

WinWin 합의 모델을 적용한 HW/SW 분할 방법론

박지용^o 김상수 채정욱 인호
고려대학교 컴퓨터학과

{jayyp^o, sookim, bravejw, hoh_in}@korea.ac.kr

The HW/SW Partitioning Methodology applied WinWin Negotiation Model

Jiyong Park^o, Sangsoo Kim, Jungwook Chae, Hoh In
Department of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

임베디드 시스템이 복잡해지고 Time-to-Market이 요구되면서 HW/SW 통합설계 방법론(codesign)이 제시되었다. 통합설계 과정 중, HW/SW 분할 과정은 시간, 성능, 비용, 전력 등의 모든 요구사항을 만족시키기는 불가능하므로 특정 목적함수에 근거한 알고리즘을 이용하여 진행된다. 하지만 고정된 분할 알고리즘을 이용해서는 이해관계자들의 요구사항을 최대한 반영하기 어렵다. 본 논문에서는 이해관계자들의 의견을 최대한 반영하고, 이를 만족시키는 모델을 유도하기 위하여 WinWin negotiation model을 적용된 요구사항 절충을 고려한 HW/SW 분할 방법론을 제안하였다. WinWin 모델을 통해서 도출된 요구사항에 가장 적합한 목적함수를 가지는 분할 알고리즘을 선택하여 HW/SW 분할 과정을 진행하는 방법이다.

1. 서 론

임베디드 시스템이 점점 복잡해지고, 개발 비용과 기간이 상승함에 따라서 기존의 하향 설계방식에서 벗어나 새로운 개발 방법이 요구되고 있다. 이에 따라 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 고려하여 설계하고, 동시시뮬레이션(cosimulation)과 동시합성(cosynthesis)을 돕는 HW/SW 통합설계 방법론이 제시되었다[1]. HW/SW 통합설계 방법론은 소프트웨어와 하드웨어의 효율적인 분할과 동시 개발을 통해 개발기간을 줄이고 기존의 방법론에서 문제로 제기되었던 결과물의 품질과 복잡해지는 관리 문제를 해결할 수 있는 방안이다.

HW/SW 통합설계 과정 중에서 분할 단계(partitioning)는 시스템의 각 컴포넌트에 하드웨어와 소프트웨어 구현 부분을 할당하는 단계이다[1]. 이 단계는 시간, 공간, 전력소모, 신뢰성과 비용 등의 전체적인 시스템 요구 사항 내에서 요구된 성능을 만족시키는 방향으로 분할하는 것을 목적으로 한다. 사용자가 원하는 최적의 결과물을 도출하기 위해서 이 분할단계는 매우 중요하다.

분할 단계에서의 계산 시간을 줄이고 시스템 제약조건을 고려하여서 분할하는 방법을 적용한 분할 알고리즘들이 연구되었다. 하지만 이러한 알고리즘들은 제약조건 내에서 이해관계자들의 요구사항을 모두 만족시키지 못한다. HW/SW 분할단계의 목적에서 볼 수 있듯이 사용자 요구사항을 최대한 반영한 결과를 산출하는 것이 이 단계에서의 가장 중요한 사항이다.

기존 HW/SW 통합설계 모델은 이해관계자들의 요구사항을 적절히 받아들이고, 이를 분할 과정에 반영하는 과정을 거치지 않는다. 또한, 특정한 목적함수에 기초한 사전에 정해진 분할 알고리즘으로는 상황에 맞는 요구사항을 최대한 반영한 결과를 도출하지 못한다.

본 논문에서는 WinWin negotiation model을 HW/SW 분할 과정에 적용하여 이해관계자들의 요구사항을 분석하고, 그에 따른 요구사항을 만족시킬 수 있는 분할 알

고리즘을 선택하는 방법을 제시하였다. 2절에서는 WinWin negotiation model과 HW/SW 분할 알고리즘에 대해서 설명하고, 3절에서는 WinWin 모델이 적용된 HW/SW 분할 과정을 제안한다. 마지막으로 4장에서는 제안한 과정에 대한 결론과 앞으로의 연구 과제를 각각 기술하였다.

