

Telematica: integratie van telecommunicatie en informatieverwerking

Marten van Sinderen, vakgroep TIOS, INF/EL

1. Wat is telematica?

Telematica richt zich op de ondersteuning van de interactie over afstand en/of tijd tussen mensen en/of geautomatiseerde processen, door middel van de geïntegreerde toepassing van telecommunicatie- en informatietechnologie.

Deze definitie van telematica benadrukt dat de combinatie van twee disciplines — telecommunicatie en informatieverwerking— nodig is om telematicasystemen te kunnen ontwerpen en bouwen. *Telecommunicatie* betreft het uitwisselen van gegevens over een afstand. Dit vakgebied heeft zijn wortels in de electrotechniek: hier werd de basis gelegd voor signaaloverdracht over grote afstanden en het representeren van (digitale) gegevens met behulp van (electrische of optische) signalen. Het grootschalig beschikbaar stellen van betrouwbare diensten voor gegevensuitwisseling vereist complexe communicatie- en beheersfuncties die meestal (zeker in eerste instantie) in software worden geïmplementeerd. Dit verklaart de betrokkenheid van de informatica in de telecommunicatie. *Informatieverwerking* betreft het opslaan, opvragen en bewerken van informatie met behulp van computers, en is daarmee een typische informaticadiscipline. Informatieverwerking gecombineerd met telecommunicatie leidt tot nieuwe diensten en toepassingen, met name voor de ondersteuning van interactie — coöperatie, coördinatie en communicatie— waarbij afstand en/of tijd wordt overbrugd.

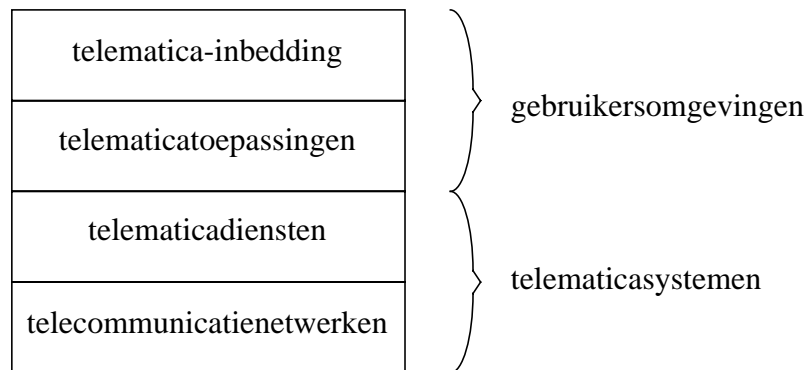
Electrotechniek en informatica zijn niet de enige vakgebieden die bijdragen aan de ontwikkeling van telematica. Een telematicasysteem is alleen nuttig wanneer het zich dienstbaar maakt aan zijn gebruikers. Omdat telematicasystemen de traditionele barrières van afstand en tijd wegnemen, en daardoor totaal nieuwe vormen van interactie mogelijk maken, is een zorgvuldige inrichting en invoering van telematicatoepassingen noodzakelijk. Er is daardoor een sterke relatie met *andere vakgebieden*, die zich bezig houden met het effect van telematicatoepassingen op de gebruikersomgevingen. Bijvoorbeeld: bedrijfskunde (concurrent engineering, electronic commerce), geneeskunde (tele-medicine, tele-consulting) en onderwijskunde (tele-education). Daarnaast is de beschikbaarheid van een adequate wet- en regelgeving onmisbaar voor de ontwikkeling van telematica. Bijvoorbeeld ten behoeve van: de regulering (liberalisering) van de telecommunicatiemarkt, de toewijzing van frequentiebanden voor draadloze communicatie, de beveiliging van vertrouwelijke informatie, het (wel of niet) weren van pornografie, en het (wel of niet) kosteloos doorgeven van muziekstukken.

Telematica is een betrekkelijk jong vakgebied. Nu reeds is echter duidelijk dat de invloed van telematica op het maatschappelijk en economisch verkeer groot is en nog groter zal worden, juist omdat interactie in dit verkeer zo'n cruciale rol speelt. De erkenning van het belang van telematica uit zich in een aantal initiatieven, zowel op nationaal niveau (bijvoorbeeld de Telematica Gids Projecten en het Actieprogramma Electronische Snelwegen) als op internationaal niveau (bijvoorbeeld de Europese kaderprogramma's Telematics Applications en Advanced Communications Technologies and Services). In het navolgende zullen we kort ingaan op een aantal, vooral technische, ontwikkelingen op telematicagebied, en op de mogelijkheden van de vakgroep TIOS om hieraan bij te dragen.

