

CFSM을 이용한 통신 프로토콜의 합성

正會員 李 哲 熙* 正會員 李 相 鎬** 正會員 金 成 烈***

Synthesizing of Communication Protocol using CFSM

Chul Hee LEE*, Sang Ho LEE**, Seong Ryeol KIM*** *Regular Members*

※이 논문은 1989년도 문교부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

要 約 통신 프로토콜의 설계에 있어 설계 과정의 단순화와 설계된 프로토콜의 논리적 정당성 입증은 중요한 과제이다. 본 논문에서는 FSM을 이용한 통신 프로토콜 설계 과정 효율화를 위한 합성방법을 제안한다. 통신 프로토콜의 속성 정보를 명시적으로 표현하여 설계 과정이 단순화되도록 기존의 FSM을 확장시켜 CFSM을 정의한다. 통신 프로토콜의 설계자는 FSM을 이용하여 오류를 고려하지 않은 한 통신 기계 M만을 기술하면, 동기화를 보장받는 두 통신 기계 M'과 N'이 합성되며 M'과 N'이 오류 회복 기능을 갖도록 오류 회복용 변환 규칙을 적용하여 최종 프로토콜 EM'과 EN'을 얻는다.

ABSTRACT In communication protocol design, it is important that design procedure is simple and result protocol must be correct. This paper presents a communication protocol synthesizing algorithm, which enhances productivity of protocol design, using CFSM. CFSM is defined as extended FSM for representing protocol information and simplification. In this method protocol designer describes only one communication machine with out error consideration using FSM, then two communication machine M' and N' are generated. And then transformation rules for error-recovery converts M' and N' to EM' and EN' which are logically correct.

I. 개 요

통신 프로토콜이란 컴퓨터 네트워크에 통신하는 개체간의 상호작용을 정해진 방식으로 운행되

도록 하는 규칙들의 모임으로 정의된다¹⁾. 따라서 컴퓨터 네트워크로 구성되는 분산시스템 등이 올바르게 작동하고 또 효율적으로 운영되기 위한 통신 프로토콜의 역할은 매우 중요하다.

통신 프로토콜의 설계 과정의 효율화 및 자동화는 통신 시스템의 복잡도가 증대되면 될수록 더욱 필수적 과제로 등장한다. 통신 프로토콜의 설계 기법에는 크게 검증 기법과 합성 기법이 있으나 검증 기법은 설계 후 오류 존재성을 파악

* 崇實大學校 電子計算學科
DPT. of Computer Sciences Soong Sil Univ.

** 忠北大學校 電子計算學科
DPT. of Computer Sciences Chungbuk National Univ.

*** 烏山專門大學 電子計算學科
DPT. of Computer Sciences Osan junior College
論文番號 : 90-35 (接受 1990. 2. 23)

하는 것으로 상태 폭발(state explosion) 문제가 있어 이의 해결이 통신 프로토콜의 복잡도에 따라 어려워진다. 합성 기법은 합성 규칙의 설계로서 프로토콜 설계의 자동화가 가능하고 설계 과정에서 논리적 성질의 정당성을 보장받음으로 효율적 방법이라 할 수 있다.

프로토콜 합성에 관한 연구에는 다음과 같은 내용이 있다. Zafiropulo⁽²⁾는 FSM (finite state machine) 기법을 이용하여 프로토콜 설계 과정을 돕는 대화적 도구를 개발하였다. Zafiropulo가 제안한 방법은 특정 메세지 전송에 대하여 모든 발생 가능한 수신이 한번에 생성되지 않음으로써 사용자에게 혼동을 주고 설계 과정에서의 성능이 저하되는 단점이 있다. 또한 설계된 프로토콜의 논리적 정당성이 완전히 보장되지 않는다는 문제점을 가진다. Merlin과 Bochmann의 부모들 명세화 기법 역시 논리적 정당성을 보장 못하는 단점을 가지고 있다^(3, 4).

Sidhu⁽⁵⁾는 설계자가 통신 개체 간의 상호 작용을 명시하여야 하는 설계기법을 제시하였다. 그는 4가지의 규칙을 이용하여 국부적 개체 모형을 완성시켰다. 또 무교착 상태와 liveness의 성질은 합성 과정에서 보장되도록 설계하였다. Yu 등⁽⁶⁾은 FSM을 이용하여 표현된 한 개체 M을 입력받아 논리적 정당성을 가지는 두 통신 개체 M과 N을 합성하는 알고리즘을 제시하였다. 또 Dong⁽⁷⁾은 Petri net를 이용하여 표현된 국부적 개체를 이용하여 이의 논리적 정당성을 검증한 후 상대 개체를 합성하는 변환 규칙 6가지를 제시하고 합성도구를 개발하였다. Kakuda⁽⁸⁾는 FSM을 이용하여 여러 통신 개체간의 프로토콜 합성 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이들 방법이 갖는 공통 특성은 통신 채널은 완전, 즉 오류 발생 가능성이 전혀 없다는 가정 혹은 오류 회복 기능에 대한 명세화를 설계자가 수행하였다는 전제하에서의 합성 알고리즘이라는 점이다. 따라서 설계자가 가지는 프로토콜의 명세화에 있어서의 부담은 매우 크다. Merlin⁽⁹⁾은 통신 프로토콜의 오류 회복이란 모든 오류 조건에 대하여 정상 상태로 복귀하는 새로운

