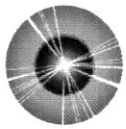
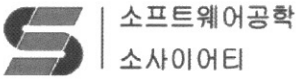


제 15 권 제 1 호
Vol. 15 No. 1



2013

제 15회 한국 소프트웨어공학 학술대회 논문집

Proceedings of the 15th Korea Conference on Software Engineering (KCSE 2013)

- **일시: 2013년 1월 30일(수) ~ 2월 1일(금)**
- **장소: 강원도 평창 한화리조트(휘닉스파크점)**

주최: 한국정보과학회, 한국정보처리학회
주관: 한국정보과학회 소프트웨어공학 소사이어티
한국정보처리학회 소프트웨어공학 연구회
한국전자통신연구원
후원: 정보통신산업진흥원 SW 공학센터, ㈜케이티,
㈜비트컴퓨터, ㈜다한테크, ㈜솔루션링크,
슈어소프트테크㈜, ㈜씽크포비엘, STA 테스팅컨설팅㈜,
LG CNS, 이에스지㈜, ㈜인지소프트, 현대엠엔소프트㈜

김준수(단국대), 강윤희(백석대), 박용범(단국대)

자가적응시스템을 위한 집단지성 온톨로지 [단편논문]
서영덕, 김정동, 인호, 백두권(고려대)

자율컴퓨팅 환경에서 지식관리 및 공유를 위한 온톨로지 레지스트리 모델 [단편논문]
이석훈(고려대), 정동원(군산대), 백두권(고려대)

게시자 동영상 광고삽입시스템 [단편논문]
김정혁, 배선봉, 강상길(인하대)

사물 인터넷 디바이스 제어 및 컨텍스트 추론을 위한 프레임워크 [박사논문]
천두완, 김수동{숭실대}

비정상적 이벤트 예방을 위한 자가-적응 시스템
이의종, 김정동, 인호, 백두권(고려대)

적응적 매핑정보 캐싱을 통한 대용량 플래시 메모리 저장장치 [단편논문]
정상혁(한양대), 김지나, 김서연(현대고), 김희정, 송용호(한양대)

센서 네트워크에서의 자가 재구성 미들웨어 모델 [단편논문]
정현준, 이석훈, 백두권(고려대)

SW 응용

메시지 변환을 위한 메시지 필드 매핑 관계 식별 자동화 방법
김진규 (KAIST)

사이버-물리 시스템의 ECML 을 위한 시뮬링크 XMI 변환기 개발
손현승(홍익대), 김우열(대구교육대), 전인걸, 전재호(ETRI), 김영철(홍익대)

연구영역에서 결합단어에서 전문용어 검출 및 구속력강한 단어특성 분석에 관한 연구
정영섭, 임채균, 김승석, 최호진(KAIST)

UAV 중계기반 MANET 의 야전운용성능 최적화 모델개발 [산업체논문]
박영규, 김세일(국방기술품질원)

스마트 TV 용 고속 IO 기법 [단편논문]
정창훈, 황태호, 김규일, 원유집(한양대)

사이버-물리 시스템의 ECML 을 위한 시뮬링크 XMI 변환기 개발

손현승*, 김우열**, 전인걸***, 전재호***, 김영철*
* 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과
세종특별자치시 조치원읍 세종로 2639
{son, bob}@ selab.hongik.ac.kr
** 대구교육대학교 컴퓨터교육과
john@dnue.ac.kr
*** 한국전자통신연구원 CPS 연구팀
{igchun, jeonjaeho11}@etri.re.kr

요약: ECML 은 한국전자통신연구원에서 개발한 사이버-물리 시스템의 모델링 언어로 DEV&DESS 를 기반으로 이산과 연속 상태를 동시에 설계 가능한 하이브리드 모델링 언어이다. 그러나 ECML 은 현재 개발 중에 있기 때문에 아직 미완성으로 복잡한 수식 계산기능을 제공하지 못한다. 시뮬링크는 모델링, 시뮬레이션, 동적 시스템의 분석이 가능한 상용 도구로 ECML 과 같이 이산과 연속 상태의 모델링이 가능하고 다양한 도메인에서 사용 가능한 풍부한 라이브러리를 제공한다. 이러한 시뮬링크 모델을 사이버-물리 시스템의 모델링 언어인 ECML 에서 사용 가능하다면, ECML 의 단점을 보완 가능하다. 그래서 우리는 한국전자통신연구원과 함께 ECML 의 확장성을 높이기 위해 시뮬링크 모델을 연동하는 연구를 수행하고 있다. 그리고 시뮬링크 모델을 ECML 로 변환하기 위해서 메타모델을 기반한 모델변환 기법의 적용 방법을 제시하였다. 그러나 시뮬링크 모델 파일은 모델변환의 입력 파일인 XMI 가 아니기 때문에 바로 모델 변환에 적용하지 못한다. 본 논문에서는 시뮬링크 모델 파일을 모델변환에 사용하고자 XMI 변환기를 제안한다. 제안한 XMI 변환기는 C++로 작성되었고 3 가지 단계를 거쳐 시뮬링크 모델의 XML 파일을 XMI 파일로 자동 변환한다.

