

現代 制御工学 理論의 展望

徐 丙 高*

■ 차 례 ■

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 서 론 | 4.1 대규모 시스템 |
| 2. 제어공학의 문제점 | 4.2 마이크로프로세서 |
| 3. 역사적 고찰 | 4.3 시스템 신뢰도 |
| 4. 전망되는 연구과제 | 5. 결 론 |

1. 서 론

날이 갈 수록 극도로 전문화되고 분업화되는 현대사회의 산업구조 및 사회구조는 복잡다양성을 나타내고 있다. 고도 경제성장으로 금년도 200억불의 수출을 이룩하였으며 본격적인 중화학 공업시대에 접어든 우리 사회는 더욱 그러하다.

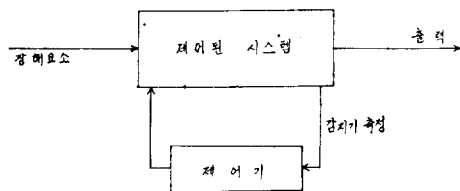
이러한 우리 사회구조나 산업구조는 자연적으로 복잡해지고 다양한 시스템을 만들어 내고 있으며 이러한 시스템들의 효율적인 운동 및 설계는 시스템 분석을 통한 제어(control)가 이뤄질 때 잘 돼 나갈 수 있다. 그러므로 제어공학은 제 2의 산업혁명시대라고 할 수 있는 현대에 필수불가결하게 존재한다고 보며 고도의 기술공업국가를 지향하고 있는 우리사회의 시대적 요청에 따라 그 필요성은 강하게 인식돼야 할 것이다. 특히 제어가 중추를 이루고 있는 방위산업의 경우와 같은 절실한 현실의 상황을 직시해 볼때 제어공학은 긴요하다고 아니할 수 없을 뿐만아니라 우리나라가 선진국가와 보조를 맞추는데 없어서는 안될 가장 중요하고도 시급히 요청되는 연구분야중 하나가 될 것이다.

2. 제어공학의 문제점

제어 공학분야에 종사하는 엔지니어는 타인에 의해 설계되어진 시스템을 다루게 된다. 그러나 이들 시스

템 가동 상태에 엔지니어는 만족스럽지 못하다. 근본적인 이유는 시스템 역학(dynamics)과 입력에 가해지는 외적 장애요소(disturbance input)사이의 상호작용이 시스템 상태변수(state variable)를 비정상상태로 만들기 때문이라고 볼 수 있다. 사실상 시스템은 제어 없이 동역학적(kinetic) 에너지와 포텐셜 에너지 사이에 복잡한 상호작용이 일어나기 때문에 본질적으로 불안정하다고 할 수 있다. 이와 같은 예는 개루우프(open loop) 시스템에서 흔히 찾아 볼 수 있다.

개루우프 시스템에서 발생하는 불만적스러운 결과들은 제어변수(control variable)들을 감지기(sensor)측정함수로서 다루어질 때 즉 궤환(feedback)제어를 할 수 있음에 의해 해결될 수 있다. 제어 시스템의 설계상 가장 중요한 점은 잡음기(noise sensor)측정으로부터 제어신호(control signal)로 전환을 유도하는 것이다. 이와 같은 전환을 유도하는 기기를 제어기(controller) 혹은 보상기(compensator)라 부른다. 이와 같은 상태를 아래 같이 도시화 할 수 있다.



(제어시스템의 간략한 구조)

* 正會員 : 漢陽大 工大 電子通信工學科 教授

이러한 계순환 제어기의 설계는 물리적 문제점들 뿐만 아니라 시스템 전체에서 발생하는 제한적 요소들 때문에 복잡하여질 수도 있고 간단히 될 수 있다. 제어 설계상 가장 중요한 문제는 계환 제어기의 설계에 있다. 그 설계상 고려하여야 할 점은 시스템이 만족할 만한 상태로 운영될 수 있도록 하는 것을 우선으로 하되 제어기 제작에서 발생하는 기술적 제한요소인 제작비용, 안정도등 같은 것 들이다.

