

공학 설계 프로세스에서 설계 변경 영향 해석

정태형*, 박승현**

Change Impact Analysis in Engineering Design Process

Tae Hyong Chong*, Seung Hyun Park**

ABSTRACT

Design changes frequently occur while design activities are performed. If the impact of design changes is estimated, design efficiency can be improved. But, the types of design changes are various and they can affect other design parts. Hence, it is difficult to deal with design changes directly. The purpose of this research is to develop systematic algorithms for change propagation tracing and change impact analysis, and then to implement a change impact analysis system. We have selected a process-based design and a design environment which is composed of design parameters and constraints. The algorithm for change propagation tracing tracks the change propagation of design parameters and finds design parameters, constraints and tasks which are probably changed. In the algorithm for change impact analysis, a change impact value is calculated from the list of changeable tasks. These two algorithms have been implemented into change impact analysis system (CIAS). CIAS has been applied to the redesign of 2 stage gear drives. CIAS can improve the efficiency of design activities. If there are many alternatives for a design change at the redesign step, designers can calculate the change impact value of each alternative and perform design change activities in the direction of minimizing design change impact.

Key Words : Design Methodology (설계 방법론), Change Propagation (변경 전파), Change Impact Analysis (변경 영향 해석), Process-based Design (프로세스 기반 설계), Dependency Analysis (상관관계 해석)

1. 서론

대부분의 경우 제품의 설계는 수많은 설계 변경을 거쳐 이루어진다. 따라서 설계 변경을 하기 전에 그 영향을 미리 알 수 있다면 보다 효율적으로 설계 변경을 처리할 수 있게 되어 전체 설계의 효율을 높일 수 있다. 그러나 설계 변경은 그 형태가 매우 다양하고, 그 영향이 변경한 부분에만

국부적으로 미치는 것이 아니라 설계의 다른 부분으로 확산되기 때문에 설계 변경 작업은 상당히 힘들고 복잡한 작업이다. 이와 같은 특성 때문에 설계 변경을 직접적으로 다루는 것은 매우 어려운 문제이고, 이런 어려움 때문에 설계 변경과 관련된 연구가 많이 수행되지 못한 것이 사실이다.

이에 본 논문에서는 설계 변경의 영향을 쉽게 추적할 수 있는 입출력 중심의 설계 프로세스를

2002년 4월 9일 접수

* 한양대 기계공학과

** 한양대 대학원 기계설계학과

기반으로 하여 설계 변경을 직접 다룰 수 있는 설계 변경 전파 추적 알고리즘과 설계 변경 영향 평가 방법을 개발하고, 이를 이용하여 설계 변경안 결정을 지원할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이렇게 개발된 시스템을 2 단 치차장치 설계에 적용하여 시스템의 유용성을 확인하였다.

2. 공학 설계에서 설계 변경 전파

2.1 설계 변경 전파

하나의 설계가 완성되기 위해서는 수많은 설계 변경이 일어나게 되는데, 설계의 각 부분이 서로 연성되어있기 때문에 설계 변경의 영향이 관련이 있는 설계의 다른 부분에까지 확산되는 경우가 많다. 이와 같이 하나의 설계 변경이 설계의 다른 부분에까지 그 영향이 확산되는 현상을 설계 변경 전파(change propagation)^[1]라고 한다.

2.2 프로세스 기반 설계 개요

프로세스 기반 설계(process-based design)는 기계 설계 과정을 작업(task) 단위의 조합으로 정의하여 설계 목적을 이룰 수 있는 설계 프로세스를 정의하고, 이에 따라 설계를 수행해 나가는 것이다.^[2] 본 논문에서는 설계 목적을 만족시키기 위해 수행되는 작업과 이로부터 산출되는 데이터의 관점에서 설계 프로세스를 정의하였다. 즉, Fig. 1 과 같이 설계 프로세스를 어떤 상위 작업으로부터의 입력을 받아 임의의 작업을 거쳐 출력으로 변환되는 연속된 과정으로 표현하였다. Fig. 1 에서 직사각형은 데이터, 타원은 작업을 나타낸다.

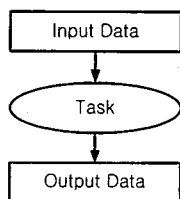


Fig. 1 Graphical representation of a design process

2.3 프로세스 기반 설계에서 설계 변경 전파

상관관계 해석(dependency analysis)^[3]이란 설계의 각 부분 사이의 관계를 설정하는 것으로 설계 변경 영향 해석의 도구로 사용되기 위해 개발된

방법론이지만, 현재까지는 설계 변경 영향 해석을 위한 직접적인 도구로 사용하기에는 무리가 있고 몇몇 연구에서 소프트웨어 구조의 이해를 돕거나 프로그램의 분할에 사용된 바 있다. 상관관계 해석은 연구마다 조금씩 차이가 있지만 데이터 상관관계(data dependency)와 제어 상관관계(control dependency)가 가장 일반적으로 사용되고 있다.^[3] 데이터 상관관계는 데이터를 정의하고 사용하는 프로그램 부분 사이의 관계를 나타내고 제어 상관관계는 프로그램 실행을 제어하는 프로그램 부분 사이의 관계를 의미한다.