핵심어: 사이버-물리 시스템, 메타모델, 메타 모델 정의 언어(MOF), ETRI CPS Modeling Language (ECML), 시뮬링크

1. 서론

사이버-물리 시스템(Cyber-Physical Systems, CPS)은 대규모 센서/액츄에이터를 가지는 물리적인 요소와 이를 실시간으로 제어하는 컴퓨팅 요소가 결합된 복합시스템(System of Systems)이다[1]. 이외에 CPS 는 다양한 정의들을 가지고 있는데, Edward Lee[2]는 "물리프로세스와 컴퓨팅의 결합체", Wayne Wolf[3]는 "컴퓨터에 의해 제어되는 기계의 일종", John Stankovic[4]는 "시스템의 동작이 모니터, 조율, 제어, 통합되는 물리적이고 엔지니어링된 시스템" 이라고 언급하였다. 각 정의들이 조금식 다르지만 컴퓨팅과 물리적인 시스템이 결합되어 있다는 공통점을 가지고 있다.

CPS 는 새로 등장한 개념 같지만 기존의 임베디드 시스템으로부터 발전된 기술이다. 임베디드 시스템에 물리적 특성이 반영되고, 네트워크로 연결된 시스템 간의 제어의 중요성이 강조되는 시스템이다. 센서, 제어로직, 액추에이터를 가지는 대부분의 기존 제어 시스템들을 그대로 사용하지만 현재의 임베디드 시스템들은 예전에 비해서 훨씬 복잡해졌고 네트워크를 통해 상호 복합 연동되면서 시스템 설계시 인간의 논리력과 지능을 넘어서고 있다. 그러므로 CPS 는 전통적인 임베디드 소프트웨어 개발 방법으로 다루기 어려운 이종 시스템들 간의 결합에 다른 복잡성, 불확실성, 불예측성 등을 추상화된 모델을 통해서 다루고 모델에 대한 검증을 포함하는 모델링&시뮬레이션이 확장된 개념이다.

CPS 는 안전과 경쟁력을 유지시키는 주요 분야인 생물의학(Biomedical), 의료관리시스템(Healthcare System), 차세대 항공 교통 시스템(Next-Generation Air Transportation System), 스마트 그리드(Smart Gird), 재생 가능 에너지(Renewable Energy) 등의 다양한 분야에 적용가능하며 주요 기술로는 추상화(Abstract), 아키텍처(Architecture), 분산 컴퓨팅(Distributed Computations), 네트워크 제어(Networked Control), 검증 및 확인(Verification and

† 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업[10035708, 고신뢰 자율제어 SW 를 위한 CPS(Cyber-Physical Systems) 핵심 기술 개발]과 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

Validation) 등이 있다[5].

ECML(ETRI CPS Modeling Language)은 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발중인 CPS 환경을 모델링 하기 위한 언어이다[6]. ECML 은 물리, 전기, 아날로그 전자 등과 같은 연속적인 요소와 디지털 전자, 소프트웨어 등과 같은 이산적인 요소를 모두 포함하는 하이브리드 시스템을 모델링 할 수 있다[7]. 그러나 ECML 은 현재 계속 개발 중에 있기 때문에 아직 미완성이고 복잡한 수식 계산기능을 제공하지 못한다.

시뮬링크는 모델링, 시뮬레이션, 동적 시스템의 분석이 가능한 상용 도구이다. 다양한 도메인에서 사용 가능한 풍부한 라이브러리(이벤트 기반 모델링, 물리적 모델링, 제어 시스템 설계 및 분석, 신호 처리 및 통신, 코드 생성, 검증 및 테스트)를 제공하기 때문에 많은 분야(항공 우주 및 국방, 자동차, 생명 과학 및 제약, 통신, 전자 및 반도체, 에너지, 금융 서비스, 산업 자동화 및 기계)의 공학자들에게 사용되고 있다. 그리고 대화식 그래픽 환경 및 사용자 정의 가능한 블록 라이브러리 세트를 제공하고 특화된 애플리케이션으로의 확장이 가능하다. 또한 가상 시제품을 빠르게 제작, 테스트함으로써 최소의 노력으로 어떤 항목의 단계에서라도 디자인 컨셉을 확정할 수 있도록 지원하여, 많은 엔지니어들이 시제품 제작 전 시뮬링크를 사용하여 반복 동작과 설계를 수행한다[8].

