

해상풍력 풍력시스템의 관리능력 향상을 위한 데이터베이스 설계에 관한 연구

김도형*, 김창석**, 경남호***

*한국에너지기술연구원 풍력발전연구센터(seotagi@kier.re.kr), **공주대학교 컴퓨터교육과(csk@kongju.ac.kr),
***한국에너지기술연구원 풍력발전연구센터(nhkyong@kier.re.kr)

A Study on the Design of Database to Improve the Capability of Managing Offshore Wind Power Plant

Kim, Do-Hyung* Kim, Chang-Suk** Kyong, Nam-Ho***

* Korea Institute of Energy Research(seotagi@kier.re.kr),
** Dept. of Computer education, Kongju University(csk@kongju.ac.kr),
*** Korea Institute of Energy Research(nhkyong@kier.re.kr)

Abstract

As for the present wind power industry, most of the computerization for monitoring and control is based on the traditional development methodology, but it is necessary to improve SCADA system since it has a phenomenon of backlog accumulation in the applicable aspect of back-data as well as in the operational aspect in the future. Especially for a system like offshore wind power where a superintendent cannot reside, it is desirable to operate a remote control system. Therefore, it is essential to establish a monitoring system with appropriate control and monitoring inevitably premised on the integrity and independence of data. As a result, a study was carried out on the modeling of offshore wind power data-centered database.

In this paper, a logical data modeling method was proposed and designed to establish the database of offshore wind power. In order for designing the logical data modeling of an offshore wind power system, this study carried out an analysis of design elements for the database of offshore wind power and described considerations and problems as well. Through a comparative analysis of the final database of the newly-designed off-shore wind power system against the existing SCADA System, this study proposed a new direction to bring about progress toward a smart wind power system, showing a possibility of a service-oriented smart wind power system, such as future prediction, hindrance-cause examination and fault analyses, through the database integrating various control signals, geographical information and data about surrounding environments.

Keywords : 해상풍력(offshore wind), 풍력 데이터베이스(wind database)

투고일자 : 2010년 4월 21일, 심사일자 : 2010년 5월 6일, 게재확정일자 : 2010년 6월 22일
교신저자 : 김도형(seotagi@kier.re.kr)

1. 서 론

풍력 발전은 여러 가지 신재생에너지원 가운데 가장 강력한 시장경쟁력을 갖추고 있으며 이미 대규모 풍력발전단지가 개발완료 되었고 지속적으로 개발진행 중에 있다. 해상풍력발전은 풍부한 부지 활용 가능성과 내륙에 비해 풍속이 20%정도 높은 장점이 있으며, 해상에는 장애물이 없고 표면 거칠기가 낮아 좋은 품질의 풍력자원을 기대할 수 있다.¹⁾

「해상풍력발전단지의 운영은 최대 가용율(Availability)을 높이기 위하여 기존 발전소와는 달리 극한 자연조건에서 정비 및 유지가 이루어져야 한다. 이를 위하여 해상풍력발전시스템에 접근이 가능케 하는 특수 선박과 같은 운송시스템이 필요하고, 숙련된 엔지니어가 요구된다. 해상풍력발전단지는 악천후로 인하여 접근이 아예 불가능하거나 원격지에 위치하고 다수의 주기로 조성되므로, 가능하면 무인화 자동 원격감시 및 고장진단 시스템을 적용하는 것이 바람직하다. 따라서 실증사업으로 건설된 해상풍력발전단지는 이의 최적 운영을 위한 전문가시스템(Expert System)과 같은 고도 기술의 개발에 활용될 수 있다.¹⁾ 해상 풍력은 입지적으로 접근이 불가능하거나 많은 제약이 있다. 또한 해상 풍력 단지가 대형화 될수록 수많은 풍력 시스템의 관리가 필요해진다. 따라서 해상 풍력 단지를 원활하게 운영하고 고장이나 기타 예상치 못할 일에 대비하기 위해서는 엄격한 원격지 모니터링과 감시제어가 필요하다.

