페트리넷을 이용한 어류양식 환경 정보 모델러 및 시뮬레이터 구현

정희택* · 조혁현**

Implementation of Modeller and Simulator for Fish Farming Environmental Information using Petri-Net

Hee-tack Ceong* · Hyug-Hyun Cho**

요 약

양식 환경의 과학적이고 체계적인 관리와 양식어민을 위해 실시간 수질 및 급이 정보 이외에도 자료의 종합적인 판단과 변화 이력을 확인하고 관리할 수 있는 시스템이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 양식장의 수질, 급이의 현재 상태를 제시하고 이력 정보를 기반으로 시뮬레이션 가능하며 상태 변화를 단계 별로 확인 가능한 시스템을 비주얼 C++를 이용하여 구현하였다. 또한 수질, 급이 상태 정보를 수산지식을 기반으로 종합적으로 분석할 수 있고 제시할 수 있는 엔트로피 모델을 제안하였다. 이는 추후 질병 및 다양한 연구 결과를 반영한 고차원의 양식 환경 모델을 생성할 수 있는 토대가 될 수 있다.

ABSTRACT

It is required that system can seamlessly identify and manage change history and comprehensive assessment of several types of data as well as individual information of feeding and water environment for scientific and systematic management of fish farming environment and fish farmer. In this study, we implemented the system which can present and simulate current status of water quality and feeding based on the historical data of them, and check changes of state step by step using visual C++. In addition, we proposed the entropy model which can be comprehensive analysis about water quality and feed status information based on knowledge of fisheries. It can be the foundation to create high-level environment model reflecting the more diverse fisheries knowledge such as disease.

키워드

페트리넷, 양식 환경 정보, 시뮬레이터, 엔트로피 모델, 수질, 급이

Key word

Petri Net, fish farming environment, simulator, entropy model, water quality, feeding

* 중신회원 : 전남대학교(교신저자, htceong@jnu.ac.kr)

** 정회원 : 전남대학교

접수일자 : 2011. 11. 14

심사완료일자 : 2011. 12. 06

I. 서 론

기 개발된 시스템들[1,2]에서는 양식장에서 실시간 생성 측정되는 수온, 용존산소, pH, 염도 등의 수질 데이터를 개별적으로 인식하고 단지 현재의 상태를 파악할 수 있을 뿐이다. 그리고 어류 양식에 있어 70~80% 이르는 경제적 요소를 차지하는 급이 정보에 대한 효율적 관리의 중요성도 매우 크다. 이는 치어에서 성어까지 과정 동안의 급이량을 유지 관리하는 것이 중요하며, 특히 여름과 같이 높은 수온에서, 적절한 급이 관리는 어류 생존에 중요한 역할을 한다.

너무 많은 급이 량은 체산성을 악화시키고 너무 적은 급이는 효과적인 양식 결과를 달성할 수 없다. 또한 높은 수온에서 과다한 급이는 섭이되지 않는 많은 사료로 인해 병균을 발생하고 많은 폐사를 야기한다.

따라서 양식 과정에서 실시간 생성된 수질 환경 상태, 급이 현황 등의 상태 정보를 동시적으로 유지 관리 될 필요가 있다. 이러한 중요한 급이 정보를 수질 환경 정보와 유기적으로 연계 관리할 수 있는 프로세스 모델 필요성이 대두된다. 또한, 현재 수질 상태에 대한 이전 및 이후 변화 추이에 대한 시뮬레이션이 가능한 시스템과, 측정되는 변수들의 종합적인 확인 및 상태를 명확히 할 수 있는 시스템이 요구되어진다.

본 연구에서는 양식 수질 환경을 모델링 하기 위해 그래픽적이고 수학적 모델링 도구인 페트리넷을 사용한다. 이는 병행적, 비동기적, 분산적, 병렬적 또는 확률적 성질을 지닌 정보처리 시스템의 성능 분석, 통신 프로토콜 설계 검증 등 다양한 분야에 이용된다[3].

