

인터넷(internet)을 이용한 인간공학적 작업장 평가 프로그램의 개발

김유창 · 홍창운 · 김창제

동의대학교 산업공학과

1. 서론

새로운 산업 구조와 변화된 사회 환경으로 인해 우리 나라에서 최근 급증하고 있는 직업병 중의 하나가 직업성 근골격계질환(Work-related Musculoskeletal Disorders, WMSDs)이다. 이 질환은 특정한 신체 부위의 반복 작업과 불편하고 부자연스러운 작업 자세, 강한 노동 강도, 과도한 힘, 불충분한 휴식, 추운 작업 환경, 진동 등이 원인이 되어 목, 어깨, 팔꿈치, 손목, 손가락, 허리, 다리 등 주로 관절 부위를 중심으로 근육과 혈관, 신경 등에 미세한 손상이 생겨 결국 통증과 감각 이상을 호소하는 근골격계질환의 만성적인 건강장해다.(OSHA, 1996 ; ANSI, 1996 ; NIOSH, 1997)

선진국에서는 이러한 근골격계질환이 이미 직업병의 상위를 차지하고 있다. 미국의 경우 1998년 253,300건(전체 직업병의 64.2%)이나 발생하여 이로 인한 작업 손실일이 연간 626,000일, 그리고 150~200억불의 보상비용을 포함하여 연간 전체 손실비용이 450~540억불 정도인 것으로 알려져 있다 (OSHA, 1999). 또한 유럽의 경우는 안전보건 문제 중 근골격계에 의한 질환문제가 가장 빠르게 확산되고 있고, 유럽 근로자의 약 4천만 명 이상, 노동력의 30%가 근골격계질환에 노출되어 있다고 한다(EU-OSHA, 2000). 국내의 경우도 1998년 근골격계질환 직업병 판정이 요통 72명, 신체적 부담 51명 등 123명이던 것이, 1999년도에는 직업병 판정이 요통 183명, 신체적 부담 161명 등 344명으로 증가하더니 2000년도에는 직업병 판정이 요통 421명, 신체적 부담 394명 등 815명으로 급격히 증가하였다.(노동부, 산업재해통계, 2001)

이미 선진국에서는 근골격계질환의 심각성을 인식하고 작업자들의 각종 인간공학적인 관리 기준 등을 포함한 구체적인 지침들이 마련되어 있다. 또한 근골격계질환을 예방하기 위해서 각종 작업평가 분석 기법들을 활용하고 있는데 그 대표적인 것들이 NIOSH Lifting Equation, OWAS(Ovako Working posture Analysing System), RULA(Rapid Upper Limb Assessment), 수공구 평가 등이 있다. 그러나 이러한 분석 기법들은 사용자가 수작업으로 분석해야 하는 활용상의 어려운 점이 있다. 선진국에서는 벌써 누구나 쉽게 사용할 수 있는 작업장 평가 프로그램들을 개발하여 근골격계 질환 예방을 위해 사용하고 있다. 현재 우리나라에서도 근골격계질환을 예방하기 위한 작업장 평가 프로그램이 있지만 일반 작업자들이 사용하기에는 불편한 점이 많고, 인터넷상에서 직접 구현되는 프로그램은 전무한 실정이다.

따라서 현장에서 작업하는 작업자가 누구든지 쉽게 근골격계질환의 위험이 있는지 없는지를 신속하게 평가 분석 할 수 있는 통합된 인간공학적 작업장 평가프로그램이 있어야 한다.

본 연구는 인간공학적 작업장 평가 분석기법들인 NIOSH, OWAS, RULA을 이용하

여근골격계질환 예방을 위한 인터넷상에서 실시간으로 누구나 쉽게 분석하고 평가할 수 있는 작업장 평가 프로그램을 개발하고자 한다.

2. 인간공학적 작업장 평가 기법

NIOSH, OWAS, RULA, 수공구 진동 등 이런 인간공학적 기법들은 이미 많은 문헌과 논문에서 근골격계질환을 판단하고 예방하기 위한 기법으로 사용되고 있다. 현재 외국에서는 이런 기법들이 웹 상에서 실시간으로 구현되도록 프로그램 되어 있으나 아직 우리 나라에서는 산업안전공단에서 교육용으로 제작하여 사용하도록 배포하고 있는 실정이다. 외국에서 개발된 프로그램들을 우리 나라 실정에 맞도록 적용하기에는 언어장벽, 한국적 도량형환산 등의 어려운 점들이 많고 특히, 일반 현장관리자나 작업자들 누구든지 쉽게 이해하고 사용하여 이를 평가 분석 활용할 수 있도록 할 필요성이 절실하다.