2. Een architectuur voor telematica

Om de discussie van telematica te vergemakkelijken zullen we hier een vier-niveau architectuur voor telematica presenteren die momenteel breed wordt aanvaard (zie Figuur 1). De architectuur bevat twee gelaagde deelstructuren waarmee wordt benadrukt dat telematica twee gezichtspunten kent:

- het gezichtspunt van de dienstengebruiker, de dienstenafnemer en de beleidsmaker;
- het gezichtspunt van de netwerkinfrastructuur- en dienstenaanbieder.



Figuur 1: Een vier-niveau architectuur voor telematica

Bij het eerste gezichtspunt hoort de deelstructuur die we *gebruikersomgevingen* hebben genoemd. Deze deelstructuur bestaat op zijn beurt uit twee lagen:

- *telematica-inbedding*: hier gaat het om de maatschappelijke infrastructuur die nodig is om telematicatoepassingen mogelijk te maken. Een verdere verdeling is mogelijk op basis van de aard van inbeddingsproblemen, bijvoorbeeld de liberalisatie van de telecommunicatiemarkt, de stimulering van telematica-initiatieven, de maatschappelijke effecten van telematicatoepassingen, en de wet- en regelgeving ten behoeve van telematica;
- *telematicatoepassingen*: het gaat hier om de kennisinfrastructuur die nodig is om telematicasystemen effectief in te zetten in gebruikersprocessen. Hiervoor dient men, naast de mogelijkheden van telematicadiensten, de structuur en doelen van gebruikersprocessen te kennen. Dit leidt tot een mogelijke verdere opdeling in gebruikersgroepen of marktsectoren, die elk een specifieke kennis vereisen. Voorbeelden hiervan zijn onderwijs, transport en logistiek, gezondheidszorg, en het bank- en verzekeringswezen.

Het tweede gezichtspunt correspondeert met de andere deelstructuur, aangeduid met *telematicasystemen*. Ook deze deelstructuur is in twee lagen opgedeeld:

- *telematicadiensten*: een telematicasysteem levert een verzameling diensten aan zijn omgeving, de gebruikersprocessen. Deze diensten kunnen variëren van specifiek tot generiek. Het onderscheid tussen specifiek en generiek ligt niet vast, maar wordt bepaald door de stand van de techniek en de marktbehoefte. Generieke diensten maken deel uit van een telematicadiensten-infrastructuur die overal beschikbaar is voor het ondersteunen van willekeurige toepassingen. Voorbeelden van generieke diensten zijn diensten voor het transporteren van bestanden, documenten, audio en video, het op afstand beheren, lezen en schrijven van bestanden, het elektronisch bestellen, reserveren, etc.
- *telecommunicatienetwerken*: voor het transporteren van gegevens maakt een telematicadienst gebruik van een (horizontaal geïntegreerde) netwerkinfrastructuur of van meerdere

gespecialiseerde netwerkinfrastructuren. Een netwerk kan onderverdeeld worden in een gegevenstransport-deel en een signaaloverdracht- (of transmissie-) deel. Het eerste deel richt zich op het leveren van een gegevenstransportdienst die voldoet aan de functionele en prestatie-eisen die een telematicadienst stelt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het tweede deel dat een bittransportdienst levert door bits om te zetten in signalen, en vice versa, en de signalen op een efficiënte manier via een of meer transmissiemedia over te dragen naar de bestemming(en).

Een verfijning van de hierboven beschreven structuur van telematicasystemen is het OSI referentiemodel (zonder daarbij overigens te denken aan de invulling hiervan met OSI standaarden).

Een belangrijke ontwikkeling is momenteel de horizontale integratie van telematicasystemen, dit in tegenstelling tot de traditionele verticale integratie. Met verticale integratie wordt de toepassingsgerichtheid van systeemarchitecturen bedoeld; een dergelijke gerichtheid leidt tot gescheiden systemen met elk hun eigen diensten en staat het delen en hergebruiken van systeemcomponenten ten behoeve van verschillende toepassingen in de weg. Horizontale integratie probeert juist verschillende diensten te combineren in één infrastructuur die beschikbaar is voor alle toepassingen. Een voorbeeld van horizontale integratie is het combineren van verschillende ‘media’, zoals data, audio en video, in één —multimedia— dienst.

