



Faculteit der Exacte Wetenschappen

Tentamen Ontwerp van Multi-agentsystemen / Design of Multi-Agent Systems

Vrije Universiteit Amsterdam

20 december 2002

| Opgave/Exercise | 1  | 2  | 3  | 4  | bonus |
|-----------------|----|----|----|----|-------|
| Punten/points   | 25 | 20 | 20 | 25 | 10    |

|                                                                                                                                    |                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Normering:</i>                                                                                                                  | <i>Norm:</i>                                                                                                          |
| Het <b>tentamencijfer T</b> is gelijk aan het totaal behaalde punten voor de tentamenopgaven plus de bonus punten gedeeld door 10. | The tentamination mark <b>T</b> equals sum of the points scored for the exercises plus 10 bonus points divided by 10. |
| Het <b>Eindcijfer</b> voor het hoorcollege Ontwerp van Multi-agentsystemen wordt als volgt berekend.                               | The endmark <b>Eindcijfer</b> for the course Design of Multi-Agent Systems is calculated as follows:                  |
| <b>Eindcijfer = (T + H + P) / 3</b>                                                                                                |                                                                                                                       |
| Waarbij                                                                                                                            | Where                                                                                                                 |
| T = tentamencijfer                                                                                                                 | T = tentamination mark                                                                                                |
| H = cijfer huiswerkopgave                                                                                                          | H = mark for the home work exercises                                                                                  |
| P = cijfer voor het klein practicum                                                                                                | P = mark for the small practicum                                                                                      |

U treft aan:

4 opgaven

4 appendices

You find:

4 exercises

4 appendices

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Exercise 1 (25 points)

|                                                        |                                                           |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Lees Appendix 1 en beantwoord de volgende drie vragen. | Read Appendix 1 and answer the following three questions. |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|

### Exercise 1a (5 points)

Geef een grafische representatie van het top-level van een proces abstractie voor het MOBIE systeem. Laat de menselijke klanten als agenten voorkomen. Motiveer elke link die je tussen processen aanbrengt en leg uit welke soorten informatie worden uitgewisseld.

Provide a graphical representation of the top-level of process abstraction for the MOBIE system. Include the human customers as agents in that picture. Motivate each link between processes, and explain the types of information exchanged.

### Exercise 1b (10 points)

In hoofdstuk 6 van de syllabus bestaat de meest complexe agent uit 6 verschillende componenten: `agent_interaction_management`, `world_interaction_management`, `maintenance_of_agent_information`, `maintenance_of_world_information`, `own_process_control`, en `agent_specific_task`. Welk van deze componenten heb je nodig en welke niet om een persoonlijk assistent agent van het MOBIE systeem te modelleren? Motiveer je antwoord en refereer expliciet aan de beschrijving van het MOBIE systeem.

In Chapter 6 the most complex agent is composed of 6 different components `agent_interaction_management`, `world_interaction_management`, `maintenance_of_agent_information`, `maintenance_of_world_information`, `own_process_control`, and `agent_specific_task`. Which of these components do you need and which do you not need to model a personal assistant agent of the MOBIE system? Motivate your answer and make explicit references to the description of the MOBIE system.

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

**Exercise 1c (10 points)**

De interacties die de persoonlijk agent kan hebben zijn nogal complex. Het soort communicatie dat de agent heeft met zijn menselijke klanten verschilt van de communicatie met andere software agenten. Bovendien moet de agent voor de communicatie met mensen gebruik kunnen maken van verschillende communicatiekanalen. Stel dat de component `comp_c` van de agent verantwoordelijk is voor al deze vormen van interactie. Dan is het handig om de component op te bouwen uit andere componenten. Geef een proces compositie van `comp_c` en de informatie verbindingen die binnen `comp_c` nodig zijn om deze interactie processen te modelleren. Motiveer je antwoord in een rationale.

The process of interaction that the personal agent needs is rather complicated. The type of communication that it needs with the human customers is rather different from that with the other software agents. Furthermore, for communication with the human user it has different channels. Suppose that component `comp_c` of the agent is responsible for all this. Then component `comp_c` should be composed. Provide a process composition of `comp_c` and the links needed within `comp_c` to model these processes. Motivate your answers in a rationale.

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Exercise 2 (20 points)

Het doel van deze opgave is het bestuderen van informatie toestanden, informatie links, en het revisie proces. Beschouw de partiele specificatie van Appendix 2A (A small reasoning component) . Gebruik de speciale antwoordformulieren uit Appendix 2B. Deze opgave bestaat uit twee delen.