따라서 이런 인간공학적인 기법들을 우리 나라에 실정에 맞도록 인간공학 전문가들과 협의하여 누구나 이해할 수 있고 손쉽게 사용, 평가, 분석 할 수 있도록 인터넷 상에서 실시간으로 구현되도록 프로그램을 개발하였다.

2.1 NIOSH

NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)에서 1981, 1991년에 요통 예방을 위한 작업 평가와 작업 설계를 지원하기 위해서 들기수식(Lifting Equation)을 발표하여 사업장에 권고치로 사용할 것을 권하고 있는 평가기법이다. 이는 생리학, 정신물리학, 생체역학의 각 분야의 연구성과들을 통합한 결과물이다. 미국 국립 산업안전보건연구원(NIOSH)의 들기수식(Lifting Equation)은 중량물 취급시 작업자와 대상물의 수평거리, 수직거리, 작업빈도, 이동거리, 손잡이 형태, 불균형 정도를 이용하여 적절한 중량을 산정하여 계산하게 된다. 이 수식은 적절한 무게와 그 무게의 실제 무게와 비교로 작업의 개선점을 찾게 되고, 각 평가항목들을 각각 변화시켜 적당한 작업방법을 결정하게 된다.^(1,2,11,15)

본 연구에서는 이 평가기법을 바탕으로 웹 상에서 NIOSH 작업평가 프로그램을 구현하여 들기 작업에 대한 권장무게한계(Recommended Weight Limit : RWL)를 쉽게 산출하고 작업의 위험성을 예측하여 인간공학적인 작업방법의 개선을 통해 작업자의 직업성 요통을 사전에 예방할 수 있도록 개발하였다.

2.2 OWAS

OWAS(Ovako Working posture Analysing System)은 핀란드(Finland)의 철강회사인 Ovako사에서 근무하던 Karhu와 핀란드(Finland) 노동위생 연구소의 Kuorinka에 의해 1973년에 육체작업에 있어서 부적절한 작업자세를 구별해 낼 목적으로 개발한 기법이다. 본 기법은 Karhu의 1977년의 논문에서 처음으로 소개되었으며, 측정자간의 자세판별로 90%이상의 높은 일치율을 보였고 20개 이상의 업종에서 테스트되었다. 1980년대 후반부터 OWAS를 이용한 작업조사나 작업개선에 대한 보고서가 증가하고 있으며, OWAS에서는 작업 시작점의 작업자세를 상지, 허리, 하지, 무게의 4가지 항목으로 나누고, 이것을 코드화한 4가지 항의 숫자인 자세코드로 기록한다. 이 자세 분류는 불쾌감의 주관적 평가, 자세에 의한 건강영향 평가, 실용가능성을 고려하여 결정된다.^(1,11,12)

본 연구에서는 이 기법을 바탕으로 웹 상에서 OWAS 작업평가 프로그램을 실시간으로 구현하도록 하여 현장관리자나 작업자가 직접 작업자의 부적절한 작업자세를 찾아내어 잘못된 작업방법과 작업자세 등을 분석, 평가하여 근골격계질환을 예방할 수 있게 개발하였다.