2. 배경

2.1 WinWin negotiation model

시스템 개발 시 요구사항은 각 이해관계자들에 따라서 다르고, 이 요구사항을 모두 만족시키기는 어렵다. 한 이해관계자의 요구사항을 만족시키고자 한다면, 다른 이해관계자의 사항은 제대로 반영되지 않는 것이 일반적이다. 이를 보완하여 모든 이해관계자들이 만족하는 방향으로 의사 결정을 하기 위해서 WinWin negotiation model[3]이 제안되었다.

WinWin negotiation model은 이해관계자들 간의 요구사항들이 충돌하는 상황을 파악하고, 충돌을 해소하기 위한 모델이다. WinWin 모델에서, 이해관계자들의 win condition을 알아내고, issue들 간의 충돌을 확인한다. 그리고 issue들 간의 충돌을 해결하기 위한 옵션을 생성한 후, 합의점을 도출함으로써 결국 모든 이해관계자들이 승리할 수 있도록 한다[2].

2.2 WinCBAM

WinCBAM 프레임워크[5]는 Cost Benefit Analysis Method (CBAM) 프레임워크[4]를 확장하여서 WinWin 방법론을 기반으로 요구사항 절충 컴포넌트를 아키텍처 디자인 모델에 도입한 것이다. 총 8단계의 과정을 통해서 최적의 소프트웨어 아키텍처를 선정하는 과정을 제시한다.

HW/SW 분할 과정에 요구사항 절충 방법을 접목시키기 위해서 WinWin negotiation model과 이를 소프트웨어

아키텍처 선택에 사용되는 WinCBAM을 이용하였다.

3. 요구사항 절충을 고려한 HW/SW 분할 모델

HW/SW 분할 과정에서 이해관계자들의 요구사항을 절충하기 위해서 WinWin negotiation model에 절충과정을 위한 분할 단계를 추가함으로써, 최적의 요구사항을 만족하는 결과를 도출할 수 있는 모델인 WinWin-분할 모델을 제안한다. WinWin-분할 모델은 그림1과 같이 7단계로 구성되어 있다.

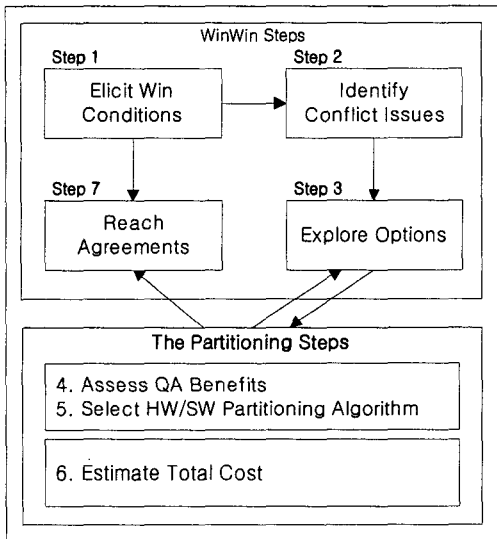


그림 1. WinWin-Partitioning Model

WinWin-분할 모델을 적용한 HW/SW 통합설계 절차는 그림 2와 같이 이루어져 있다. 시스템의 상세영역 후, HW/SW 분할과정의 전·후에 WinWin 분할 과정이 들어간다. HW/SW 분할 알고리즘을 결정하고, 결정된 분할 알고리즘이 비용 제약조건에 충족되는 지 확인 후, 실제 설계 과정으로 들어간다.

Step 1. Elicit Win Conditions

각각의 이해관계자들의 win condition을 확인한다. 개발자, 매니저, 사용자 등으로 관련된 이해관계자들의 win condition을 묶어서 그룹으로 나타낸다. 표1에서는 이해관계자들의 그룹을 세 그룹으로 나누고 그들의 요구사항을 분류하여 정리하였다.