양식 환경 모델링을 위해 페트리넷을 모델링 도구로 사용한 이유는 페트리넷에서 상태를 플레이스로 상태변이를 토큰으로 표현하는 명료성이 있어 각 변수의 특성을 잘 반영할 수 있기 때문이다. 더욱이 모델링된 결과를 기반으로 이력 정보 및 변환 가능한 향후 상태 변화모두를 페트리넷의 커버리지 그래프(coverage graph)를 통해 확인할 수 있고 제시할 수 있기 때문이다. 그리고 페트리넷이 모델링 된 결과의 유효성 및 안전성을 검증할 수 있는 효과적인 도구를 제공하기 때문이다.

본 연구에서는, 양식장 현장에서 수질 변화를 각 인자별로 모델링 할 수 있는 모델 및 모델러, 그리고 이들의 상태 변화를 이력으로 확인할 수 있는 시뮬레이터를 개발하고자 한다. 또한 여러 양식 환경 인자들을 분석하여

통합적이고 종합적인 의미 제공이 가능한 엔트로피 모델을 제시하여 양식어민이 양식장 현재 상태에 대한 종합적인 상태를 확인할 수 있으며, 모델 된 각 인자의 값을 확인하여 구체적인 수질의 상태를 확인할 수 있도록 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장의 관련 연구로 페트리넷의 특성, 페트리넷을 이용한 연구 사례에 대해 기술한다. 3장에서는 양식환경 인자 상태 모델을 정의 및 페트리넷을 이용한 모델링을 표현하며, 양식 상태 엔트로피 모델 정의와 실험 결과를 기술, 그리고 구현된 시스템인 모델러 및 시뮬레이터 기능 구현 화면을 제시한다. 마지막으로 4장에서 결론과 향후 연구로 끝을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1. 페트리넷

페트리넷(Petri Net)은 1960년대 C.A. Petri에 의해 처음 개발되었고 오토마타와 유사한 점이 많다. 장점으로는 현재의 상황을 이해하기 편리하다는 것과 동시성(Concurrency)과 동기적사건(Synchronized Event)을 표현할 수 있으며, 가시적(Visuality)으로 표현이 가능하다[4,5,6].

페트리 넷은 많은 시스템의 모델링에 사용되는 그래픽형이면서 수학적인 모델링 도구로 병행적, 비동기적, 분산적, 병렬적 또는 확률적 성질을 지닌 정보처리 시스템의 성능 분석, 통신 프로토콜의 설계 검증 등 다양한 분야에 이용되고 있다. 그림 형태로 표현한 모델링 도구 측면에서 볼 때 페트리 넷은 플로우 차트나 블록 다이어그램과 유사하다[3]. 페트리 넷은 시스템의 상태(state) 혹은 조건(condition)을 나타내는 플레이스(place), 사건(event)을 나타내는 트랜지션(transition), 흐름을 나타내는 아크(arc) 및 플레이스 조건의 진위 또는 시스템의 가용 자원을 나타내는 토큰(token)으로 구성되어 있으며, 토큰은 시스템의 동적이며 병행적 동작 특성을 나타내기 위해 사용된다[3]. 페트리넷을 이용하여 모델링된 시스템은 토큰의 흐름을 추적함으로써 시스템의 동적 상황을 미리 예측 할 수 있다[7].

어떠한 플레이스는 트랜지션이 발생하기 위한 입력조건이 되고, 어떠한 플레이스는 트랜지션이 발생한 후

의 출력 조건이 된다. 플레이스는 시스템의 이벤트를 발생시키기 위한 조건 정보를 담고 있고 그 조건 정보가 토큰의 개수로 표현된다. 그러므로 각 플레이스에 부여된 토큰 개수들의 정보로 시스템의 상태를 나타내며 플레이스에 토큰을 할당 하는 것을 마킹이라 한다[4,5,6].

