

RMQC Simulation Program 개발

최재승, 황석환* (두산중공업 기술연구원)

Development of RMQC Simulation Program

J. S. Choi, S. H. Hwang(R & D Center, Doosan Heavy Industries and Constructions)

ABSTRACT

RMQC, rail mounted quay crane, lifts and moves large container by means of hoist and trolley motion on the dock. Our company is trying to develop advanced RMQC applying the concepts of elevator hoist and container conveyer for the automation and high efficiency in handling the boxes. Prior to the development of new products, it is necessary to check the capacity of conventional crane for reference. The program simulates container-handling rates and gives some design factors for the conventional cranes.

Key Words : RMQC (컨테이너 운반하역 크레인), Critical path (임계경로), Hoist(호이스트), Trolley (트롤리)

1. 서론

RMQC는 Rail Mounted Quay Crane의 약자로 일반적인 의미로 항만의 대형 컨테이너(Container) 운반 하역 크레인을 의미한다. RMQC는 컨테이너 수송선의 대형화와 더불어 보다 빠른 속도로 선적 및 하역 작업을 수행하여 항만의 효율성을 높일 필요성이 제기됨으로써 고속화 등의 여러 가지 발전을 거듭하고 있다.

세계 유수의 선사 및 허브항에서는 컨테이너 해운 시장에서의 경쟁력 확보를 위하여 컨테이너선의 대형화와 컨테이너 물류 처리의 효율 증대에 많은 관심을 기울이고 있다^(1,2). 컨테이너 크레인은 다양한 변수 조건으로 인하여 자동화에 어려움을 겪고 있으나, 자동화 및 고속화와 대형화를 통한 효율 향상을 위한 연구가 경쟁사들을 통해서 계속되고 있다⁽³⁻⁵⁾.

이에 당사에서는 RMQC의 자동화 및 효율 향상을 달성하고, 후발 경쟁사의 저가 공세에 대비하기 위하여 국내에 특허 출원/등록된 엘리베이터 호이스트와 컨테이너 컨베이어 개념을 도입한 차세대 컨테이너 크레인을 개발하려고 한다.

그러나 새로운 제품의 개발에 앞서 기존 크레인의 효율을 파악하여 비교 검증할 필요성이 대두된다⁽⁶⁾. 본 프로그램에서는 당사에서 설계, 제작, 납품

하고 있는 RMQC를 설계, 제작에 앞서서 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 단위 시간당의 운반 효율을 검증하고 설계 인자를 도출한다. 또한 대외 수주 활동 시 활용 자료로서 실제 RMQC의 성능을 시각적으로 보여줄 수 있다.

2. Crane Motion

컨테이너 트럭에서 선박으로 컨테이너를 선적하는 작업을 반복한다고 가정한다. 호이스트나 트롤리 모션은 Fig. 1에서 처럼 A 지점에서 정지 상태에서로부터 가속, 등속, 감속 되어져 B 지점에 도달하는 기본적인 경로를 따른다. 실제적으로는 Critical Path, 호이스트와 트롤리 모션의 조합(포물선 궤적) 등으로 인하여 복잡한 알고리즘을 구성한다.

컨테이너를 RMQC를 이용하여 하역 또는 적재 시 정확한 위치 선정과 이송 시 다른 적재된 컨테이너와의 간섭을 피하기 위하여 최소한의 여유를 필요로 하며 하역 시 이 경로(Critical Path)를 따라야 한다. 선박 위에서 호이스트 이동 영역과 트롤리 이동영역을 고려해서 선박의 갑판 등에 적재된 컨테이너의 방해물 피하거나 스프레더의 정확한 안착을 유도해야 한다. 또한 육상에서는 트럭과의 얼라인먼트를 위해서 그리고 간섭을 방지하기 위해서 Critical Path를 적용 해야만 한다.