3. 역사적 고찰

제어이론 발달의 초창기는 1940년대에서 1960년대 사이라고 볼 수 있다. 이 때의 이론은 서어보기구(servo mechanism)이론 혹은 고전적 제어이론으로 간주되고 있다. 이 시기에 발달한 이론은 일정한 상수를 포함하는 선형미분 방정식들에 의해 묘사했으며 단일 제어입력(control input)에 특성을 나타내는 시스템들의 개발을 위한 것이었다. 라플라스변환(laplace transformation)에 의해 이러한 시스템들은 주파수영역에서 분석될 수 있었으므로 시스템 역학(dynamics)관계를 전달함수에 의해 나타낼 수 있었다. 물론, 이때 설계방법의 발전을 위한 주요한 동기가 된 것은 해군과 지상군이 무기 시스템을 위한 정확한 사격제어 시스템의 필요성에 의한 것이다. 화학적, 산업적 과정의 계환제어 등의 이론은 이 시기 말엽에 출범하였다.

고전적 이론에 의해 생겨난 설계상 연장(tool)은 필연적으로 유용한 계산도구들과 시뮬레이션(simulation) 시설들에 의해 큰 영향을 받았다. 그래서 대부분의 설계상 연장은 그림을 그려서 푸는데 있었다. 예를 들면 니퀴스트 선도(nyquist diagam), 보디선도(bode plot), 니콜라스 선도(nicholas chart), 루우트 로키스 선도(root locus plot) 등이 된다. 이 당시에는 단지 폐쇄형태의 해(closed form solution)가 찾아졌다.

좀 더 복잡하고 강력한 제어이론의 발전으로 접어들기 시작한 시기를 제 2의 시기라고 볼 수 있으며 이때의 이론을 현대의 제어이론으로 간주된다. 1956년경에 그 원천을 찾아 볼 수 있으며 현재까지 가장 활발한 연구분야 중 하나로 생각되어진다. 특히 이 이론은 미사일과 항공시대에 접어들면서 각광을 받게 되었다. 항공 시스템들은 극단적인 비선형(non-linear)으로 볼 수 있으며 기계의 운전(motion)이나 운전 수행(performance)은 다수의 유용한 제어입력들의 영향을 받을 수 있다. 그러나 재래식 제어이론은 선형신호입력(linear signal input) 시스템들만을 위한 것에 사용될 수 있다. 그래서 이러한 항공 시스템의 어려운 요구조건을 위해

좀 더 일반적인 설계방법이 요구되었으며 즉 현대 제어이론의 발달을 가져오게 되었다. 현대 제어이론 및 이와 관련된 설계방법들의 본격적인 발달은 60년대 초기의 현대 디지털 컴퓨터(digital computer)의 출현에 의해 이루어지게 되었다. 디지털 컴퓨터는 제어문제들에 대한 해결방법에 큰 영향을 주었다. 좀 더 구체적으로 말하면, 고전적 제어이론에서는 폐쇄형의 해를 찾아야만 했으나 현대제어이론에서는 순환 알고리즘(recursive algorithm)을 사용하게 되었다. 이와 같이 해석적인 해에서 대수적인 해(algorithm solution)로서의 변천은 연구방향과 사고에 새로운 길을 열어 주었다.

현대 제어이론에 있어서 중요한 요소는 최적상태(optimization)화 하는 것이다. 최적설계를 향한 새로운 자세는 어떠한 설계가 좀 더 합당한 것인가에 대한 합리적인 결정을 짓기 위해서는 시간과 상관함수인 여러개의 제어와 상태변수들을 동시에 검토하기는 어렵다는 사실에 의한 필연성으로 생겨난 것이다.

다변수 제어문제를 해결하기 위해서는 우선 시스템 수행(performance)에 중요한 기여요소(attribute factor)들을 스칼라 수학적인 수행색인표(scalar mathematicl index of performance)로 전환시키는 것이 중요하다. 여기서 스칼라 수학적인 수행색인표란 시스템의 미분 방정식들에 의해 최적상태화하는 것 이외에 물리적 성질로부터 발생하는 제어와 상태변수에 대한 부가적인 제어들 까지도 최적상태화 되어지는 수행을 말한다.