3. Convergentie van telecommunicatie en informatieverwerking

De integratie van telecommunicatie en informatieverwerking is lange tijd bemoeilijkt door de verschillende culturen en systeemvisies van deze disciplines. We geven hiervan een (overdreven en niet meer actuele) karakterisering (zie ook Tabel 1).

<i>telecommunicatie</i>	<i>informatieverwerking</i>
‘de jure’ standaarden	‘de facto’ standaarden
informatie-uitwisseling tussen gebruikers	informatie-opslag, -opvraag en -bewerking
universele diensten met beperkte functionaliteit	gedifferentieerde diensten met rijke functionaliteit
complexe, kostbare, opschaalbare infrastructuur; ‘peer-to-peer’-architectuur	niet-opschaalbare infrastructuur; ‘client-server’-architectuur
continue informatiemedia	discrete informatiemedia
gegarandeerde QoS	‘best effort’ QoS

Tabel 1: Traditionele verschillen tussen telecommunicatie en informatieverwerking

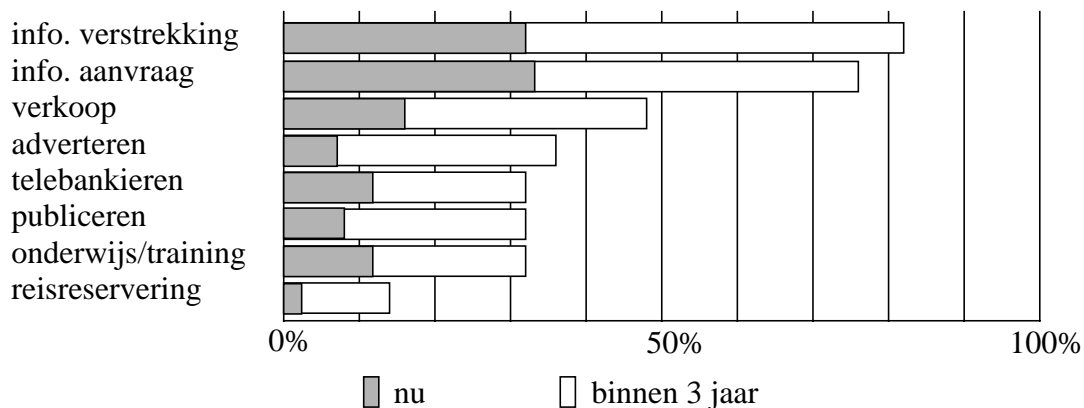
Telecommunicatie maakt gebruik van ‘de-jure’ standaarden en richt zich op universele diensten voor informatie-uitwisseling tussen gebruikers. De-jure standaarden komen tot stand via een vaak moeizaam en tijdrovend proces van overleg tussen de betrokkenen. Veranderingen komen dus langzaam tot stand en zijn zelden direct gekoppeld aan gebruikersbehoeften. De diensten zijn eenvoudig; de infrastructuur is complex, kostbaar en opschaalbaar om een onbeperkt aantal wereldwijd verspreide gebruikers te kunnen ondersteunen. De nadruk ligt op de ondersteuning

van continue informatiemedia (spraak, audio, video) met garanties voor de kwaliteit van de geleverde dienst (gegarandeerde Quality of Service).

In de informatieverwerking ontstaan ‘de-facto’ standaarden door de marktwerking. De diensten zijn in het algemeen gedifferentieerde en relatief complexe diensten voor het opslaan, opvragen en/of bewerken van informatie. De diensten zijn vaak vernieuwend, en worden geïnspireerd door nieuwe technologische ontwikkelingen en door veranderende gebruikersbehoeften. De infrastructuur is relatief eenvoudig en niet opschaalbaar. De nadruk ligt op de ondersteuning van discrete informatiemedia (data) zonder garanties voor de kwaliteit van de geleverde dienst (‘best effort’ Quality of Service).

