Bonabeau 1999) waarin mieren elkaar informeren over plaatsen waar voedsel te vinden is door geursporen (feromonen) achter te laten. De architectuur omvat de opslag, verwerking en presentatie van collectief studiegedrag en is ontworpen voor het aanbieden van informatie over leerpaden aan studenten.

2 De voorgestelde architectuur

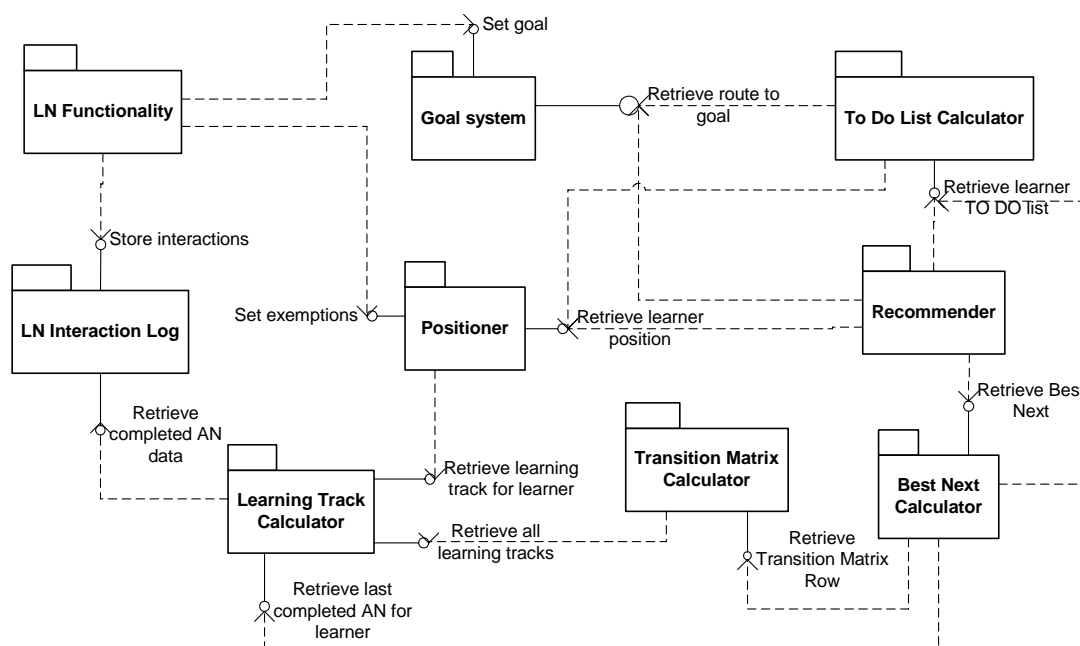
Het advies dat studenten krijgen, is niet afkomstig van studiebegeleiders en wordt niet gebaseerd op een model van de student of het leermateriaal berekent, maar ontstaat dynamisch door de interacties in het netwerk. Door het terugkoppelen van informatie over succesvolle afronding van AN's ontstaan vanuit het collectief studentengedrag structuren (leerpaden) in een leernetwerk.

Een leernetwerk biedt, zoals gezegd, afhankelijk van de rol van de deelnemers een scala aan functies variërend van ontwerpen van AN's tot en met het toetsen ervan. Voor het adviessysteem richten wij ons alleen op het bestuderen en afronden van AN's.

2.1 Het adviessysteem

De kern van de architectuur wordt gevormd door de *Best Next calculator*. Deze maakt gebruik van de gegevens van de *Transition Matrix Calculator* en de *To-Do lijst*. De To-do lijst wordt vastgesteld op basis van *Goal* en *Position*. Het doel van de lerende wordt bepaald en vastgelegd met behulp van het *Goal system*. In de *Positioner* wordt vastgesteld en opgeslagen welke AN's als reeds afgesloten kunnen worden beschouwd. Dit kan zijn op basis van activiteiten binnen hetzelfde leernetwerk of op basis van vrijstellingen verkregen door elders verworven competenties.

In de transition matrix worden de individuele loggegevens van alle studenten met hetzelfde doel in een leernetwerk verzameld c.q. berekend. Op basis van deze informatie wordt in combinatie met de *To-do List Calculator* door de *Best Next Calculator* een advies gegenereerd. Het advies heeft in onze huidige implementatie omwille van de eenvoud betrekking op de eerstvolgende stap op weg naar het doel c.q. de eerstvolgende AN in de route van de lerende. In principe zou het ook mogelijk zijn het advies te richten op een sequentie van opeenvolgende AN's of een selectie van AN's of zelfs alternatieve wegen aan te bieden.