2.3 RULA

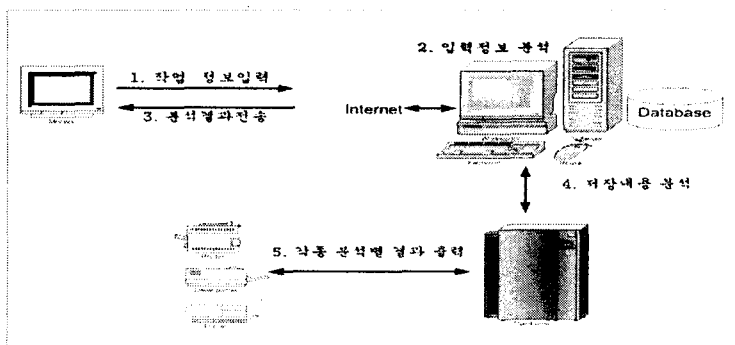
RULA(Rapid Upper Limb Assessment)는 1993년 Mctamney의 논문에서 처음 소개되었고, 인간공학 전문가가 평가하도록 설계되었다. 분석은 크게 세 부분으로 나누게 되는데 주로 각 신체 부위의 각도를 중심으로 평가하게 된다. A형식은 윗팔, 아래팔, 손목에 관한 것이고, B형식은 목, 몸통, 다리에 관한 것이다. C형식은 앞의 두 형식에 정적인 자세, 반복적인 동작과 발휘하는 힘에 관한 것으로 앞의 두 형식에 C형식의 값을 더한 점수로 작업 자세를 분석하게 된다. 이 세 형식을 종합한 점수가 최하 1점에서 최고 7점까지 되도록 설계되어 있다. RULA는 작업을 자세히 분석할 수 있고, 특별한 장비가 필요 없이 특히, 작업장에서 보고된 작업성 상지(어깨, 팔목, 손목, 목 등)질환을 인간공학적인 연구로 사용하기 위해 개발된 검사 기법으로서 전체적인 자세를 평가할 수 있도록 설계되어 있다.^(3,11,13)

본 연구에서는 이런 기법을 바탕으로 웹 상에서 RULA 작업평가 프로그램을 실시간으로 구현하도록 하여 어깨, 팔목, 손목, 목 등 상지의 작업자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 인간공학적으로 분석, 평가하여 근골격계질환을 예방할 수 있도록 개발하였다.

3. 인터넷 상에서의 인간공학적인 작업장 평가 프로그램

3.1 SafetyWeb의 개요

인간공학적인 작업평가 프로그램을 개발하여 작업장이나 사무실에서 현장 감독자나 작업자가 직접 자신들의 작업동작, 자세, 작업물의 무게 등을 컴퓨터에 입력하여 이 작업이 근골격계질환의 위험이 있는지 없는지를 분석, 평가하여 근골격계질환을 예방할 수 있도록 하는 것이 본 연구의 목적이다. 본 시스템의 구성도는 아래의 Fig.1과 같다.



[Fig.1] 인간공학적인 작업장 평가 시스템의 구성도

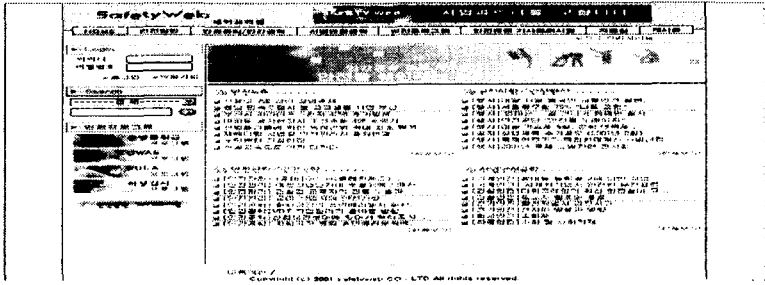
[Table 1] The development environments and tools, useful environments and formation

항 목	설 명
개발환경	OS : Windows 2000server, H/W : pentiumⅡ 350MHz, 128M Ram
개발도구	Active Server page(ASP), Edit plus, 기타 멀티미디어 제작 software 및 장비
사용환경	OS : Windows 95 이상, H/W : Pentium 200MHz, 64M Ram 이상
구 성	- NIOSH, - OWAS, - RULA

3.2 프로그램 구성

3.2.1 사용자 인터페이스

본 프로그램은 작업장의 근로자나 일반인들이 주 사용자이므로 NIOSH, OWAS, RULA등과 같은 작업장 평가 기법들의 구체적인 분석방법을 알지 못하더라도 자신의 작업환경요인들을 마우스로 선택하기만 하면 현재 자신의 작업환경이 어떠한지 분석하여 그 결과를 손쉽게 확인할 수 있는 Interface환경을 제공한다.