The goal of this exercise is to study information states, information links, and revision. Consider the partial specification given in **A small reasoning component** (see Appendix 2A). Please use the special answering forms that can be found in Appendix 2B. This exercise consists of two parts.

### Exercise 2A (10 points)

|                                                                                          |                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Neem aan dat S de object level <b>input</b> informatie toestand van component comp_c is. | Assume that the object level <b>input</b> information state of component comp_c is S. |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|

$$S = [ b, \text{not } c ].$$

|                                               |                                                  |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Beschouw de volgende 3 informatie toestanden: | Consider the following three information states: |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|

$$M1 = [ \text{not known}(a), \quad \text{true}(b), \quad \text{false}(c) ].$$

$$M2 = [ \begin{array}{lll} \text{not true}(a), & \text{not false}(a), & \text{not known}(a), \\ \text{true}(b), & \text{not false}(b), & \text{known}(b), \\ \text{not true}(c), & \text{false}(c), & \text{known}(c) \end{array} ].$$

$$M3 = [ \begin{array}{lll} \text{not true}(a), & \text{false}(a), \text{not known}(a), \\ \text{true}(b), & \text{not false}(b), & \text{known}(b), \\ \text{not true}(c), & \text{false}(c), & \text{known}(c) \end{array} ].$$

|                                                                                              |                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geef voor elk van de volgende paren van informatie toestanden aan of ze level coherent zijn: | For each of the following pairs of information states denote whether or not they are level coherent: |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|

$$\text{pair}(S, M1), \text{pair}(S, M2), \text{pair}(S, M3).$$

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

|                                                                              |                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Leg voor elk paar dat niet coherent is uit waarom het paar niet coherent is. | For every pair that is not coherent explain why that is so. |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|

### Exercise 2B (10 points)

|                                                                                                                                               |                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Geef een trace van het gedrag van component comp_c gegeven dat de <b>input informatie toestanden</b> van die component achtereenvolgens zijn: | Give a trace of the behaviour of component comp_c given that the <b>input information states</b> of that component subsequently are: |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

1. [ b, c ]
2. [ not a, c ]
3. [ a, b ]

|                                                          |                                                                          |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Gebruik de speciale antwoordformulieren uit Appendix 2B. | Please use the special answering forms that can be found in Appendix 2B. |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

### **Exercise 3 (20 points)**

|                                                                                                       |                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Deze opgave bestaat uit drie delen. Lees probleem beschrijving Towers of Hanoi gegeven in Appendix 3. | This exercise consists of three parts. Read the description of the problem Towers of Hanoi (see Appendix 3). |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Exercise 3a (10 points)**

|                                           |                                             |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Formuleer de vereisten voor dit probleem. | Formulate the requirements of this problem. |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|

#### **Exercise 3b (10 points)**

|                                                                             |                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Geef de noodzakelijke domein specifieke informatie types voor dit probleem. | Give the necessary domain specific information types for this problem. |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

### **Exercise 4 (25 points)**

De opgave gaat over een model voor het in de gaten houden van de medewerkers van een koekjesfabriek (zie Appendix 4) en bestaat uit 3 delen.

This exercise concerns a model (see Appendix 4) for monitoring the employees of a biscuits bakery, and consists of three parts.

#### **Exercise 4a (10 points)**

Formaliseer de kennis uit de probleembeschrijving in kennisbanken en geef aan welke kennisbanken in welke componenten gebruikt worden. Motiveer je antwoord.

Formalise the knowledge used by the system in knowledge bases, and indicate in which component which knowledge base is used. Motivate your answer.

#### **Exercise 4b (10 points)**

Geef aan welke agent concepten voor het systeem relevant zijn. Motiveer je keuzes kort. Gebruik de speciale antwoordvellen (3 stuks) van Appendix 4B.

Indicate which agent concepts are relevant for the system. Motivate your choices briefly. Use the special answer sheets (3 of them)s of Appendix 4B.

#### **Exercise 4c (5 points)**

Zou jij dit systeem een agent noemen? Motiveer je antwoord in hooguit 15 woorden.

Would you call this system an agent? Motivate your answers in a maximum of 15 words.