풍력 시스템은 기계적인 에너지를 발전기를 이용하여 전기적인 에너지로 전력을 생산하는 장치이다. 이 풍력 시스템을 전산화 하기 위해서 가장 필요한 것은 산출할 수 있는 수치들을 정확하게 데이터베이스화 하는 것이다. 풍력발전기에는 수 많은 데이터가 존재한다. 이러한 수많은 데이터는 데이터 자체만 관리하는 데에도 많은 비용과 시간이 투자 되어야

한다. 자칫하면 이는 곧 풍력시스템 전체의 효율성을 저하시키는 요인이 될 수 있기 때문이다. 특히 풍력발전기 규모의 대형화와 풍력의 단지화로 인하여 데이터베이스를 활용한 풍력 시스템 모니터링, 감시제어, 고장진단은 더욱 결정적인 역할을 담당하게 된다.

현재 풍력 시스템에서 사용되고 있는 있는 SCADA 시스템은 데이터베이스 설계가 체계화 되지 않아서 데이터의 오류 검출기능의 부재와 데이터의 무결성이 없다는 단점 이외에도 여러 가지 제약사항이 있다. backlog 산적으로 인해 시스템 유효 데이터의 접근이 힘들고, 데이터의 체계적인 관리가 되지 않아서 주기적인 데이터의 백업과 리셋이 필요하다. 때문에 풍력발전기의 원격지 제어에 제약사항이 되고 있다. 이외에도 데이터의 관리와 통제, 성능과 효율성, 보안, 대규모의 복잡 데이터 관리능력, 오류검출 복구, 데이터의 일관성과 정확성 유지 등등 여러 가지 제약사항들이 있다. 이를 해결하기 위해서는 풍력시스템 내에 전문적인 데이터베이스의 설계와 구축이 필요하고 데이터베이스 감시체제를 통하여 풍력시스템을 원격으로 관리할 수 있도록 해야 한다. 이것이 선행 되어야 SCADA시스템에서 정확한 데이터베이스를 통한 풍력시스템의 감시, 제어, 모니터링을 비롯한 전반적인 풍력 시스템을 체계적으로 관리 할 수 있고 운영 효율성을 제고시킬 수 있다.

본 논문에서는 해상 풍력 데이터베이스의 필요성 및 제어를 위한 논리적 데이터 모델링 방법을 제시하였다. 이를 위해 풍력 데이터베이스를 설계하고 이러한 논리적 데이터 모델링을 수행하면서 수행방법, 고려사항, 문제점 및 설계를 통해 기존의 SCADA 방식보다 진보한 장점을 기술하였다. 풍력시스템에 사용되는 인자분석을 토대로 상세적으로 개체간의 관계 및 속성 확정을 위해 데이터의 중복, 널 값, 정보의 유실과 정보의 오류검출을 정규화를 통해 데이터를 추출하여 논리 데이터베이스

스를 설계하였다. 이를 통해 최종적으로 원격으로 모든 시스템의 효과적인 감시, 제어 그리고 추후 고장진단 및 예측이 가능한 스마트 해상풍력 시스템으로 가는 기초단계가 될 것이다.

2. 해상풍력 시스템

그림1은 현재 풍력시스템의 제어, 감시로 사용되고 있는 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) 시스템의 일반적인 구성도이다. 스카다 시스템을 구축할 때 Labview와 같은 여러 가지 툴이 이용되고 있다. 이것은 데이터베이스 설계와 같은 전문 데이터베이스가 아니고 데이터로거, 즉 데이터의 적재 시스템으로 이루어져 있다. 이는 데이터의 활용성이 제한적인 데이터 산적장치이다.