Figuur 2: architectuur van het adviessysteem

Welke informatie in de transition matrix wordt gebruikt als uitgangspunt voor de feedback is afhankelijk van het soort feedback dat men wil geven, maar in elk geval is die steeds gebaseerd op de interacties van andere studenten in het netwerk met de AN's. Zo kan in de transition matrix een waarderingcijfer worden opgeslagen voor de bestudeerde AN, of het aantal tentamenpogingen, het gemiddelde van de tentamencijfers of het aantal bestede studie-uren etcetera. In het geteste prototype

van het systeem is het succesvol afronden van een AN gekozen als uitgangspunt voor het gegenereerde advies.

Tabel 1 toont een voorbeeld van een transition matrix. Iedere keer als een student een AN succesvol afsluit wordt deze informatie opgeslagen in de *Learning Track Calculator*, in het formaat “Learner-id, AN_x, AN_y, AN_z, ...”. Vervolgens wordt op basis van deze nieuwe gegevens de transition Matrix aangepast.

	AN1	AN2	AN3	AN4	AN5	...	AN10
{}	1	3	2	4	5	...	...
AN1		4	2	5	1	...	...
AN2	2		2	1	3	...	...
AN3	3	4		1	2	...	...
AN4	4	2	4		5	...	...
AN5	1	2	5	3		...	...
...		
AN10	...	...	...	...	...	...

Tabel 1: voorbeeld van een transition matrix

Stel dat een student als doel heeft het verwerven van een basiscompetentie op een bepaald gebied en dat de route om dat doel te bereiken bestaat uit het behalen van 5 AN's in een specifiek Learning Network met 10 AN's. Stel bovendien dat de student geen vrijstelling heeft, derhalve is zijn Positie leeg: {}. De To-do lijst van deze student bestaat uit de Route minus de Positie. De student start bijvoorbeeld met de bestudering van AN3 en rond deze succesvol af. Deze AN3 wordt toegevoegd aan zijn individuele Learning Track en in de transition Matrix wordt de cel {} – AN3 met 1 verhoogd. Vervolgens wordt voor de student berekend welke AN als Best Next in aanmerking komt. Dit gebeurt op basis van succesvolle afronding van vervolg AN's van andere studenten met hetzelfde doel. Tabel 1 toont dat na het afronden van AN3 respectievelijk 3 studenten AN1 succesvol afsloten, 4 studenten AN2, 1 student AN4 en 2 studenten AN5. Dit zijn daarom de mogelijke kandidaten die voor een vervolgkeuze in aanmerking komen.

De *Recommender* is de laatste schakel in het proces. Uit de lijst Best Next kandidaten worden alle AN's geschrapt die niet voorkomen in de To-do lijst van de betreffende student en zodanig in een nieuwe lijst geplaatst dat de informatie over de frequentie van succesvolle afronding behouden blijft:

{AN1, AN1, AN1, AN2, AN2, AN2, AN2, AN4, AN5, AN5}.

Het advies dat op basis van deze lijst wordt gegenereerd, komt tot stand door willekeurig een item uit de lijst te selecteren. De AN die het meest voorkomt in de lijst (in dit geval AN2) heeft een grotere kans gekozen te worden, maar om suboptimale convergentie naar een bepaald pad te voorkomen worden andere AN's niet uitgesloten. De nodes AN1 AN3 AN4 en AN5 komen op deze manier nog steeds voor een advies in aanmerking. Het gebruik van deze randomprocedure is in lijn met de principes voor zelforganisatie zoals beschreven door Bonabeau et al. [Ref]. Het algoritme dat wordt toegepast om de kandidaten voor een vervolgcursus te genereren wordt beschreven door Koper (2005). Vervolgens wordt het advies aan de student getoond.

2.2 *Onderzoeksvragen*

Om de architectuur in de praktijk te testen, is een experimenteel onderzoek ingericht dat in het eerste half jaar van 2005 heeft plaatsgevonden. De onderzoeksvragen zijn als volgt gedefinieerd:

1. Het geven van feedback over de “best next” stap gebaseerd op eerdere keuzes van succesvolle studenten zal resulteren in een verhoogde effectiviteit waargenomen door zowel de mate van voortgang die gemaakt wordt (het aantal AN's dat wordt afgerond) en goal attainment (de hoeveelheid studenten die een voorafgesteld doel halen).
2. Het geven van feedback over de “best next” stap gebaseerd op eerdere keuzes van succesvolle studenten zal resulteren in een verhoogde efficiëntie: de tijd die nodig is om het doel te bereiken.