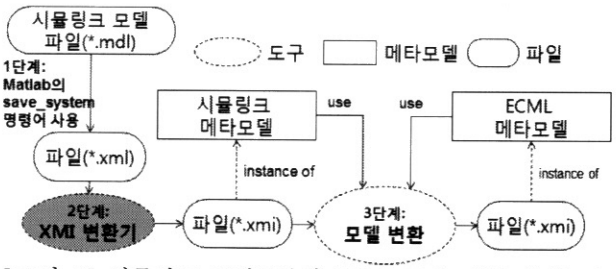
이러한 시뮬링크 모델을 CPS 의 모델링 언어인 ECML 에서 사용 가능하다면, ECML 의 단점을 보완 가능하다. 그래서 우리는 한국전자통신연구원과 함께 ECML 의 확장성을 높이기 위해 시뮬링크 모델과 연동에 관한 연구를 수행하고 있다[9]. 그리고 시뮬링크 모델을 ECML 로 변환하기 위해서 메타모델을 기반한 모델변환 기법의 적용 방법을 제시하였다[10]. 모델 변환은 이종의 서로 다른 모델을 메타모델을 기반으로 모델에서 모델로 변환시켜줄 수 있는 기법이다[11]. 그러나 시뮬링크 모델 파일은 모델변환의 입력 파일인 XMI(XML-based Metadata Interchange)[12]가 아니기 때문에 바로 모델 변환에 적용하지 못하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 시뮬링크 모델 파일을 모델변환에 사용할 수 있도록 시뮬링크 모델의 XML 파일을 XMI 로 변환할 수 있는 XMI 변환기를 제안한다. 제안한 XMI 변환기는 C++로 작성되었고 3 가지 단계를 거쳐 시뮬링크 모델의 XML 파일을 XMI 파일로 자동 변환한다. 첫 번째 단계는 불필요한 시뮬링크 데이터를 제거한다. 두 번째 단계는 시뮬링크의 XML 파일의 값을 모두 속성으로 변환한다. 세 번째는 메타모델의 네임스페이스를 입력한다. 적용사례를 통해서 시뮬링크 모델을 생성하고 XMI 변환기로 변환한다. 이러한 단계를 거쳐 만들어진 XMI 가 모델변환에서 사용가능한지 EMF(Eclipse Modeling Framework)[13]를 통해서 파일을 읽어 검증해본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 관련연구로 모델변환을 이용한 시뮬링크에서 ECML 모델 변환방법에 대해서 설명한다. 3 장에서는 제안한 XMI 변환기에 대해서 언급한다. 4 장에서는 적용사례로 시뮬링크 모델로부터 XMI 를 생성해보고 이를 EMF 로 검증한다. 마지막으로 5 장에서는 결론과 향후 연구에 대해서 기술한다.

2. 관련연구

시뮬링크 모델로부터 ECML 로의 모델 변환하는 방법은 [그림 1]과 같이 3 단계의 절차가 필요하다. 먼저 첫 번째 단계에서는 Matlab 의 save_system 명령어를 사용하여 시뮬링크 MDL 파일을 XML 로 변환한다. 두 번째 단계에서는 XMI 변환기를 통해서 시뮬링크 XML 파일을 XMI 로 변환한다.



[그림 1] 시뮬링크 모델로부터 ECML 로의 변환 방법[10]

세 번째 단계에서는 XMI 파일로 변경된 시뮬링크 모델 정보를 ECML 구조로 모델 변환 기법을 사용하여 변환한다. 그러나 모델 변환 기법을 사용하기 위해서는 메타모델이 설계 되어 있어야 하는데, 시뮬링크 메타모델[10]과 ECML 메타모델[6]은 기존 연구에서 설계하였다. 그리고 모델변환 단계에서는 시뮬링크와 ECML 모델과의 공통점과 차이점을 분석하여 변환 규칙을 만든다. 이 부분은 향후 연구과제이다. 본 논문의 XMI 변환기는 모델 변환을 수행하는 전체과정 중에서 우선적으로 수행되어 할 부분이며 그 위치는 [그림 1]에 음영으로 표현하였다.

