

**AUTOMATION AND ROBOT APPLICATIONS  
IN AGRICULTURAL PRODUCTIONS AND BIO-INDUSTRIES**

Professor Francis Sevila

Head, Bio-Engineering Department

ENSAM University College of Agriculture - Montpellier - France

Fax : 33 67 61 24 36 - Email : [sevila@ensam.inra.fr](mailto:sevila@ensam.inra.fr)

**ABSTRACT**

Engineering of automated tools for the agro-food industries and the rural world activities have to pick up two challenges: to answer the immediate important problems related to the situation of these industries, and to imagine the tools that their professionals will need next century.

Creating or modifying automated tools in the next few years will be made taking into account parameters either technical (environment protection, health and safety), or social and economical (investment, employment). There will be a strong interaction with disciplines like ecology, medicine, ergonomy , economy, psycho-sociology, etc.. The partners for such a research, tools manufacturers and users, should have an early involvement in its content, in order to find rapidly the solution to the drastic problems they are meeting.

On a longer term, during the next 20 years, there will be an important evolution of the rural space management and of the food processes. This will imply the emergence of new types of activities and know-how's, with lines of automated tools to be invented and developed, like: micro-systems for organic localised tasks,- mobile and adaptive equipments highly autonomous for natural space actions, - devices for perception, decision and control reproducing automatically the expert behaviours of human operators.

Design of such automated tools need to overcome technological difficulties like the automation of the expert-decision process, or the management of complex design.

Keywords : automation, robotics, agriculture, decision support, design.

## INTRODUCTION

Engineering of automatic systems for the Bio-industries (agriculture, food processing, biological process industries) has to pick up 2 challenges:

\*1\* To find technological answers to the immediate needs of these various industries, related to their somewhat difficult situation in the developed agriculture areas of the world :

- \* over-equipment and low investment potential of the agricultural farms,
- \* automation consequences on employment,
- \* control of interactions with the environment, health and safety of operators, etc.

\*2\* to imagine and to design the automated tools of the professionals of the rural world and of the Bio-industries of the 21st century. To put on the market these tools in 2010 implies that their first concepts should be generated today. It is necessary to imagine the needs of these citizens of a world full of technical sophistication and of robotisation, where relationships between mankind and machines will have strongly evolved toward a different balance. Generic systems can be foreseen, and their practical development for the users implies a variety of technical difficulties to be solved by research and industry, like :

- \* the design and the implementation of automatic expert-decision systems at the farm level or on-board of machines,
- \* or the design methods to combine multidisciplinary expertises needed for automated intelligent machinery.

## **AUTOMATIC SYSTEMS TO HELP SOLVING THE EXISTING PROBLEMS**

Creating or modifying automated tools in the next 10 years has more than ever to take into account the fields of constraints which are specified in item 1 above, in their software and hardware design processes. These constraints are either technical ones (environment protection, health and safety), either economical and social (finance, employment). Their translation in term of engineering implies a strong interaction with other disciplines concerned with these aspects: ecology, medicine, ergonomy, economy, psycho-sociology, etc.

### **Automation - employment relationship**

The development of automation in the rural world and the bio-industries has been related to systematic efforts:

- \*to gain competitiveness, with very significant successes in the last 3 decades,
- \*to reduce the laboriousness of the tasks, still too high in many of the involved human activities.

This has been done in accordance with other industries: these factors will probably stay priorities for all the developed-economy societies, and will have to be translated for the rural world and the bio-industries in term of R and D in automation and information technology. However the word "automation" has a bad fame, since it has been related to those of "loss of employment" in the most recent period of industrial and rural development, when it has implied over-intensification and dehumanisation of the production structures and of the tasks.

In other areas of industrial activities, after a systematic attraction for automation, its plus-and-minus are more cautiously evaluated, implying in some cases that human operators are repositioned around computerized and robotized production lines. To propose a new automated function in industry means more and more to propose a new tool *and* its human operator. In the same way, the appropriateness of the various schemes of automation for the production systems in the rural world and the bio-industries should be carefully evaluated with specialists of industrial labour organisation.

A special attention has to be paid to specific-to-rural-world psychological and sociological factors. In particular, those dealing with the attractiveness of rural jobs for future young professionals who have to be motivated. In the competition with other industries jobs, the decision of these young people is to be related to the qualification of the tasks, which involves the tools which are proposed for them. If all new jobs for young people in the overall economy imply the use of automated and computerised tools and systems, rural activities will have to be equipped with such systems if we want a renewal of rural workers.

Finally, in an analysis of the relationship employment-automation, it should be necessary to include the competition of agricultural production systems with high-availability / low-cost labour conditions: because it might imply either migration of the rural populations attracted by developed and computerised areas of the world, or transfer of part of the agricultural production systems toward low labor cost countries out of expensive automated production. Forecast on these aspects are difficult because related to strongly ethic and political decisions.

## Over-equipment / low-investment potential

As any other entrepreneur, the farmer investments choices are related to his dynamism and competitiveness. The evolution toward automation of its production, with new devices like the site specific farming ones, will be a key point to stay in production in most cases, according that the existing equipment on the farm is paid back (or can be adapted to new technologies), and that the new one are affordable by the farm budget.

It implies technical and economical decisions for the farmer which need to be aided by decisions support tools taking into account the specificity of these rural and agro-food businesses. These decision processes are more than ever complex. Mainly because the automated systems which are going to be proposed for the farm are involving not only direct production actions, but also actions on the the supervision, the decisions making and the organisation of this production : on these second type of actions economical figures are difficult to evaluate, in order to define how much income or confort they bring to the farmer.

There is a need for decision tools and models able to tackle such complexity. General commercial software and communication tools which are available products for technico-economical decision making are not well adapted to this situation. They need a significant amount of R and D investments.

## Interaction with the natural environment

Pollution due to rural and bio-industries activities are related directly to the processes involved, or to the tools and inputs used to run them. To reduce these well known by the public side effects of agriculture, automation can be extensively applied.