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## **APPENDIX 1 Het MOBIE systeem (also in English)**

Het gebruik van prepay mobiele telefoons is de laatste jaren sterk toegenomen. Het aanvullen van het bel-tegoed moet echter nog steeds vrijwel geheel door de gebruiker zelf worden uitgevoerd. Er is een systeem nodig dat het bel-tegoed van een gebruiker automatisch kan ophogen en zich daarbij houdt aan de persoonlijke wensen van die gebruiker. Dit systeem gaat MOBIE heten. Het MOBIE multi-agent systeem bestaat uit persoonlijke assistent agenten voor de klanten en zakelijke agenten voor de aanbieders van mobiele diensten. Het MOBIE systeem moet zorgen voor de personalisatie van de agenten, voor veiligheid, en moet de mens verschillende modaliteiten voor interactie bieden.

Om automatisch het bel-tegoed op te kunnen hogen moeten de aanbieders van telefonische diensten op een stabiele en betrouwbare manier met de persoonlijk assistent agenten kunnen interacteren. Gegeven het grote aantal van dat soort interacties, moet ook dit proces geautomatiseerd worden. In dit project is de keuze om speciale zakelijke agenten te introduceren die deze interacties aankunnen.

De persoonlijke agenten die de gebruikers moeten vertegenwoordigen kunnen de volgende hoofdtaken uitvoeren:

- 1) De persoonlijke agent creëert en onderhoudt een profiel van de gebruiker. Het profiel bevat tenminste:
  - a) De criteria waaronder de agent het bel-tegoed moet ophogen.
  - b) De informatie die nodig is om de ophoging uit te kunnen voeren, zoals de bedragen waarmee de agent mag ophogen, en informatie waarmee de betaling kan worden uitgevoerd.
- 2) De persoonlijke agent vergelijkt de criteria tegen het actuele bel-tegoed.
- 3) De persoonlijke agent vraagt de zakelijke agent om noodzakelijke informatie zoals:
  - a) Het huidige bel-tegoed.
  - b) Het gebruiks-patroon van het mobieltje voor een specifieke periode.
- 4) De persoonlijke agent om het bel-tegoed op te hogen.
- 5) De persoonlijke agent kan de aanbieder van de telefonische diensten (via de zakelijke agent) vragen om het bel-tegoed van de gebruiker met bedrag x op te hogen.
- 6) In overeenstemming met het klantprofiel houdt de persoonlijke agent de klant op de hoogte.
- 7) De persoonlijke agent via de volgende kanalen met de klant interacteren:
  - a) Het Internet,
  - b) WAP (als de klant een WAP telefoon heeft)
  - c) Spraak.

De persoonlijke assistent agenten functioneren in een omgeving die bestaat uit zakelijke agenten die de aanbieders van telefonische diensten vertegenwoordigen, financiële instellingen (zoals banken waarmee de betaling uiteindelijk mee geregeld moet worden) en de klanten. De persoonlijk assistent agenten nemen niet zelf contact op met de financiële instellingen. Ze vragen de aanbieder van de telefonische diensten om het bel-tegoed op te hogen, de aanbieder neemt dan contact op met de juiste financiële instelling.

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## **APPENDIX 1     The MOBIE system (ook in het NL)**

Prepay usage as a percentage of overall mobile (also called cell) phone access has increased sharply over the past several years. However, the recharging process is still largely manual with personalization provided by the user. A system is needed capable of automatically recharging the prepaid account of a mobile phone in a personalized manner. This visionary system is called MOBIE. The MOBIE multi-agent system consists of personal assistant agents for the consumers and business agents for the mobile telecommunication service providers. The MOBIE system has to take care of the personalization of the agents, security, and human agent interaction modalities.

To accommodate the automated recharging process for the user the mobile phone service providers need to be able to interact with the personal assistant agents in a reliable and secure manner. Because of the expected high frequency of such interactions the service providers need to automate these customer interactions. The option chosen in this project is to introduce business agents that are capable of the required interactions with the personal agents of the users. The personal assistant agent that represents the customer is capable of the following main tasks.

1. The personal agent creates and maintains a profile of the customer. The profile contains at least:
  - a) The criteria that tell the agent when to recharge the account.
  - b) The information needed to execute recharging, like the amounts it can use, and payment information.
2. The personal agent matches the criteria against the actual balance of the prepaid account.
3. The personal agent requests the necessary information from the business such as:
  - a) The balance of the prepaid account.
  - b) The actual usage pattern of the phone for a specified period of time.
4. The personal agent is capable of recharging the prepaid account.
5. The personal agent can ask the telecom companies (through the business agents that represent them) to recharge the prepaid account with amount x.
6. The personal agent is responsible for keeping the customer informed in accordance to the customer profile.
7. The personal agent is able to interact with the customer through different channels:
  - a) web-based,
  - b) WAP (for those customers that have a WAP enabled mobile phone)
  - c) voice.