사건을 추가하는 것으로 정의하고 오류 회복 가능하기 위한 조건으로서, 1) 비 정규 상태의 갯수가 유한하고, 2) 최종 상태가 비정규 상태가 아니어야 하며, 3) 비정규 상태만의 루프가 존재하지 않아야 한다는 세 가지를 제시하였다. Ramamoorthy⁽¹⁰⁾는 Dong의 연구 내용을 근간으로 하여 오류 발생 가능한 채널 즉 메세지의 손실, 변질 (corruption)이 발생할 수 있는 환경에서 타임 아웃 (time-out)과 ACK (Acknowledgement) 개념을 이용하여 오류 회복 기능을 갖는 두 개체간의 프로토콜 합성 방법을 6가지의 변환 규칙을 이용하여 제시하고 메세지 손실과 메세지 충돌의 오류로부터의 회복 기법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 변질된 메세지는 오류 정정 코드의 사용으로 올바르게 수신된다는 가정을 하여 실제 통신에서의 사용시 비효율적인 요인을 가진다. 김성열 등^(11, 12)은 Ramamoorthy 방법의 단점을 보완하여 메세지 충돌 및 중복 등의 오류로부터 회복기능을 갖는 Petri net를 이용한 합성 알고리즘을 제안하였다.

Yu 등의 합성 방법은 합성 규칙에 있어 통신 링크상의 오류를 고려하지 않음으로서 통신 프로토콜의 구현시 오류에 대한 처리 기능을 부가하여야 하는 단점과 한 통신 기계에서 모든 간선(arc)이 서로 다른 이름을 가져야 한다는 제약이 있고⁽⁶⁾, Petri net를 이용하는 방법은 명세화 과정의 복잡도가 FSM에 비하여 상대적으로 크므로 설계자의 부담이 크다는 단점이 있다⁽⁷⁾.

따라서 이들 제약조건을 해결하여 일반적인 통신 프로토콜의 설계를 수행할 수 있는 합성 방법이 필요하다. 본 연구에서는 명세화 과정의 단순화를 위하여 FSM을 이용하여 프로토콜을 표현하고, 조건과 행위 및 묵시적 보조 변수의 개념을 합성 과정에 도입하여 프로토콜 속성 표현 능력이 확정된 CFSM (Conditioned / Actioned FSM)을 정의한다. 또한 정의한 CFSM을 이용하여 합성 알고리즘을 제안하며, 이 합성 알고리즘에 의하여 생성되는 두 통신기계 EM'과 EN'이 논리적으로 정당함을 입증한다.

II. CFM 모형

모형의 확장 목적은 프로토콜 명세화 능력의 증대에 있으나, 확장으로 인하여 모형의 복잡도가 커지게 되어 모형의 사용에 어려움이 따른다. 따라서 프로토콜의 동적 상황을 기술하는데 필요한 모든 정보를 명시적으로 기술하는 것은 바람직하지 못하다. 그러므로 비교적 덜 중요한 주소와 순서번호 등의 통신 프로토콜에 대한 속성 정보는 보조 변수의 개념을 도입하여 묵시적으로 처리하고, 의사 결정과 행위 (decision and action)를 보조 변수에 근거하여 표현되도록 하는 확장된 FSM인 CFM을 다음과 같이 정의한다⁽¹³⁾.

CFM= $\langle X, I, O, N, M, C \rangle$

X:finite set of states

I:finite set of inputs

O:finite set of outputs

N:State transition ($N:I \times X \rightarrow X$)

M:output function function ($M: X \times I \rightarrow O$)

C:set of conditon / action

여기서 C는 전이 함수 N의 조건 및 행위에 관한 집합이다. 그림 1.은 CFM의 예이다. 여기서 노드 1에서 노드 2로 가는 트랜지션에는 조건이 없고 행위만 존재하며, 행위는 Header 메시지를 송신하고 (-Header) 순서번호를 나타내는 보조변수 SQNO의 값을 0으로 만드는 것으로

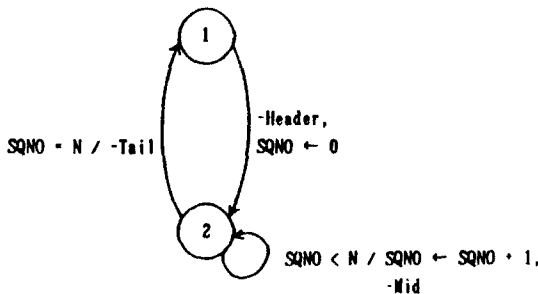


그림 1. CFM Model의 예
Example of CFM Model

표현되어 있다. 노드 2에서 출발하는 트랜지션은 2개가 존재하며 하나는 조건 "SQNO=N"을 만족하면 메시지 Tail을 송신하고, 다른 하나는 조건 "SQNO<N"인 경우 SQNO에 1을 더하고 메시지를 송신하는 트랜지션이 있다. 즉 조건과 행위는 "/"로 구분되어 테이블의 형태로서 트랜지션을 나타내는 간선열에 기술하며, 무조건인 경우는 행위만을 기술하기로 한다.