2.2. 페트리넷을 이용한 연구 사례

XML기반 언어인 WSDL(Web Service Description Language)은 서비스 제공 장소, 서비스 메시지 포맷, 프로토콜 등과 같은 웹 서비스의 구체적 내용이 기술되어 있다. 이러한 웹서비스 시스템을 페트리 넷으로 표현하는 방법을 Thomas[8]는 제시하였다. 이는 웹 서비스 처리의 메시지와 방법의 흐름을 모델링하여 분산웹서비스를 표시하였다. Thomas[8]는 비주얼 스튜디오를 이용하여 웹서비스의 메소드들의 묘사와 WSDL에 대한 페트리 넷 모델링을 위한 소프트웨어를 개발하였다. 또한 분산 웹서비스의 통합을 모델링하기 위한 페트리 넷 병합 방법을 제안하였다.

페트리 넷의 트랜지션(Transition)에 트랜지션과 연관된 사건이 실행되는데 걸리는 시간을 첨부하여 놓은 것을 시간 넷(timed net)이라 한다. 웹서비스를 페트리넷 모형으로 표현하는 것에 한 발 더 나아가 웹 서비스 시스템의 반응 시간을 분석하고 시스템의 병목을 찾는 방법의 연구가 이어졌다. 시간 넷으로 생산 공정의 모델을 구축하고 주기적으로 수행되는 일련의 작업이 실행되는데 걸리는 페트리 넷의 최소 순회 시간을 찾는 방법이 소개되었다. 임[9]은 시간 넷의 트랜지션에 연관된 지연 시간이 두 개의 서로 다른 확률분포를 하는 경우, 즉, 혼합 분포를 하는 확률적 시간 넷을 제안하고 이것을 이용한 최소 순회 시간 분석 방법을 소개 하였다.

로봇의 신뢰성 있는 자율 주행을 위해선 예기치 못한 오류 상황들을 로봇 스스로 감지하고 복구할 수 있는 방법이 필요하다. 박[5]은 여러 이산 현상 시스템을 모델링하는 방법들 중에서 페트리 넷 기법을 이용하여 로봇의 자율 주행에 관련된 여러 오류 상황들을 감지하고 복구할 수 있는 오류복구 프레임워크를 개발하였다.

이처럼 페트리넷은 정보처리 시스템, 로봇 등 여러 분야에 활용되지만 양식 환경 및 수산 지식 정보를 기반으로 모델링 및 연구된 예는 존재하지 않았다. 더욱이 양식장의 수질 및 급이 상태 정보를 모델링 하고 모델링 된 정보를 기반으로 현재 이후 상태 및 과거 상태 변화 이력

을 시뮬레이션할 수 있는 시스템의 개발은 전무하였다. 다만 김[10]은 양식장에서 축적된 자료를 이용하여 과학적 방법에 의한 수질 분석의 통계 자료를 제시하고 용존산소 센서 없이 용존산소를 예측할 수 있는 다중회귀 모형식을 제안하고 실제 데이터와의 적합성을 검증하였다. 국외 연구 일부에서도 어류 양식 과정 중 치어에서 성어까지 투여된 급이 량과 성어의 크기와 상관성에 대한 통계적 분석만이 부분적으로 이루어졌다. 이 연구는 양식의 과정을 최종 하나의 방정식으로 모델링 하고 있을 뿐, 각 과정의 변화를 효과적으로 제시할 수 있는 방안을 제공하지는 않았다.