현대 제어이론의 초창기 시대에는 2개의 강력한 이론적 접근들이 있었다. 제 1의 접근은 고전적인 변량의 계산(calculus of variation)방법을 최적제어문제에 연장시키는 일이었고 소련 수학자 포트라야긴(L.S. Pontryagin)과 그의 학생들에 의해 시도되었다. 이것을 흔히 최대원리(maximum principle)이라고 부른다. 제 2의 접근은 미국인 수학자인 벨만(R. Bellman)에 의해 시도되었으며 최적원리(principle of optimality)에 근본을 두고 있으며 이것이 후에 동적계획 알고리즘(dynamic programming algorithm)을 이끈 한 것은 주목할 만하다. 50년대 말기에 이들 2개의 주요 이론 전적인 발전은 60년대 초기에 이 분야에 있어서 세계적인 연구열풍을 낳게 하였다고 말해도 과언은 아니다.

다수의 디지털 컴퓨터 알고리즘이 최적 제어문제를 정의하고 있는 복잡한 비선형 방정식들의 대수해(numerical solution)를 위해 사용되어질 수 있도록 개발되었고 대기내(endoatmospheric)와 대기외(exoatmospheric) 항공 시스템을 위해 상당히 성공적으로 다양하고 복잡한 제도 최적상태화 문제들에 적용되었다.

이들 연구의 부산물로서는 최적 확률적 예측(optimal stochastic estimation)과 확률적 제어(stochastic control) 문제들을 위한 디지털 컴퓨터 알고리즘과 이와 관련된 조직적인 이론들의 발전을 초래하였다. 확률적 예측분야에서는 잡음감응기(noisy sensor) 레이더로부터 물리적 시스템의 매개변수와 주요상태 변화들의 예측을 재조직(reconstruction)하는 것이 시도되었으며 최적 확률적 예측 알고리즘의 발전을 발전시키기 위해 추적제 역할을 한 것은 레이더(radar) 혹은 조나(sonar)에 의해 어떠한 목표물을 추적하는데 응용한 것이라 할 수 있다.

칼만필터(Kalman Filter)의 확장으로서 볼 수 있는 다양한 확률적 예측 알고리즘(stochastic estimation algorithm)들이 있다. 이 알고리즘들은 관성항행방식(inertial navigation system)에서는 위치정확도의 증진을 위해 사용되어 왔다. 확률적 예측이론이나 이와 관련된 알고리즘은 여러 응용분야에서 그 자체만으로도 중대한 역할을 할지라도 이들이 제어문제와 결합되었을 때는 좀 더 중요성을 보여준다. 최적 확률적 제어와 관련된 알고리즘 및 이론들은 감지기구상(sensor-configuration) 및 정확도(accuracy)특성들 뿐만 아니라 시스템 성능을 묘사하는 동적-확률적-미분방정식(dynamic stochastic differential equation)들에 부과된 제한적 요소들에 달려있는 전체적인 수행색인표(performance index)를 최적상태화하는 문제를 다루고 있다.

최적 확률적제어에 있어서 대부분의 이론적인 진보는 지난 15년 동안에 이뤄져 왔으며 최적 확률적 문제는 비교적 잘 이해되었다. 다이나믹 프로그래밍 알고리즘들이 쉽사리 확률적으로 다루어질 수 있기 때문이었다. 그럼에도 불구하고 최적 확률적 제어와 관련된 어려운 실시간(real time)계산 요구조건들이 남아있다. 이와 같은 문제들은 결정론적 최적상태화(deterministic optimization)와 확률적 예측의 문제의 초점들뿐만 아니라 이들의 상호작용까지도 내포하고 있는 것이다.

그래서 우리는 이것을 쌍무제어(dual control)이라 부른다.