Een belangrijke achterliggende gedachte van het onderzoek is gebaseerd op theorieën met betrekking tot zelforganisatie. De verwachting is dat door het geven van het advies structuren zullen ontstaan in de leerpaden met andere woorden dat er convergentie zal optreden. Dit artikel richt zich met name op deze vraag naar convergentie van leerpaden. De hypothese is als volgt geformuleerd:

3. Door het geven van een advies voor een vervolgonderdeel zullen de afgelegde studiepaden grotere overeenkomst vertonen.

3 **Experiment**

3.1 *Experimentele opzet en bevindingen*

De beschreven architectuur is prototypisch in een leernetwerk opgezet en getest. Het speciaal voor het experiment ontwikkelde leernetwerk bestaat uit elf onderdelen (AN's) die betrekking hebben op het ontwikkelen van vaardigheden voor het gebruik van Internet zoals: zoeken op het web, virussen bestrijden, omgaan met Spam, het maken van een eigen homepage etcetera. Zij hebben didactische gezien allemaal dezelfde structuur en zijn als volgt opgebouwd. Elke AN begint met een korte

inleiding over het onderwerp en een (verwijzing naar een) beschrijving van de benodigde voorkennis en leerdoelen. Dan volgen in de regel vier tot vijf activiteiten en de AN wordt afgesloten met een korte toets bestaande uit een vijftal vragen. De activiteiten bestaan uit een korte instructie waarin beschreven wordt hoe gebruik gemaakt kan worden van de bijbehorende bronnen. Bronnen bestaan uit documenten, verwijzingen naar internetpagina's, forums en in enkele gevallen opiniepeilers. De benodigde studielast voor een node is ongeveer twee uur. De inhoud wordt aangeboden als één geheel. Als de student alle elf onderdelen succesvol heeft afgerond ontvangt hij/zij een certificaat. Het tijdsbestek van de cursus is drie maanden. De rol van de docent in het netwerk bestaat uit het maken van de AN's en het in gang zetten en beheren van de forumdiscussies en het ondersteunen van de helpdesk. De helpdesk beantwoordt algemene, technische en administratieve vragen, geen inhoudelijke. Er schreven 1010 studenten zich in voor de cursus, deze werden willekeurig verdeeld over twee groepen. 808 studenten participeerden actief (398 in de controle groep en 410 in de experimentele groep). De studenten in de experimentele groep krijgen, na afronding van elk onderdeel een advies voor een volgend onderdeel op basis van succesvolle afronding van medestudenten berekent op de wijze zoals beschreven. De studenten in de controle groep ontvangen geen advies en kiezen zelf op basis van eigen criteria een vervolgonderdeel. Voor beide groepen is een aparte Moodle-site ingericht, maar behalve het wel of niet zichtbaar zijn van het advies is er geen verschil tussen de twee sites, inhoud en technologie zijn exact gelijk. In feite gaat het dus om twee instanties van één leernetwerk.

Elke keer na afronding van een cursusonderdeel keert de student terug naar het cursusoverzicht. Dit toont behalve een hyperlink naar algemene cursusinformatie twee lijsten waarin enerzijds te zien is welke onderdelen al zijn afgerond (links in het cursusoverzicht) en welke nog gedaan moeten worden. De To-do lijst wordt elke keer dat deze opnieuw benaderd wordt in een willekeurige volgorde op het scherm getoond om te voorkomen dat de presentatie de keuze voor een vervolgonderdeel beïnvloed. Het advies voor de studenten in de experimentele groep wordt samen met de beide lijsten (Completed en To-do) getoond (zie figuur 3). Indien nog geen AN's zijn afgerond, wordt de tekst "Ga verder met:Een onderdeel naar eigen keuze." weergegeven.



Figuur 3: Startpagina van de experimentele groep, met advies.