The personal assistant agents function within MOBIE in an environment consisting of business agents that represent the different telecom companies, financial institutions (like banks, with whom the actual payment is to be arranged), and human customers. The personal assistant agents do not contact the financial institutions themselves. They can ask telecom company to recharge the prepaid account, the telecom company will then contact the appropriate financial institution.

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Appendix 2A A small reasoning component

Een Nederlandse vertaling van Appendix 2A of 2B is niet beschikbaar.

### 1 Information types

The information types used throughout the system are:

```
information type input_c
  relations
    a,
    b,
    c;
end information type
```

```
information type output_c
  relations
    d,
    e,
    g;
end information type
```

### 2 Fragments of the specification of the component

The component is primitive. As short description is as follows.

#### The component comp\_c

The interfaces are defined by:

```
input interface: the information type input_c;
output interface: the information type output_c;
```

The targets associated to task control focus determine\_facts are:

```
target(determine_facts, X: OA, determine);
```

The initial extent is: all-p

The knowledge base contains the following knowledge elements:

```
if    a    then  d ;
if    not a  then  not d ;
if    b    then  e ;
if    c    then  g ;
```

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Appendix 2 B

# Answersheets

**Answer 2a**

| Pair of information states | Level coherent yes or no |
|----------------------------|--------------------------|
| (S, M1)                    |                          |
| (S, M2)                    |                          |
| (S, M3)                    |                          |

**Motivation answer 2a:**

[illegible]

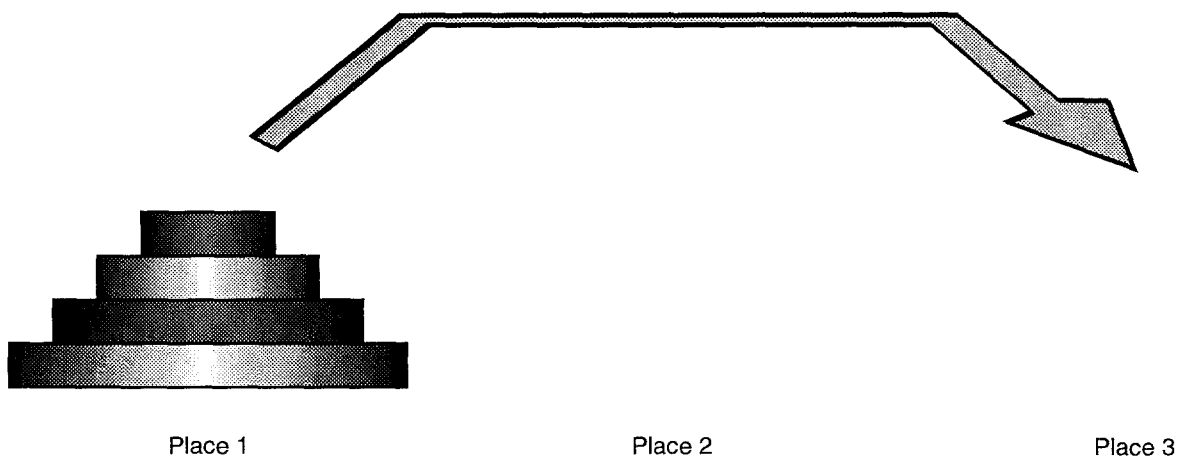
**Answer 2b**

| <i>input information state</i> | <i>output information state<br/>after revision but before<br/>reasoning</i> | <i>output information state<br/>after reasoning</i> |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| [ b, c ]                       | [ ] /* given */                                                             |                                                     |
| [ not a, c ]                   |                                                                             |                                                     |
| [ a, b ]                       |                                                                             |                                                     |