Soil compaction or excessive noise can be reduced through on farm standardised tests in order to make manufacturers apply technological solutions which are generally well known.

Pollution of water and air, which is focusing public attention, is related to processes such as fertilising or plant protection spraying. A significant part of this pollution could be rapidly reduced through the application of automation to conventional types of equipments. The concept of site specific farming SSF is a very powerfull one, since it leads to gain flexibility in the automatic distribution of chemical and organic inputs, according to the local minimum needs. The amount of researches around the world on SSF has exponentially increased during the last five years, due to the availibility at every-day-lower cost of Global Positioning Systems GPS.

GPS installed on machine and farm, together with a variety of sensors and data acquisition systems, enable to automatically map in the local computers a set of data on the weather, fields, plants, animals and crops. These data then are used to control the production input applications, either manually by the farmer actions, either automatically with on machine systems.

## Operators health and safety

In parallel with the effects on the environment, those on the health and safety of the operators and neighbour population should be paid attention. Research to limit or get rid of any hazard have to be developed in the same spirit: appropriate modification of the existing type of equipments with automated devices should solve a significant part of the problems.

This research should consist in:

- \* Research on appropriate standardised on-farm automatic testing procedures, when the effects on health and safety are clearly identified.
- \* Technological innovations on existing type of machinery to enhance comfort and safety: machine operator interface is a crucial aspect of these needed developments. An intelligent and ergonomical relationship has to be established between them in order to match the performances of similar systems in other heavier industries.

## Partners of the short term research on automated systems for bio-industries

The main partners of this research on the most immediate problems are the automated tools manufacturers and users. They have to be involved very early in the R and D process, although they are nowadays meeting significant economical difficulties in many countries.

This means that research operators have to help directly equipment industry and farmers in the development of innovative automated tools. Indeed, their economical fragility does not allow them to tackle the cost of the short term R and D which is absolutely needed by the drastic evolution of the rural world and of most of the bio-industries in many countries of the world.

## **TO DEVELOP THE AUTOMATED TOOLS FOR THE YEAR 2010**

Evolutions of the agriculture and of the bio-industries

By an analysis of the prospective literature, one can define the following potential evolutions for the next 20 years:

- \* a strong modification of the use of the rural space, involving a management and a supervision of the natural spaces which are going to be put out of agricultural production.

- \* an evolution of the agricultural activities diversifying the production modes.

The most probable activities appear to be the following:

- + intensive and integrated in the agro-food business
- + extensive occupying the natural space
- + speciality agriculture with high added value
- + forestry and non-food industrial crops

- \* an evolution of the food habits and processes, with higher constraints on quality, health, safety, and product sophistication in order to follow the requirements of the developed countries consumer. She and he will understand more and more that food is one of the few keys for personal management of her/his health.

- \* the bursting development of a biological type of industry, using the knowledge on bio-processes in high scale industrial productions.



The above activities are schematically defined in this text by the word "Bio-industries". They involve the human operators with their tools, in activities implying objects, beings and environments which are biological and natural.

A need for high technology automated systems for 2010 bio-industries

The important evolutions defined above, imply emergence of new networks of activities, and, at least, a significant modification of the production modes during the next decades. They will be followed by the development of new automated technologies which are still to be invented.

The history of the R and D technological developments in the bio-industries has shown, until now, that a delay of 15 to 20 years was needed between the invention of a really new concept and its actual extensive use on the market.

Examples can be found in the developments of the grain combines, the grape mechanical harvesters, the robotic harvesting systems, or the machine vision systems in the food industry.

Even if the innovation integration process will be speeded up by the new information communication systems, the developments of tools needed by the operators of bio-processes in 2010 have to be started now - the patents are being put now.

## The technological debates

The prospective debates are conducted in various places like conferences and journals, but also in the frame of heavy continental research programs. The proposed ideas and solutions are generally extrapolations of technological innovations developed by other powerful sectors (military, medicine, industrial automation, automobile industry), or inventions made in advanced engineering laboratories. As demonstrative examples, a few of these proposed concepts have been selected. This selection does not intend to be exhaustive: it has been done retaining the themes and concepts which are the most often cited or discussed.

## **EXAMPLES OF PROSPECTIVE NEW CONCEPTS FOR AUTOMATION**

### Micro-systems for organic localised tasks

These types of systems are already at advanced research stages in medical engineering. They are small devices implanted or circulating around or inside organs of plants or animals. They will be an extrapolation of the already developed implants and sensors for animals and plants proposed by research and industry. Their simplicity and their cost should allow to spread them widely in order to interact with other agents and processes in their nearby environments.

## Mobile equipments for adaptive tasks

These equipments will help the rural professionals to manage the production and the environment in the vast areas they will be in charge of. There will be a large range of artificial organisms due to their complexity, their sizes and powers. They will be directly or remotely controlled, or totally autonomous. They will carry enough intelligence power to handle the complexity of their tasks and the hazards they will meet.

These machines of the 2010 rural world are announced by the pick-and-place type robots recently developed for bio-processes, like the cow milking or the fruit picking robots. They are pre-figured by the mobile robots and the automatic guided vehicles in use in other industries (see reference 1, Sevilla, 1993).

## Automatic devices for sensing, for supervision, decision and control

They will be able to reproduce the behaviour of the expert-human operators acting on the bio-processes, which involves multi-sensing perception, and reflex and intuitive actions, based on a long training and experience. It will be especially the case for the devices helping operators or replacing them when absent, either in environment management, or in control of quality and process in the food industry. Starting from the on-going researches on machine vision, physical or bio-chemical sensors, or human perception simulation, devices acting on-site at reduced cost should arrive on the market continuously during the next two decades.

## **TECHNOLOGICAL DIFFICULTIES TO BE SOLVED FOR THE FUTUR AUTOMATED SYSTEMS**

To bring to the rural fields the various automated tools which are described above, a set of technological difficulties have to be solved.