수학적인 이론은 실제적인 최적확률의 계산이 성취될 수 없을 지라도 최적 해를 위한 통찰력(insight)를 제공하여 준다. 어떤 특정한 물리적 문제에 관한 일반상식적인 엔지니어링 "노우-하우"와 함께 이러한 통찰력은 일반적인 실제 방법을 토대로한 많은 문제들에 최적 해들을 발달시키는데 사용될 수 있다. 가우스 선형 2차방정식(L.Q.G. : Linear-Quadratic-Gaussian)방법은 지난 15년 동안 다방면에 걸쳐 분석되어져 왔으며 많은 복잡한 문제에 성공적으로 적용되어 왔다. 이와 같은 실제가 종래의 설계보다는 현저한 증진을 보여 온 것은 분명한 사실이다.

4. 전망되는 연구과제

앞에서는 제어이론의 역사적 고찰 및 토론을 시도하였다. 현재에 우리는 복잡한 제어문제들을 다룰 수 있기를 위한 잘 정립된 이론이나 설계 알고리즘을 갖고 있다. 그러나 이론들과 응용들 사이에는 크나큰 거리가 있다. 이러한 관점에서 볼 때 미래의 중요한 3개의 연구과제가 제시된다. 최근 연구동향을 살펴보면 아래에 제시된 연구분야에 있어서 상당한 노력은 있었으나 아직 유아기에 불과하다고 말하여도 과언은 아니다. 그러므로 이장에서는 제시된 3개의 연구과제의 소개와 그들의 중요성에 대해서 알아보자.

4.1 대규모 시스템(Large Scale System)

고전 및 현대 제어이론은 "centralized decision making"이라는 중요한 가정아래 발달해 왔다. 이론과 관련된 알고리즘속에는 제어기(controller)가 (1) 완전한 시스템 역학구조(system dynamics) (2) 모든 불확실한 요소(uncertainty)의 확률적 처리 (3) 전체적인 수행색인표(the overall index of performance)의 지식들을 갖고 있어야 한다는 함축된 의미를 포함하고 있다. 이러한 가정은 여러방면에서 성공하였다 할지라도 존속하고 있는 구조/framework)만을 가지고서는 성립될 수 없는 많은 복잡한 시스템들이 있다. 아래에 있는 예제를 가지고 설명하여 보자.

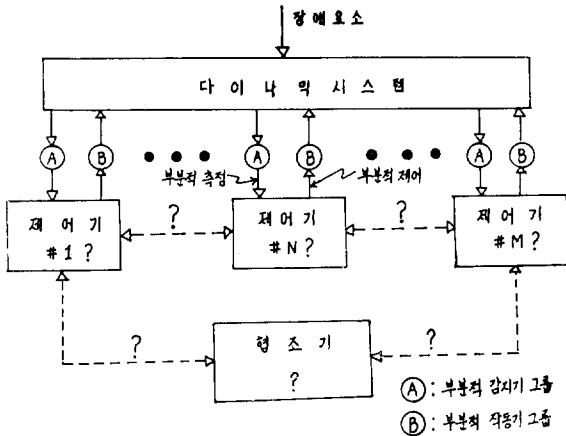
공격상태에 있는 여러 척의 군함으로 구성된 함대의 방어문제를 고려하여 보자. 진 방어의 목표는 인명 및 장비의 손실을 최소화한 줄여야 한다. 분명히 전쟁의 진화(evolution)는 탐지기(레이더 혹은 조나)들과 방어기(미사일, 총등)들의 배치인 점에서 스토캐스틱(stochastic)현상을 나타낸다. 순수히 분산화(decentralization)된 전략은 유용한 함대의 자원들을 효과적으로 동원할 수 없기 때문에 최적한 것이 될 수 없다. 한편, 기령탑에서 진함대의 모든 행동을 매 순간 지시할 수 있는 순수한 중앙집중적(centralized)인 전략을 생각하기는 힘들다. 개념적으로는 중앙집중적인 전략은 공식화 될 수 있으나 통신의 조건이나 사령탑의 피해로 인한 진함대의 피해등과 같은 것을 고려할 때 비현실적이다. 이 문제를 합리적으로 처리하려면 제충제 명령 조직을 만들어야 한다. 총괄적인 방어목적은 남아있는 방어자원들의 함수로서 부목적(subobjective)들로 분해되어야 한다. 이 예제는 제어기들과 제한된 통신문제를 갖고 있는 스토캐스틱 다이나믹 문제를 나타내 주고 있다. 전력시스템, ABM방어 시스템, 경제 시스템등에서도

비슷한 성격의 문제를 찾아볼 수 있다. 이와 같은 대규모의 시스템의 문제들은 고전적인 서어보기구의 기술에 의해 해결될 수 없다. 현재의 설계들은 시뮬레이션에 의해 보조를 받고 있으며 정적(static) 혹은 준정적(quasi-static) 모드(mode)로 연구 되어지고 있다. 그래서 이것이 심각한 결함을 발생했을 때 시스템이 가동되지 못하는 이유가 되는 것이다.