Recentelijk is er een duidelijke convergentietrend waarneembaar: de twee disciplines omarmen elkaars ontwerpbenaderingen en -resultaten. De belangrijkste ontwikkelingen die bijdragen aan deze convergentie zijn:

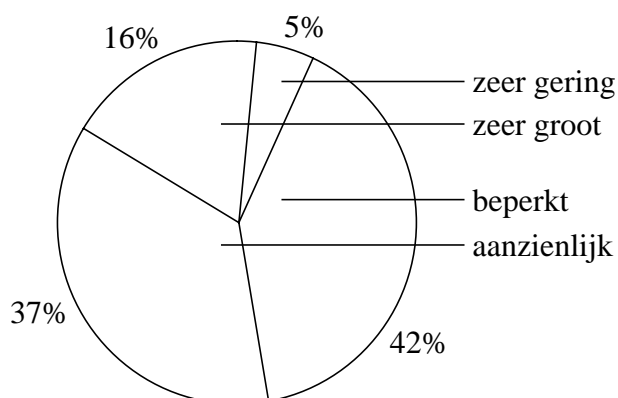
- de toepassing van audio/video-hardware in desktop computers, waardoor, behalve data, ook audio/video-informatie verwerkt kon worden op de ‘gewone’ computer. Hiermee werd een belangrijke conditie voor de verspreiding van multimediadiensten vervuld (zie Figuur 2).



Figuur 2: Waar worden multimediatoepassingen voor gebruikt in NL? (Bron: Trends in IT&T 1996/1997, Moret Ernst & Young, Information Communication & Entertainment)

- de ontwikkeling van coöperatieve diensten zoals joint editing, concurrent engineering, en cooperative decision support, waarbij werd uitgegaan van bestaande individuele productieverhogende computertoepassingen en de beschikbaarheid van telecommunicatiediensten.
- het gebruik van software-ontwerpmethoden en -technologie in het ontwerp en de implementatie van telecommunicatienetwerken en -diensten. Met name de toepassing van objectgeoriënteerde methoden heeft een hoge vlucht genomen, met als belangrijkste motivatie de mogelijkheid om laag-niveau software-architecturen te definiëren waarmee hergebruik van softwarecomponenten, snellere implementatie en ingebruikstelling, en gemakkelijker testen, onderhoud en uitbreiding wordt ondersteund.
- de scheiding van functionele lagen, in het bijzonder van de toepassingsgerichte functies en de gegevenstransport functies in telematicasystemen. Deze scheiding maakt het mogelijk dat innovaties op het gebied van telematicadiensten niet worden geremd door noodzakelijke modificaties in de telecommunicatienetwerken, en vice versa.
- de ontwikkeling van open interfaces, waardoor systeemcomponenten aan weerszijden van een interface onafhankelijk van elkaar, met verschillende implementatietechnieken en -benaderingen, gebouwd kunnen worden. Het ‘open interface’-begrip kan gezien worden als een uitbreiding op het ‘open standaarden’-begrip zoals gehanteerd in de OSI-architectuur.

- de scheiding van telematicadiensten en onderliggende computerplatformen, waardoor het gemakkelijker wordt diensten over te dragen van het ene naar het andere platform. Een dergelijke scheiding wordt gerealiseerd door 'middleware', een laag die een verzameling generieke diensten en functies via open interfaces beschikbaar stelt aan meer specifieke diensten en deze onafhankelijk maakt van de besturingssystemen en netwerkinterfaces.
- de ontwikkeling van mobiele diensten en vrije-lokatie, of nomadische, diensten, met name voor telecommunicatie (zie Figuur 3). De ervaring van de telecommunicatiegemeenschap op dit gebied kan goed gebruikt worden in de informatieverwerking om diensten met dezelfde eigenschappen te realiseren.