프로세스 기반 설계에서는 상위 작업의 출력 데이터가 하위 작업의 입력 데이터로 들어가는데, 이것은 상위 작업에서 하위 작업으로 데이터의 이동이 일어나는 것을 의미한다. 본 논문에서는 이와 같이 작업 사이의 데이터 이동이 있을 경우 두 작업 사이에 데이터 상관관계가 있다고 정의한다.

Fig. 2 는 데이터 상관 관계를 도식적으로 표현한 예이다. Fig. 2 에서 왼쪽 그림은 치차장치를 구성하는 각 부품을 설계해서 조립하는 프로세스를 나타낸 것이고, 오른쪽 그림은 이 프로세스를 데이터 상관 관계를 중심으로 재구성한 것으로서 이와 같은 형태의 그림을 데이터 상관관계 그래프(data dependency graph)^[4]라고 정의하였다.

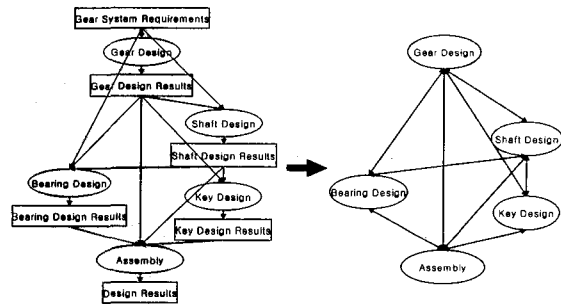


Fig. 2 Data dependency graph of a gear system design

3. 설계 변경 영향의 해석

3.1 적용 대상의 설정

설계 변경을 추적하기 위해서는 설계 데이터를 표현할 수 있는 수단을 가지고 있어야 한다. 본 논문에서는 설계에서 사용되는 모든 변수들과 인자들을 설계 파라미터로 규정하고 이들의 집합

을 설계 데이터로 설정하였다.

설계 변경 전파를 추적하기 위해서는 설계 파라미터 사이의 관계를 정의할 수 있어야 한다. 실제 설계에서 다른 설계 파라미터와 독립적인 설계 파라미터는 거의 없고 어떤 형태로든지 서로 관련이 있는 경우가 대부분이다. 따라서 설계 파라미터 사이의 관계를 규정하기 위해 설계 파라미터들로 구성된 구속조건들을 상세히 기술하고 이를 설계 변경 전파의 추적에 이용하였다.

3.2 설계 변경 전파 추적 알고리즘

설계 변경을 추적하고 그 영향을 알아보는 가장 확실한 방법은 실제로 설계 파라미터의 계산을 수행하는 것이지만, 파라미터의 계산을 수행하면 파라미터들의 값을 결정하기 위한 상당한 비용과 시간이 필요하게 된다. 이에 본 논문에서는 직접적인 설계 파라미터의 계산 없이 변경 전파가 일어날 수 있는 범위와 설계 변경의 영향을 예측할 수 있는 방법론을 개발하는데 초점을 맞추었다.

설계 변경 전파 추적 알고리즘의 기본적인 아이디어는 여러 개의 설계 파라미터로 구성된 구속조건에서 하나의 설계 파라미터가 변경되면, 그 구속조건이 위배되지 않도록 하기 위해서 구속조건에 포함된 다른 설계 파라미터들이 변경될 가능성을 가진다는 것에서 출발한다. 이 아이디어를 바탕으로 설계 변경 전파 추적 알고리즘의 개요를 Fig. 3 과 같이 나타낼 수 있다.

Fig. 3 에서 설계 파라미터가 변경되면(step 1) 이 설계 파라미터가 속해있는 구속조건들이 위배

될 가능성을 가지게 되므로, 이 설계 파라미터를 포함하고 있는 구속조건들을 추출한다(step 2). 구속조건에 포함되어 있는 설계 파라미터가 변경되면 그 구속조건이 위배되지 않게 하기 위해서 구속조건 내부의 다른 파라미터들이 변경 가능성을 가지게 되므로, 구속조건 내의 변경 가능성을 가진 파라미터들이 변경되는 것으로 가정을 한다(step 3). 이 파라미터들을 포함하고 있는 구속조건을 같은 방식으로 변경 가능성이 있는 파라미터들을 추가로 찾아내고 이 파라미터 역시 변경된다고 가정한다. 이런 과정을 더 이상 변경 가능성이 있는 파라미터가 나타나지 않을 때까지 반복한다(step 4). 결과적으로 변경 전파의 추적이 끝난 후에는 설계 파라미터는 변경 가능성이 전혀 없는 설계 파라미터와 변경 가능성이 있는 설계 파라미터의 두 그룹으로 나누어지게 된다.