RMQC의 궤적은 Fig. 2에서 보여주는 것 처럼 부두 A에서 B까지 이동한 후 B지점에서 정지 후 수직 방향으로 호이스트 운동을 하여 컨테이너를 선박에 적재한다. 호이스트 운동과 트롤리 운동이 동시에 일어나는 A에서 B까지의 궤적은 수평과 수직 방향의 2개의 Critical Path(실선)를 포함한다. $\Delta t = t_{hn} - t_{tz}$ 이라 놓으면 Δt 의 값에 따라 궤적을 달리한다. Fig. 2는 $\Delta t > 0$ 일때의 궤적을 나타내며, $\Delta t < 0$ 일 경우는 Δt 가 수평 방향에 위치하며, $\Delta t = 0$ 일 경우는 포물선 궤적만을 나타낸다.

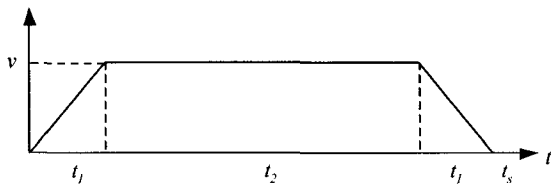
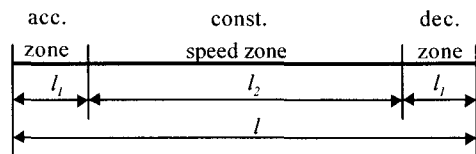


Fig. 1 Crane motion

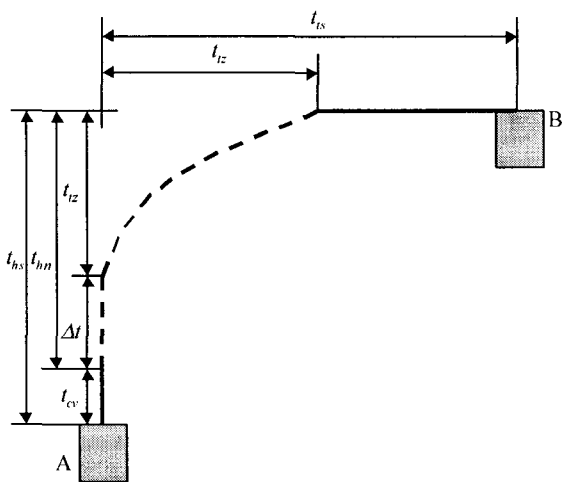


Fig. 2 2-D crane motion trajectory in time domain

컨테이너를 선박에 적재하는데 걸리는 총 처리 시간은 다음과 같이 표시된다.

$$T = \sum (T_1 + T_2 + T_3) \quad (1)$$

where, T_1 = time (hoist + trolley) for one cycle
 T_2 = time (hoist on ship) for one cycle
 T_3 = delay time for one cycle

RMQC의 컨테이너 처리 효율은 다음과 같다.

$$H = \frac{N}{T} \times 3600 \quad (2)$$

where, N = number of container box (ea.)
 T = total handling time (sec.)

3. 프로그램 구성 및 기능

RMQC 시뮬레이션 프로그램은 설계자와 발주자의 이해 향상과 결과 검토의 용이성을 증진할 수 있도록 사용자 편의 환경으로 제작하며, 이를 위한 개발 도구로 MS Visual Basic 6.0 언어를 사용하여 만들어졌고⁽⁷⁾, 다음에 소개되는 9개의 표시 창으로