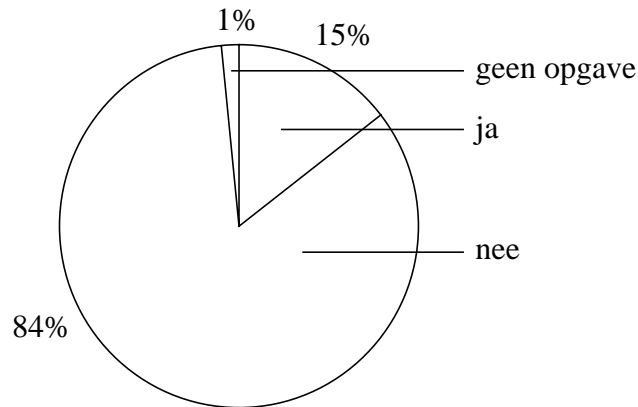
Figuur 3: Belang van mobiele communicatie voor NL organisaties (Bron: Trends in IT&T 1996/1997, Moret Ernst & Young, Information Communication & Entertainment)

- de distributie van diensten via het netwerk, waardoor diensten sneller de gebruikers kunnen bereiken en eerder de interesse van gebruikers kan worden gewekt (met name wanneer de diensten gratis worden gedistribueerd). Platformonafhankelijkheid en dynamische distributie kan worden bereikt door gebruik te maken van een virtuele machine, een interpreter die geïmplementeerd is op verschillende computerplatformen. Een 'client' kan een executeerbaar programma voor een dienstcomponent downloaden van een 'server' en lokaal het programma draaien in de virtuele machine (Java applets werken bijvoorbeeld op deze manier).
- de horizontale integratie van infrastructuren en diensten, waardoor geïntegreerde gegevenstransportinfrastructuren ontstaan voor verschillende informatimedia en waardoor een breed scala van diensten, inclusief multimedia telecommunicatie- en informatiediensten, aan de gebruikers kan worden geleverd.

Deze ontwikkelingen samen zorgen ervoor dat de toepassing van telematica in een stroomversnelling terecht zal komen: telecommunicatie- en informatiediensten zullen via eenzelfde infrastructuur geleverd worden, ze zullen sneller ontwikkeld en gedistribueerd worden, en ze zullen niet langer plaatsgebonden zijn. De infrastructuur is open en biedt kleinere dienstenontwikkelaars de gelegenheid zich op de markt te profileren, hetgeen waarschijnlijk zal leiden tot een golf van vernieuwende diensten (de World Wide Web technologie demonstreert dit mechanisme nu reeds voor informatiediensten; zie ook Figuur 4).

4. Uitdagingen voor telematica-onderzoek

Hoewel een groot aantal activiteiten en producten bovenstaande ontwikkelingen illustreren (ATM, Internet, WWW, CORBA, HotJava, TINA, ...), betekent dit niet dat er weinig meer te onderzoeken valt aan telematicasystemen. Integendeel. De meeste van de genoemde



*Figuur 4: Aanbieden van informatie, producten en diensten op Internet door NL organisaties
(Bron: Trends in IT&T 1996/1997, Moret Ernst & Young, Inf. Comm. & Entertainment)*

ontwikkelingen zijn net begonnen en er zijn een groot aantal problemen waarvoor nog geen oplossingen zijn gevonden. Bijvoorbeeld:

- horizontale integratie vereist een flexibele ondersteuning van een breed bereik van Quality of Service-waarden. Het is nog onduidelijk hoe dit brede bereik geleverd kan worden, met welke garanties, en hoe de onderhandeling van QoS moet plaatsvinden.
- de schaalbaarheid van diensten, met name van diensten waarin één bron informatie genereert voor een (dynamisch uit te breiden) aantal bestemmingen, is problematisch.
- de verscheidenheid van diensten die elk met verschillende QoS-gradaties aan gebruikers geleverd moeten worden presenteren een complex probleem voor tarifiering en kosten(door)berekening.
- de beste benadering voor de ‘besturing’ van diensten —centraal zoals in ATM, of gedistribueerd zoals in Internet— is onduidelijk.
- voordat horizontale integratie bereikt kan worden zal het probleem van heterogeniteit in telematicasystemen opgelost moeten worden, zowel op het niveau van telecommunicatienetwerken, telematicadiensten, alsook op het niveau van computerplatformen.
- de bovenstaande problemen zijn niet onafhankelijk, en vereisen een integrale architectonische aanpak waarmee de voor- en nadelen van verschillende oplossingen afgewogen kunnen worden. Een dergelijke aanpak zal zich ook bezig moeten houden met de keuze van architecturen voor dienstenontwikkeling en -implementatie (client-server, peer-to-peer protocol, objecttechnologie, ...) en toepassingenontwikkeling (modellering van bestaande taaksituaties en van toekomstscenario’s).