이 과정을 프로세스 기반 설계에서 작업 단위의 수준에서 살펴보면 다음과 같다. 설계 변경이 일어나면 변경되는 설계 파라미터를 포함하고 있는 구속조건을 찾아서 그 파라미터가 속해있는 작업 내에서 설계 변경 전파가 시작된다. 만약 다른 작업에 속해있는 설계 파라미터가 변경될 가능성을 가지게 되면 그 작업으로 설계 변경이 전파되고, 그렇지 않으면 그 작업에서 다른 곳으로의 전파는 더 이상 없는 것이다. 즉 설계 변경이 일어난 곳을 중심으로 전 방향으로 퍼지는 것이 아니라 일단 그 작업 내부에서 먼저 전파되고 이 영향이 관련이 있는 외부 작업으로 전파되는 양상을 보인다.

그러나 단순히 이런 방법만으로 설계 변경을 추적한다면 실제보다도 훨씬 더 많은 설계 파라미터가 변경 가능성을 가지게 되어서 추적 결과의 신뢰성이 떨어질 수 있다. 이를 보완하기 위해서 고정 파라미터를 정의하였다. 고정 파라미터는 설계 변경이 일어나도 그 영향을 받지 않는 파라미터로 실제 변경이 되지 않는 부분으로까지 설계 변경의 영향이 전파되는 것을 차단하는 역할을 한다. 설계 명세에 속하는 파라미터는 형식적으로는 구속조건을 구성하는 다른 파라미터와 차이가 없어 보이지만 실제로는 변경되어서는 안 되는 것이다. 예를 들어 치차 설계만 따로 고려할 때 입력 속도나 입력 동력 같은 파라미터는 설계 명세에 속하는 것으로 치차의 크기 같은 다른 설계 파라미터가 바뀌더라도 변경되지 않아야 하는 파라미

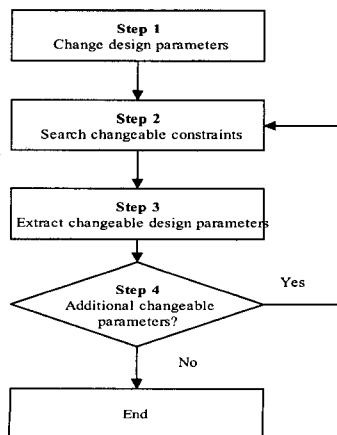


Fig. 3 Change propagation tracing algorithm

터이다.

고정 파라미터의 결정은 각 설계마다 달라질 수 있다. 치차 설계 전체 설계의 일부분을 구성할 때 다른 설계 변경의 영향으로 인해 입력속도가 변경되어야 하는 경우가 발생할 수도 있을 것이다. 이런 경우에는 입력속도는 고정 파라미터로 취급되지 않을 것이다. 설계 제원 이외의 다른 파라미터도 고정 파라미터가 될 수 있다. 설계자의 직접적인 개입으로 고정 파라미터가 추가될 수 있는데 이는 단순히 설계 변경의 추적 이상의 의미를 가질 수 있다. 어떤 파라미터를 고정하느냐에 따라서 설계 변경의 전파가 달라지기 때문에 설계자가 고정 파라미터의 설정을 여러 가지로 바꿔가면서 그 영향을 확인할 수 있기 때문이다.

고정 파라미터 역시 그 영향이 다른 설계 파라미터로 전파될 수 있다. 구속조건에는 부등식 조건뿐만 아니라 등식 조건도 있게 되는데, 기존의 고정 파라미터로부터 등식 조건을 구성하는 다른 설계 파라미터가 고정되는 경우가 발생할 수 있다. 예를 들어 “ $a = b + c$ ” 라는 구속 조건이 있고 b 와 c 가 고정 파라미터이면 a 역시 고정 파라미터가 되어야 한다. 이렇게 기존의 고정 파라미터들로 인해 다른 파라미터가 고정 파라미터가 되는 경우 이런 파라미터들을 파생 고정 파라미터라고 정의하였다. 파생 고정 파라미터 역시 그 영향이 전파될 수 있으므로, 모든 고정 파라미터를 찾기 위해서는 더 이상의 파생 고정 파라미터가 나오지 않을 때까지 반복하여 파생 고정 파라미터를 검색해야 한다.