Two of them have been selected here :

- \* the design and the implementation of automatic expert-decision systems at the farm level or on-board of machines,
- \* the design methods to combine multidisciplinary expertises needed for automated intelligent machinery.

### **Automatic decision systems**

Simulations of human perceptions and decisions on complex objects and tasks have been necessary as soon as the very first automated system was developed. For real time and on-machine use, such simulations can not be until now as complex and powerful as those which may be found in other areas of artificial intelligence applications (see reference 3, Armande et al, 1994).

On farm or on-board computers of agricultural automates can handle knowledge based software's of low level of complexity. This will change rapidly and on board simulation of human expertise will become more and more common. Nowadays tractors or combines have internal diagnostic software's giving the driver advises and warnings, using internally sensed information's. They will soon take more and more global machine operating decisions, taking into account sensors for external information's.

For these operating decision making, combination of the basic and previously learned know-how, with the sensors information's, is still an entire field of research activity for agricultural machines. Especially when those sensors are complex (e.g. image features extraction's or GPS base mapping systems), and have to be combined between themselves to obtain an appropriate data base for decision making. New techniques like sensors fusion, fuzzy logic, or artificial neural networks are often appropriate to modelise the complexity of human behaviours on natural objects and phenomena : they often allow easier real time on-board implementation when appropriate components are used.

### The need for complex design management methods

As shown in the previous chapters, agricultural automated systems are continuously increasing in complexity, because they include knowledge's coming from more and more disciplines and crafts (not only mechanics, plant-animal sciences and economy, but also electricity, electronics, automation, informatics, artificial intelligence, optics, image processing, physics of sensors, etc.).

Designers of automated systems for agriculture and the bio-industries have to face this complexity on various aspects :

\* In running their own practice in the designing process :

- + how to manage the increasing multidisciplinary of the designing teams?
- + how to simulate the machine functioning to identify designing problems?

- \* In the design of the machine control system itself,
- \* In the design of the machine integration in the farm system (technically, humanly, economically),
- \* In the maintenance of such complex systems at the farm level.

Similar complexity has been handled by heavy organisations, with important means, for expensive developments like in the design of planes, rockets, satellites, cars, etc.. The various expertise's needed in these hundred- to thousands-members teams of designers are combined using :

- \* appropriate design work organisation,
- \* heavy computing systems based on Concurrent Engineering methods for
  - + combined data management, all information's on the system being appropriately managed to help coherence between the various sub-developments,
  - + multi-engineering assistance, each of the involved disciplines having its own CAD, computer aided design system, interfaced data on the system coming for other groups,
- + decision aids, especially for the managers of the groups, inter-groups and project, to run the overall development efficiently until the automated system is designed and delivered.

Only part of these methods and tools can be afforded by the agricultural mechatronic industry, because of the following reasons :

- \* size of the designing teams, and time available for the design of a new system are much lower.
- \* flexibility to user needs fluctuations, and reactivity to market competition have to be much higher,
- \* design costs have to be much lower due to the price paid by the user for the machines, and to the size of the targeted market

- \* knowledge's of biological and environmental disciplines are essential for the design of agricultural mechatronic systems, and they are difficult to involve, to handle and to modelise in such computerised organisations.

Without all these powerful design tools and methods to overcome complexity in the design of agricultural mechatronic systems, a solution for this industry is to partly rely on its teams know-how. This one has to be patiently built through the successes and failures of the various systems developments in one company history. It is of strategic importance for the research and development policy of these companies to develop a certain level of understanding of what is happening in a complex and multi-disciplinary design process, and what are the key aspects which have to be secured (see Sevilla et al, 1994).

The key aspects deal with

- \* the most sensitive steps of the process where special care or checking have to be secured : prospective evaluation of risk, or organisation of the design management might depend on them,
- \* the appropriate profile of the specialists needed at the various steps of the design for the necessary tasks.

This information is essential to define policies for : \* recruiting specialists, \* buying CAD systems, \* building a sub-contractors network, \* starting new ventures on the market.

## CONCLUSION : NEED FOR MULTI-DISCIPLINARY APPROACHES

The 2 challenges which have to be picked up by research on automated systems for the bio-industries have been schematically described. They both lead to multi-disciplinary approaches for the researchers.

### Involving foreign scientific disciplines

The situations of the rural world and of the agro-food industries oblige rapidly to adapt the existing tools in use, and to evaluate their role in the companies, enterprises and farms. These works have evidently to be made with out-of-the-engineering community partners. Languages and working procedures will have to match to each other, in order to be able to rapidly include these disciplines in the design processes.

### Multi-technological disciplines

Developing automated tools for the bio-industries implies to gather various technological disciplines in the designing teams. Such multi-technological developments are identified in two main scientific communities:

#### *artificial life*

For the robots and complex machines, which are actually artificial organisms, and which functioning imitates more and more living organisms.

#### *Artificial Intelligence*

For the perception, decision and control devices which will be designed according to human behaviour.



These 2 scientific domains are very rapidly growing, and the basic problems brought to them by Bio-Engineers are complex and original.

### Interactions with biological disciplines

In the design of tools for bio-industries, it is necessary to take into account not only fields of knowledge and of know-how of technological nature, but also those dealing with living beings and biology, where models and certainties are basically different. Tools design processes have to take them into account. Reciprocally, these biological disciplines are adapting their own processes to ease the tools developments.

These mutual adaptations are really creative. It is quite common to find research in biology, almost abandoned because of lack of appropriate tools and methods, suddenly boosted by the appearance of a new automation technology, especially sensing devices. A significant example is given by the bursting use of image analysis in these laboratories.