III. 설계 및 구현

3.1. 양식 환경 인자 상태 모델 개발

3.1.1. 상태 모델 정의

표 1. 수질 인자 상태 모델
Table. 1 State model for water quality parameters

상태모델 요소	Bad State	Not Good State	Good State	Not Good State
수온(℃)	6.00 ~ 9.99	10.00 ~ 14.99	15.00 ~ 23.99	24.00 ~ 28.99
용존산소 (ppm)	4.00 ~ 5.99		6.00 ~ 7.99	8.00 ~
pH(mol/L)	~ 7.99		8 ~ 8.49	8.50 ~
염도(ds/m)	20.00 ~ 25.99	26.00 ~ 29.99	30.00 ~ 33.99	

양식 수질 환경 모델링 요소를 이용한 모델은 페트리 넷을 기반으로 기술한다. 양식 수질 환경 모델을 구성하는 수온, 용존산소, pH, 염도는 수산 지식을 기반으로 각 상태를 표 1과 같이 구분한다. “Not Good State”는 “Good State”의 왼쪽 범위 및 오른쪽 범위에 속하는 상태를 의미한다.

표 1에서 각 수질 요소의 상태 구분은 수산지식을 기반으로 하였으며, 해수에서 존재할 수 있는 값의 범위를 양식 환경에서 어류 양식에 적합여부에 따라 구분하였다. “Good State”로 구분된 구간은 각 요소가 어류 양식에 가장 적합한 상태를 의미하며 “Not Good State”는 “Good State”를 기준으로 좌우에 속하는 범위로 적합한 상태는 아니지만, 계절에 따라 존재할 수 있는 상태를 구분하기

위한 것이다. 표 1에 의해 제시된 상태 구분은 양식 현장 및 계절에 따라 적합한 범위를 개발한 모델을 통해 제정의 가능하다.

3.1.2. 펠트리넷을 이용한 모델링

넙치 양식 환경을 기반으로 수질 환경 변수의 상태를 펠트리넷으로 모델링 하였다. 각 상태를 표 1에서 제시한 4가지 상태인 플레이스로 모델링 하였으며, 이들 간에 외부 상태 변화에 의한 트리거(trigger)를 모델링하기 위해, 트랜지션으로 모델링하였다.

구분된 각 상태를 펠트리넷의 플레이스로 표현하며 그들 사이의 연결성은 간선으로 표현한다. 또한 양식 상태의 초기 시작과 종료 및 비정상 상태를 모델링하기 위해 하나씩의 플레이스로 기술한다.

상태 변화에 대한 트리거는 센서에서 측정된 값의 변화를 반영하기 위한 것이다. 또한, 해당 변화에 의해 현재 상태를 표현하기 위해, 펠트리넷의 토큰을 활용하였다. 그림 1와 같이 수온이 15~23 범위에 있는 상태를 표현하기 위해 토큰이 해당 플레이스에 존재하게 된다.

그림 1. 수온 상태 모델

- (a) 수온 상태에 대한 펠트리넷 모델
- (b) 수온이 “Good State” 인 경우 모델
- Fig. 1 Petri net model for temperature
- (a) Petri net model for temperature status
- (b) Good state modelling for temperature

수온과 동일한 방법으로 용존산소, pH, 염도를 모델링 하면 그림 2와 같다. 해당 인자의 현재상태의 수온에서 토큰으로 표현한 것과 동일한 방법으로 모델링 된다.

그림 2. 용존산소, pH, 염도 펠트리넷 모델

- (a) 용존산소에 대한 펠트리넷 모델 (b) pH에 대한 펠트리넷 모델 (c) 염도에 대한 펠트리넷 모델
- Fig. 2 Petri net model for dissolved oxygen, pH and salinity
- (a) Petri net model for dissolved oxygen (b) Petri net model for pH (c) Petri net model for salinity

그림 1, 2에서 제시한 수질 환경에 대한 상태 모델은 어류의 크기와도 연관된다. 즉, 성어기에는 치어기 보다 더 열악한 환경에서 견딜 수 있다. 높은 수온에서 성어가 더욱 잘 견딜 수 있다. 이를 위해, 어류를 그림 3과 같이 치어기, 중간 육성기, 성어기로 구분하였다.

어류의 크기를 기반으로 한 이러한 구분은 명확한 수치적 기준은 존재하지 않지만, 일반적으로 양식 환경에서 따르는 기준을 따랐다.