III. 합성 알고리즘

하나의 통신기계 M을 이용하여 동기화가 유지되어 작동하는 두 통신 기계 M'과 N'을 생성하기 위한 합성 규칙을 설계하여 이를 오류회복 기능을 갖는 합성 알고리즘 설계에 이용한다.

M과 N을 메시지 집합 G로서 통신하는 두 기계라 하면 M과 N의 상태는 4-튜플 $[v, w, x, y]$ 이다. 여기서 v와 w는 M과 N의 노드이고, x와 y는 메시지 집합 G로부터의 메시지 열이다. 예를 들어 $[v, w, x, y]$ 는 두 기계 M과 N은 각각 노드 v, w에 있고 M의 입력 채널은 메시지 열 x, N의 입력채널은 메시지 열 y를 가지고 있음을 나타낸다. 따라서 초기 상태는 $[v_0, w_0, E, E]$ 로 표현한다^(14 15 16).

III-1. 합성과정의 개요

CFM을 이용한 통신 프로토콜의 합성 과정은 다음과 같다⁽⁶⁾.

1) 오류를 고려하지 않고 설계한 통신 기계 M에 대응하는 대칭적 통신 기계인 상대(dual) 기계 N을 생성한다.

2) 기계 M에서 혼합(mixed) 노드를 선택하여 loser 혹은 winner로 구분하여 결정한 후 설계된 합성 규칙을 적용한다. M의 혼합 노드를 loser (혹은 winner)로 선택하였으면 상대 기계 N의 대응 노드는 winner(혹은 loser)로 선택한다.

3) 위 2)의 과정을 모든 혼합 노드에 적용시켜 동기화를 보장받고 논리적으로 정당한 두 통신 기계 M'과 N'을 생성시킨다.

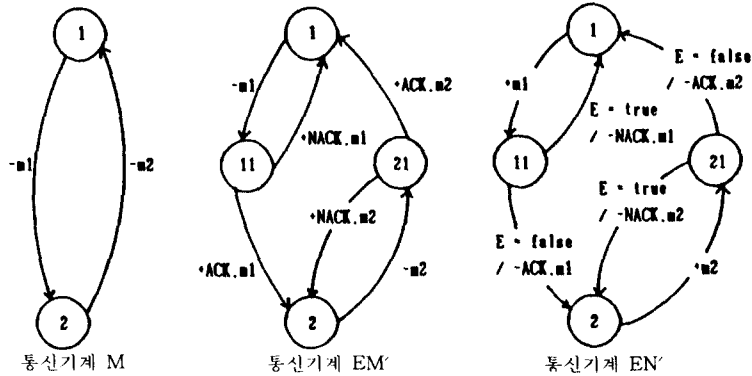


그림 2. 통신기계 M, EM' 과 EN'
Communication Machine M, EM' and EN'

4) 오류 회복을 위하여 정의한 변환 규칙을 두 통신 기계 M'과 N'의 해당 위치에 적용시켜 CFSM으로 표현된 오류 회복 기능을 갖는 두 통신 기계 EM'과 EN'을 얻는다.

통신 기계 M과 EM', EN'의 관계를 간략화시킨 ABP (Alternating Bit Protocol)를 이용하여 나타내면 그림 2와 같다^(11, 12). 이 그림에서 보조 변수 E는 수신된 메시지의 오류 포함 여부를 나타내는 CFSM에서의 묵시적 논리 변수이다.

III-2. 오류 회복 기법

오류 회복이란 오류가 발생된 후 임계 시간내에 시스템이 정상적인 실행 노드로 복귀할 수 있는 기능을 뜻한다. 통신 프로토콜에서의 오류 발생은 통신 개체의 실행을 중지하거나 비정상적인 노드로 전이 되도록 한다. 통신 개체간의 오류의 종류에는 전송 메시지 손실, 변질 및 중복 등이 있으며 회복 기법으로는 ACK 신호와 재전송 기법을 타임-아웃과 함께 사용하는 것으로 한다. 또한 중복 메시지의 처리를 위하여 보조 변수를 순서 번호로 이용하여 프로토콜을 모형화 할 수 있도록 한다⁽¹²⁾.