3. XMI 변환기 개발

XMI 변환기의 목적은 기존의 시뮬링크의 XML 파일에서부터 필요한 정보만 추출하여 모델 변환의 입력파일을 만드는 것이다. 그전에 MDL 파일로부터 XML 파일로 변환해야 한다. 이 변환 방법은 Matlab 에서 제공하기 때문에 이를 그대로 사용한다. MDL 파일을 XML 로 만들기 위해서는 "save_system" 명령을 수행해야 한다. 명령어의 형식은 아래와 같다.

```
save_system('MDL 파일 이름',
'출력할 XML 파일 이름', 'ExportToXML', true)
```

본 장에서는 시뮬링크 XML 파일 구조를 분석하고

XMI 변환기의 변환방법에 대해서 설명한다.

3.1 시뮬링크 XML 파일 구조

시뮬링크의 XML 파일의 전체적인 구조는 [그림 2]와 같다. 루트는 ModelInformation 으로 Vesrion 정보를 포함하고 있다. 그리고 Model 과 Stateflow 로 구성되는 Model 은 시뮬링크 모델과 관련된 정보를 다루고 있고 Stateflow 는 Statechart 와 관련되어 있다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <ModelInformation Version="0.9">
  - <Model Name="my_system">
      <P Name="Version">7.4</P>
      <P Name="MdlSubVersion">0</P>
    + <GraphicalInterface>
      <P Name="SavedCharacterEncoding">windows-949</P>
      <P Name="SaveDefaultBlockParams">on</P>
      <P Name="ScopeRefreshTime">0.035000</P>
      <P Name="OverrideScopeRefreshTime">on</P>
      <P Name="DisableAllScopes">off</P>
      <P Name="DataTypeOverride">UseLocalSettings</P>
      <P Name="MinMaxOverflowLogging">UseLocalSettings</P>
      <P Name="MinMaxOverflowArchiveMode">Overwrite</P>
      <P Name="MaxMDLFileLineLength">120</P>
    + <ConfigManagerSettings>
    + <EditorSettings>
    + <SimulationSettings>
    + <Verification>
    + <ExternalMode>
    + <EngineSettings>
    + <ModelReferenceSettings>
    + <ConfigurationSet>
    + <SystemDefaults>
    + <BlockDefaults>
    + <AnnotationDefaults>
    + <LineDefaults>
    + <BlockParameterDefaults>
    + <System Name="my_system">
    </Model>
  + <Stateflow>
</ModelInformation>
```

[그림 2] 시뮬링크 XML 파일의 내용

Model 의 내용을 살펴보면 순서대로 GraphicalInterface, ConfigManagerSettings, Editor-Setting, SimulationSetting, Verification, ExternalMode, EnginSetting, ModelReferenceSettings, Configuration-Set, SystemDefaults, BlockDefaults, Annotation-Defaults, LineDefaults, BlockParameterDefaults, System 으로 구성되어 있다. 위에 보는 것과 같이 많은 정보를 포함하고 있다.

GraphicalInterface 는 그래픽 인터페이스 정보를 저장하는 항목으로 내용은 아래와 같다. 시뮬링크 내부에서 사용하는 정보이기 때문에 무엇을 뜻하는지 알 수 없다. ConfigManagerSettings 은 파일을 만든 사용자 정보가 저장된다. EditorSetting 은 시뮬링크 모델을 그리는 에디터에 대한 설정 값을 포함한다. SimulationSetting 은 시뮬레이션을 수행하기 위한 설정 값들을 저장한다. Verification, ExternalMode, EnginSetting, ModelReferenceSettings, Configuration-Set 들은 시뮬링크 내부적으로 사용되는 값이기 때문에 어떤 정보인지 알 수 없다. SystemDefaults 는 시뮬링크 모델링하는 작업창의 크기 및 그래픽 정보를 저장한다. BlockDefaults 는 시뮬링크에서 사용되는 각 블록들에 대한 기본적인 그래픽 정보(폰트, 색깔, 크기 등)을 저장한다. Annotation- Defaults 는 설명 글을 사용할 때 사용하는 기본적인 그래픽 정보를 저장한다. LineDefaults 는 선에 대한 그래픽 정보를 저장한다. BlockParameterDefaults 는 블록에서 사용하는 기본적인 파라메터정보를 저장한다. 이것은 블록에서 필요한 파라메터를 사용자가 수작업으로 모두 입력하지 않아도 되므로 편하게 모델링이 가능하다. [그림 3]과 같이 만들어진 블록에 대한 파라메터 정보를 저장한다.