현재 우리는 대규모 시스템의 적립된 이론을 못하고 있다. 그래서 우리는 이것을 하루 속히 개발시켜야 할 것이다.

우리는 마이크로프로세서(microprocessor)시대에 살고 있다. 이와 같이 값이싸고 신뢰성 있는 도구의 등장으로 저비용에 의한 분포계산(distributed)을 할 수 있게 되었다. 그러므로 우리는 이론에 있어서나 설계방법에 있어서 마이크로 프로세서, 분포계산, 분산적 제어(decentralized)등의 현재 및 계획된 특징들을 고려하여만 할 것이다.

분산적 제어(decentralized control)를 위한 이론의 개발은 마이크로프로세서와 함께 새로운 생각의 길을 가져다 줄 수 있다. 분산적 시스템의 구조는 아래와 같이 도시화할 수 있다.



<분산적 시스템의 구조>

위 그림에서 볼 수 있듯이 여러개의 제어기(controller or decision maker)이 있고 각 제어기는 총(total) 감지기 측정(sensor measurement)의 단지 일부분만을 받고 총 제어의 일부분만을 행사하고 있다. 여기에서 중요한 가정은 각 제어기는 다른 감지기 측정이나 결정(decision)에 순차적으로 액세스(access)하지 않는다는 것이다 예를 들어 설명하면 그림에 있는 다이나믹 시스템을 일방통행 도로로 생각하자. 교통신호를 위한 빨간색, 노랑색, 녹색의 신호등의 시간과 지속기간은 magnetic loop detector에 측정되는 2개의 부분적(local) 일방통행

로에 있는 대기상태(queue length)에 의해 결정된다. 이와 같은 경우 어떤 종류의 신호이거든 서로의 협조(coordination)가 필요로 된다. 그림을 좀 더 구체적으로 설명하면 의문표(?)를 포함하고 있는 모든 사각형과 선(line)은 설계변수(design variable)들이고 접선은 통신 및 컴퓨터를 위한 접속부분(interface)이다. 모든 통신 및 마이크로프로세서의 접속관계를 고려하여 분산적 시스템을 설계하는 것이 미래의 대규모시스템이론의 목표가 될 것이다. 물론 여기에는 우리가 직면하게 될 장벽 즉 개념적이며 이론적인 알고리즘 문제가 있다. 이미 오래전에 Witsenhausen이 간단한 LQG문제도 비선형적인 최적해를 갖고 있다고 지적한 것은 분산적 제어에는 본질적으로 많은 어려움이 있다는 것을 암시하였다고 생각된다. Witsenhausen 이후 다이나믹 팀 이론(dynamic team theory) 및 다이나믹 스토캐스틱 게임(dynamic stochastic game)과 같은 분야에 상당한 발전을 가져왔다. 그러나 우리는 아직 분산적 제어에 획기적이 될만한 이론을 아직은 갖고 있지 못하다. 궤환(feedback)같은 옛날의 개념을 재검토하여 새로운 관념의 시도가 필요로 할 때가 지금이라고 생각하여 또 하나의 연구과제를 제시 한다.

4.2 마이크로프로세서(Microprocessor)

종래의 제어 시스템 설계물 위한 마이크로프로세서의 사용능력은 응용연구에 있어서 무한한 것으로 생각되고 있으나 아직은 본격적으로 개발되지 않고 있다. 고전적 및 현대 제어 이론은 컴퓨터언어 및 그 구조(architecture)에 의해 크게 영향을 받지 않았다. 그 이유는 이론 발달의 초창기에는 제어기의 제작화(implementation)의 특성은 아날로그(analog)이었고 후기에 있어서도 디지털 제어를 위한 특수 사용 미니컴퓨터들이 유용했기 때문에 그 제작화를 위해 어떠한 장해도 나타나지 않았다.