III-3. 합성 규칙의 설계

1) Winner / Loser 노드

기계 M'의 어느 한 노드에서 송신(-)과 수신(+)이 공존하면 (혼합노드) 그 상대 기계 N'의 대칭 노드에도 수신과 송신이 공존하는 상대

노드가 있게 되어 동기화 상실의 원인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 해당 노드에 정정간선 (correcting arc)을 추가하여 처리하며, 두 통신 기계가 동시에 혼합 노드에 도달하면, 기계 M'의 진행을 멈추고 기계 N'의 진행을 수행시키는 방식으로 해결한다. 이 때 기계 M'의 혼합노드를 loser라 부르고, 기계 N'의 혼합노드를 winner라 부른다.

동기화 상실에 대한 요약은 다음과 같다⁽⁷⁾.

- i) 동기화의 상실은 임의의 대칭 노드쌍에서 발생할 수 있다.
- ii) 동기화의 상실은 혼합 노드가 뒤따르는 첫 수신 노드에서 발견할 수 있다.
- iii) 동기화의 상실은 한 기계의 진행을 멈추게 하고 상대 기계를 진행시켜 복구할 수 있다. 동기화의 상실시 시작된 기계의 노드를 loser라 하고 상대 기계의 노드를 winner라 한다.
- iv) 대칭 혼합 노드를 중 임의로 loser나 winner로 선택할 수 있다.

2) Winner 합성

통신 기계 M'의 혼합 노드 v를 winner라 할 때,

- i) $u_i (i=1, 2, \dots, m)$ 을 노드 v로부터 노드 u_i 로 송신 간선들의 방향성 경로가 존재하는 수신 노드라 하고
- ii) $x_j (j=1, 2, \dots, n)$ 이 노드 v로부터 송신노드로의 수신 간선의 방향성 경로에 대한 메시지

열이라 하면

테이블이 "+x_j" (j=1, 2, ..., n)인 정정 자기-루프 (self-loop) 간선을 수신 노드 u_i (i=1, 2, ..., m)에 추가한다.

3) Loser 합성

통신 기계 M'의 혼합 노드 v를 loser라 할 때

- i) u_i (i=1, 2, ..., m)은 노드 v로부터 노드 u_i로 송신 간선들의 방향성 경로가 있는 수신 노드라 하고
- ii) +G_j (j=1, 2, ..., n)이 노드 v로부터 어떤 노드 v_j (j=1, 2, ..., n)로의 수신 간선에 대한 테이블이라 할 때

각 u_i로부터 각 v_j로 테이블이 "G_j"인 정정 간선을 추가한다.

III-4. 오류 회복 기능을 위한 변환 규칙

통신기계 M'과 N'으로부터 오류 회복 기능을 갖는 최종 통신기계 EM'과 EN'을 생성하기 위하여 CFSM 모형의 속성인 묵시적 보조 변수 E를 이용 합성 규칙에 의하여 생성된 M'과 N'의 환경에 효과적으로 대응하는 변환 규칙을 다음과 같이 설계하기로 한다^{11) 12)}. 이들 변환 규칙은 이미 합성된 두 통신기계 M'과 N'에 대하여 공통으로 적용되므로 오류 회복을 위한 변환 규칙이 단순하게 설계된다.

1) 규칙 1

임의의 한 노드에서 다른 노드로 송신(-x)

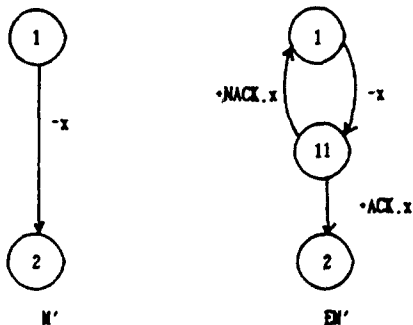


그림 3. 규칙 1 Rule 1

이 있는 경우 상대방으로부터 ACK 신호(ACK, x) 혹은 NACK, x 신호를 수신하는 간선 및 중간 노드를 생각하여 메시지의 손상 혹은 손실 오류로부터 회복 기능을 갖도록 한다.

2) 규칙 2

임의의 한 노드에서 다른 노드로 수신(+x)이 있는 경우 상대방에게 ACK 신호(ACK, x) 혹은 NACK, x 신호를 송신하는 간선 및 중간 노드를 생각하여 메시지의 손상 혹은 손실 오류로부터 회복 기능을 갖도록 한다.