3.3 설계 변경 영향의 평가

설계 변경이 발생하면 전체 설계 중의 일부분에서 재설계가 이루어져야 하는데 재설계를 수행하면 그에 상응하는 비용이나 시간 등의 설계 자원을 소모하게 된다. 따라서 설계 변경이 일어났을 때 재설계에 드는 설계 자원이 적으면 설계 변경 영향이 작고, 반대로 많은 부분을 재설계해야 한다면 설계 변경 영향이 큰 것으로 정의할 수 있다. 이와 같은 관점에서 설계 변경 영향을 평가하기 위해서는 재설계에 필요한 설계 자원을 결정할 필요가 있는데, 본 연구에서는 프로세스 기반 설계 연구에서 제안한 작업(task)을 설계 변경 영향 평가를 위한 대상으로 설정하였다.

작업을 설계 변경 영향해석을 위한 대상으로

이용하기 위해서는 어떤 작업 내에서 설계 변경 가능성을 가진 파라미터가 있다면 그 작업 전체가 변경될 가능성을 가지게 된다는 가정이 필요하다. 이 가정은 두 가지 면에서 타당성을 가진다. 첫째, 일반적으로 실제 설계를 수행작업 단위로 나누게 되면 각 작업 내의 설계 파라미터 대부분이 서로 관련이 있게 되는데, 이는 수행작업이 작은 단위의 부품의 설계이거나 또는 매우 관련이 깊은 요소들의 집합체의 설계이기 때문이다. 따라서 작업 내의 설계 파라미터들은 서로 관계를 가지고 있고 독립적인 부분이 적다. 둘째, 실제 재설계를 수행할 때는 대부분의 경우에 그 작업 내의 모든 설계 파라미터에 대해서 탐색을 하게 되므로 재설계에 필요한 비용이나 시간 등은 그렇지 않은 경우와 거의 차이가 없게 된다.

이 가정을 바탕으로 설계 변경 영향 평가를 위한 방법을 개발하였다. 비용과 시간으로 재설계를 수행하는데 필요한 설계 자원의 양을 나타냈다. 이때 설계 변경은 사용자의 요구 조건과 기능적인 측면을 만족시키면서 이루어지는 것으로 한다. 각 작업의 비용과 시간은 초기설계가 끝난 후에 설계 변경이 이루어지는 것으로 가정하고 초기설계시의 비용과 시간으로 설정했다. 여기서 비용은 해당 작업의 시작부터 끝까지 들어간 인건비를 포함한 모든 비용을 말하며, 시간 역시 해당 작업이 완료될 때까지 걸린 총 시간을 의미한다. 이 두 가지 값을 이용하여 각 작업의 설계 변경에 대한 평가 지수(rating value)를 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$Rating\ value = \frac{Cost}{max\ Cost} \times w + \frac{Time}{max\ Time} \times (1 - w) \quad (1)$$

$$0 \leq w \leq 1$$

여기서, Cost 는 작업을 수행하는데 필요한 비용, Time 은 작업을 수행하는데 필요한 시간, maxCost 는 전체 작업 중에서 가장 비용이 많이 드는 작업의 비용, maxTime 은 전체 작업 중에서 가장 시간이 많이 드는 작업의 시간, w 는 비용에 대한 가중치(weight factor for cost)를 나타낸다. 식 (1)에서 평가지수는 0 과 1 사이로 표준화되며 평가지수가 클수록 재설계하는데 필요한 설계 자원이 많이 필요함을 의미한다.

w 는 비용과 시간의 비중을 조절하기 위해 정의된 가중치로 설계자에 의해서 결정되는 값이다.

일반적으로 비용과 시간은 비례 관계가 있지만 특정 작업의 경우 수행하는데 필요한 시간이나 비용 어느 한 쪽이 다른 쪽에 비해서 상대적으로 중요할 수도 있다. 비용과 시간이 비슷한 비중으로 가지고 있는 경우, 비용과 시간 중에서 어느 쪽이 더 중요한 요소인지 잘 모르거나 정의될 수 없는 경우에는 w 를 0.5 정도로 설정하여 비용과 시간의 중요도를 같게 설정한다. 그러나 제한된 시간 안에 설계 변경을 마쳐야 하는 경우 같은 특별한 상황에서는 작업을 수행하는데 필요한 시간이 가장 우선이므로 w 값을 줄여서 시간 자원이 차지하는 중요성을 증대시킬 수 있다. w 값을 줄이면 시간이 많이 드는 작업일수록 해당 작업의 평가 지수가 커지므로 전체 설계에서 시간이 많이 필요한 작업의 영향력이 보다 커지게 된다.