그림 3. 어류 크기에 의한 상태 모델
Fig. 3 State mode for the size of fish

각 수조에서 급이 상태를 모델링하기 위해, 그림 4와 같이 모델링 하였다. 각 급이 량에 대한 정보는 “RFID 급이 시스템 [11]”에 의해 측정 값이 측정되고 그림 4에서는 해당 수조에 급이가 이루어졌는지를 모델링 한다.

그림 4. 급이 상태에 대한 모델
Fig. 4 State mode for feeding

앞서 제시한 수온, 용존산소, pH, 염도, 어류크기, 급이 상태 정보에 대한 모델을 기반으로 최종 생성된 양식 환경 인자 상태 모델은 그림 5와 같다.

각 상태 정보를 연결하고 모델을 통합하기 위해 초기, 종료 플레이스 및 관련 트랜지션을 포함하였다. 또한 여러 고장(failure)에서 발생할 수 있는 비정상 종료를 모델링하기 위해 해당 플레이스와 트랜지션을 추가 하였다.

그림 5. 양식 환경 인자 상태 모델
Fig. 5 State model for environmental factors of fish farming

3.2. 양식 상태 엔트로피 모델 개발

3.2.1. 엔트로피 모델 정의

각 양식 환경 인자들의 개별적 특성 및 변화는 앞서 제시한 모델에 의해 표현된다. 그러나 각 요소들의 현재 상태는 개별적으로 확인 할 수 있으나, 양식 환경의 통합적인 관점에서 의미를 제공하지 못한다.

이를 해결하기 위해, 각 상태를 종합적으로 정의할 수 있는 양식 상태 엔트로피 모델을 제시한다. 이를 위해 먼저, 각 상태에 대한 가중치를 표 2와 같이 정의한다.

표 2에서 각 모델 요소에 대해 -1 ~ +1까지 값으로 정의하였다. 이는 해당 어종과 어종의 크기 및 계절 환경에 의해 재 정의할 수 있다. 여기서는 넙치 양식 표준지침서 [12]와 양식어민 및 전문가의 의견을 반영하여 “Good State”를 기준으로 좌우 범위에 대해 정의하였다. 수온의 경우 24 ~ 28 보다 10 ~ 14가 더 유효한 상태로 정의하고 가중치를 상대적으로 높게 정의하였다. 급이 관련 가중치는 급이가 된 상태를 ‘1’로 급이가 안 된 상태를 ‘-1’으로 정의하였고 어류의 크기에 의한 가중치는 각각 하나의 상태에서 존재하는 것이기 때문에 양식 상태 엔트로피 모델에 직접 추가하지 않았다.

표 2. 수질 환경 인자 상태에 따른 가중치
Table. 2 Weighting factor based on water quality status

상태모델 모델 요소		Bad State	Not Good State*	Good State	Not Good State**
수온	범위	6.00 ~ 9.99	10.00 ~ 14.99	15.00 ~ 23.99	24.00 ~ 28.99
	가중치	-1	0.7	1	0.3
용존 산소	범위	4.00 ~ 5.99		6.00 ~ 7.99	8.00 ~
	가중치	-1		1	0.2
pH	범위	~ 7.99		8 ~ 8.49	8.50 ~
	가중치	-1		1	0.2
염도	범위	20.00 ~ 25.99	26.00 ~ 29.99	30.00 ~ 33.99	
	가중치	-1	0.7	1	

이를 추가적인 수산지식 실험을 통해 측정된 결과를 반영하도록 모델링 하였다. 표 2에 제시된 가중치를 기반으로 양식 상태 엔트로피 모델을 정의하면 식 1과 같다.