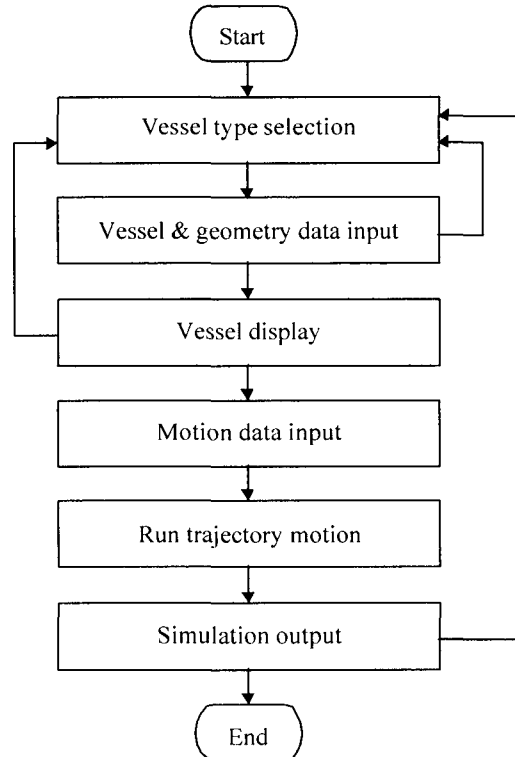


Fig. 3 Flow chart of simulation program

구성되어 있다. 완성된 프로그램의 Flow Chart 를 Fig. 3 에 나타내었다. 순서도에서 보듯이 사용자가 사용하기 쉽게 하기 위해서 단순한 흐름을 유지하도록 하였고, Feedback 을 통하여 적절한 결과물을 도출할 수 있도록 하였다. 전체적으로는 전처리(입력), 실행, 후처리(출력)의 3 단계로 나누어 질 수 있다. 본 프로그램은 설계, 제작 전에 RMQC 의 단위 시간당 컨테이너 운반 능력을 파악할 수 있고, 필요한 설계 인자를 도출할 수 있다.

프로그램의 모든 화면은 모니터에 완전히 보이도록 디자인하여 사용자가 Scroll 하지 않고도 프로그램을 실행할 수 있도록 하였다.

3.1 데이터 입력 단계

시뮬레이션 모델에 적용된 가정을 프로그램 상에 표시하여 사용자의 편의를 도모하였다.

미리 입력되어 있는 세가지 종류의 선박 타입을 선택하여 사용할 수도 있으며, 수동입력(Manual Input)으로 사용자가 직접 데이터를 입력할 수 있도록 하였다. 데이터베이스화 된 선박 타입이 현재는 3 가지로 한정되어 있으나, 프로그램을 수정하여 더 많은 컨테이너선의 종류를 추가 시킬 수 있다.

앞에서 선택한 선박 타입에 따른 치수 데이터가 자동으로 나타나며, 프로그램에 내장되어 있는 선박 타입의 수치들은 수정할 수 없도록 하였고 수동 입력 조건을 선택하였을 경우에만 데이터의 일부 또는 전체를 수정할 수 있도록 하였다. 수동입력 조건을 선택하였다 하더라도 기본적인 디폴트 값으로 **Pana-Max** 타입을 나타내어 이 값들을 사용자가 수정할 수 있도록 하였다. 치수는 사용자가 인식하기 쉬운 단위인 Meter 를 채택하였고, 사용자의 혼란을 줄이고 편의를 돕기 위하여 치수 기호를 화면에 표시하였다.(Fig. 4)

앞에서 선박 타입의 설정 또는 사용자가 직접 입력한 치수 데이터가 적절하지를 나타내 준다. 사용자의 의도와는 다른 결과가 화면에 나타날 경우 **Back** 버튼을 클릭(Feedback)하여 다시 데이터를 설정 또는 입력할 수 있도록 하였다.

치수 데이터의 설정이 끝나면 모션 데이터를 사용자가 직접 입력한다. Critical Path, Delay Time, 크레인 속도 등의 모션 데이터를 입력할 수 있는 단계이다. 역시 사용자의 편의를 도모하기 위하여 디폴트 값을 입력 창에 주었다. 사용자는 이 값을 수정하거나 그대로 사용하면 된다. Critical Cycle Path 의 이해를 돕기 위하여 간단한 그림을 화면에 도시하였다. 여기까지는 전처리(Pre-Processing) 단계(치수, 모션 데이터 선정)로 프로그램 실행을 위한 예비 단계를 완성하였다.