3.2 Technische aspecten van het prototype

Het prototype van een leernetwerk met het adviessysteem is, in lijn met de filosofie van Learning Networks, met Open Source software gebouwd in een configuratie die bekende staat onder de afkorting LAMP. De basis wordt gevormd door LINUX als operating systeem, daarop draait een APACHE webserver, MYSQL wordt gebruikt als relationele databaseserver en ten slotte PHP (Hypertext Preprocessor) als server-side taal.

Het LN is geïmplementeerd in Moodle (Dougiamas, 2005). Moodle is een zogenaamd Course Management System (CMS) ontwikkeld in een Open Source community. Moodle staat voor Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment. Moodle maakt gebruik van PHP en ondersteunt verschillende type databases (in ons geval de MYSQL database). SQL (Structured Query Language) wordt gebruikt om database queries te maken zodat in het systeem data kunnen worden opgespoord, geselecteerd en omgerekend en vervolgens in PHP scripts worden verwerkt. De resultaten daarvan zijn de voor de studenten en docenten gepresenteerde webpagina's. Voor de bouw van het systeem is Moodle op een aantal aspecten aangepast, het betreft veelal wijzingen die van invloed zijn op de user-interface maar de belangrijkste aanpassing is het toevoegen van de Learning Track module. Deze module is in feite de vertaling van de voorgestelde architectuur.

Vanwege het experimentele karakter is de functionaliteit van het prototype in een aantal opzichten ingeperkt: de componenten Goal system en Positioner zijn niet uitgewerkt. Het Goal system behoeft geen uitwerking omdat het doel en de route voor alle studenten hetzelfde zijn: het verwerven van

basiscompetenties op het gebied van het gebruik van Internet. De route bestaat uit het succesvol afsluiten van elf AN's, de student is vrij om te bepalen in welke volgorde. Één groep studenten, de experimentele groep, krijgt daarbij als ondersteuning een advies, zoals voorgesteld. De andere, controle groep krijgt geen advies.

Hoewel de voorkennis van studenten feitelijk natuurlijk verschilt, wordt daar in dit systeem geen rekening mee gehouden en vrijstellingen voor onderdelen worden niet verstrekt: alle studenten beginnen zonder vrijstellingen, weergegeven als Positie { } en dienen alle onderdelen te bestuderen. Eenmaal studierend in het leernetwerk wordt de positie berekend op basis van de Learning Track. Een weergave van de Positie is te zien in figuur 3: in de linkerkolom ziet de student welke Activity Nodes al succesvol zijn afgerond. In de rechterkolom wordt de lijst van AN's getoond die nog gedaan moeten worden. Dit is de output van de component To-do-list Calculator die op basis van de Route naar het Doel, die AN's schrapt die deel uitmaken van de Positie.

Learning Track module

De component Learning Network Interaction Log registreert per sessie alle interacties van de student met het systeem. Dit begint bij het inloggen, en eindigt met het afsluiten van de sessie. Daartussen wordt een breed scala van events opgeslagen, waarvan er slechts enkele relevant zijn voor het bepalen van de Learning Tracks van studenten. Voor het vastleggen van de sporen van studenten, hetgeen gebeurt in de component Learning Track Calculator, is het ID van een student noodzakelijk, verder dient het moment waarop de student begint met de bestudering van de AN en het tijdstip waarop de AN succesvol is afgerond vastgelegd te worden. Er is ervoor gekozen om, middels de functionaliteit die daarvoor in Moodle geboden wordt, een student te laten inschrijven voor een cursusonderdeel. Deze handeling wordt gelogd en gebruikt voor het vastleggen van het startpunt van het bestuderen van een AN. Het moment van afronden wordt bepaald door het tijdstip van het behalen van een score van zes of meer bij de eindtoets van een AN. Iedere AN bevat een eindtoets bestaande uit vijf vragen. De student is vrij zoveel pogingen te doen als gewenst, echter het systeem is zo gebouwd dat de toets niet opnieuw gemaakt kan worden na het behalen van een voldoende. Op het moment dat deze score gehaald is, wordt in de loggegevens opgenomen dat de AN is afgerond en wordt de AN aan de Learning Track van de student toegevoegd.

Op het moment dat er een AN aan de Learning Track wordt toegevoegd, wordt op basis van deze nieuwe informatie de transition matrix aangepast. Eerst wordt gekeken welke Activity Node voorafgaande aan de laatst afgeronde werd afgesloten en de "van – naar" cel wordt met 1 waarde verhoogd (figuur 4).