$$E_{State} = \sum_{i \in \{\text{수온, 용존 산소, pH, 염도}\}} w_i \cdot p_i + \sum_{i \in \{\text{급이 안됨, 급이 됨}\}} w_i \cdot p_i + \alpha_{knowledge} \dots (1)$$

$$\alpha_{\text{수온과 스쿠티카}} = p_{[6,9]} \cdot w_{j,1} + p_{[10,15]} \cdot w_{j,2} + p_{[15,23]} \cdot w_{j,3} + p_{[24,28]} \cdot w_{j,4} \dots (2)$$

식 1의 w_i 는 표 2에서 정의한 각 모델 요소의 가중치이며, p_i 는 토큰이 존재하는 플레이스를 나타내고, $\alpha_{knowledge}$ 는 어류의 크기와 수온과 관련된 수산 양식 실험 결과를 기반으로 생성되는 값이다.

예를 들면 스쿠티카(scudica)에 감염된 경우 치료하기 위해 양식 수온 환경이 10℃ ~ 15℃의 범위에 있도록 하는 것이 효과적이라는 지식을 식 2와 같이 정의 할 수 있다. 식 2는 각 플레이스와 해당 플레이스에 대한 가중치를 $w_{j,1} = -1, w_{j,2} = +1, w_{j,3} = -1, w_{j,4} = -1$ 로 정의하여 수온과 스쿠티카 감염사이의 관계를 정의 한다.

용존산소 농도 5.6 ~ 7.3 사이에서 어류의 폐사가 더디게 나타남을 통해 낮은 용존산소 농도가 낚치 치어의 폐

사에 영향을 미친다는 수산 양식 기반 지식 모델링 할 수 있다. 식 2와 동일한 방법으로 스쿠티카 감염과 용존산소 농도사이의 관계를 모델링 할 수 있다.

각 플레이스가 정의하고 있는 범위를 벗어나거나 겹치는 경우 해당 상태 플레이스로 전이를 야기하는 트랜지션에서 값이 해당 범위에 속하는지를 측정하여 모델링 하고 또한 각 트랜지션에 관련 정보를 모델링 하는 부가적인 작업을 통해 해결할 수 있다.

그림 6. 금호수산 데이터에 대한 엔트로피 변화 추이
(a) 2009년 4월 ~ 6월 (b) 2009년 10월 ~ 12월
(c) 2009년 8월 24일 ~ 11월 6일

Fig. 6 Entropy trend in Kumho environmental data
(a) Entropy trend for 2009.4 ~ 2009.6.
(b) Entropy trend for 2009.10. ~ 2009.12.
(c) Entropy trend for 2009.8.24. ~ 2009.11.6.

3.2.2. 엔트로피 모델 기반 실험

제시한 양식 상태 엔트로피 모델을 기반으로 실 양식장에서 측정된 데이터(금호수산 2009.1월 ~ 2009년 12월)를 기반으로 생성한 결과는 그림 6과 같다. 그림 6에서 수온(Mtp), 용존산소(Mdo), pH(Mph), 염도(Msa)를 중심으로 제시하였고 급이와 수산양식 정보는 부가적인 선행 처리를 통해 반영할 수 있다.

금호 수산의 1년 변화 추이를 엔트로피 곡선으로 표현했을 때 8월 24일부터 11월 6일까지가 가장 안정된 상태를 보이고 있다. 이 기간이 어류 양식에 가장 적합한 기간이고 급이를 최소화하여 생산량을 극대화 할 수 있다.

3.3. 모델러 및 시뮬레이터 시스템 구현

구현된 시스템은 각 수조에서 실시간으로 측정되는 수질 및 급이 정보와 어류 성장 정보를 파일 시스템 기반으로 운영하였고 개발 환경은 윈도우 XP 운영체제하에서 Visual C++를 이용하여 개발하였다.

개발한 시스템 구조는 그림 7과 같으며 페트리넷을 기반으로 양식장 수질, 급이, 어류의 크기 정보를 모델링 및 시뮬레이션 할 수 있다. 또한 모든 가능한 이전 및 이후 상태 변화를 시뮬레이션 할 수 있다.