3.2 Trajectory Motion 실행

지금까지 모든 데이터의 입력이 끝나면 이를 근거로 하여 해석을 수행한다. 화면에는 해석하고자 하는 컨테이너선의 제목과 함께 애니메이션 창이 나타난다. **Run** 을 클릭하면 실제의 이동 경로대로

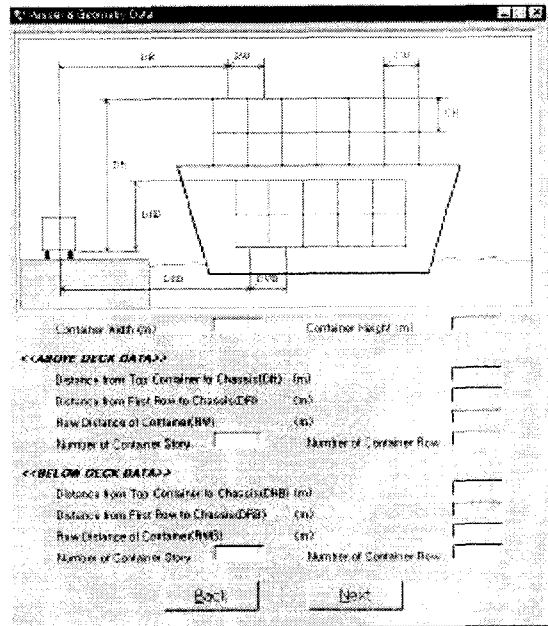


Fig. 4 Vessel and geometry data window

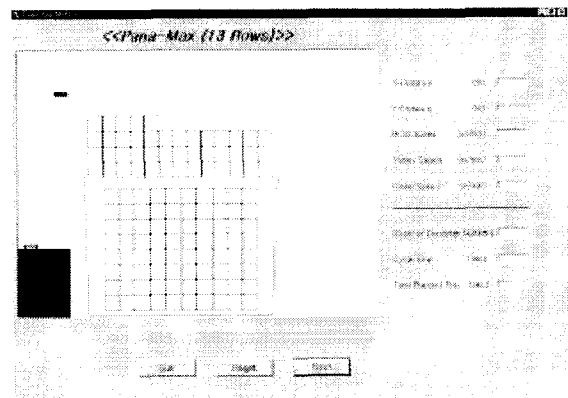


Fig. 5 Trajectory motion window

화면 상에 컨테이너를 하나씩 운반하는 과정을 모두 보여준다. 컨테이너를 하나씩 운반하는 도중에 우측의 화면에는 컨테이너의 위치, 속도, 현재까지 운반된 개수, 전체 운반 시간 등의 값을 시시각각 변화되는 값으로 보여준다. 모두 다 운반될 때까지 기다리면 시간이 많이 소요되므로 사용자가 기다리기에 지루해 질 수 있다. 그러면 컨테이너를 운반하고 있는 도중이라도 **Next** 를 클릭하면 다음 화면으로 넘어가면서 모두 다 운반된 최종 결과를 실행 모습에 관계 없이 얻을 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

Fig.5 의 우측 상위 4 개의 데이터는 컨테이너를 운반하고 있는 크레인의 현재 좌표, 속도 등을 나

타낸다. 여기서는 좌표는 Meter 단위로 속도는 분속(m/min)으로 설정하여 직관적으로 물리량을 체크할 수 있도록 하였다. 화면의 우측 하위 3개의 Data는 현재까지 운반된 컨테이너의 개수, 가장 최근에 운반된 컨테이너의 1주기 시간(1 Cycle Time), 그리고 현재까지의 총 소요시간을 나타낸다.

3.3 시뮬레이션 결과 출력

모두 3개의 창에 시뮬레이션 결과가 요약되며, 첫번째 표시 창은 이전에 입력된 모든 입력 데이터들을 요약한 것으로써 자동으로 나타나며, **Hardcopy** 버튼을 클릭하면 출력도 가능하다.