```
- <BlockParameterDefaults>
    + <Block BlockType="Gain">
    + <Block BlockType="Inport">
    + <Block BlockType="Integrator">
    + <Block BlockType="Outport">
    + <Block BlockType="Saturate">
    + <Block BlockType="Scope">
    + <Block BlockType="Sin">
    + <Block BlockType="SubSystem">
    + <Block BlockType="ZeroOrderHold">
  </BlockParameterDefaults>
```

[그림 3] BlockParameterDefaults 파일의 내용

System 은 시뮬링크의 블록에 대한 정보가 저장되는 영역이다. 각 블록정보와 라인 정보들을 [그림 4]와 같이 확인할 수 있다.

```
- <System Name="my_system">
    <P Name="Location">[279, 261, 942, 766]</P>
    <P Name="Open">on</P>
    <P Name="ModelBrowserVisibility">off</P>
    <P Name="ModelBrowserWidth">200</P>
    <P Name="ScreenColor">white</P>
    <P Name="PaperOrientation">landscape</P>
    <P Name="PaperPositionMode">auto</P>
    <P Name="PaperType">A4</P>
    <P Name="PaperUnits">centimeters</P>
    <P Name="TiledPaperMargins">[1.270000, 1.270000, 1.270000, 1.270000]</P>
    <P Name="TiledPageScale">1</P>
    <P Name="ShowPageBoundaries">off</P>
    <P Name="ZoomFactor">100</P>
    <P Name="ReportName">simulink-default.rpt</P>
    <P Name="SIDHighWatermark">18</P>
  + <Block Name="Gain" BlockType="Gain">
  + <Block Name="Integrator" BlockType="Integrator">
  + <Block Name="Saturation" BlockType="Saturate">
  + <Block Name="Scope" BlockType="Scope">
  + <Block Name="Sine Wave" BlockType="Sin">
  + <Block Name="Subsystem" BlockType="SubSystem">
  + <Line>
  + <Line>
  + <Line>
  + <Line>
  + <Line>
  + <Line>
  + <Annotation>
  + <Annotation>
</System>
```

[그림 4] System 파일의 내용

우리는 시뮬링크 XML 파일 구조 분석을 통해서 필요한 정보와 그렇지 않은 정보들을 구분하였다. 필요한 정보는 시뮬링크의 블록을 저장하고 있는 System 항목과 파라메터의 기본 정보를 포함하는 BlockParameterDefaults 항목이다. 그러므로 이를 선처리해주는 프로그램이 필요하다. 그리고 모든 영역에 P 엘리먼트가 존재하는데 P 엘리먼트의 속성은 Name 과 Value 두 가지 형태로 구성되어 있다. 시뮬링크 XML 은 모델의 정보를 만들 때 각 항목의 속성 값으로 데이터를 저장하지 않고 여러 개의 P 엘리먼트를 이용하여 저장하는 특징을 가지고 있다. 그 외의 나머지는 항목들은 모두 시뮬링크가 시뮬레이션을 수행하기 위한 정보들로 제 3 자가 이해하기 어려운 정보들로 구성되어 있고 모델 변환 시에도 필요가 없다. 그러므로 제거 되어야 할 항목들 이다.

3.2 시뮬링크 XML 에서 XMI 로의 변환 방법

시뮬링크 XML 파일 구조 분석결과 System 과 BlockParameterDefaults 항목만 필요하고 나머지 정보는 필요 없다는 것을 알 수 있었다. 수작업으로 이를 처리할 수도 있지만 비생산적인 일이기 때문에 XMI 변환기를 개발하였다. XMI 변환기는 두 가지 목적으로 만들어 졌다. 첫 번째는 위에서 언급하였듯이 시뮬링크 XML 파일에서의 필요한 정보의 추출이다. 두 번째는 XML 과 XMI 의 차이점 때문이다. 모델 변환을 수행하기 위해서는 모델변환 도구가 인식 가능한 XMI 형태로 변환되어야 하기 때문이다.

3.2.1 시뮬링크 XML 에서 필요한 정보 추출 방법

시뮬링크 XML 에서부터 필요한 정보 추출 방법은 알고리즘은 두 단계로 이루어진다. 첫 번째로는 한 정보를 추출하기 위해서 System 과 BlockParameter-Defaults 이외의 필요 없는 항목 정보를 제거 한다. 두 번째는 필요 없는 P 항목을 제거이다.