5. Kansen voor telematica-onderzoek in Twente

De Universiteit Twente heeft telematica aangewezen als een van haar onderzoeksspeerpunten. Dit heeft ondermeer geleid tot de oprichting van het onderzoeksinstituut *CTIT* (Centrum voor Telematica en Informatie-Technologie), met participatie van verschillende faculteiten, waaronder Electrotechniek en Informatica. Daarnaast huisvest de UT-campus het *TRC* (Telematica Research Centrum), een van de UT onafhankelijk instituut dat zich met name richt op de toepassingen van telematica. Een belangrijk argument voor de huisvesting op de campus was de aanwezigheid van de complementaire expertise op het gebied van telematicasystemen binnen de universiteit, waardoor het TRC en de universiteit (het CTIT) gemakkelijk van elkaars kennis kunnen profiteren.

Het CTIT vertegenwoordigt de UT bij het opzetten van een onderzoeksschool voor telematica, de *Graduate School for Telematics*, samen met een aantal andere universiteiten. In zo'n school kunnen belangrijke gebieden voor promotie-onderzoek op elkaar worden afgestemd, promovendi adequaat worden begeleid en opgeleid, en een evenwichtig post-doctoraal telematicacurriculum worden ontwikkeld met bijdragen van de verschillende universiteiten. Verder is er nog het initiatief van het CTIT, in samenwerking met de verschillende betrokken faculteiten aan de UT, om een *ingenieursopleiding telematica* te definiëren. De behoefte aan een aparte universitaire opleiding in de telematica, waarin de telecommunicatiecomponent maar ook de toepassingencomponent expliciet zijn inbegrepen, wordt op diverse plaatsen reeds een aantal jaren gesignaleerd. De bedoeling van dit initiatief is om samen met andere universiteiten een curriculum en een telematica-ondersteund onderwijssysteem te ontwikkelen waarmee aan deze marktbehoefte tegemoet gekomen kan worden.

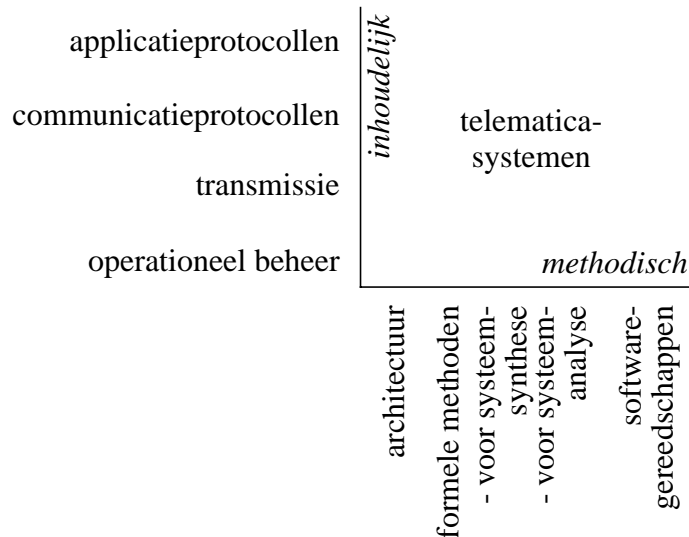
Recentelijk is een voorstel van een consortium van Nederlandse bedrijven en kennisinstituten, onder leiding van het TRC, voor een *TTI* (Technologisch Top Instituut) op het gebied van telematica door de minister van EZ goedgekeurd. Het CTIT zal als een van de toonaangevende kennisinstituten op telematicagebied aan dit TTI gaan deelnemen. Met het CTIT, het TRC en het TTI telematica heeft Twente zich een uitstekende uitgangspositie verworven om uit te groeien tot een belangrijke kern van telematica-onderzoek in Nederland en daarbuiten, met gekwalificeerde opleidingen op doctoraal en post-doctoraal niveau.

6. Onderzoek bij TIOS

Het onderzoek dat gedaan wordt binnen de vakgroep TIOS richt zich op telematicasystemen. Vanwege de complexiteit van telematicasystemen heeft de vakgroep haar onderzoek gestructureerd in een aantal expertisegebieden, waarbij elk expertisegebied ofwel inhoudelijk ofwel methodisch van aard is. De *inhoudelijke expertisegebieden* corresponderen met de hiërarchisch-functionele opdeling van telematicasystemen: applicatieprotocollen (generieke telematicadiensten), communicatieprotocollen (gegevenstransport) en transmissie (signaaloverdracht), met daarbij als extra gebied het operationeel beheer van telematicasystemen. De *methodische expertisegebieden* houden zich bezig met fundamentele ontwerp-, analyse, en implementatieproblemen: architectuur, formele methoden voor systeemsynthese en -analyse, en softwaregereedschappen voor de ondersteuning van architectuurrichtlijnen en formele methoden.