Step 2. Identify Conflict Issues

이해관계자들 간의 제시된 win condition을 분석하여서 요구사항의 충돌을 파악한다. 또한, 이 단계에서는 잠재적인 의사결정의 충돌도 파악한다. 표2에서와 같이 표1에서 도출된 요구사항을 바탕으로 충돌이 발생하는 조건을 분석한다. 비용과 개발 일정에 관한 사항은 항상 고려해야 하는 사항이므로 따로 명시한다.

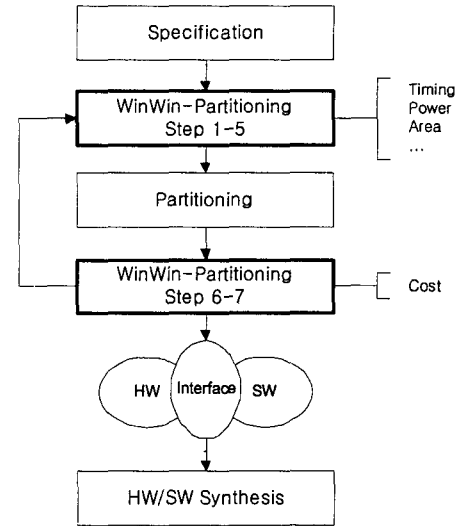


그림 2. The Partitioning Process Applied WinWin-Partitioning Model

표 1. Win Condition

이해관계자1	1A 6개월 이내 개발
	1B 가능한 최소한의 비용
	1C 디자인모델의 적용면적 안에서 하드웨어 구현
이해관계자2	2A 명시 메모리 용량의 한도 내에서 구현
	2B 시스템의 실행속도가 40ms 이내 수행
이해관계자3	3A 안정성체제를 위해서 시스템 수행 시, 안정성 검사기를 통과하도록 설계
	3B 시스템은 모든 기능을 설정한 상태에서 2시간 이상 사용가능
	3C 설계 단계에서 명시된 규격 하드웨어 장착

표 2. Win Condition Conflicts

Win Condition	Win condition들 간의 충돌			
	(직접적) 충돌	잠재적 충돌	비용	일정
1A	3B, 3C	2A	1B	1C
2A	3B	1A	1B	1C
2B	3A		1B	1C
3A	2B	1A, 3B	1B	1C
3B	1A, 2A, 3C		1B	1C
3C	1A, 3B		1B	1C

Step 3. Explore Options

이해관계자들의 충돌에 대한 해결책을 찾는다. HW/SW 분할 과정에 따른 의견 차이를 극복하기 위해서는 HW/SW 분할 알고리즘 전략이 필요하다. 이를 위해 이해관계자들의 조건을 반영한 목적 함수(objective function)를 고려하여 HW/SW 분할 알고리즘 목록을 제안한다.

목적함수에 따라 제안될 수 있는 HW/SW 분할 알고리

증들은 다음과 같다:

- Simulated Annealing (최적의 성능을 내기 위해서 실행시간의 제약 없이 결과를 얻는다.)
- Greedy (주어진 시간 제약조건을 만족하는 범위에서 알고리즘을 사용하여서 소프트웨어를 선택하여 보낸다.)
- GCLP (주어진 시간 제약조건을 만족하면서 하드웨어 자원을 적게 사용한다.)

Step 4. Assess Objective Function Benefits

이해관계자들은 최상의 이익을 창출하기 위해, 목적 함수에 대해 적절한 HW/SW 분할 알고리즘을 선택해야 한다. 이를 위해 이해관계자들은 각 목적 함수에 대해 점수를 부여한다. 점수는 표3에 나타난 바와 같이 총합이 100이 되도록 주어진 목적 함수에 나눠서 배치한다.

표 3. Objective Function Scores

목적 함수	이해관계자1	이해관계자2	이해관계자3	합의 값
HW 공간	40	25	35	30
SW 공간	5	15	15	15
실행 시간	35	35	10	25
전력 소모	20	15	40	30

Step 5. Select HW/SW Partitioning Algorithm

HW/SW 분할 문제는 하드웨어의 실행시간, 하드웨어 구현 시의 면적, 소프트웨어 코드 크기, 실행 속도, 신뢰성, 설계기간 등이 있다. 이러한 제약조건은 실행시간 최소화, 설계기간 최소화, 하드웨어 구현 면적 최소화 등의 목적함수에 의해 영향을 받는다. 4단계에서 매겨진 점수를 참고하여 적절한 HW/SW 분할 알고리즘을 선택한다.