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

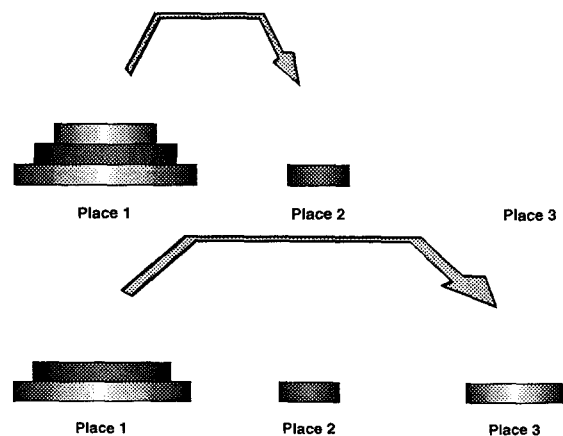
### Appendix 3 Towers of Hanoi (in English only)

An agent is needed that is capable of controlling the execution of a solution for the problem of the towers of Hanoi for towers of height four. A tower of Hanoi is a tower of blocks of increasing size (seen from the top down). The goal of the exercise is to move the tower from place 1 to place 3. There are four blocks, the smallest one is called block a, the next one is called block b, the next is block c, and the largest block is block d. The agent can only move one block at a time, that block has to be on top, and a block can only be placed on the ground or on top of a larger block.



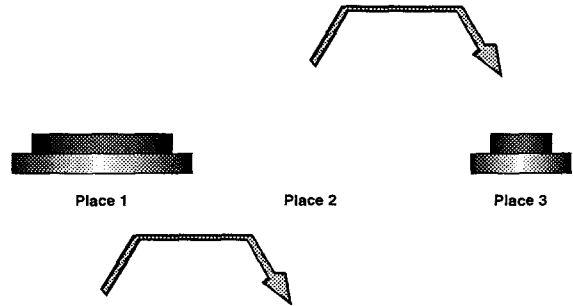
Furthermore, blocks may only be placed on place 1, place 2, or place 3. Part of the knowledge used by the agent is the following:

1. If I observe that all blocks are at place 1, then I decide to move block a to place 2.
2. If I observe that blocks b, c, and d are at place 1, and I observe that block a is at place 2, then I decide to move block b to place 3.



Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

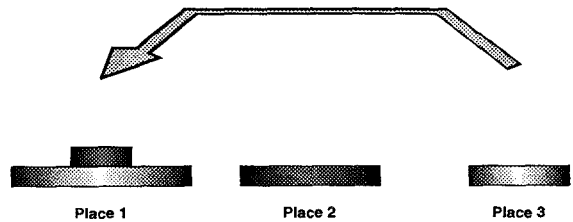
3. If I observe that blocks c and d are at place 1,  
and block a is at place 2  
and block b is at place 3  
then I decide to move block a to place 3.



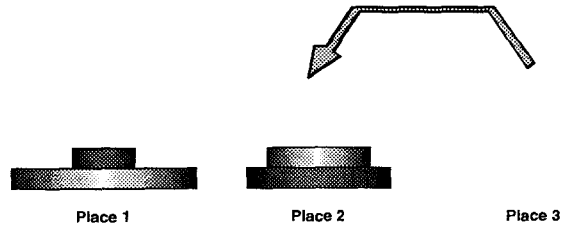
4. If I observe that blocks c and d are at place 1,  
and blocks a and b are at place 3  
then I decide to move block c to place 2.



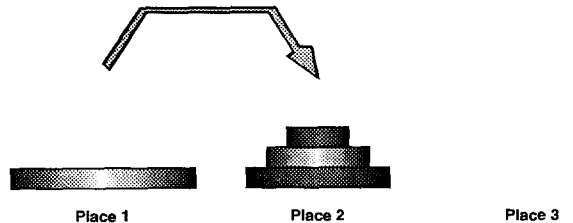
5. If I observe that block d is at place 1,  
and blocks a and b are at place 3  
and block c is at place 2  
then I decide to move block a to place 1.



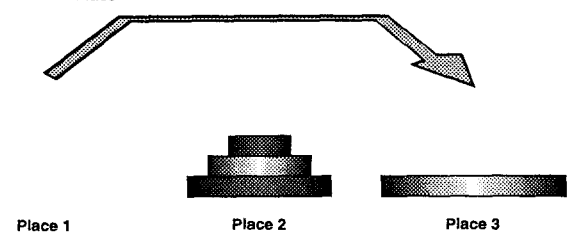
6. If I observe that blocks a and d is at place 1,  
and block b is at place 3  
and block c is at place 2  
then I decide to move block b to place 2.



7. If I observe that blocks a and d are at place 1,  
and blocks b and c are at place 2  
then I decide to move block a to place 2.