To pick up the 2 challenges to be solved, Bio-Engineers have to evolve from an approach which is

***mono-disciplinary***

***"to design one automated tool for one bio-process"***

to a different behaviour more

***pluridisciplinary:***

***"to help to design an automated bio-process"***

## REFERENCES

1. Sévila, F. 1993. Robotics in agriculture through the fruits and vegetables harvesting developments, Keynote Address, Proceedings of the IFR International Conference, International Federation of Robotics, p.83-103, Mechanical Engineering Publications, London- U.K., ISBN O 85298 886 9.
2. Roger, J-M.; Armande, N.; Sévila, F.; Oussalah, M., 1993. Functional description of various inference modes in a hierarchical model : application to robotics Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 1 p. 572-77, ISBN 0 7803 0911 1.
3. Sévila, F., Roger J.M., Armande N., 1994. Complex machines engineering : description of the multi-disciplinary design of mechatronics systems for agriculture, Proceedings of the 12th Congress of C.I.G.R., International Commission of Agricultural Engineering, p 1658-64, CIGR Merelbeke B-9820 Belgium.

# 농업생산과 생물생산관련산업의 자동화와 로봇적용

프란시스 세비라  
교수, 생물공학과장  
프랑스 ENSAM 대학교 농과대학(몽펠리에)

## 적 요

농업 및 식품산업과 농촌지역 생산활동을 위한 자동화장치 관련 공학기술은 해결해야 할 두 가지의 도전에 직면해 있다. 하나는 이러한 산업의 현 실태와 관련한 당면한 중요문제를 해결하는 것이며 다른 하나는 다음 세기에 필요로 하게될 작업장치들을 구상하는 것이다.

향후 수년 내에 자동화장치를 고안하고 수정, 보완하는데 있어서는 기술적인 요소(환경보전, 보건, 안전성) 그리고 사회경제적인 요소(투자, 고용)들을 고려하여야만 한다. 이러한 요소들은 생태학, 약학, 인체공학, 경제학, 사회심리학 등과 상호 밀접한 연관이 있다. 기계제조업체와 기계 수요자들은 그들이 맞이하고 있는 엄청난 문제들을 신속히 해결하기 위하여 연구의 동반자입장에서 초기부터 연구개발에 가담하여야 한다.

향후 20년이라는 장기적인 관점에서는 농촌지역의 지역공간 관리와 식품공정 분야에서 중요한 변화가 기대된다. 이는 생물체를 대상으로 하는 국부작업용 마이크로 시스템, 자연조건 하의 작업공간에서의 고도 자율주행 및 작업 적응설비, 작업자의 전문적인 행동 양식을 자동으로 재현하는 인식장치, 의사결정장치, 및 제어장치 등의 자동화장치의 고안 그리고 개발과 관련하여 새로운 형태의 연구개발과 전문지식의 도입을 뜻한다.

이러한 작업장치들을 설계하는 데 있어서는 전문가-의사결정 과정 또는 복잡한 설계 과정의 관리 등을 자동화하는 기술적 어려움 들을 극복해야 한다.

주요용어: 자동화, 로봇공학, 농업, 의사결정지원, 설계

## 서 론

생물생산관련산업(농업, 식품가공업, 생물공정산업) 분야에서의 자동화시스템 공학은 다음 두 가지의 도전에 직면하고 있다.:

1. 세계의 농업개발 지역들이 갖는 지역간 여건의 난이도와 관련하여 이들 다양한 산업들의 당면한 요구에 부응할 수 있는 기술적인 해결책을 찾는 것 :

- \* 농가의 과잉설비와 잠재적인 저 투자 가능성
- \* 자동화 결과에 따른 고용문제
- \* 환경, 보건, 작업자의 안전들과의 상호 영향도 조정

2. 21세기 생물자원관련 산업체와 농촌지역의 전문인력을 위한 자동화 설비들의 설계와 구상.

2010년에 이러한 자동화 설비들을 시장에 내놓기 위해서는 이들 자동화설비들에 대한 초기 개념이 현재 정립되어야 한다는 것을 의미한다. 고도로 기술이 발전하고 로봇화 한 세상에 사는 사람들이 필요로 하는 것이 무엇인지 상상해 볼 필요가 있다. 여기서 인간과 기계와의 관계는 작업분담 측면에서 보다 다른 균형이 이루면서 상당히 발전할 것이다. 예측이 가능한 일반적인 시스템의 경우, 사용자를 위한 실질적인 설비개발은 산업체와 연구집단들이 해결해야 할 다음과 같은 다양한 기술적 문제들이 산적해 있음을 뜻한다.

- \* 농가 수준의 또는 기계에 바로 장착할 수 있는 자동 전문가 의사결정시스템의 설치 및 설계
- \* 또는 지능적인 자동화기계 개발에 필요한 다양한 전문 기술 분야를 조합할 설계기법

## 당면한 기존문제를 해결하기 위한 자동화 시스템

향후 10년간 자동화 설비를 개발하고 수정 보완하는 데는 소프트웨어 및 하드웨어의 설계과정에서 전술한 항목 1의 제약조건을 고려하는 것 이상이 필요하다. 이러한 제약점들은 기술적 문제들(환경보건, 보건, 안전)이나 경제적, 사회적 문제들(재정, 고용)을 의미한다. 공학적 측면에서 이들 제약점들을 고려하기 위해서는 생태학, 약학, 인간공학, 경제학, 사회심리학 등의 다른 전문분야들과의 상호교류가 필요하다.

### 자동화-고용 관계

농촌지역의 생산활동과 생물관련산업을 위한 자동화개발에는 체계적인 노력이 필요하다:

- \* 지난 30년간 매우 큰 성과를 얻었다면 그러한 경쟁력을 확보하기 위하여

\* 여전히 많은 작업에서 노동력의 의존도가 높는데 이러한 작업노동력을 절감하기 위하여

자동화와 고용의 관계는 다른 산업분야와 부응하여 추진되어 왔다: 이러한 요소들은 아마도 모든 선진경제 사회에서 여전히 주안점으로 남아 있을 것이고, 자동화와 정보처리 분야의 연구개발을 통하여 농촌지역 생산활동 및 생물관련산업 분야로 이전될 것이다. 그러나 최근 산업화 그리고 농촌개발과 관련하여 자동화라는 단어는 고용의 손실이라는 악명을 가지고 있다. 이는 생산구조와 작업체계에 있어서 과도한 자동화 추진과 인간성 상실에 기인한다.