Laatst afgerond	Voorlaatst afgerond	Aantal gebruikers	Gemiddelde duur	Gem. aantal punten
De vele wegen naar internet	Net chatten en Netsletten	15	1 Week 14 Hours 25 Minutes 10 Seconds	9
De vele wegen naar internet	Veilig betalen op internet	5	1 Hour 31 Minutes 19 Seconds	8
De vele wegen naar internet	Haal meer uit Internet Explorer	33	3 Days 23 Hours 32 Minutes	9
De vele wegen naar internet	Het nuttige en het aangename	21	5 Days 1 Hour 37 Minutes 36 Seconds	8
De vele wegen naar internet	(Geen voorlaatste cursus)	50	1 Day 18 Hours 58 Minutes 11 Seconds	9
De vele wegen naar internet	Kijken en luisteren op internet	17	4 Days 22 Hours 21 Minutes 16 Seconds	9
De vele wegen naar internet	Zoeken op het web	20	1 Week 8 Hours 30 Minutes 10 Seconds	8
De vele wegen naar internet	Wormen en paarden	8	1 Day 23 Hours 41 Minutes 58 Seconds	8
De vele wegen naar internet	Maatregelen tegen spam en spyware	23	4 Days 1 Hour 56 Minutes 42 Seconds	9
De vele wegen naar internet	Naar een persoonlijke webpagina	8	1 Week 3 Days 2 Hours 23 Minutes 39 Seconds	9
De vele wegen naar internet	Omgaan met ongewenste inhoud	28	1 Day 1 Hour 55 Minutes 28 Seconds	9

Figuur 4: Transition matrix voor één van de cursusonderdeel

Op basis van deze gegevens wordt vervolgens een tabel gegenereerd waarin alle AN's zijn opgenomen. De tabellen 2 en 3 (verderop in de sectie Resultaten) tonen de volledige transition matrix van studenten in de experimentele groep en de controle groep.

4 Resultaten

De resultaten van het experiment leiden tot de conclusie dat het terugkoppelen van de keuzes van succesvolle studenten inderdaad een significant positief effect hebben op de effectiviteit: het percentage studenten dat alle elf onderdelen afrond is significant hoger in de experimentele groep dan in de controle groep (33%) ($\chi^2 = 4.04$, $df = 2$, $p < 0.05$). De uitkomst van een Repeated Measurement Analysis was dat het aantal afgeronde AN's in de experimentele groep gemiddeld hoger was. De vooronderstelling dat de efficiëntie zou toenemen, wordt niet ondersteund door de gegevens. Voor een uitvoerige beschrijving van deze resultaten zie Janssen (ref).

Convergentie betekent dat meer studenten hetzelfde leerpad kiezen en kan worden aangetoond door na te gaan in welke mate per cursusonderdeel het aantal studenten dat de stap zet van onderdeel A naar B afwijkt van het verwachte aantal gebaseerd op het rekenkundig gemiddelde per rij.

	VAN											
NAAR	De vele wegen naar internet	Haal meer uit Internet Explorer	Het nuttige en het aangename	Kijken en luisteren op internet	Maatregel en tegen spam en spyware	Naar een persoonlijke webpagina	Net chatten en Netsletten	Omgaan met ongewenste inhoud	Veilig betalen op internet	Wormen en paarden	Zoeken op het web	Eindtotaal
Geen voorlaatste cursus	51	39	22	30	19	15	9	15	19	21	46	286
De vele wegen naar internet		35	19	26	24	12	12	22	26	20	28	224
Haal meer uit Internet Explorer	34		21	22	20	26	14	26	16	15	24	218
Het nuttige en het aangename	27	22		29	19	12	22	18	25	11	20	205
Kijken en luisteren op internet	15	22	28		16	25	25	16	17	20	24	208
Maatregelen tegen spam en spyware	11	18	22	16		20	24	24	24	29	13	201
Naar een persoonlijke webpagina	8	10	16	10	12		20	10	18	12	14	130
Net chatten en Netsletten	13	16	21	19	20	39		15	15	20	15	193
Omgaan met ongewenste inhoud	15	12	16	21	25	18	33		27	26	18	211
Veilig betalen op internet	20	22	16	21	18	18	22	24		25	15	201
Wormen en paarden	14	16	21	12	37	17	27	26	19		20	209
Zoeken op het web	32	24	21	22	13	17	12	24	22	27		214
Eindtotaal	240	236	223	228	223	219	220	220	228	226	237	2500