저비용이며 신뢰성 있는 마이크로프로세서의 존재는 복잡한 제어 시스템 설계를 위한 새로운 기회를 마련하여 준 것이다. 제어이론이 새롭고 개선된 설계를 위해서 빠르게 개략되는 기술혁신의 전통을 따른다면 마이크로프로세서에 의한 도전을 직면하게 될 것이다. 제어시스템의 전 행동(overall behaviour)에 속해 있는 양(quantity)들 뿐만 아니라 제어 알고리즘의 복잡성을 내포하는 양들의 수행(performance)을 위한 전체적인 색인표를 만드는 것은 중요하다. 제어와 상태변수들에 있어서 시스템에 의해서 부과된 일반적인 제한적 요소들 이외에 기억소자나 한정된 낱말(word)의 길이 같은 것들이 제어나 신호처리를 위한 마이크로프로세서의

사용에 많은 제한을 가하고 있다. 디지털 보상기(compensator)의 설계에 활용될 수 있는 방법이 동조형태인 점에 대해서 이론적으로 조사를 할 필요성이 있다. 여기서 동조형태인 제어명령의 발생과 감지기들의 표준화(sampling)가 일정한 시간 간격으로 수행되어 진다는 의미다. 한편, 마이크로프로세서를 사용하는 복잡한(non-trivial)응용에서는 비동조(asynchronous)의 운영을 필요로 하게 될 것이다.

이렇게하여 우리는 현존하는 이론과 실현하고자 하는 제작화에 있어서 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 분명히 이 사실은 유용한 이론은 재평가 수장되어야 하며 마이크로프로세서의 기술적혁신에 맞추어 상로운 개념적 윤곽을 채워야 할 것이다.

끝으로 여기에 관한 문제점을 구체적으로 설명하면, continuous와 discrete 수학의 혼합은 상당히 이론적으로 어려운 문제점을 제시하고 있다. 디지털 보상기에 있어서도 discrete random variable을 도입시키는데 있어서 일반적인 방법은 없는 것으로 생각된다. 또한 computational complexity에 관해 연구하고 있는 학자들도 Lyapunov방정식이나 Riccati방정식 같은 제어시스템에 사용되는 공통 알고리즘을 자세히 검토를 하고 있지 못한 실정이다. 또한 computation complexity의 측정이 가능할지라도 이들을 최적화하기 위해 전체적 수행색인표에 존재하는 제한적 요소들이나 penalty함수에 어떻게 편환을 시킬 수 있는지 분명치 않다. 결론적으로 말하면 마이크로프로세서를 합리적으로 사용할 수 있는 이론이 개발되어야 하며 디지털 보상에 상호연결될 수 있어야 한다.

4.3 시스템 신뢰도(Reliability)

미래의 연구를 위한 또 하나의 중요한 연구분야중 하나는 신뢰성 있는 시스템 설계와 운영의 문제를 다루는 것이 될 것이다. 이 문제의 중요성은 신뢰성 있는 운영이란 다양한 응용에 있어서 결정적인 요소가 되기 때문에 논할 여지가 없는 것으로 생각된다. 현재 우리는 이러한 문제를 다루기 위한 이론이나 조직적인 방법론을 갖고 있지 못하다. 신뢰도 이론은 우리가 제어에 있어서 직면하고 있는 복잡하게 다이나믹하며 스토캐스틱한 경우를 다루는데 잘 부합되지 않는다.