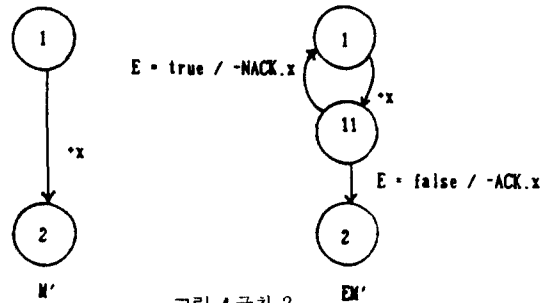


그림 4. 규칙 2 Rule 2

3) 규칙 3

이 규칙은 임의의 메시지 x를 송신한 환경 (간선을 점선으로 표현하였음)에서 다른 메시지 w를 수신하는 경우에 발생 가능한 오류(노드

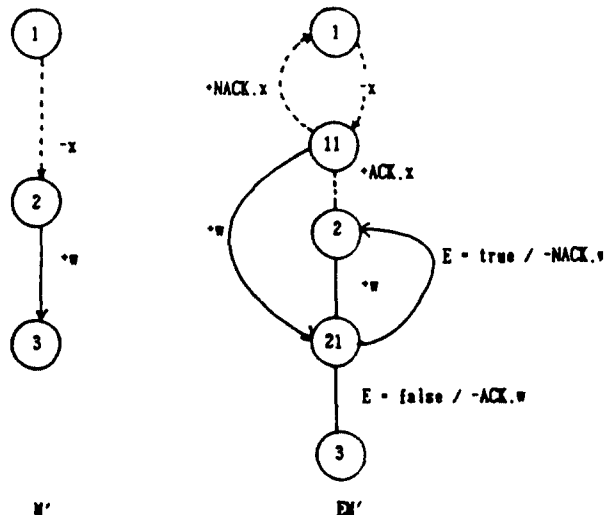


그림 5. 규칙 3 Rule 3

11에서 노드 21로의 간선 +w)로부터 효율적으로 회복하기 위하여 설계한다.

4) 규칙 4

이 규칙은 임의의 메시지 x를 수신한 환경(간선을 점선으로 표현하였음)에서 다른 메시지 w를 수신하는 경우에 발생 가능한 오류(노드 2에서 자기-루프-ACK.x)로부터 효율적으로 회복하기 위하여 설계한다.

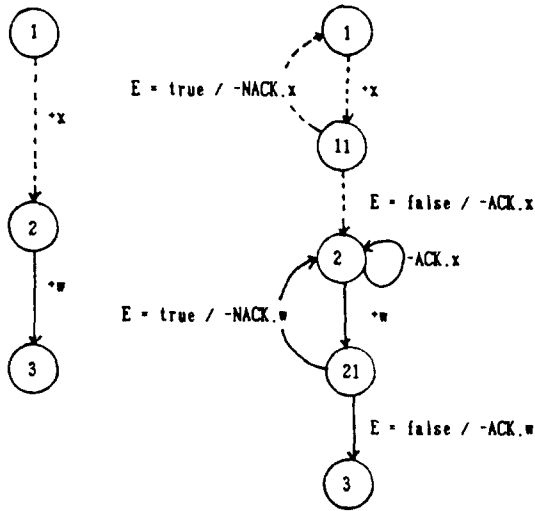


그림 6. 규칙 4
Rule 4

5) 규칙 5

이 규칙은 합성 규칙의 적용에 의하여 생성된 정정 간선중 자기-루프 간선에서 발생 가능한 오류를 처리하기 위하여 설계한다.

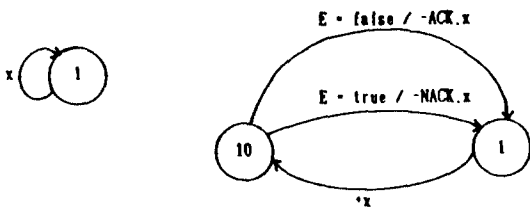


그림 7. 규칙 5
Rule 5

III-5. 동기화의 보장

(Lemma 1)

+f를 e_1 , +g를 e_2 로 하고, 각각 M' (혹은 N')의 동일 수신노드에 대한 두출력간선이라 하면 f는 g의 prefix가 아니다.

(Lemma 2)

x를 혼합 노드 y로 부터 최초의 수신 노드 z로의 방향성 경로상의 혼합 노드라하고, x의 출력 간선의 테이블이 +f이고, z에서 y에 대한 정정간선의 테이블이 +g이면 f는 g의 prefix가 아니다.

(Lemma 3)

s와 s'을 $s_0 = [v, w, E, E]$ 로 부터 임의의 송수신 순서 A와 B로서 각각 도달 가능한 상태라 하자. 경로 $P_j(B)$ 가 $P_j(A)$ 의 전 경로 (prepath)이며 s는 s'으로 부터 달 가능하다.

(Lemma 4)

$P_j(A) = P_j(A')$, $j=1, 2$ 이고 $P_1(A)$ 에는 수신 간선이 없다면 $[v', w', x', y']$ 이 $[v, w, x, y]$ 로 부터 순서 A'로서 도달 가능하면 $[v', w', x'x', y']$ 은 $[v, w, E, y]$ 로 부터 순서 A로서 도달 가능하다.