그림 7. 양식장 모델링을 위한 시스템 구조
Fig. 7 System architecture for modelling fish farm

개발된 시스템의 초기 인터페이스 화면은 그림 8와 같다. 표 1에서 제시된 것 같은 상태 구분을 양식 현장 및 계절에 따라 적합한 범위를 모델러를 통해 재정의 할 수 있다.

그림 8. 모델러 초기 화면
Fig. 8 The initial screen for modeller

각 수조별 상태 모델을 모델링하면 그림 9와 같은 결과 화면을 생성한다. 각 수조별 독립적인 상태 모델도 가능하다. 이때, 각 수조 서버와 연동을 TCP/IP를 기반으로 연동한다. 각 플레이스 및 트랜지션에 대한 모델은 객체 속성 지정 방법에 의해 이루어진다.

그림 9. 양식 상태 모델링
Fig. 9 Modelling fish farm status

생성된 양식 상태 모델을 기반으로 커버리지 그래프를 활용한 검증을 수행할 수 있다. 이를 통해 옳지 않은 모델 요소를 발견하고 이를 통해 모델을 수정할 수 있다. 그림 10은 제안한 모델을 검증한 결과 화면이다.

그림 10. 커버리지 그래프 통한 검증
Fig. 10 Verification of coverage graph

최종 생성된 모델에 대해, 각 상태의 변화를 실시간 서버를 통해 제시할 수 있을 뿐만 아니라 발생 가능한 상태 변화를 시뮬레이션 할 수 있다. 즉, 이전까지의 상태 변화를 유지하여 그 과정의 변화를 모델링 할 수 있을 뿐만 아니라 향후 발생할 수 있는 모든 변화를 사용자가 직접 모델링 할 수 있다. 이는 페트리넷의 토큰을 활성화하고 전이하게 하여 달성한다.

그림 11에서 빨간색으로 표현된 트랜지션은 전이 가능한 상태를 표현하는 것으로 사용자가 전이되기 원하는 트랜지션을 선택할 수 있다. 선택된 트랜지션에 의해 토큰이 다른 플레이스로 이동하게 된다. 즉, 상태 변화를 단계별로 선택하여 확인할 수 있다.

그림 11. 트랜지션 선택에 의한 상태 전이
Fig. 11 Status transition by selecting transition

IV. 결론 및 향후 연구

페트리넷을 활용하여 수질 환경정보, 급이 정보, 어류 크기 정보 등의 요소들을 단순하고 명확하게 모델링 할 수 있었다. 또한 생성된 모델에 대해, 각 상태의 변화 및 발생 가능한 상태 변화를 시뮬레이션 할 수 있었다. 아울러 수질 환경 인자를 엔트로피 값에 의해 모델링함으로써, 의미 있는 수산양식 지식을 체계화 할 수 있었다. 특히 구현된 시뮬레이터를 통해, 현재 양식장 상태를 확인 할 수 있으며, 이를 기반으로 전이 가능한 상태 변화를 시뮬레이터에서 확인할 수 있다. 또한 향후 발생할 수 있는 모든 상태 변화를 예상하고 활용할 수 있다.

금호수산의 실 데이터를 대상으로 분석함으로써 2009년 전체 양식 환경의 정보를 분석하고 검증할 수 있었으며, 어류 양식에 가장 적합한 기간이 2009년 8월부터 2009년 11월임을 확인할 수 있었다.

수산양식 분야에서 연구된 결과를 엔트로피 모델로 표현할 수 있음으로 인해, 질병 및 다양한 연구 결과를 반영한 양식 환경 모델을 생성할 수 있는 토대를 마련하였다. 또한 일반 양식장 환경에 대한 모델 및 분석할 수 있는 상태 모델에 대한 기본 틀을 본 연구를 통해 제시함으로써, 다양한 지역의 양식장 상태를 일관성 있게 모델링 할 수 있을 것이다.