두번째 표시 창인 Fig. 6는 모든 해석 결과들을 요약 정리한 것으로써 최종적으로 컨테이너를 모두 운반하는데 걸린 시간과 시간당 운반 개수 등을 알 수 있으며, 이 결과 역시 출력할 수 있도록 구성되어 있다.

마지막으로, Mean Duty Cycle Path 결과를 보여준다. Mean Duty Cycle Path는 단위 컨테이너당 평균 길이로 정의되며, Above-Deck, Below-Deck, Total의 세 가지 경우로 나누어진다. 각각은 부두에서의 호이스트(Hoist1), 트롤리, 컨테이너선에서의 호이스트(Hoist2)의 평균 길이(Mean Duty Cycle Path)로 분류된다. 사용자의 이해를 돕기 위해서 Mean Duty Cycle Path 그림도 함께 나타내었다.

시뮬레이션을 계속하기를 원하면 **Main** 버튼을 클릭해 프로그램을 다시 실행할 수 있다. 이 결과 역시 출력할 수 있도록 구성되어 있다.

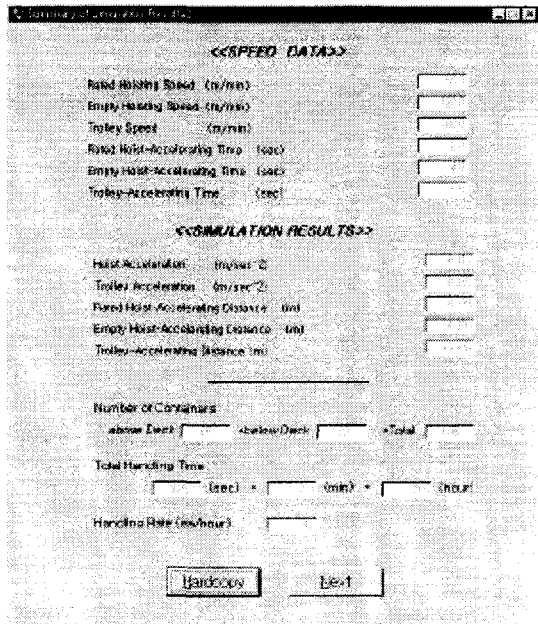


Fig. 6 Summary of simulation results

4. 시뮬레이션 검증

개발 프로그램의 시뮬레이션 결과에 대한 검증은 기 제작된 제품의 설계 데이터를 이용하여 프로그램을 실행 후 그 결과 값을 실제 운전에 의해서 얻은 결과와 비교하여 확인하였다. 시뮬레이션 결과치는 실제와 거의 일치하게 나타났다.

5. 결론

당사 표준형 컨테이너 운반 하역 크레인의 입력 조건에 따른 운반 효율을 계산할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 개발한 프로그램은 차후에 개발 예정인 차세대 RMQC 시뮬레이션 프로그램과 효율성 비교 검증이 가능하다

참고문헌

1. Arnold Gerstel, "Container Cranes for 8000 TEU & Larger Vessels," TOC Asia Conference Documentation, Session Six, pp. 1 - 9, 2001.
2. Klaus-Peter Franke, "Improving Inland Terminal Productivity through Intelligent Crane Operations," TOC 2000 Conference Documentation, Track Two, pp. 1 - 8, 2000.
3. 박찬훈, 김두형, 박경택, "자동화 크레인을 위한 흔들림 방지 시스템," 한국 정밀공학회 추계학술대회, pp. 446-449, 2001.
4. 차세대 Container Crane 제품개발, 903C-364G, 삼성중공업, 1994.
5. 차세대 Container Crane 제품개발, 903C-364F, 삼성중공업, 1994.
6. 차세대 RMQC Simulation Program 개발, 두산중공업, 2002.
7. Mastering Microsoft Visual Basic 6.0 Development, 1998.