(정의 : 조화 순서 (harmony sequence)) 송신 순서에 후행하는 dual과 losing 순서 열을 조화 순서라 하며 다음의 세가지 유형이 있다.

i) dual 순서 : $s_1 - e_{i+1} \rightarrow s_{i+1} - e_{i+2} \rightarrow s_{i+2}$

형태의 순서, 여기서 e_{i+1} 은 송신 간선이고 e_{i+1} 과 e_{i+2} 가 dual 간선이다.

ii) losing 순서 : $s_1 - e_1 \rightarrow s_2 \dots - e_k \rightarrow s_k$ 형태의 순서, 여기서 e_1 은 M' (혹은 N')의 혼합 노드의 테이블이 +g인 송신 출력 간선이고 $e_2, \dots, e_k - 1$ 은 N' (혹은 M')의 loser 정정 간선이다.

iii) 송신순서 : $s_1 - e_1 \rightarrow s_2 \dots \rightarrow s_k$ 형태의 순서로서 e_1 은 M' 이나 N' 이 송신 간선이다.

(Lemma 5)

상태 s가 순서 A로의 $[v, w, E, E]$ 로부터 도달 가능하면 s는 $P_j(A) = P_j(B)$, $j=1, 2$ 인 조화 순서 B로서 $[v, w, E, E]$ 로 부터도 도달 가능하다.

(정리 1)

기계 M'과 N' 사이의 통신은 무교착적이다.

(증명)

M'과 N'의 통신이 교착적이라 가정하자. 그러면 M'과 N'의 초기 상태에서부터 조화 순서 A에 의하여 교착상태 $s=[v, w, x, y]$ 에 도달 가능하다. 조화 순서의 정의에 의하여 송신 순서 B로서 상태 s' 으로부터 상태 s 에 도달 가능한 dual이며 losing 순서열이 존재하고, 이 순서열로서 초기 상태에서부터 상태 s' 에 도달 가능하다. 상태 $[v', w', x', y']$ 이 dual이며 losing 순서열로서 초기상태로부터 도달 가능이라 하면 v' 과 w' 은 대칭노드이다. $s'=[v', w', x', y']$ 라 하면 $[v, w, E, E]$ 는 송신 순서 B로서 $[v', w', x', y']$ 으로부터 도달 가능하다. $P_1(B)$ 와 $P_2(B)$ 가 winner 자기-루프만을 가지므로 B는 송신 간선을 갖지 않는다. 즉, $v=v'$ 이고 $w=w'$ 이니 v 와 w 는 대칭 노드이다.

(정리 2)

기계 M'과 N' 사이의 통신에는 unspecified reception이 없다.

(증명)

$s=[v, w, x, y]$ 가 M'과 N'의 unspecified reception 상태이고 s 의 후행 상태가 없다라고 하자. Lemma 5로부터 s 는 조화 순서 A로서 초기 상태에서부터 도달 가능하다. 그러므로 S는 어떤 전송 순서에 의하여 상태 $[v', w', x', y']$ 로부터 도달 가능하며, x' 과 y' 은 x 와 y 의 prefix 일 수 없다. 따라서 s 는 임의의 전송 순서에 의하여 $[v', w', E, E]$ 로부터 도달 가능이고, s 에는 후행하는 상태가 존재한다. 그러므로 s 는 unspecified reception 상태가 아니다.

IV. 사례 연구

본 장에서는 앞에서 설계한 통신 프로토콜 합성 알고리즘의 수행과정을 사례를 통하여 생각해보기로 한다. 오류를 고려하지 않는 환경하에서의 Yu의 예⁽⁶⁾에서의 통신기계 M에 대한

모델은 그림 8.과 같다.

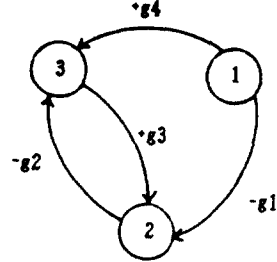
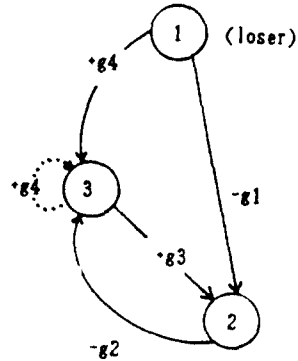
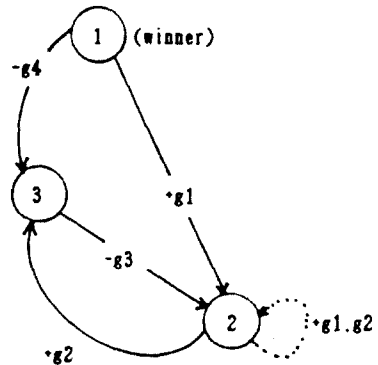


그림 8. 통신기계 M
Communication Machine M

그림 8.의 통신기계 M에 대하여 winner / loser 합성규칙을 혼합 노드인 1에 대하여 적용시킨 결과는 그림 9.에 있다. 점선으로 표현된 간선은 동기화 보장을 위하여 추가된 정정 간선이다.