각 작업의 평가지수가 결정되면 설계 변경 추적 알고리즘과 결합해서 설계 변경 영향을 평가할 수 있는 수치를 계산할 수 있다. 설계 변경이 일어났을 때 설계 변경 추적 알고리즘을 이용해서 변경 가능성이 있는 설계 파라미터와 구속조건을 추출하고 이들이 속해있는 작업을 변경 가능성이 있는 것으로 규정한다. 이 작업들의 평가지수를 이용하여 식 (2)와 같이 설계 변경 영향도(change impact value)를 계산한다. 이 값 역시 0 과 1 사이에 있도록 표준화하였다.

$$\text{Change impact value} = \frac{\sum \text{Rating values of the changeable tasks}}{\sum \text{Rating values of all tasks}} \quad (2)$$

설계 변경 영향도는 값이 작을수록 설계 변경의 전파로 인한 재설계를 수행할 때 설계 자원이 상대적으로 적게 필요함을 의미한다. 만약 모든 작업이 변경될 가능성을 가지게 되면 설계 변경 영향도는 1 이 될 것이다.

4. 시스템 구현

Fig. 4 는 설계 변경 영향 해석 시스템(Change Impact Analysis System: CIAS) 의 구조이다. CIAS 에서는 데이터베이스를 이용하여 설계 파라미터, 구속조건, 작업에 대한 정보를 저장하고, 데이터 입력 모듈(data input module), 설계 변경 전파 추적 모듈(change propagation tracing module), 설계 변경 영향 해석 모듈(change impact analysis module)로 각

각의 기능이 모듈화 되어있다. 각 모듈은 그래픽 유저 인터페이스(graphic user interface)와 연결되어 있어서 각 기능을 쉽게 사용할 수 있게 하였다.

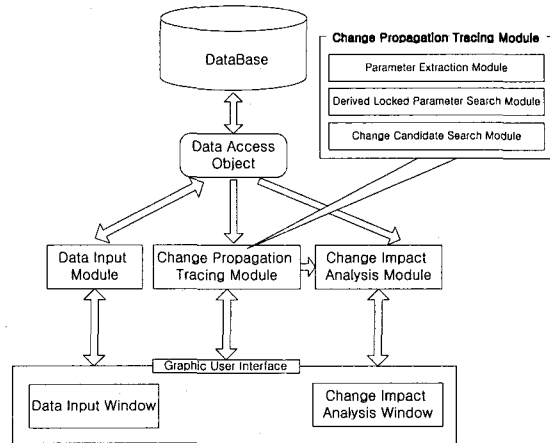


Fig. 4 Architecture of the Change Impact Analysis System (CIAS)

데이터 입력 모듈은 데이터 입력 화면을 통해 입력된 설계 파라미터, 구속조건, 작업 정보들을 데이터 접근 개체(data access object)를 통해 데이터 베이스에 저장하고, 저장된 데이터의 입력, 수정, 삭제 등의 작업을 수행한다.

설계 변경 전파 추적 모듈은 데이터베이스에 저장되어 있는 데이터를 이용해서 설계 변경의 전파를 추적하는 기능을 제공한다. 설계 변경 전파 추적 모듈은 3 개의 하위 모듈로 구성되어 있다. 3 개의 모듈은 데이터 접근 개체를 통해 데이터베이스에 저장되어 있는 정보를 필요에 따라 참조한다.

CIAS 에서 구속조건은 실제로 사용되는 수식을 문자열 형태로 입력된다. 파라미터 추출 모듈(parameter extraction module)은 이러한 문자열 형태의 구속조건 수식으로부터 설계 파라미터만을 추출하고, 추출된 설계 파라미터 리스트에 구분자를 추가한 문자열을 데이터베이스에 저장한다. 예를 들면 "a=b1*cos b2 - c_1"과 같은 구속조건 문자열이 있을 때, 파라미터 추출 모듈은 a, b1, b2, c_1 을 설계 파라미터로 추출하고, 쉼표 구분자를 추가해서 "a, b1, b2, c_1"와 같은 문자열을 구성하여 이를 데이터베이스에 저장한다. 파라미터 추출 모듈은 여러 가지 형태의 수식으로부터 설계 파라미터만을 정확하게 추출할 수 있다. 기본적인 수치 연산

자뿐만 아니라 sin, cos 과 같은 삼각 함수까지 인식하고, 공백의 유무 또는 길이에 상관없이 설계 파라미터만을 정확히 추출할 수 있다. CIAS 에서 다루는 문자열은 ASCII 코드 문자열만을 대상으로 하고 있다. 따라서 π 와 같은 수학 상수는 입력하기가 어려운데, CIAS 에서는 "PI"(또는 "pi") 문자열로 π 를 표시함으로써 ASCII 코드가 아닌 수학 상수들을 표현할 수 있는 방법을 제공하고 있다. 이러한 수학 상수들에 대응되는 문자열은 설계 파라미터로 인식되지 않는다. 추출된 설계 파라미터들은 저장을 용이하게 하고 추후 재추출이 편리하도록 구분자를 추가하여 문자열 형태로 변환하여 데이터베이스에 저장된다. 설계 파라미터 간의 관계가 있는 것은 알고 있지만 수식이 정확하게 정의가 될 수 없거나 잘 모르는 경우에는 설계 파라미터 사이의 관계를 정의한 문자열을 구성해서 입력하면 시스템에서는 이러한 관계까지 포함하여 설계 변경을 추적한다.