Step 6. Estimate Total Cost

하드웨어와 소프트웨어로 분할한 다음, 시스템에 대한 전체 개발비용을 계산하기 위해 소요되는 비용을 합산해서 구해야 한다. 개발비용에 관한 공식은 다음과 같다:

$$\text{Cost} = \sum \text{SW Development Cost} + \sum \text{HW Development Cost} + \sum \text{Delay Cost}$$

SW Development cost는 software를 개발하는데 소요되는 총 비용으로 개발을 위해 소요되는 software installed cost와 engineer에 대한 인건비를 합산한 값이다. HW Development cost는 마찬가지로 Hardware를 개발하는데 소요되는 총 비용으로 hardware installed cost와 operation cost를 합산하여 구한다. 마지막으로 delay cost는 개발기간과 관련된 비용으로 이해관계자들로부터 도출된 기간을 초과할 시 개발 지연에 따른 추가되는 비용이다.

Step 7. Reach Agreements

제시된 HW/SW 분할을 통해서 이해관계자들의 요구사항과 얼마나 부합되는지 조율을 통해 결정한다. 이해관계자들의 win condition을 가장 잘 반영한 모델이라면,

HW/SW 통합설계 과정에서 하드웨어와 소프트웨어 구현 단계로 진행한다.

4. 비교 평가

기존의 HW/SW 통합설계 방법론과 본 논문에서 제시한 WinWin-분할 모델을 적용한 통합설계 방법론을 비교하면 표4와 같다.

표 4. Evaluation Table

비교 대상	기존 방법론	WinWin-분할 방법론
이해관계자	고려안함	고려함
분할 알고리즘	선택 기준 없음	선택 기준 제공
의견 조율	미흡함	효과적

HW/SW 분할 알고리즘을 선택하는 기준 없이 통합설계 환경에서 주어진 알고리즘을 선택하지 않고, WinWin-분할 모델을 이용해서 이해관계자들을 고려하여 알고리즘을 선택한다. 또한, 이러한 알고리즘 선택 후, 비용계산과 최종적인 의견 조율을 거쳐 이해관계자들을 만족시키는 결과를 도출한다. 이를 통해 WinWin-분할 방법론은 이해관계자들 간의 의견을 합의하는데 효과적이고, 요구사항을 충족하는 결과물을 산출할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 임베디드 시스템 개발 시 발생하는 충돌과 제약조건 속에서 최대한 이해관계자들의 요구사항을 반영하도록 하는 WinWin-분할 모델을 제안하였다. 요구사항 절충을 통해 이해관계자들의 요구사항을 최대한 만족시키고 WinWin할 수 있도록 HW/SW 분할 알고리즘을 효과적으로 선택하는 방법에 대해서 제시하였다. 향후에는 다양한 임베디드 시스템 개발에 이 과정을 도입하여 실험을 통해 문제점을 개선하고 실용성을 높이는 연구를 수행하고자 한다.

참고 문헌

- [1] M. Chiodo, et. al, "Hardware-software codesign of embedded systems", IEEE Mzcro, Aug. 1994.
- [2] B. Boehm, A. Egyed, D. Port, A. Shah, J. Kwan and R. Madachy, "A Stakeholder Win-Win Approach to Software Engineering Education", Annals of Software Engineering, 1999.
- [3] B. Boehm and H. In, "Identifying quality-requirement conflicts", IEEE Software 13 (2) 25-35, 1996.
- [4] R. Kazman, J. Asundi and M. Klein, "Quantifying the Costs and Benefits of Architectural Decisions", Proceeding of the 23rd International Conference on Software Engineering (ICSE23), May 2001.
- [5] H In, R Kazman and D Olson, "From requirements negotiation to software architecture decisions", Proc 1st Int Workshop From Software Requirements, 2001.