```
RemoveNode("//Model/GraphicalInterface");
RemoveNode("//Model/ConfigManagerSettings");
RemoveNode("//Model/EditorSettings");
RemoveNode("//Model/SimulationSettings");
RemoveNode("//Model/Verification");
RemoveNode("//Model/ExternalMode");
RemoveNode("//Model/EngineSettings");
RemoveNode("//Model/ModelReferenceSettings");
RemoveNode("//Model/ConfigurationSet");
RemoveNode("//Model/SystemDefaults");
RemoveNode("//Model/BlockDefaults");
RemoveNode("//Model/AnnotationDefaults");
RemoveNode("//Model/LineDefaults");
RemoveNode("//ModelInformation/Stateflow");
```

[그림 5] 첫 번째 단계의 불필요한 항목 제거

첫 번째 단계의 항목 정보 제거는 [그림 5]와 같이 C++언어로 작성되었고 XML 의 XPATH 를 사용하여 항목을 찾고 이를 제거한다. 두 번째 단계의 P 항목을 제거는 [그림 6]과 같이 C++언어로 작성되었다. P 항목은 모든 영역에 분포되어 있으므로, 첫 번째 단계의 항목제거와 같이 하위항목을 전부 지우면 안된다. 또한 Model 이나 System 항목은 제거하면 안되기 때문에 두 번째 인자를 활용해서 항목의 이름이 같지 않을 때만 제거하는 함수를 새로 만들었다. 이 RemoveAllNotMatchNodesName 함수는 두 번째 인자의 이름과 매치되지 않는 P 항목을 모두 제거한다. 그리고 여러 개를 동시에 선택할 수 있도록 " ; " 구분자를 사용하도록 하였다. 예를 들어 "Version;MdlSubVersion"는 P 항목의 이름이 "Version" 과 "MdlSubVersion" 만 제외하고 모두 제거한다.

```
RemoveAllNotMatchNodesName("//Model/P",
"Version;MdlSubVersion");
RemoveNode( "//Model/System/P");
RemoveAllNotMatchNodesName(
"//System/Annotation/P", "Name");
```

[그림 6] 두 번째 단계의 불필요한 항목 제거

3.2.2 XML 에서 XMI 형태로 변환 방법

XML 파일을 XMI 형태로 변환하기 위해서는 두 단계가 필요하다. 첫 번째는 XML 의 Value 를 속성 값으로 변경하는 작업이다. XMI 는 Value 를 사용하지 않고 속성만 사용하기 때문이다. 두 번째는 메타모델과의 연동을 위한 루트 노드에 네임스페이스를 삽입해야 한다.

```
MakeValue("//Model/P");
MakeValue("//Block/P");
MakeValue("//Port/P");
MakeValue("//System/P");
MakeValue("//List/P");
MakeValue("//Line/P");
MakeValue("//Branch/P");
MakeValue("//Annotation/P");
```

[그림 7] Value 를 속성 값으로 변경

첫 번째 단계의 XML 의 Value 를 속성 값으로 변경하는 방법은 [그림 7]과 같다. MakeValue 함수는 해당되는 항목을 찾아서 Value 를 속성으로 변경한다. 이 코드를 수행하면 [그림 8]과 같이 Value 가 속성값으로 변경된 결과를 확인할 수 있다.

변환 전

```
<Block BlockType="Gain">
    <P Name="Gain">1</P>
    <P Name="Multiplication">E-w(K.*u)</P>
    <P Name="ParamMin">[]</P>
    <P Name="ParamMax">[]</P>
…(생략)
</Block>
```

변환 후

```
<Block BlockType="Gain">
    <P Name="Gain" Value="1"/>
    <P Name="Multiplication" Value="E-w(K.*u)"/>
    <P Name="ParamMin" Value="[]"/>
    <P Name="ParamMax" Value="[]"/>
…(생략)
<Block>
```

[그림 8] Value 를 속성 값으로 변경 실행 결과

두 번째 단계의 메타모델과의 연동을 위한 루트 노드에 네임스페이스를 삽입 방법은 [그림 9]와 같다.