[Fig.2] 인간공학적 작업장 평가 시스템의 SafetyWeb의 초기화면

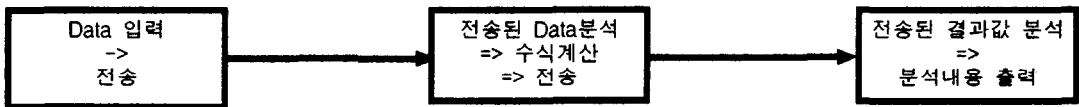
3.2.2 구동원리

3.2.2.1 NIOSH

Niosh_Input.html

Niosh_Analysis.asp

Niosh_Result.asp



- A. Niosh_Input.html 페이지에서 작업자와 대상물의 수평거리, 수직거리, 작업빈도, 이동거리, 손잡이형태, 불균형정도등을 입력 받아 WebServer로 전송한다.
- B. Niosh_Analysis.asp 파일에서는 전송되어진 Data를 받아 Niosh 방정식(RWL)과 들기지수(LI)계산식에 대입시켜 그 값들을 계산한다음 계산결과를 Niosh_Result.asp파일로 전송한다.
- C. Niosh_Result.asp 파일에서는 전송되어진 RWL 값과 LI 값을 분석하여 HTML 문서로 작성후 사용자의 PC로 전송한다.

3.2.2.2 OWAS, RULA

A. DataBase 구축

㉠ OWAS : AC(Action Category)판정표를 DataBase Server에 입력한다.

▷ DataBase 스키마

[OWAS]

Field Name	Type	설명
waist	int(4)	허리
upper	int(4)	상지
lower	int(4)	하지
weight	int(4)	무게(힘)
ac	int(4)	Action Category

㉢ RULA : 종합부하 수치(Score)를 DataBase Server에 입력한다.

▷ DataBase 스키마

[RUAL_A]

Field Name	Type	설명
UpperArm	int(4)	상완
LowerArm	int(4)	전완
Wrist	int(4)	손목
WristTwist	int(4)	손목비틀림
score	int(4)	총작업부하

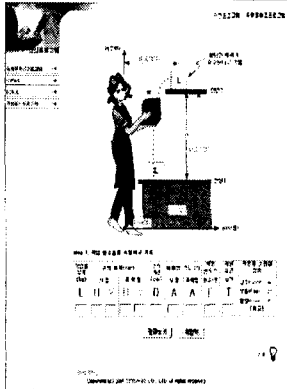
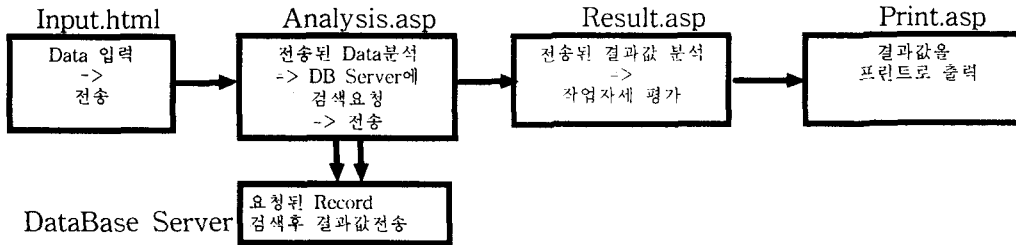
[RUAL_B]

Field Name	Type	설명
Neck	int(4)	목
TrunkPostureScore	int(4)	상체
Legs	int(4)	다리
score	int(4)	총작업부하

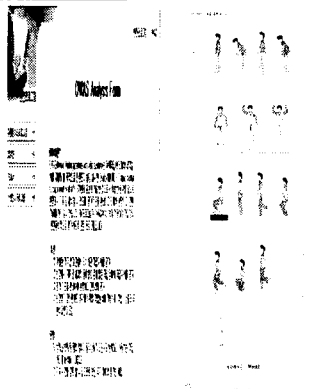
[RUAL_C]

Field Name	Type	설명
TableAscores	int(4)	그룹A의 부하
TableBscores	int(4)	그룹B의 부하
Finalscores	int(4)	총괄적부하

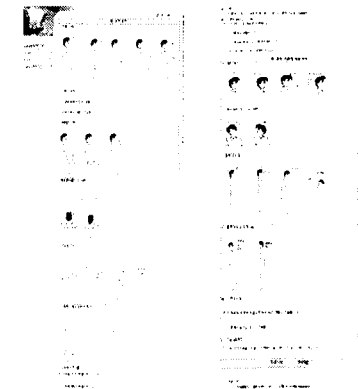
B. 구조도



[Fig.3] NIOSH 초기화면



[Fig.4] OWAS 초기화면



[Fig.5] RULA 초기화면

C. Input.html 페이지에서 각종 작업환경 요인들을 마우스클릭만으로 입력받은 후 WebServer로 전송한다.

D. Analysis.asp 파일에서는 전송되어진 작업환경 요인별로 DataBase Server에 접속 후 해당 Record를 검색하여 그정보를 Result.asp 파일로 전송한다.

E. Result.asp 파일에서는 전송되어진 정보를 비교분석한후 작업자세와 작업환경에 대한 평가를 한후에 그 결과를 사용자 PC에 HTML문서로 출력한다.

F. Print.asp 파일에서는 출력된 작업자세 및 작업환경을 모니터 화면에 일시적으로 보여주는 것이 아니라 문서로 보관할수 있도록 일정한 형식은 Form으로 프린트할수 있도록 해준다.^(10,14)

㉑ 사용자의 이름과 부서, 회사명을 입력받는다.