파생 고정 파라미터 검색 모듈(derived locked parameter search module)은 설계 변경 전파를 추적하기 전에 어떤 파라미터가 고정되어 있는지 검색하는 모듈로, 변경 후보 검색 모듈(change candidate search module)에 전체 고정 파라미터 리스트를 넘기는 역할을 한다. 이 모듈은 다음과 같은 순서로 고정 파라미터 리스트를 작성한다. 첫째, 데이터베이스의 설계 파라미터 테이블에서 고정 파라미터만을 찾아내어 리스트를 작성한다. 둘째, 이 리스트를 시작으로 구속조건 테이블의 모든 구속조건들을 분석하여 추가로 발생하는 파생 고정 파라미터들을 찾아내서 리스트를 갱신한다. 셋째, 더 이상 파생 고정 파라미터가 없을 때까지 같은 작업을 반복하여 더 이상 파생 고정 파라미터가 검색되지 않으면 검색을 마치고 최종적인 고정 파라미터 리스트를 변경 후보 검색 모듈에게 전달한다.

변경 후보 검색 모듈(change candidate search module)은 이전 두 모듈의 결과를 이용해서 설계 변경 전파를 추적한다. 설계자가 변경할 설계 파라미터를 입력하면, 변경 후보 검색 모듈은 이전의 두 모듈로부터 넘겨받은 최종 고정 파라미터 리스트와 구속조건 수식에서 추출된 설계 파라미터들의 리스트 정보를 이용하여 본 논문에서 제안한 설계 변경 전파 추적 알고리즘에 따라 변경 가능성이 있는 설계 파라미터들과 설계 변경으로 인해 위배될 가능성이 있는 구속조건들을 검색한다.

설계 변경 영향 평가 모듈은 각 작업의 비용과 시간에 대한 식 (1)의 평가지수를 계산하고, 설계 변경 전과 추적 결과를 토대로 변경 가능성이 있는 작업들을 검색하고, 검색된 변경 가능성이 있는 작업들만을 대상으로 식 (2)를 이용해서 설계 변경 영향도를 계산하여 그 값을 반환한다.

5. 시스템 적용

두 개의 치차 쌍과 각각에 대응하는 축과 키를 가지고 있는 2 단 치차장치 설계에 CIAS 를 적용하였다. Fig. 5 는 2 단 치차장치 설계 프로세스를 데이터 상관관계 그래프로 나타낸 것이다.

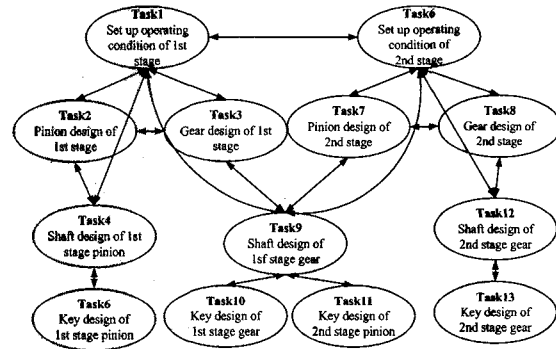


Fig. 5 Data dependency graph of 2 stage gear system

Fig. 5 에서 작업 1 (Task1)과 작업 6 (Task6)은 각각 1 단과 2 단의 운전조건을 결정하는 작업으로 하단부에 각 단의 설계 작업들이 연결되어 있다. 작업 9 (Task)는 1 단 기어와 2 단 피니언의 공통 축을 설계하는 작업이다.

초기설계가 이미 수행되었다고 가정하고 두 가지의 설계 변경 시나리오를 구성해서 시스템을 적용하였다. 첫 번째 시나리오는 전 감속비를 변경해야 할 때 설계자가 1 단의 감속비는 변경하지 않고 2 단의 감속비만을 변경해서 이를 해결하려는 상황으로 설정했다. 이때 설계자가 피니언과 기어의 모듈과 압력각을 그대로 둔 채, 즉 이의 형상을 그대로 둔 채로 피니언 또는 기어의 잇수를 바꿈으로써 감속비를 변경하는 것으로 가정하였다. 기어의 잇수 변경을 대안 1, 피니언의 잇수 변경을 대안 2 로 설정하고 CIAS 를 적용하였다.

두 번째 시나리오는 같은 치차장치에 대해서

초기설계가 끝난 후에 2 단의 피니언의 강도가 만족되지 않아서 모듈 또는 치폭을 바꿔서 이를 해결하려는 상황으로 설정하였다. 이때 모듈을 바꾸는 경우를 대안 1 로 하고 치폭을 바꾸는 경우를 대안 2 로 설정해서 각각 CIAS 를 이용하여 설계 변경 영향을 평가하고 두 가지 대안을 비교하였다.