```
MakeNamespace("simulink",
"http://simulink/1.0");
```

[그림 9] 네임스페이스를 삽입 방법

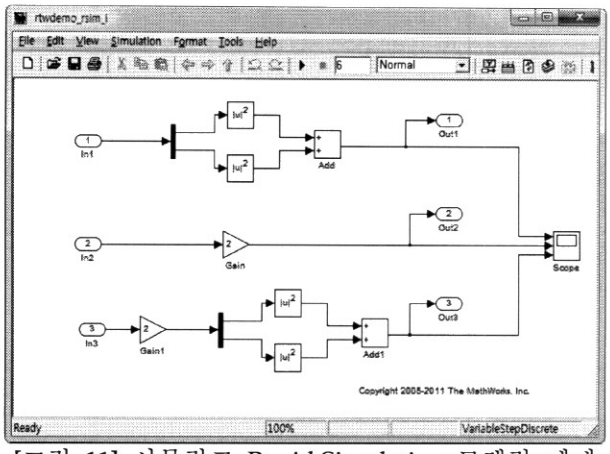
입력되는 네임스페이스는 메타모델의 네임스페이스와 같은 값으로 설정해야 된다. 실행 결과는 [그림 10]과 같다.

변환 전
<ModelInformation Version="0.9"> …(생략) </ModelInformation>
변환 후
<simulink:ModelInformation xmlns:simulink="http://simulink/1.0" Version="0.9"> …(생략) </simulink:ModelInformation>

[그림 10] 네임스페이스를 삽입 방법의 실행 결과

4. 적용사례

시뮬링크 모델의 XMI 생성을 위해서 [그림 11]과 같이 시뮬링크에 도움말에서 기본으로 제공되는 Rapid Simulation 예제를 사용하였다.



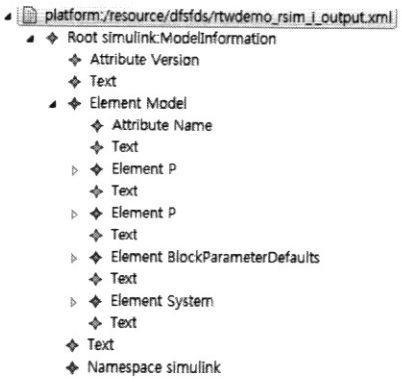
[그림 11] 시뮬링크 Rapid Simulation 모델링 예제

이 예제를 XMI 변환기를 실행하면 [그림 12]와 같이 XMI 파일이 생성된다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <simulink:ModelInformation Version="0.9" xmlns:simulink="http://simulink/1.0">
  - <Model Name="rtwdemo_rsim_i">
      <P Name="Version" Value="7.8"/>
      <P Name="MdlSubVersion" Value="0"/>
    + <BlockParameterDefaults>
    - <System>
      + <Block Name="In1" BlockType="Inport" SID="1">
      + <Block Name="In2" BlockType="Inport" SID="2">
      + <Block Name="In3" BlockType="Inport" SID="3">
      + <Block Name="Add" BlockType="Sum" SID="4">
      + <Block Name="Add1" BlockType="Sum" SID="5">
      + <Block Name="Demux" BlockType="Demux" SID="6">
      + <Block Name="Demux1" BlockType="Demux" SID="7">
      + <Block Name="Gain" BlockType="Gain" SID="8">
      + <Block Name="Gain1" BlockType="Gain" SID="9">
      + <Block Name="Math Function" BlockType="Math" SID="10">
      + <Block Name="Math Function1" BlockType="Math" SID="11">
      + <Block Name="Math Function2" BlockType="Math" SID="12">
      + <Block Name="Math Function3" BlockType="Math" SID="13">
      + <Block Name="Scope" BlockType="Scope" SID="14">
      + <Block Name="Out1" BlockType="Outport" SID="15">
      + <Block Name="Out2" BlockType="Outport" SID="16">
      + <Block Name="Out3" BlockType="Outport" SID="17">
      + <Line>
        ...(생략)
      + <Annotation>
      </System>
    </Model>
</simulink:ModelInformation>
```

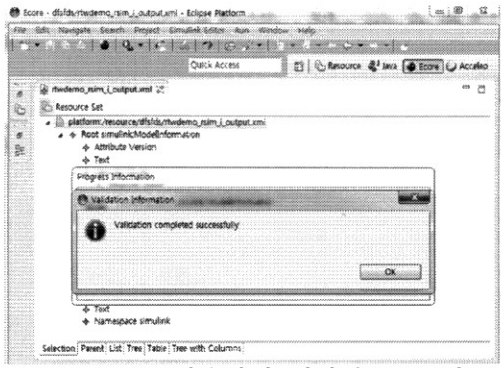
[그림 12] XMI 변환기로 생성한 XMI 파일

생성된 XMI 의 검증을 위해서 [그림 13]과 같이 EMF 를 이용하여 XMI 파일을 읽었다. 그 결과 에러 없이 XMI 파일을 읽을 수 있었다.



[그림 13] EMF 를 이용하여 생성된 XMI 파일 로드

[그림 14]는 EMF 가 제공하는 검증기능을 수행하였을 때 실행된 결과이다. EMF 의 검증기능은 메타모델을 기반으로 잘못된 데이터가 없는지 체크한다. 검증 수행결과 성공 메시지를 확인 할 수 있었다.