8. If I observe that block d is at place 1,  
and blocks a, b and c are at place 2  
then I decide to move block d to place 3.



Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## **Appendix 4A Koekenbakker**

Een eigenaar van een koekjesfabriek klaagt dat medewerkers in opleiding meer koekjes eten dan ze bakken. Nog los van het feit dat dit gedrag slecht is voor de omzetcijfers, is er nog een ander vervelend gevolg: soms krijgen jonge bakkers buikpijn en moeten ze per ambulance worden afgevoerd om hun maag leeg te laten pompen.

The eigenaar wil graag een software systeem laten ontwerpen dat de gezondheidstoestand van de bakkers in de gaten houdt. Deze taak lijkt erg op de taak die het proces `monitor_process` zoals beschreven in hoofdstukken 8 en 9 kan uitvoeren. Het systeem kan gebruik maken van de data van een aantal sensoren. De input bestaat uit de lichaamshouding van de bakker en de geluiden die de bakker maakt. De bakker kan liggen, rechtop staan, of voorovergebogen staan. De bakker kan kreunen, fluiten of stil zijn. Op grond van de interpretatie van de input moet het systeem analyseren of de toestand van de bakker kritiek is.

Het systeem moet eerst de geluiden en houdingen van de bakker interpreteren: als de bakker voorovergebogen staat, dan heeft hij buikpijn; als hij fluit voelt hij zich goed, als hij ligt en stil is, dan is hij bewusteloos.

Op grond van deze interpretaties moet de het systeem beslissen of de toestand van de bakker zo erg is dat de ambulance gebeld moet worden, of dat volstaan kan worden met het roepen van de voorman. Het kan natuurlijk ook zijn dat het systeem niets hoeft te doen.

Omdat deze taak erg lijkt op de taak van het proces `monitor_process` zoals dat beschreven is in hoofdstukken 8 en 9, is hieronder een partiële specificatie van deze component gegeven.

## **Appendix 4A Biscuits Baker**

An owner of a bakery complains that trainees of the bakery eat more biscuits than they bake. Apart from the fact that such a behaviour is not good for production figures, there is another unpleasant effect: sometimes young bakers get stomachaches and must be transported by an ambulance to a hospital in order to clean their stomach.

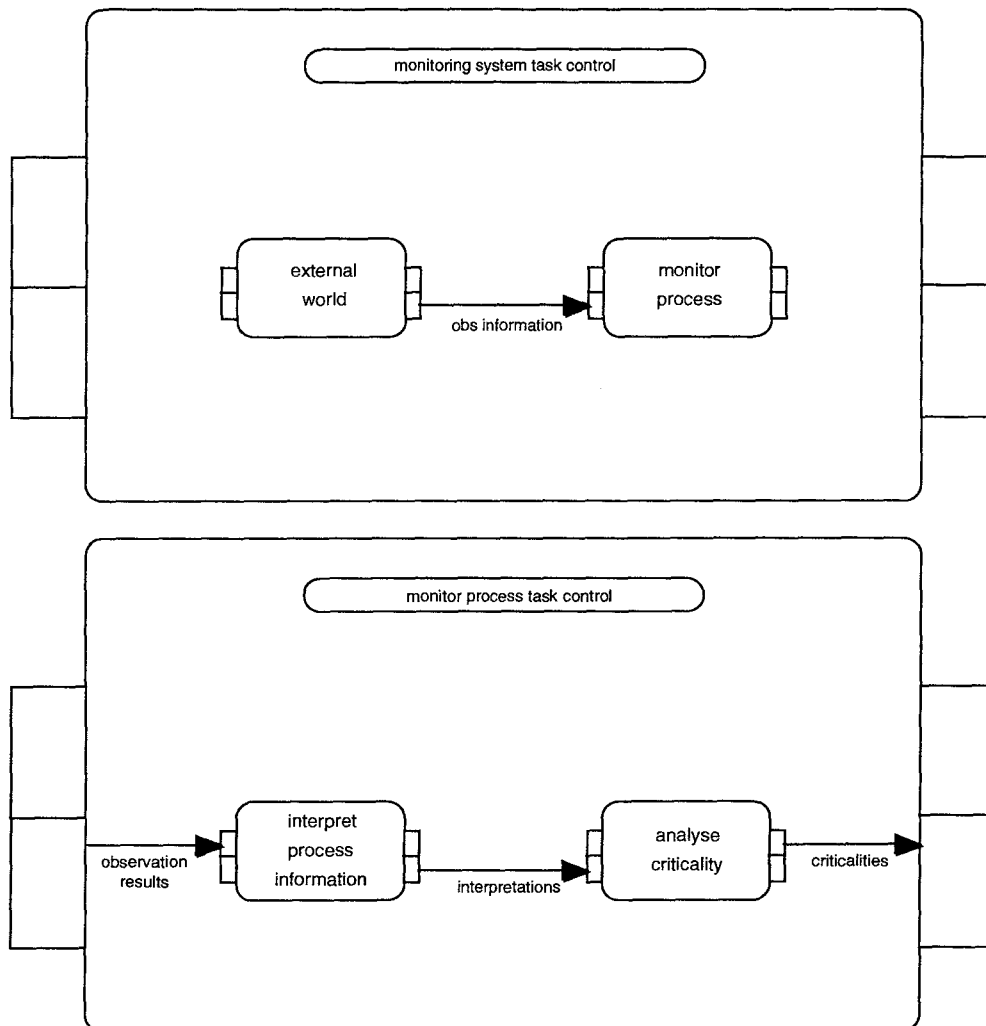
The owner would like to design a software system that monitors state of health of the bakers. The task of the system is similar to the task of the process `monitor_process` as it is described in Chapters 8 and 9. The system can use data of a number of sensors. The input information concerns positions of the baker and sounds he makes: the baker can lay down, stand straight or bent. The baker can moan, whistle or be silent. On basis of the interpretations the system has to analyse whether the state of the baker is critical.