Tabel 2: transition matrix van de controle groep

	NAAR											
VAN	De vele wegen naar internet	Haal meer uit Internet Explorer	Het nuttige en het aangename	Kijken en luisteren op internet	Maatregel en tegen spam en spyware	Naar een persoonlijke webpagina	Net chatten en Netsletten	Omgaan met ongewenste inhoud	Veilig betalen op internet	Wormen en paarden	Zoeken op het web	Eindtotaal
Geen voorlaatste cursus	51	133	19	16	18	5	6	13	8	23	25	317
De vele wegen naar internet		26	27	40	12	10	9	14	28	36	24	226
Haal meer uit Internet Explorer	37		2	9	6	21	34	68	8	8	49	242
Het nuttige en het aangename	22	17		11	13	10	49	18	23	17	33	213
Kijken en luisteren op internet	19	13	13		24	16	26	12	54	4	25	206
Maatregelen tegen spam en spyware	26	7	52	5		18	16	20	11	60	10	225
Naar een persoonlijke webpagina	9	25	18	36	20		17	9	12	12	5	163
Net chatten en Netsletten	18	3	10	35	18	44		9	27	25	12	201
Omgaan met ongewenste inhoud	30	14	24	13	62	19	9		20	18	6	215
Veilig betalen op internet	6	13	16	21	36	18	23	18		20	28	199
Wormen en paarden	8	11	17	20	24	26	29	30	23		22	210
Zoeken op het web	25	22	34	22	7	41	9	28	14	12		214
Eindtotaal	251	284	232	228	240	228	227	239	228	235	239	2631

Tabel 3: transition matrix van de experimentele groep

Per cursusonderdeel (rij in de transition matrix) is daarom berekend in welke mate de vervolgkeuzes evenredig verdeeld zijn over de mogelijke opties. Waar deze vervolgkeuze meer geconcentreerd zijn (meer afwijken van het verwachte gemiddelde aantal), geeft dit aan dat er sprake is van convergentie. De afwijkingen van de verwachte waarde zijn uitgedrukt in de chi-kwadraat per rij of cursusonderdeel. Tabel 4 toont de uitkomsten van de chi-kwadraat test en laat zien dat alle (12) overgangen in de experimentele groep significant afwijken van het gemiddelde, in de controle zijn dit er vijf.

Cursusonderdeel	χ^2 exp groep	Significantie	χ^2 ctrl groep	Significantie	df
(Geen voorlaatste cursus)	470	0,000	72	0,000	10
De vele wegen naar internet	48	0,000	20	0,017	9
Haal meer uit Internet Explorer	201	0,000	15	0,083	9
Het nuttige en het aangename	67	0,000	15	0,087	9
Kijken en luisteren op internet	91	0,000	9	0,409	9
Maatregelen tegen spam en spyware	158	0,000	14	0,120	9
Naar een persoonlijke webpagina	52	0,000	11	0,303	9
Net chatten en Netsletten	82	0,000	26	0,002	9
Omgaan met ongewenste inhoud	118	0,000	18	0,035	9
Veilig betalen op internet	35	0,000	5	0,841	9
Wormen en paarden	27	0,002	24	0,005	9
Zoeken op het web	59	0,000	16	0,073	9

Tabel 4: overzicht chi-kwadraat test

4 Discussie en conclusies

De eerste resultaten van een experiment met het systeem zijn positief: studenten die een advies krijgen vertonen een grotere progressie in die zin dat zij meer AN's afronden in een gegeven tijdsbestek en bereiken ook vaker het einddoel. Bovendien treedt er convergentie op. Op basis van de voorgestelde architectuur is het mogelijk met relatief eenvoudige open-source tools een navigatie systeem te bouwen met behulp waarvan studenten in een leernetwerk beslissingen kunnen nemen over een vervolgcursus.

Toch zijn nog veel vragen onbeantwoord: is het zinvol om meteen vanaf de eerste student informatie terug te koppelen naar de medestudenten of is het beter te wachten tot er genoeg massa is als basis voor een advies. Hoeveel is in dit verband genoeg? Welk informatie kan het best worden gegeven voor het bereiken van maximale effectiviteit? In de huidige implementatie is gekozen voor succesvolle afsluiting van een AN, maar misschien leidt het geven van informatie over het aantal tentamenpogingen of ratings van studenten tot betere resultaten? Wat zeggen we studenten over het gegeven advies; welke toelichting tonen we aan de student?