Figuur 5 geeft de indeling van het TIOS-onderzoek weer in een matrixvormig schema. Dit schema illustreert de samenhang tussen inhoudelijke en methodische expertisegebieden: voor elk inhoudelijk aspect van een telematicasysteem is een combinatie van methodische expertises nodig om tot een succesvol ontwerp te komen; en andersom: elk methodisch expertisegebied wordt gevoed door de fundamentele problemen waarmee men bij het ontwerp van een onderdeel van een telematicasysteem in aanraking komt.

Het feitelijk onderzoek wordt verricht in de vorm van projecten waarbij een concreet resultaat wordt nagestreefd binnen een beperkte tijdsduur. In vrijwel alle projecten wordt deelgenomen door verschillende expertisegroepen; bovendien zijn alle projecten van de vakgroep ondergebracht bij het CTIT, waar ze deel kunnen uitmaken van grotere, multidisciplinaire koepelprojecten met deelname van andere vakgroepen, ander faculteiten en met participatie van het bedrijfsleven. Het CTIT bestrijkt het gehele gebied van de telematica, zoals weergegeven in Figuur 1, en beschouwt expliciet de gebruikersomgevingen waar telematicatoepassingen



Figuur 5: Structurering van TIOS-onderzoek

worden ontwikkeld en geëvalueerd. Enkele voorbeelden van dergelijke multidisciplinaire projecten zijn:

- *MESH* (Multimedia-services on the Electronic Super Highway): richt zich op de ontwikkeling van een gedistribueerd platform voor multimedia diensten (zie Figuur 6). Daarnaast worden toepassingen van dit platform ontwikkeld voor het onderwijs en voor de gezondheidszorg. Veel van de convergentie-ontwikkelingen die eerder zijn genoemd spelen een rol in dit project.



Figuur 6: Samenwerken in een wereld zonder afstand (Bron: MESH project)

- *Idylle* (Innovative distributed learning environments): richt zich op het ontwerpen, analyseren en realiseren van telelerenprocessen in de gebruikersomgeving, en het realiseren van de benodigde telematicadiensten voor de ondersteuning hiervan.
- *Testbed* (Testomgeving voor bedrijfsprocessen): richt zich op het modelleren en herontwerpen van bedrijfsprocessen, en op het effectief inzetten van telematicamiddelen in de herontworpen bedrijfsprocessen.

TIOS zal via het CTIT ook gaan bijdragen aan het Technologisch Top Instituut op het gebied van telematica. Dit TTI zal waarschijnlijk begin 1998 van start gaan; voor die tijd zal een onderzoekprogramma vastgesteld worden waarin de behoeften van het bedrijfsleven worden afgestemd op de expertisegebieden van de kennisinstituten. De structurering van het TIOS-onderzoek is erg nuttig gebleken om het onderzoekprogramma van het CTIT vorm te geven, en zal, naar verwachting, ook een rol spelen bij het formuleren van CTIT expertisegebieden voor het TTI telematica.

7. Tot slot

Er liggen belangrijke kansen voor de vakgroep TIOS om (via het CTIT) een rol van betekenis te spelen in het telematica-onderzoek in Nederland en daarbuiten. Zoals blijkt uit de bespreking van de convergentietrend van telecommunicatie en informatieverwerking zijn er aantrekkelijke uitdagingen voor wat betreft het telematica-onderzoek. Succesvol onderzoek kan ertoe leiden dat het belang van telematica voor maatschappij en economie nog versneld zal toenemen.

Wil je als student een bijdrage hieraan leveren? Meld je dan bij de studie-adviseur van de vakgroep: er zijn tal van interessante opdrachten, zowel multidisciplinaire opdrachten als opdrachten binnen elk van de expertisegebieden. Bij het TIOS-secretariaat zijn folders beschikbaar met een beschrijving van de expertisegroepen en van de belangrijkste lopende projecten.