다른 산업분야의 경우, 자동화를 체계적으로 추진하고 이에 따른 이익과 손실을 보다 주의 깊게 평가하여 왔다. 이는 경우에 따라서는 컴퓨터화 되고 로봇화된 생산라인에 작업자를 재배치함을 의미한다. 자동화 기능을 도입하는 것은 새로운 설비와 이를 운용하기 위한 작업자가 보다 더 필요하다는 것을 의미한다. 마찬가지로 농촌지역과 생물생산 관련 업체의 생산시스템을 자동화하기 위한 다양한 계획들 역시 그에 대한 적정성을 산업 노동단체 산하 전문가들과 함께 주의 깊게 평가해야한다.

농촌지역 특유의 심리학적, 사회학적 요소들에 대하여 특별한 주의를 기울여야 한다. 특히 장래의 젊은 전문인력들을 유도할 수 있는 농촌지역의 취업여건 마련에 관심을 기울여야한다. 타 산업분야와의 취업경쟁에 있어서 젊은이들은 그들에게 부과되는 작업여건에 따라 취업의사를 결정하게된다. 만약 경제 전반에 걸쳐 젊은 층을 위한 새로운 직장들이 자동화되고 컴퓨터화된 작업설비 및 시스템을 운용하는 형태로 간다면 농촌의 생산활동에 있어서 농촌인력의 교체를 원한다고 할 때는 그러한 시스템들을 갖추어야만 할 것이다.

마지막으로, 고용과 자동화의 관계를 분석하는데 있어서 저 비용의 노동력 공급을 통한 농업생산시스템의 경쟁력 향상을 포함시키는 것이 필요하다. 이는 개발지역과 컴퓨터화된 분야로의 농촌노동인구가 이동하거나, 고가의 자동화 생산체제로 부터 노동임금이 저렴한 나라로 농업생산시스템을 이전하는 것을 의미한다. 하지만, 이러한 점들에 대한 전망은 윤리적 선택 그리고 정치적 선택과 관련하여 매우 어렵다.

### 과도설비/저 투자의 잠재성

다른 기업주와 마찬가지로 농민들의 투자선택은 농민의 능동적 측면과 경쟁력과 밀접한 관계가 있다. 농가의 기존설비 투자가 환급될 수 있는가(또는 기존설비가 새로운 기술에 적용될 수 있는가), 농가의 예산으로 새로운 설비를 구입하는 것이 가능한가에 따라 현장특유농업과 같은 새로운 방법들을 이용한 생산자동화로의 발전은 농업생산을 유지하는데 있어서 대부분의 경우 중요한 역할을 할 것이다.

이는 이들 농촌지역산업의 특성과 농산 및 식품산업의 특성을 고려한 의사결정시스템의 지원이 농민에게 필요하며 동시에 농민은 기술적, 경제적 판단을 해야함을 뜻한다. 하지만 이러한 의사결정과정은 매우 어렵고 복잡하다. 농가를 위한 자동화시스템은 직접적인 생산활동 뿐만 아니라 생산관리, 생산조직, 그리고 생산에 따른 의사결정 수단까지 포함하는 것이다. 그런데 생산관리, 생산조직, 의사결정 등과 관련해서는 자동화 시스템이 농민에게 얼마나 많은 이익과 편의를 주게 될지를 평가하는 것은 매우 어렵다.

따라서 이러한 어려움을 해결할 의사결정도구나 모델이 필요하다. 기술적 측면에서 경제적 측면에서 의사결정을 지원하는 현재 사용이 가능한 상업용 소프트웨어와 통신수단들은 언급한 상황에 적용하기에는 적합하지 않으며 앞으로 이 분야에 대한 상당한 연구 개발이 필요하다.

### 자연환경과의 상호작용

생물생산관련 활동 및 생물생산관련 업체에 의한 환경오염은 공정 그 자체 또는 작업기 그 자체 그리고 작업기를 가동시키는데 필요한 입력매체들과 밀접한 관계가 있다. 농업으로 인한 환경 부작용을 감소시키기 위해 자동화가 광범위하게 추진될 수 있다.

작업기로 인한 흙의 다짐이나 작업기의 과도한 소음은 제조업자들로 하여금 일반적으로 잘 알려진 기술들을 이용하여 이들 문제를 해결할 수 있도록 하는 표준화된 시험을 실시하여 감소시킬 수 있다.

대중적인 관심의 초점이 되는 물과 공기의 오염은 비료 및 농약살포 등의 작업과 관련이 있는데 이러한 오염의 상당부분은 기존의 설비에 자동화장치를 장착함으로써 신속히 감소시킬 수 있다. 현장특유농업 SSF의 개념은 매우 효과적이다. 왜냐하면 지역별로 최소한의 필요만큼만 화학, 생물 투입물 등을 자동으로 조절할 수 있는 유연한 작업이 가능하기 때문이다. 점차 저 비용으로 지구위치결정시스템(GPS)을 적용하는 것이 가능하여져서 세계적으로 SSF에 대한 연구활동은 지난 5년 동안 기하학적으로 증가해왔다.

다양한 종류의 센서와 데이터 획득시스템 그리고 GPS가 장착된 기계장치와 농가에 설치된 GPS를 이용하여 자동으로 지역 컴퓨터에 날씨, 포장상태, 식물과 동물 그리고 작물의 데이터를 축적할 수 있다. 이들 데이터를 이용하여 농민들이 직접 생산에 투입되는 입력매체를 조절하거나 자동화된 기계시스템을 이용하여 조절할 수 있다.