㉒ 입력받은 정보를 문서에 삽입시켜 자동으로 프린트가 된다.

4. 결론 및 기대효과

본 프로그램을 개발함으로써 세계적으로 통용되고 있는 인간공학적 작업장 분석평가 기법들을 인터넷으로 실시간 사용하여 사용자가 필요한 분석이 용이하게 처리되고, 사

용상의 편의성과 정확성을 통해 효율적으로 작업장의 작업환경상 문제점 및 작업자에 대한 문제점 파악, 검토 및 분석을 수행함으로써 사회적으로 문제시되고 있는 근골격계 질환의 예방에 기여하여 경제적으로 큰 부담이 되고 있는 산재비용 감소, 근골격계 질환 예방교육에 투자되는 경비와 시간 절감, 유해한 작업장으로부터의 작업자 보호(작업장 환경 개선)로 작업능률의 향상과 기업의 생산성을 증대 할 수 있는 인간공학적 평가기반을 마련할 수가 있다.

특히 작업자들은 자기자신의 작업을 웹 상에서 실시간으로 분석, 평가, 작업자의 육체적인 건강과 안전에 기여하며, 인간공학적 문제(작업장 설계, 작업방법, 작업자세 문제 등)를 감소, 혹은 예방하는데 필요한 정보를 제공할 수가 있다.

앞으로 실시간으로 입력되는 데이터를 DataBase화하여 근골격계 질환에 관한 통계적 분석 및 업종별 근골격계 질환 발생률 분석, 연령대별 및 성별 발생률 등을 분석, 제공하며, 근골격계 질환에 관한 꾸준한 연구를 통한 프로그램의 업데이트화와 다른 인간공학적 기법들(예, CTS 프로그램[손목작업 평가 프로그램], 수공구 진동 프로그램 등)을 프로그램으로 개발하고, 이를 사용자가 인터넷으로 실시간 현장에 적용하기 쉽도록 할 필요가 있다.

참고문헌

1. 김대성, 양성환, 이동경, 오정룡, 최정근, “작업자세에 대한 인간공학적 평가 도구들의 비교”, 추계 대한인간공학회 학술대회, 1999.
2. 김대성의 Ergoman's Homepage, “http://home.kosha.net/~ergoman의 인간공학 자료실.
3. 김유창, 이창민 외 2인, “RULA를 이용한 Sanding Task의 평가”, 동의논집, 2001.
4. 노동부, “산업보건에 관한 규칙개정”, 1994.
5. 노동부, “산업안전기준에 관한 규칙개정”, 1997.
6. 노동부, “산업안전보건법 시행령개정”, 2000.
7. 노동부, “산업안전보건법 시행규칙개정”, 2000.
8. 노동부, “1998-2000 산업재해통계”, 1999-2001.
9. 박동현, “Cumulative Trauma Disorders : Their recognition and ergonomic intervention”, 대한산업의학회지 Vol 7, No. 1, 169~185, 1995.
10. 손호성 외 2인 공저, “ASP 3.0 Bible”, 영진출판사, 2001.
11. 이윤원, 신용백, “인간공학적 작업장 평가 프로그램의 개발”, 안전경영과학회지, 제3권 제3호, 2001.
12. Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I., “Correcting working postures in industry : A practical method for analysis”, Applied Ergonomics, 199-201, 1977.
13. McAtamney, L. and Corlett, E. N., “RULA : A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders”, Applied Ergonomics, 91-99, 1993.
14. Rebecca M. Riordan, 박민호 편역, “Microsoft SQL Server 2000 Programming”, 정보문화사, 2001.
15. Waters, T. R., Putz-Anderson, V. and Garg, A., “Application manual for the revised NIOSH lifting equation”, U.S. Department of Health and Human Services, 1994.