기계 M'



기계 N'

그림 9 통신기계 M'과 N'
Communication Machine M' and N'

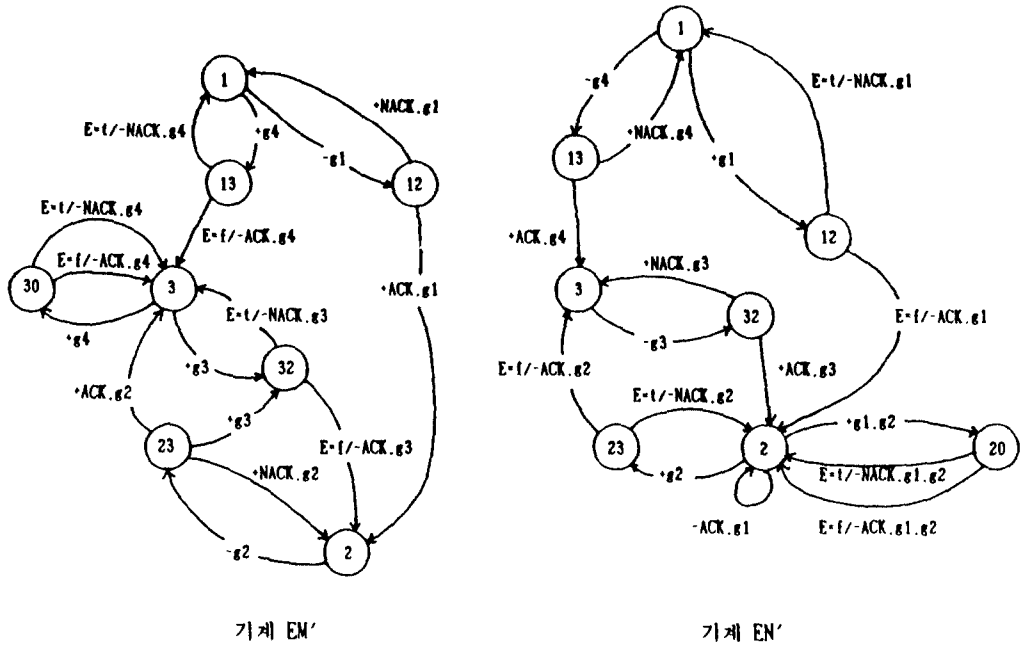


그림 10. 통신기계 EM'과 EN'
Communication Machine EM' and EN'

합성된 두 통신기계 M'과 N'에 대하여 오류 회복을 위한 규칙들을 적용하여 얻은 결과 통신 기계 EM'과 EN'은 CFCSM으로 표현되어 그림 10.에 있고, 이미 개발된 논리적 속성 검증 알고리즘^[6]을 적용시켜본 결과는 정당하였다.

V. 결 론

통신 프로토콜이란 컴퓨터 네트워크에서 통신하는 개체간의 상호 작용을 정해진 방식으로 작동하도록 하는 규약들의 모음으로서, 새로운 통신방식은 그에 맞는 통신 프로토콜의 설계를 필수적으로 요구한다. 또한 보다 효율적인 통신 프로토콜의 설계 방법은 통신 시스템의 복잡도가 증대되면 될수록 더욱 필수적인 과제이다.

기존의 FSM을 이용하는 합성 방법의 제약점은 통신 링크 상에서 발생하는 오류에 대한 회복 기능을 프로토콜 설계자가 명시적으로 기술해야 한다는 점으로서 명세화 과정의 복잡도가 증대되

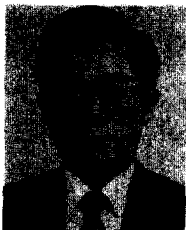
고 FSM의 모형화 능력의 제약 등으로 설계자의 부담이 매우 크다. 본 논문에서는 오류 회복 기능 표현과 명세화 과정의 단순화를 위하여 FSM을 확장하여 CFCSM을 정의하였으며, 명세화된 통신 기계 M만을 이용하여 동기화를 보장받는 두 통신 기계 M'과 N'을 합성하는 알고리즘을 설계하였다. 또 정의한 CFCSM의 성질을 이용하여 오류 회복을 위한 5개의 규칙을 제안하여 합성된 두 통신 기계 M'과 N'을 최종 통신 기계인 EM'과 EN'으로 변환하도록 함으로써 효율적인 통신 프로토콜의 설계가 가능하도록 하였다.

또한 합성 과정에서 사용하는 규칙들에 의하여 얻어진 결과 프로토콜은 설계자에 의하여 명세화된 통신 기계 M이 논리적으로 정당하다면 부교착적이며 unspecified reception이 없음을 증명하였다.

앞으로의 연구 과제는 통신 프로토콜의 성능 분석이 가능하도록 시간 요소 등의 개념을 CFCSM 모형에 추가하여 프로토콜의 설계 단순화는 물론 성능 분석이 가능하도록 하는 것이다.