이를 바탕으로 여러 지역에 생성된 양식 환경 상태 모델을 생성하고 이를 비교 분석함으로써 지역적 및 어종 특성에 적합한 양식장 환경 상태 모델의 틀을 만들 수 있을 것이며 나아가 특정 지역 특정 어종에 대한 표준화된 양식 상태 모델을 보급함으로써 경제적 이득을 극대화 할 수도 있다.

향후 연구에서는 엔트로피 모델의 신뢰성을 검증하기 위해 추가적인 데이터의 획득을 통해 평가실험을 보강할 계획이다. 이를 위해 제한한 엔트로피 모델과 개발된 시스템의 상태 모델을 연동하고 로거 단에서 데이터 접근 인터페이스를 통해, 통합 양식 환경 정보 제시 시스템으로 활용 및 검증 할 계획이다.

참고문헌

- [1] 정희택, 예성빈, 김해란, 한순희, “고품질 수산물 생산지원시스템 설계”, 해양정보통신학회논문지, 제

- 12권, 제9호, pp.1623-1632, 2008.
- [2] 한국정보사회진흥원, “RFID/USN을 활용한 양식지
능화 시스템 개발(u-Fishfarm)”, 2007.
- [3] 이종근, “추이적 행렬에서 상태불변에 따른 효율적
인 패트리 넷의 분할”, 창원대학교 컴퓨터공학과
석사학위논문, 2002.
- [4] T.Murata, “Petri Nets: Properties, Analysis and
applications”, Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 4,
pp.541-580, 1989.
- [5] 박중태, 송재복, 정우진, “페트리넷을 이용한 자율주
행 서비스 로봇의 오류검지 및 복구 프레임워크”,
한국로봇공학회 하계종합 학술대회지, 2006
- [6] P.Freedman, “Time, petri nets, and robotics”, IEEE
transactions on robotics and automation, vol.7, no. 4,
pp..417-433, 1991
- [7] 이선화, 류광열, “협업프로세스 모델링 방법 개발
및 검증”, 한국산업공학회 논문지, 36권 10호, pp.
176-185, 2010
- [8] J.P. Thomas, M. Thomas, G. Ghinea, “Modeling of
Web Services Flow”, Proceedings of the IEEE
International Conference on E_Commerce, pp.391-
398, 2003.
- [9] 임재걸, 심규박, 도재수, “혼합분포 확률 시간 넷을
이용한 웹서비스 시스템의 응답시간 분석”, 한국멀
티미디어학회 논문지, Vol.9. No.11, pp. 1503-1514,
2006.
- [10] 김해란, 정희택, “육상 수조식 양식장 수질 환경의
통계적 분석”, 한국전자통신학회 논문지, 제5권,
제 6 호, pp.637-644, 2010.
- [11] 정희택, 김해란, 장문석, 한순희, “Radio frequency
Idntification(RFID) Feeding System for Aquaculture
Farms”, Proceedings of the IASTED Interl. Conf.
Identification, Control and Applicartion, pp.41-44,
2009.
- [12] 박덕배, “넙치 양식 표준 지침서”, 국립수산물과학원,
2006.

저자소개

정희택(Hee-Taek Ceong)

1992년 2월 : 전남대학교
전산통계학과 학사
1995년 2월 : 전남대학교
전산통계학과 석사

1999년 8월 : 전남대학교 전산통계학과 박사
1999년 ~ 현재 : 전남대학교 멀티미디어전공 교수
※관심분야: RFID/USN, 데이터마이닝, 분산처리
시스템, 디지털 방송

조혁현(Hyug-Hyun Cho)

1984년 2월 : 홍익대학교
전산통계학과 학사
1989년 2월 : 전남대학교
전산통계학과 석사

2010년 2월 : 전남대학교 정보보호학과 박사
1989년 ~ 현재 : 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수
※관심분야: 데이터베이스, 전자상거래보안, 침입탐지,
보안정책