Op dit moment vindt nog steeds onderzoek plaats naar de werking van het systeem. Één van de vragen die onder andere nog beantwoord zal worden is in welke mate de studenten het advies hebben opgevolgd en wat daarvan de invloed is op hun prestaties.

Een bewuste inperking van het huidige systeem betreft het advies aan de studenten dat slechts betrekking heeft op één vervolgstap in de route. Voor een volledige ondersteuning van studenten op weg naar hun doel is het noodzakelijk naar alle vervolgstappen te kijken op weg naar het eindpunt. Immers zonder uitzicht op het uiteindelijke doel zou men mogelijk een onnodige omweg kunnen maken. Het is mogelijk dat een bepaalde volgorde in AN's minder efficiënt is dan een andere. Een soortgelijke opmerking kan gemaakt worden over het betrekken van het reeds afgelegde pad van een student. Op dit moment wordt het advies alleen gebaseerd op de laatst afgeronde AN ook al bestaat de Learning Track reeds uit meer afgeronde AN's. Het zou kunnen zijn dat we daarmee cruciale informatie verloren laten gaan. Verder onderzoek zou dit moeten uitwijzen.

Gerelateerd hieraan is de vraag naar de beheersbaarheid van het systeem. Wat gebeurt er met de grootte van de transition matrix in een leernetwerk met honderden AN's en veel meer dan duizend studenten? Hoe gaat het systeem om met wijzigingen in een netwerk? In ons experiment was sprake van een stabiele omgeving waarin geen AN's werden toegevoegd, gewijzigd of verwijderd. In een real-life netwerk zal dat wel gebeuren.

In de huidige implementatie zijn omwille van de scope niet alle componenten van de beschreven architectuur opgenomen. Deze worden als aanwezig verondersteld. Voorbeelden daarvan zijn de Goal system en de Positioner. Beide zijn echter een cruciaal onderdeel van het model en bepalen voor een belangrijk deel de functionaliteit van het leernetwerk. Temeer daar leernetwerken de grenzen van instituten kunnen overschrijden zijn ondubbelzinnige specificaties van zowel het doel (Goal) van een lerende als wel de Position noodzakelijk. Het vraagt om een gestandaardiseerde manier om te interacties van deelnemers in een LN met de ANs (in onderlinge samenhang en de relatie tot het doel en de positie) te beschrijven. Een dergelijke standaard bestaat op dit moment nog niet, maar zou gezien de resultaten waard zijn ontwikkeld te worden.

Referenties

Bonabeau, E., Dorigo, M., & Theraulaz, G. (1999). Introduction. In E. Bonabeau (Ed.), *Swarm Intelligence*. Oxford: Oxford University Press.

Dougiamas, M. (2005). Moodle. <http://moodle.org/>

Elen, J., Lowyck, J. Van den Berg, B. (1999). *Virtual University: Will Learning Benefit?* In: Gerhard E. Ortner/ Friedhelm Nickolmann (eds.), *Socio-economics of Virtual Universities*. Beltz – Deutscher Studien Verlag.

Janssen, J., Tattersall, C., Waterink, W., van den Berg, B., van Es, R., Bolman, C., Koper, R. Self-organising navigational support in lifelong learning: how predecessors can lead the way. *Computers and Education*. (geaccepteerd)

Koper, E. J. R., Giesbers, B., Van Rosmalen, P., Sloep, P., Van Bruggen, J., Tattersall, C., et al. (in press). *A Design Model for Lifelong Learning Networks*. *Interactive Learning Environments*.

Koper, E.J.R. (2005). *Increasing Learner Retention in a Simulated Learning Network Using Indirect Social Interaction*. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8 (2). Retrieved online 04/05/2005 at <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/2/5.html>

Livingstone, D. W. (2001). *Adults' informal learning: definitions, findings, gaps and future research*. Retrieved August 22nd, 2005, from <http://www.oise.utoronto.ca/depts/sese/csew/nall/res/21adultsifnormallearning.htm>

Tattersall, C., Manderveld, J., Van den Berg, B., Van Es, R., Janssen, J., & Koper, R. (2005). *Self Organising Wayfinding Support for Lifelong Learners*. *Education and Information Technologies*, 10 (1-2), 111-123.

Tattersall, C., Manderveld, J., Janssen, J., Van Es, R., Van den Berg, B., & Koper, R. (2005). *Modelling routes towards lifelong learning goals*.