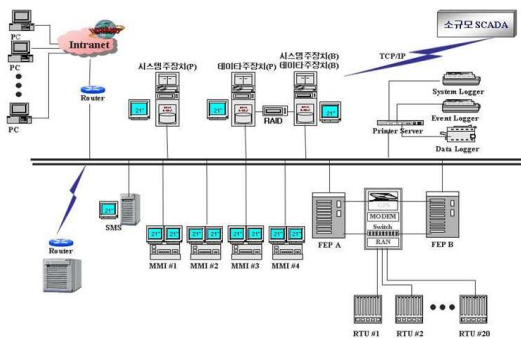


그림 1. SCADA 시스템의 구성도²⁾

아래 SCADA 시스템의 구성도를 살펴보면 데이터의 수집을 Logger에서 담당하고 있는데, 크게 System Logger, Event Logger, Data Logger 로 분류할 수 있다. 이렇게 저장된 데이터 로거는 일반적인 데이터의 수집 자체만을 할 뿐 DBMS 즉 데이터베이스관리 시스템이 없기 때문에 데이터의 무결성 유지가 힘들고, 데이터 적체로 인한 시스템의 성능저하와 데이터의 활용성 결여, 그리고 이 때문에 일어나는 잦은 시스템 리셋을 유발한다.

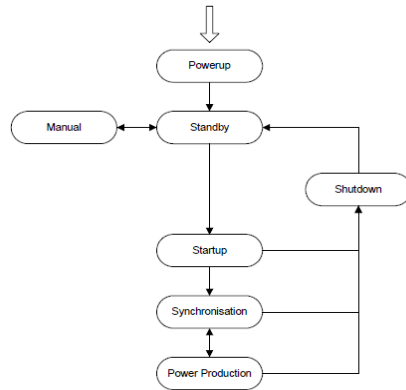


그림 2. 풍력 시스템의 상태에 따른 제어

풍력 시스템의 상태는 그림2와 같이 현재 상태에 따라 모니터링과 제어상태가 다르다. 살펴보면, powerup 상태 즉 장치 초기화 단계에는 각 장치를 점검하고, 컨트롤러와 각종 장치의 준비 단계를 점검한다. 시스템은 Cold boot와 Warm boot이 있고, 각각 초기단계가 Default와 Manual상태가 된다. 각 단계별로 데이터를 감시하여 상황에 따라 풍력 시스템 전체를 Shutdown 하거나 알람을 통해 관리자에게 알리는 제어를 하게 된다. 풍력 시스템은 상태에 따라 수집되는 데이터가 다르고 각 상태별로 정확하게 모니터링 되어야 하는 상태측정수치가 존재한다. 그 상태측정수치에 따라 다음상태로 갈 수 있는지 알람이나 shutdown 해야 하는지를 판별한다.

3. 해상풍력 데이터베이스 설계

데이터베이스 모델링을 위해서는 전산화 할 수 있는 수치들을 정리해야 하고 풍력시스템의 현재 상태에 따라 제어와 모니터링에 사용되는 수치들을 정리해야 한다. 표1은 본 논문에서 사용된 풍력 시스템에서 모니터링 되고 있는 여러 신호 중 일부이다. 본 논문에서는 일반적으로 풍력 시스템에서 모니터링 하고 있는 제어신호와, 환경요소, 기계적인 상태수치

표 1. 해상 풍력 데이터베이스 스키마

Parameter	Default Value	Units	Description
Φ _{YAW}	0.75	Deg/s	Yaw rate
Φ _{TRIGERR}	10	Deg	Error for detecting north switch failure
Φ _{MS}	10	Deg	Maximum yaw error
Φ _{MIN}	5	Deg	Min Yaw error for yaw correction
C _{GBRATIO}	29.4	-	Gearbox ration
C _{WRAP}	3	-	Maximum number of turns for cable windup
C _{STARTFAL}	3	-	Maximum number of start failures
C _{STOPFAL}	3	-	Maximum number of synchronisation failures
C _{GENOTMP}	2	-	Maximum number of repeated generator over temperature warnings
D _{WS}	2	m/s	Minimum change in wind speed signal for alarm
D _{YE}	2	deg	Minimum valid change for yaw error for alarm
K _{GENOTEMP}	135	DegC	Maximum temperature of generator
K _{BEAROTEMP}	80	DegC	Maximum temperature of bearings
K _{GBOTEMP}	110	DegC	Maximum temperature of gearbox
K _{OILCOOLOFF}	50	DegC	Temperature to switch off oil pump
K _{OILCOOLON}	80	DegC	Temperature to switch on oil pump
N _{GENOSPER}	8	%	Percentage allowable over speed of generator
N _{DERK}	12	Rpm	Allowable speed sensor mismatch
N _{RATEDHI}	1200	Rpm	Rated generator speed for high power generator
N _{RATEDLO}	900	Rpm	Rated generator speed for low power generator
N _{STOP}	20	Rpm	Generator speed for a stop
N _{STARTUP}	75	Rpm	Generator speed to leave start-up
N _{LOSTNC}	560	Rpm	Generator speed to start low speed sync
N _{HISTNC}	1100	Rpm	Generator speed to start hi speed sync
P _{MIN}	0.01	kW	Minimum power before shutting down the turbine
P _{MAXPER}	120	kW	Maximum power for over power alarm
P _{RATEDNR}	110	kW	Rated power for normal operation
P _{RATEDLO}	20	kW	Rated power for low wind operation
P _{PEPSSLOW}	1	kW	Power to move from sync to power production
P _{POWERLO}	30	kW	Power limit for using 20kW generator