### 작업자의 보건과 안전

환경에 대한 영향과 아울러 반드시 작업자 및 작업 주변지역 주민들의 보건 및 안전

에 대한 영향을 고려하여야 한다. 위험요소를 감소시키거나 제거하는 연구가 작업자의 보건과 안전의 관점에서 수행되어야 한다. 기존의 작업설비를 자동화장치를 이용하여 적절하게 보완함으로써 이러한 문제의 상당부분을 해결하여야 한다.

이러한 연구에 있어서는 다음과 같은 내용을 포함하여야 한다.

- \* 보건과 안전에 대한 영향을 명확하게 나타낼 수 있는 적정하게 표준화된 자동시험 장치의 개발 연구
- \* 기존의 작업기계를 보완하여 편의성과 작업안전성을 향상시킬 수 있는 기술개발 : 기계장치의 조작 편의정도는 이러한 기술의 개발에 있어서 중요한 부분을 차지한다. 중공업 등 타 분야에 적용되고 있는 시스템과 유사한 기능을 갖는 지능적이고 인간공학적인 조작장치를 개발하는 것이 필요하다.

### 생물생산 관련 산업의 자동화를 위한 단기 연구과제의 협력

가장 당면한 문제를 해결하기 위한 연구의 주 구성원은 자동화장치 제작용체와 사용자가 되어야 한다. 비록, 대부분의 나라에서 최근 이들이 겪는 경제적 어려움은 심각한 정도이지만 그래도 초기 연구개발 과정에서 부터 깊숙이 참여하여야 한다.

이는 혁신적인 자동화장치를 개발함에 있어서 연구자가 설비 제조업체와 농민을 직접 도와야함을 의미한다. 실질적으로 세계 도처의 농촌지역과 생물생산관련 업체가 급속히 변화하기 때문에 이를 따라가기 위해서 필요한 단기간의 연구개발 비용을 담당할 수 있는 경제적 여력이 업체와 농민에게는 부족한 실정이다.

## 2010년을 향한 자동화 설비 개발

### 농업 그리고 생물생산 관련 산업의 발전

주요 문헌을 분석해 보면 향후 20년 동안 다음과 같은 잠재적인 발전을 기대할 수 있다.

- \* 농업생산에 사용되지 않는 자연공간들의 관리 및 감독등 농촌지역의 공간 활용에 대한 강력한 수정 보완
- \* 생산형태를 다양화하는 농업활동으로의 발전

가장 가능성이 있는 것으로 다음을 들 수 있다.

- + 통합적이고 적극적인 농업-식량사업
- + 자연공간의 과감한 확보
- + 고부가가치를 갖는 특수 농업
- + 산림 및 비식용 산업작물들

\* 품질, 건강, 안정성 그리고 식품의 기능성 측면에서 엄격한 제한을 두고 선진국 소비자들의 요구를 만족시킬 수 있는 식품 취향 및 식품공정의 발전. 많은 사람들이 식품이 개인의 건강 유지를 위한 몇몇 안되는 주요한 요소들 중 하나라는 것을 보다 더 인식하게 될 것이다.

\* 대규모의 생산형태로 생물공정 관련 지식을 이용함으로써 초래되는 생물생산 관련 산업의 폭발적인 발전.

본 논문에서는 위의 활동을 생물생산 관련 산업이라는 단어로 개괄적으로 기술하였지만 작업자와 작업설비, 대상체, 그리고 생물학적 자연환경 등을 모두 포함하는 활동을 의미한다.

## 2010년의 생물생산 관련 산업체를 위한 첨단 자동화시스템의 필요성

앞에서 중요하게 언급한 발전양상은 적어도 10년 안에 생산형태에 있어서 상당한 수정 및 보완이 일어나고 새로운 연계성을 갖는 생산활동이 출현하게 됨을 의미한다. 이러한 발전은 지금현재 개발되고 있는 새로운 자동화기술에 이어 일어날 것이다.

생물생산과 관련한 연구와 개발의 발전 역사를 돌이켜보면 새로운 개념이 창출되고 실질적으로 상용하는 물건이 시장에 출현하기까지는 15년에서 20년의 기간이 소요됨을 알 수 있다. 곡물 콤바인, 포도 수확기, 로봇을 이용한 수확시스템, 식품산업에 있어서의 기계시각 시스템의 개발 등을 이러한 예로 들 수 있다.

비록 첨단적인 통합 공정이 새롭게 개발되는 정보통신시스템에 의해 가속화될 수 있다 하더라도 2010년의 생물공정 작업에 요구되는 설비의 개발은 지금 이 순간 특허 등으로 이미 시작되어야 한다.

## 기술 토론

학술회의나 저널 등 여러 경로를 통하여 그리고 대단위의 세계적 규모의 공동연구를 안에서 기술적 문제에 대한 토론의 기회를 가질 수 있다. 제안한 개념과 해결책은 일반적으로 타 분야산업(군용, 약학, 산업자동화, 자동차산업) 또는 연구소에서 개발한 첨



단기술을 복합적으로 응용하는 형태이다. 실제 예를 가지고 제안한 개념들에 대하여 가장 자주 인용되고 토론되고 있는 내용과 주제를 가지고 몇 가지를 선정하였다.

## 기대되는 새로운 자동화 개념의 예

### 생체조직을 대상으로 한 국부작업용 마이크로 시스템

이러한 형태의 시스템은 의료공학에서는 이미 상당히 앞서서 연구가 수행되어 있는 실정이다. 이러한 마이크로 시스템은 동물 또는 식물의 생체조직 내 또는 조직의 주변을 돌아다니게 하거나 이식시키는 데 쓰는 미세 장치이다. 연구소와 산업체에 의해서 이미 개발한 동물과 식물을 대상으로 하는 센서, 이식용 매체들을 적용하여 이러한 시스템을 구현할 수 있다. 시스템의 단순성과 비용 측면에서 연관되는 주변 타 분야의 작업 공정들에 상호 연계하여 향후 이러한 시스템이 광범위하게 확산될 것으로 본다.