5.1 변경 시나리오 1- 제 2 단의 감속비 변경

각 작업에서 필요한 설계 파라미터와 구속조건과 수행작업에 대한 정보를 데이터 입력 창을 통해 데이터베이스에 입력하였다. Fig. 6 은 파라미터 정보 입력 화면으로 구속조건과 작업 정보 입력 화면도 비슷한 구성을 하고 있다.

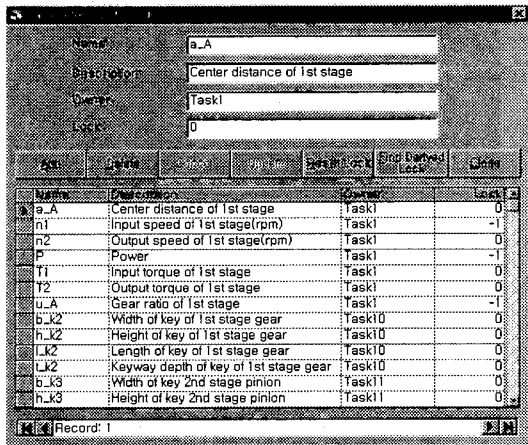


Fig. 6 Parameter input window

이때 각 작업을 수행하는데 필요한 비용과 시간은 초기설계가 이미 수행된 것으로 가정하고 초기설계 시의 비용과 시간을 임의로 설정해서 입력한 것이다.

5.1.1 대안 1-2 단의 기어 잇수 변경

설계 시나리오에 맞게 고정 파라미터를 설정하고 2 단 기어의 잇수를 변경 파라미터로 설정하였다. CIAS 는 3 단계에 걸쳐서 설계 변경 영향 평가를 수행하고 각 단계마다 설계자에게 화면을 통해 정보를 제공한다. Fig. 7 은 첫 번째 단계인 철차이다. 단계 1 에서는 변경할 설계 파라미터에 대한 정보와 이 파라미터를 포함하고 있는 구속조건들의 리스트를 보여준다. 또한 단계 1 에서는

설계 변경 전과 추적의 시작에 필요한 사전 작업을 수행한다. 파라미터 추출 모듈을 이용해서 구속조건 수식을 분석하고, 파생 고정 파라미터 검색 모듈이 최종 고정 파라미터 리스트를 작성한다.

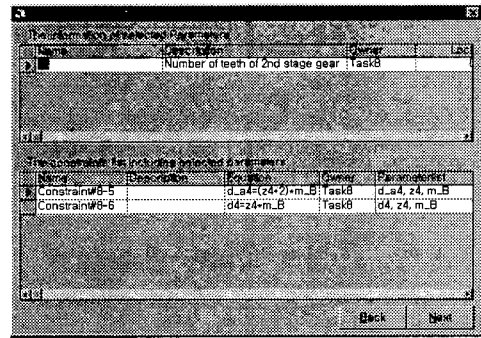


Fig. 7 Change impact analysis window : phase 1

단계 2 에서는 설계 변경 전과 추적 작업을 수행하여 Fig. 8 과 같이 설계 변경 가능성이 있는 파라미터와 위배될 가능성이 있는 구속조건들을 검색한다.

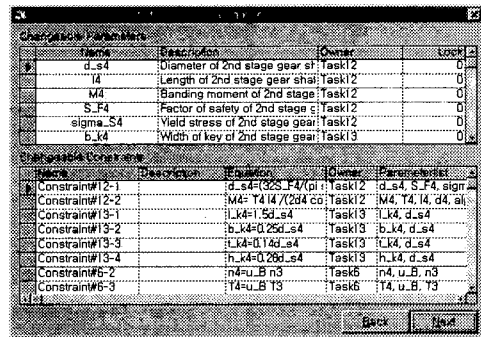


Fig. 8 Change impact analysis window : phase 2

단계 3 에서는 설계 변경 영향 해석 모듈을 이용하여 변경 가능성이 있는 작업의 리스트를 작성하고, 각 작업의 평가지수로부터 설계 변경 영향도를 계산해서 Fig. 9 와 같이 화면에 출력한다.

Fig. 9 와 같이 2 단의 기어 잇수를 변경시켰을 때의 설계 변경 영향도는 0.2975 이다. 이 값은 전체 설계가 모두 변경될 때를 1 로 했을 때 2 단의 기어 잇수를 변경하면 이 설계 변경을 수행하기 위해서 전체 설계 변경의 29.75%의 비용과 시간이 필요함을 의미한다.