이와같이 우리는 아직 일반적인 이론을 갖고 있지는 못할지라도 낙관적인 전망을 가져다 주는 여러개의 조사논문들이 있다. 약 5년전 M.I.T.공대에서 개최된 연구 발표회에서 잘 나타나 있다. 신뢰성있는 설계를 하기 위해서는 중요한 작동기(actuator) 감지기(sensor)나 다른 주요 부품에다 3중 혹은 4중으로 반복장치를 행해야 한다는 것이다. 항공기나 배 같은 고성능 시스템에는 완전 자동제어 되기 위해서 상당량의 제어부품을 사용하게 될 것이다. 새로운 감지기 및 작동기 마다 4중으로 반복장치되게 만든다면 안전된 시스템운영을 할 수 있으나 이것은 상당한 비용을 초래하게 될 것이다. 그래서 이 반복을 가능한 줄이는 방향으로 제어 시스템을 설계하도록 하여야 할 것이다.

결함탐지(failure detection)와 분리(isolation)는 지난 수년동안 상당히 중요한 연구분야가 되어왔다. 이것에 대한 기본적인 개념은 칼만 필터와 같이 다이나믹 스토캐스틱 예측(dynamic stochastic estimation)개념을 가설하여 가설검정(hypothesis testing)적인 생각과를 혼합한 것이라고 볼 수 있다. 정상적인 운영상태에서는 칼만필터의 유수(residual)들은 조정(monitored)되며 결함(failure)은 칼만필터 유수들의 통계적 속성(property)에 어떠한 변화로서 그 자체를 나타낸다. 그러나 일단 결함이 탐지되었을 때는 결함 모드(mode)를 궁수화할 수 있고 일반적으로 인경된 결함(generalized likelihood)이 있을 가능성의 비율을 사용하여 그 결함이 있는 부분을 검출해 낼 수 있다.

결함탐지와 분리는 신뢰성 있는 시스템을 설계하는데 있어서 빙산의 한 조각으로 비유될 수 있다. 그러나 이것은 실시간(real time)에서 제어 시스템을 재조직화 및 재구성 하는데 있어서 중요한 조점이 되며 많은 연구분야가 열려있다. 또한 이론적인 면과 응용면에서도 많은 연구가 앞으로 진행되어야 할 것이다. 결론적으로 말하면, 제어시스템 설계를 위해서는 다이나믹시스템에 의존하는 일반적 이론이 필요하다. 신뢰도와 제어시스템의 수행능력을 측정할 수 있는 방법을 개발하여야 하며, 감지기과 작동기 종류의 선택과 이들의 정확성 및 고유의 신뢰성과 반복정도(level of redundancy)를 결정하여 주는 컴퓨터 설계기술등이 개발되어야 할 것이다.

결함탐지와 분리는 신뢰성 있는 시스템을 설계하는데 있어서 빙산의 한 조각으로 비유될 수 있다. 그러나 이것은 실시간(real time)에서 제어 시스템을 재조직화 및 재구성 하는데 있어서 중요한 조점이 되며 많은 연구분야가 열려있다. 또한 이론적인 면과 응용면에서도 많은 연구가 앞으로 진행되어야 할 것이다. 결론적으로 말하면, 제어시스템 설계를 위해서는 다이나믹시스템에 의존하는 일반적 이론이 필요하다. 신뢰도와 제어시스템의 수행능력을 측정할 수 있는 방법을 개발하여야 하며, 감지기과 작동기 종류의 선택과 이들의 정확성 및 고유의 신뢰성과 반복정도(level of redundancy)를 결정하여 주는 컴퓨터 설계기술등이 개발되어야 할 것이다.

5. 결 론

제어이론의 문제점 및 역사적 고찰과 앞으로 전망되는 3개의 주요연구과제의 소개와 연구방향이 제시되었다. 이론의 발달은 실제적인 기술적 문제와 잘 부합되도록 우리는 항상 노력하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] L.S. Pontryagin; Am. Math. Soc. Trans., vol. 18, pp.321~339, 1961.
- [2] R. Bellman; Princeton University Press, 1977.
- [3] R.E. Kalman; Trans. ASME, J. Basic Engineering-