### 작업 적응형 주행 설비

이러한 설비는 농촌 작업자들로 하여금 광범위한 지역에 걸쳐 생산관리 및 환경관리를 할 수 있도록 해줄 것이다. 기능의 복잡성, 장치의 크기 및 요구동력에 따라 다양한 종류의 인공조작장치들이 가능할 것이다. 이들 장치들은 작업자가 직접 조정하는 형태 또는 원격제어의 형태 또는 완전 자율주행의 형태로 될 것이다. 그리고 복잡하고 힘든 작업을 할 수 있으며 위험한 작업을 대신 할 수 있는 지능적인 기능을 가질 것이다.

2010년의 농촌지역에 투입될 이러한 시스템은 착유로봇, 과일수확 로봇과 같이 최근 생물생산공정용으로 개발한 단순작업용의 로봇으로부터 발전되어 갈 것이다. 타 산업에서 이미 사용되고있는 주행로봇, 자동안내차량(AGV)을 볼 때 이러한 시스템의 예측이 대략적으로 가능하다.

### 감지용, 감독용, 의사결정 및 제어용 자동화 장치

이러한 시스템은 생물생산 공정에서 전문작업자의 행동양상을 모방할 수 있는 기능을 갖는다. 이러한 기능은 작업자가 장기간의 훈련과 학습에 의거하여 얻을 수 있는 다양한 감지 및 인식, 반작용 및 본능적 작용 등을 포함한다. 특히 환경관리나 식품산업의 품질제어 및 공정제어에 있어서 작업자를 도와주거나, 작업자가 없을 경우 작업을 대신해주는 기능을 가질 것이다.

현재 추진되고 있는 기계시각으로부터 물리적 또는 생화학적 센서, 인간의 인식기능에 대한 시뮬레이션 기능, 현장에 바로 설치되어 사용이 가능한 저가의 설비 등이 향후 20년 내에 지속적으로 우리들 앞에 나타날 것이다.

## 미래의 자동화 시스템을 구현하기 위해 해결해야 할 기술적 어려움

이미 언급한 다양한 자동화설비를 농업분야에 정착시키기 위해서는 다음과 같은 일련의 기술적 어려움을 해소하여야 한다.

이들 중 두 가지 과제를 선정하여 기술하면 다음과 같다:

- \* 농가 단위 또는 기계 설치용의 자동 의사결정 시스템의 설계 및 구축
- \* 지능적인 자동화 기계개발에 요구되는 다양한 분야의 전문기술을 조합할 수 있는 설계 방법

### 의사결정 자동화 시스템

복잡한 대상체와 복잡한 작업에 대한 인간의 인식기능과 의사결정 기능에 대한 시뮬레이션 등에 대한 필요성은 초기 자동화시스템이 개발되자마자 바로 대두되었다. 실시간으로 그리고 기계설비에 바로 설치하여 활용하는 경우, 현재 타 분야의 인공지능 기술에서 볼 수 있듯이 복잡하고 강력한 기능들이 그대로 유지되기가 힘들다.

현재 농가 또는 농업 설비에 장착되어 자동화를 수행하는 컴퓨터는 비교적 낮은 수준의 지식 베이스 소프트웨어를 취급할 수 있는 정도이다. 하지만 이러한 상황은 앞으로 급속히 변화할 것이며 전문적인 작업을 시뮬레이션할 수 있는 기능을 장착한 설비가 점차 일반화될 것이다. 최근에는 트랙터 또는 콤바인의 경우 내부적으로 감지한 정보를 가지고 내부진단 소프트웨어를 이용하여 작업자에게 조작에 따른 경고와 충고를 해주는 기능을 가지고 있다. 이러한 의사결정 자동화 기능은 조작에 따른 의사결정에 있어서 외부정보를 감지하면서 보다 광범위하게 적용될 것이다.

감지한 센서정보를 가지고 기초적인 know-how 및 이전에 습득한 know-how를 결합하는 기술에 대한 연구가 농업용 기계설비를 위한 작업조작과 관련한 의사결정 연구활동의 거의 전부라 할 수 있다. 특히 이러한 센서가 복잡한 경우(예로 영상의 특징추출, GPS에 의거한 정보변환 시스템)에 그리고 의사결정을 위해서 적절한 데이터 베이스를 조합하는 것이 필요한 경우에 특히 그러하다. 센서융합기술, 퍼지논리, 인공적인 신경회로망들과 같은 새로운 기술들이 대개는 이러한 자연적인 대상체와 현상에 대하여 인간행동의 양상을 모델링하는데 적절하다. 이들 기술들은 적절한 장치가 구비되는 경우 기계설비의 실시간 조작을 용이하게 해준다.

### 복잡한 설계의 관리기법

전 절에서 보았듯이 농업용 자동화 시스템은 점진적으로 기능이 점차 복잡해지고 있다. 왜냐하면 이들 시스템은 보다 많은 분야의 전문지식과 기술(기계역학 뿐만 아니라

식물학, 동물학, 경제학, 전기, 전자, 자동화, 정보공학, 인공지능, 광학, 영상처리, 센서물리학 등)을 포함하기 때문이다.

농업 및 생물생산 관련 산업을 위한 자동화 시스템 설계자는 다음과 같은 다양하고 복잡한 문제에 직면하게 된다.

\* 설계과정에서의 문제:

- + 설계영역에서 증가하는 복합 전문기술을 어떻게 처리할 것인가?
- + 설계문제를 설정하기 위한 기계장치의 기능은 어떻게 시뮬레이션해야 하는가?

\* 기계제어 시스템 자체의 설계문제

\* 농가 시스템에 있어서 기계의 통합(기술적, 인간공학적, 경제적 측면)설계문제

\* 이러한 복잡한 시스템에 대한 농가 수준에서의 유지보수

농업 및 생물생산 관련 자동화 시스템과 유사한 복잡한 문제들이 예로 비행기, 로켓, 인공위성, 자동차 등의 설계에 있어서는 대규모 집단에 의해 고가의 개발비용이 투입되어 수행되었다. 수백-수천의 설계 팀에서 요구되는 다양한 전문기술들이 다음과 같이 통합되었다.