參考文獻

1. Byron, W. S., "Data Communication Control Procedure", ACM Computing Surveys, Vol. 4, No. 4, Dec. 1972, pp. 197~220.
2. Zafiropulo, P., "Towards Analysing and Synthesizing Protocols", IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-28, No. 4, Apr. 1980, pp. 651~660.
3. Bochmann, G. V. et al, "Semiautomatic Implementation of Communication Protocols", IEEE Trans. on S/E, Vol. SE-13, No. 9, Sep. 1987, pp. 989~1000
4. Merlin, P., and Bochmann, G. V., "On the Construction of Submodules Specification and Communication Protocols", ACM Trans. on Program Language, vol. 5, No. 1, Jan. 1983, pp. 1~25.
5. Sidhu, D., "Protocol Design Rules", Protocol Specification, Testing and Verification", IFIP, 1982, pp. 283~300.
6. Gouda, M. G., and Yu, Y.T., "Synthesis of Communicating Finite State Machines with Guaranteed Progress", IEEE Trans. on Comm., vol. COM-32, No. 7, July 1984, pp. 779~788.
7. Dong, S.T., "The Modeling, Analysis and Synthesis of Communications Protocols", Ph.d Dissertations, Dept. of EECS, U.C Berkeley, 1983.
8. Y. Kakuda, and Y. Wakahara, "Componet Based Synthesis of Protocols for Unlimited Number of Processes" COMSAC, Oct. 1987, pp. 721~730.
9. Merlin, D. M., and Farber, D. J., "Recoverability of Communication Protocols : Implication of Theoretical Study", IEEE Trans. on Comm., vol. COM-24, No. 9, Sep. 1976, pp. 1036~1043.
10. Ramamoorthy, C. V. et al., "Synthesis of Two-Party Error-Recoverable Protocols", ACM SIGCOMM, Aug. 1986, pp. 227~235.
11. 김성열, 이상호, 이철희, "오류 회복 기능을 갖는 프로토콜의 합성", 한국 정보과학회 논문지, 제15권, 제6호, 1988, pp. 535~547.
12. 이상호, "오류 회복 기능을 갖는 통신 링크 프로토콜의 자동 합성 도구 설계", 박사학위 논문, 숭실대 전자계산학과, 1988.
13. Bochmann, G. V. et al, "Experience with Formal Specifications Using an Extended State Transitions Models", IEEE Trans. on Comm., vol. COM-30, No. 12, Dec. 1982. pp. 2506~2513.
14. Gouda, M.G., and Y.T., "Protocol Validation by Maximal Progress State Exploration", IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-32, No. 1, 1984, pp. 94~97.
15. Yu, Y. T., and Gouda, M. G., "Deadlock Detection for a Class of Communicating Finite State Machines", IEEE Trans. on Comm., vol. COM-30, Dec. 1982, pp. 2514~2518.
16. 이철희, 이상호, 고원국, "수정된 maximal progress 상태 탐사 방법에 의한 개선된 프로토콜 검증 알고리즘", 한국통신 학회 논문지 제13권, 제3호, 1988, pp. 231~238.



李 哲 熙 (Chul Hee, LEE) 正會員
 1934年 4月 18日生
 1958年 6月 : 陸軍士官學校 (理學士)
 1962年 8月 : 美國 Purdue 大學校 大學院
 電氣工學科 (工學碩士)
 1988年 2月 : 中央大學校 大學院 電子計
 算學科 (理學博士)
 1962年 9月 ~ 1973年 2月 : 陸軍士官學校
 電子工學科 教授

1973年 3月 ~ 現在 : 崇實大學校 電子計算學科 教授
 1988年 3月 ~ 現在 : 崇實大學校 情報科學大學院長
 1988年 10月 ~ 現在 : 韓國情報科學會 會長
 ※關心分野 : 데이터通信, 分散시스템, 프로토콜工學 等



李 相 鎬 (Sang Ho LEE) 正會員
 1953年 3月 15日生
 1976年 2月 : 崇實大學校 電子計算學科
 (工學士)
 1981年 2月 : 崇實大學校 大學院 電子計
 算學科 (工學碩士)
 1989年 2月 : 崇實大學校 大學院 電子計
 算學科 (工學博士)
 1976年 1月 ~ 1979年 5月 : 韓國電力電子
 計算所 勤務

1981年 3月 ~ 現在 : 忠北大學校 電子計算學科 教授
 ※關心分野 : 프로토콜工學, 소프트웨어工學, 시뮬레이션 等



金成烈(Seong Ryeol, KIM) 正會員

1954年6月9日生

1982年2月：崇實大學校 電子計算 學科
(工學士)

1987年2月：崇實大學校 大學院 電子計
算學科(工學碩士)

1987年8月：崇實大學校 大學院 電子計
算學科 博士課程中

1982年1月～1984年2月：韓國電力電子
計算所 勤務

1984年3月～現在：烏山專門大學 電子計算科 教授

※關心分野：컴퓨터시스템, 프로토콜工學, Nueral Network
等.