- ring, Ser. D, vol. 83, pp. 95~108., 1961.
- [4] H. J. Kushner, Holt, Rinehart, and Winston; N.Y., 1971.
- [5] B. Wittenmark; Int. J. of Control, vol 21, pp. 705~730, 1975.
- [6] E. Tse, Y. Bar-Shalom, and L. Heier; IEEE on Automatic cont., vol. AC-18, pp. 98~108, 1973.
- [7] M. Athans (ed.); IEEE on Auto. Cont., vol.AC-16, NO. 6, Dec. 1971.
- [8] N.R. Sandell(ed.); IEEE on Auto, Cont. vol. AC-23, No. 2, Apr. 1978.
- [9] H.S. Witsenhausen; SIAN J. on Cont., vol. 6, 1968.
- [10] Y.C. Ho (ed.); "Directions in large scale systems", Plenum Press, N.Y. 1976.
- [11] Proceedings IFAC Symposium on Large Scale System., Italy, 1976.
- [12] Y.C. Ho and K.C. Cho; Automatica, vol. 10, pp. 341~351, 1974.
- [13] N. R. Sandell and M. Athans; IEEE on Aut. Cont. vol. AC-19, pp. 108~116, 1974.
- [14] A.S. Willeky; M.I.T. E.S.L. Report, Nov. 1975.

〈p. 44에서 계속〉

參 考 文 獻

- [1] 日本船用機關學會 機關研究委員會 第一研究部會; "將來의 船舶自動化에 對한 調査", 日本 船用機關學會誌 Vol. 7, No. 2, 1972.
- [2] 日本船用機關士協會; "機關室無人化船의 現狀과 將來", 成文堂 1970.
- [3] Ship Operation Automation, IFAC/IFIP Symposium Preprints 1973/1976.
- [4] International Symposium on Marine Engineering Preprints 1.3.1-1.4.60, 3.2.1-3.2.53, Tokyo 1973.
- [5] 岡野幸夫等; "超自動化船", 日本船用機關學會誌, Vol. 8, No. 3, pp. 161~172, 1973.
- [6] 岡野幸夫等; "Turbine tanker "鳥取丸"의 超自動化시스템과 그 運航實績", 三菱重工技報, Vol.10, No. 2, pp. 240~250, 1973.
- [7] 昭和 49年度 入級船概要, 日本海事協會誌, No. 152, pp. 83~105, 1975.
- [8] 松延壽人; "船舶搭載 computer制御시스템의 計劃性과 信賴性", 船用機關學會誌, Vol. 11, No. 1, pp. 32~38, 1976.
- [9] 濱田康昭等; "船舶用 Sensor, 計測시스템의 問題點" 前掲書 8, pp. 66~72.
- [10] 山崎義人; "Monitored Maintenance의 研究", 前掲書 8, pp. 87~96.
- [11] 千原一夫等; "Diesel主機關豫防保全 system", 前掲書 8, pp. 97~104.
- [12] 濱田續; "就航實績으로부터 본 船舶搭載 computer 시스템의 信賴性에 關하여", 前掲書 8, pp. 105~112.
- [13] 今井清; "自動化船의 今後", 日本船用機關學會誌, Vol. 11, No. 8, pp. 94~100, 1976.
- [14] 森下隆; "船用機關 10年の 發達(自動化)", 前掲書 13, pp. 81~86.
- [15] 關根非吾; "交通과 electronics(特集)", 日本電氣學會誌, Vol. 96, No. 11, pp. 61~78, 1976.
- [16] 寺本俊二; "1975년에 있어서의 船用機關技術의 發達(自動制御)", 日本船用機關學會誌, Vol. 11, No. 7, pp. 63~65 1976.
- [17] J. Anthony Hind; Automation in Merchant Ship, Fishing News(Books) Ltd. 3rd Ed. 1976.
- [18] 石谷憲一郎等; "Tanker 荷役操作用訓練 simulator", 三菱重工技報, Vol. 14, No. 1, pp. 89~97, 1977.
- [19] 昭和 53年度入級船概要, 日本海事協會會誌, No. 167, pp. 43~60 1979.
- [20] 井東洋一; "自動化的 實績에 對한 分析·反省과 今後的 展望", 日本船用機關學會誌, Vol. 15, No. 9, pp. 6~10, 1980.
- [21] 今村宏外 3人; "電子技術의 發達과 船舶의 自動化(座談會)", Vol. 8, pp. 6~29, 1981.