The system must first interpret sounds and positions of the baker: if he bents, then he has a stomachache; if he whistles he feels good; if he lays down and is silent, then he is in a coma.

On the base of these interpretations the system must decide whether the state of the baker is so bad that the agent has to call for an ambulance, or that calling the foreman is enough. Of course it is also possible that system has to do nothing.

Since the task of the system is similar to the task of the process `monitor_process` as it is described in Chapters 8 and 9, a partial specification of this component is given below.

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_



## Information types

The generic information types used in the system are:

**information type** domain\_info

**information types**

.....

**end information type**

**information type** domain\_meta\_info

**sorts** INFO\_ELEMENT

**meta-descriptions** domain\_info : INFO\_ELEMENT

**end information type**

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

```

information type truth_indication
    sorts    SIGN
    objects pos, neg : SIGN
end information type

```

```

information type observation_results
    sorts    INFO_ELEMENT
    relations      observation_result : INFO_ELEMENT * SIGN
end information type

```

```

information type observation_result_info
    information types
        observation_results,
        truth_indication,
        domain_meta_info
end information type

```

### Interface information types of different components

| Component                     | Input information type  | Output information type |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| External World                |                         | observation result info |
| monitor process               | observation result info | alert                   |
| interpret process information | domain info             | interpretations         |
| analyse criticality           | interpretations         | criticality             |

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Appendix 4B

## Answersheet (1 out of 3)

|                                                  |  |
|--------------------------------------------------|--|
| <b>I. External primitive concepts</b>            |  |
| <b>A. <i>Interaction with the world</i></b>      |  |
| passive observations                             |  |
| active observations                              |  |
| performing actions                               |  |
| <b>B. <i>Communication with other agents</i></b> |  |
| incoming                                         |  |
| outgoing                                         |  |

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Appendix 4B

## Answersheet (2 out of 3)

|                                        |  |
|----------------------------------------|--|
| <b>II. Internal primitive concepts</b> |  |
| <i>A. World Model</i>                  |  |
| <i>B. Agent Models</i>                 |  |
| <i>C. Self Model</i>                   |  |
| <i>D. History</i>                      |  |
| <i>E. Goals</i>                        |  |
| <i>F. Plans</i>                        |  |
| <i>G. Group Concepts</i>               |  |
| Joint goals                            |  |
| Joint plans                            |  |
| Commitments                            |  |
| Negotiation protocols                  |  |
| Negotiation strategies                 |  |

Student name: \_\_\_\_\_ Student number: \_\_\_\_\_

## Appendix 4B

## Answersheet (3 out of 3)

| III. Types of behaviour     |  |
|-----------------------------|--|
| Autonomy                    |  |
| Responsiveness              |  |
| Pro-activeness              |  |
| Social behaviour            |  |
| Own adaptation and learning |  |