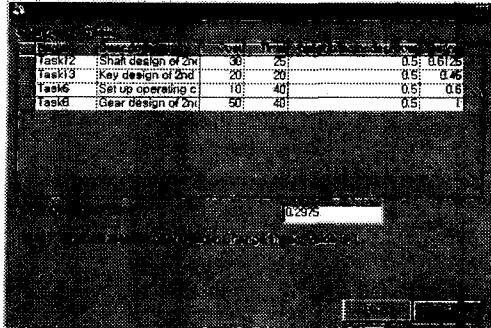


Fig. 9 Change impact analysis window : phase 3

5.1.2 대안 2-2 단의 피니언 잇수 변경

대안 1 과 마찬가지로 방법으로 같은 조건에서 2 단의 기어 잇수를 고정하고 2 단의 피니언 잇수를 변경하는 경우에 대해서도 CIAS 를 적용하였다. CIAS 를 실행한 결과 설계 변경 영향도가 0.8883 이었고, 이 값은 2 단의 기어 잇수를 변경할 때의 설계 변경 영향도인 0.2975 보다 크다. 따라서 재설계에 필요한 비용과 시간의 관점에서 볼 때 2 단의 감속비를 변경하기 위해서는 2 단의 피니언 잇수를 변경하는 것보다는 2 단의 기어 잇수를 변경하는 쪽이 더 좋다고 말할 수 있다.

5.2 설계 변경 시나리오 2 - 제 2 단 피니언의 강도문제

첫 번째 시나리오와 같은 2 단 치차장치 설계를 대상으로 설정하고, 초기설계가 2 단의 피니언의 강도가 만족되지 않는 문제가 발생해서 2 단 피니언의 모듈을 바꾸는 경우와 2 단 피니언의 치폭을 바꾸는 경우의 두 가지 대안을 가정하여 각각 CIAS 를 적용하였다.

2 단 피니언의 치폭을 고정하고 모듈을 바꾸는 대안 1 에 대해서 첫 번째 시나리오와 같은 방법으로 시스템을 적용하였다. CIAS 를 실행한 결과 2 단 피니언의 모듈을 변경할 때의 설계 변경 영향도는 0.5908 이었다. 마찬가지로 방법으로 2 단 피니언의 모듈을 고정하고 치폭을 변경하는 대안 2 에 대해서 CIAS 를 적용하였고 계산된 설계 변경 영향도는 0.1117 이었다. 이 값은 모듈을 변경했을 때의 설계 변경 영향도 0.5908 보다 작으므로 2 단 피니언의 치폭을 변경하는 쪽이 재설계의 관점에서 더 좋다고 말할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 설계 파라미터와 구속조건을 이용하여 설계 변경 전과 추적 알고리즘과 설계 변경 영향 평가 방법을 개발하였으며, 설계 변경 전과 추적과 설계 변경 영향 평가를 수행할 수 있는 설계 변경 영향 해석 시스템(CIAS)을 개발하였다. CIAS 는 설계 파라미터의 직접적인 계산을 필요로 하지 않으므로 설계 변경의 전과와 그 영향을 설계자가 쉽게 확인할 수 없는 복잡한 설계에서도 적은 노력으로 설계 변경 전과와 설계 변경 영향을 확인할 수 있는 장점을 가진다.

CIAS 는 대안 결정을 지원하는데 이용될 수 있다. 여러 가지 설계 변경안이 있을 때 각 대안에 대해서 CIAS 를 적용하여 설계 변경 영향도를 계산하고 이 값을 비교하여 설계 변경안을 선택하게 되면, 설계 변경 영향이 작아지는 방향으로 설계 변경을 수행할 수 있기 때문에 설계 변경을 수행하는데 드는 비용과 시간을 줄일 수 있게 된다. 특히 설계가 진행됨에 따라 작은 설계 변경이라도 전체 설계에 드는 비용과 시간에 매우 큰 영향을 미친다는 점에서 CIAS 는 설계의 효율을 높이는데 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

후 기

이 논문은 2001 년 한양대학교 교내연구비 지원으로 연구 되었음.

참고문헌

1. Cohen, Tal, "A Data Approach to Tracking and Evaluating Engineering Changes," Georgia Institute of Technology, Ph.D Thesis, 1997.
2. 김현, 명재형, 목경태, "동시공학 구현을 위한 Web 기반의 공학 프로세스 지원 프레임워크," 한국 CAD/CAM 학회지, Vol. 3, No. 4, pp. 283-292, 1998.
3. Loyall, J.P. and Mathisen, S.A., "Using Dependence Analysis to Support the Software Maintenance Process," Software Change Impact Analysis, IEEE Computer Society Press, pp. 127-136, 1993.
4. Moser, L.E., "Data Dependency Graphs for Ada Programs," Software Change Impact Analysis, IEEE Computer Society Press, pp. 172-184, 1990.