\* 설계작업의 적정 조직

\* 일관 공학기법에 의거한 대형 컴퓨터 시스템:

- + 다양한 세부개발 간에 일치성을 유지하도록 시스템의 모든 정보를 적절하게 관리해주는 복합 데이터 관리
- + 각 분야의 CAD(컴퓨터 응용설계)는 타 그룹 시스템에서 전달되는 데이터와 상호호환 기능을 갖도록 하는 복합적인 공학적 지원
- + 자동화시스템이 설계되고 개발될 때까지 전반적인 개발을 효율적으로 주도할 수 있도록, 특히 그룹의 관리자들, 그룹과 그룹간, 그리고 세부과제들간의 의사결정 지원

하지만, 농업분야 전자기계(기전)산업에서는 다음과 같은 이유로 오직 이러한 방법들과 장비들의 일부만이 가능하다.

- \* 설계 팀의 규모가 매우 작고 새로운 시스템을 설계하는데 필요한 시간이 매우 짧다.
- \* 사용자의 수급변화가 심하고 시장경쟁에 있어서 반응이 불확실하다.
- \* 사용자 측면에서 보면 구매 기계가격이 저렴해야 하고 기계를 판매할 시장규모가 작아 설계비용이 상대적으로 낮다.
- \* 생물학, 환경관련 전문지식이 농업용 기전시스템의 설계에 중추적인 역할을 하나 이들 지식을 취급하고 모델링하기가 힘들다.

농업용 기전시스템의 설계에 따르는 복잡하고 어려운 문제들을 해결하는데 있어서 이러한 모든 강력한 설계도구와 방법이 없이는 각 팀의 know-how에 부분적으로 의존하여야만 한다. 이러한 과정은 업체의 역사와 관련되는데 다양한 시스템을 개발하는데 성공과 실패라는 고통을 거듭하며 know-how를 축적한다. 복잡하고 다양한 전문기술들을 이용한 설계과정에서 중요도의 수준을 설정하고 관련 지식을 습득하며 핵심기술을 확보하는 것이 연구 및 기술개발과 관련한 이들 업체들의 정책에 있어서 전략적으로 중요하다.

명심해야 할 중요한 점은

- \* 특별한 주의와 검사가 요구되는 가장 민감한 단계로서: 위험도에 대한 기대평가 또는 작업에 따른 설계관리의 조직
- \* 필요한 작업에 요구되는 다양한 설계 단계의 설정 및 그에 따른 적정 전문인력의 확보

이러한 정보는 전문가의 확보, CAD시스템의 구입, 세부 계약 망의 확보, 새로운 사업 시장의 진출 등과 관련한 정책을 결정하는데 있어서 중요하다.

## 결론 : 복합적 기술을 이용한 접근 필요성

생물생산 관련 산업을 위한 자동화 시스템의 연구에 있어서 해결해야 할 두 가지의 도전 과제에 대해 피상적으로 기술하였다. 이들 두 과제들을 해결하기 위해서는 연구자들이 복합적인 기술을 이용하여 접근해야 한다.

### 타 분야 전문기술의 도입

농촌과 농업-식품업계의 현 실태는 기존에 사용하고 있는 작업장치들을 급속도로 새로운 자동화 설비로 적용시키고 회사와 기업, 농가에서 기존에 사용하고 있는 작업장치들이 부담하고 있는 역할을 평가하도록 하고 있다. 이러한 작업은 공학기술집단들로부터 수행되어야 한다. 타 분야 기술을 설계과정에 신속하게 도입하기 위해서는 기술용어, 작업공정들을 서로 일치시켜야 한다.

### 복합 전문기술

생물생산 관련 업체를 위한 자동화 장치를 개발하기 위해서는 설계시 다양한 분야의 전문기술을 필요로 한다. 이러한 복합 전문기술의 개발은 두 개의 과학분야로 규정할 수 있다.

## **인공생물**

생물체 기능을 보다 모방하고 실질적으로 인공적인 생물체와 유사한 로봇과 복잡한 기계 장치 분야

## **인공지능**

인간의 행동양식을 모방하여 설계하는 인식장치, 의사결정 및 제어장치 분야

이들 두 과학기술 분야는 급속도로 발전하고 있으나 생물공학자들이 이들 분야에 제기하는 기본적인 문제들은 복잡하면서도 독창적이다.

생물생산 관련 작업장치를 설계하는 데는 기술적인 know-how 또는 공학적 전문지식 뿐 아니라 대상 생물체와 관련한 생물학적 전문지식, 즉 모델링 및 확정성 측면에서 근본적으로 일반공학분야와는 다른 전문지식이 필요하다. 작업장치들은 이러한 점들을 고려하여 설계 하여야 한다. 역으로, 또 이들 대상 생물체는 작업장치의 개발이 용이하도록 재배공정을 개발해 나가야 한다.

이러한 상호 적용기술을 개발하는 것은 창조적인 작업이다. 적절한 방법과 기술의 부족으로

거의 포기하였었지만 이제 새로운 자동화 기술 특히 다양한 감지장치의 개발로서 갑작스럽게 대두되고 있는 생물학 분야에서 연구내용을 찾는 것은 아주 보편적이다. 이들 연구실에서 영상처리기술을 폭발적으로 사용하는 것은 주목할만한 일례가 된다.

두 개의 도전과제를 해결하기 위해서 생물 공학자들은

### **단일전문분야**

#### **“단일작업공정을 위한 단일기능의 자동화장치 설계”**

로부터 접근하기 보다는 보다 다른 형태로 즉

### **복합전문분야**

#### **“생물생산공정의 자동화 설계를 보호하기 위한 복합전문분야”**

로 발전해야 한다.