[그림 14] EMF 를 이용하여 생성된 XMI 검증결과

5. 결론

ECML 은 CPS 환경을 모델링하기 위한 언어로 연속적인 요소와 이산적인 요소를 모두 포함하는 하이브리드 시스템을 설계할 수 있다. 그러나 ECML 은 현재 계속 개발 중에 있기 때문에 아직 미완성이고 복잡한 수식계산 기능을 제공하지 못한다. 이에 비하여 시뮬링크는 모델링, 시뮬레이션, 동적시스템의 분석이 가능한 상용 도구로 다양한 도메인에서 사용가능한 풍부한 라이브러리를 제공하며 1984 년부터 현재 동안 오랜 기간 동안 개발되어진 매우 안정된 제품이다.

이러한 시뮬링크 모델을 ECML 에 적용 가능하다면 ECML 의 단점을 보완가능하고 확장성도 제공할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이유로 시뮬링크 모델을 ECML 에 연동하기 위한 방법을 연구하고 있다. 본 논문에서는 시뮬링크 모델 파일이 모델변환의 입력 파일인 XMI 에 적용하지 못하는 문제를 해결하고자 XMI 변환기를 제안하였다.

제안한 XMI 변환기는 C++로 작성되었고 3 가지 단계를 거쳐 시뮬링크 모델의 XML 파일을 XMI 파일로 자동 변환이 가능하였다. 그리고 적용사례를 통해서 시뮬링크 모델을 XMI 변환기로 변환하고 EMF 를 통해서 검증하였다. 검증 결과 XMI 변환기를 사용하면 시뮬링크 모델을 모델 변환에 사용할 수 있음을 확인하였다.

향후 연구로는 최종연구의 나머지 부분인 시뮬링크 모델을 ECML 로 변환하기 위한 규칙들을 만들고 EMF 를 이용하여 모델변환 도구를 개발하는 것이다. 현재 XMI 변환기를 통해 생성된 XMI 파일을 이용하여 ECML 로 변환하기 위한 방법을 연구 중이다.

참고문헌

[1] 김원태, 전인걸, 이수형, 박승민, "CPS 기술동향," 정보통신산업진흥원 주간기술동향, 통권 1455 호, pp. 1 - 10, 2010.07.21.

[2] Edward A. Lee, "Cyber Physical Systems: Design Challenges," Object Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 2008 11th IEEE International Symposium on, pp. 363-369, 2008. 05.

[3] Wayne Wolf, "Cyber-physical Systems," Embedded Computing, pp. 88-89, 2009. 03.

[4] R. Rajkumar, I. Lee, L. Sha, J. Stankovic, "Cyber-physical systems: the next computing revolution," Proceedings of the 47th Annual Design Automation Conference (DAC '10), pp. 731-736, 2010. 06.

[5] K. Baheti and H. Gill, "Cyber-physical systems," The Impact of Control Technology, T. Samad and A.M. Annaswamy (eds.), IEEE Control Systems Society, 2011.

[6] Jaeho Jeon, InGeol Chun, WonTae Kim : Metamodel-Based CPS Modeling Tool. Embedded and Multimedia Computing Technology and Service, Lecture Notes in Electrical Engineering Vol. 181, 285--291 (2012)

[7] Hae Young Lee, Ingeol Chun, Won-Tae Kim : DVML: DEVS-Based Visual Modeling Language for Hybrid Systems. Control and Automation, and Energy System Engineering, Communications in Computer and Information Science Vol. 256, 122--127(2011)

[8] MATLAB/Simulink, http://www.mathworks.com

[9] ETRI, Cyber-Physical Systems research, http://www.etri.re.kr/etri/res/res_05020102.etri

[10] Hyun Seung Son, Woo Yeol Kim, Robert Young Chul Kim, Hang-Gi Min, "Metamodel Design for Model Transformation from Simulink to ECML in Cyber Physical Systems," Computer Applications for Graphics, Grid Computing, and Industrial Environment, CCIS 351, pp. 56-60, 2012.12.17.

[11] K. Czarnecki, S. Helsen,"Feature-based survey of model transformation approaches," IBM Systems Journal, Vol. 45, Issue 3, pp. 621-645, 2006.

[12] OMG, MOF 2.0/XMI Mapping, version 2.1.1, formal/2007-12-01

[13] D. Steinberg, F. Budinsky, E. Merks, M. Paternostro, "EMF: eclipse modeling framework," Addison-Wesley Professional, 2008.