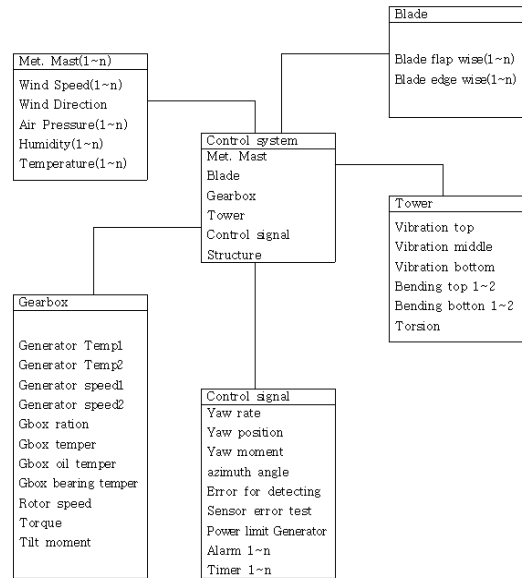


그림 3. 풍력 데이터베이스 설계를 위한 요소 분석

표 2. 풍력 시스템 데이터베이스 테이블

Table Name	Description
Met_Wind	Met Table
Met_Wind_D	
Met_Air_Pressure	
Met_Humidity	
Met_Temp_A	
Blade_FE	Blade Mornitoring
Generator_Temp	Gearbox Mornitor Table
Generator_RPM	
Gbox_Ration	
Gbox_Temp	
Gbox_Oil_Temp	
Gbox_Bearing_Temp	
Rotor_Speed	
Torque	
Title_Moment	
.	.
.	.
.	.

위 풍력 데이터베이스 설계를 위한 요소 분석을 통해 얻어진 자료를 기반으로 논리 데이터베이스를 설계하였다. 논리 데이터베이스는 테이블로 정의하여 설계하였으며, 테이블은 기능번호, 기능명, 테이블번호, 테이블명, 항목번호, 항목 속성 및 데이터의 길이를 정의하였다. 논리 DB 설계서는 표3과 같다.

등을 모니터링 하는 것을 포함하여 데이터베이스 모델링을 시도 하였다. 이는 풍력시스템을 스마트하고 원격지에서 보다 정밀하게 모니터링 하게 됨으로써 원격지 고장 예측, 진단 시스템으로 가는 초기 단계를 마련하기 위함이다. 데이터베이스에는 현재 운영중인 풍력시스템에 대해 현재 상태, 제어값, 현상정보, 운영특성 정보 및 기타 정보 등을 포함하여 Library화 할 수 있는 자료를 정리하여 효율성을 향상시켰다. 초기 단계로 위에 정리된 개략도를 토대로 풍력 데이터베이스 설계를 위한 요소 분석을 하였다.

논리 데이터베이스의 설계 과정에서 진행한 데이터의 중복을 없애고, 데이터의 검증을 실시하기 위해 데이터 모델 실체의 요소 분석을 실시하였다. 도출된 데이터를 토대로 데이터 모델의 과정에서 중복되는 실체를 제거하고 테이블이나 필드 등을 개선하는 역할을 정리하여 작성한다. 논리 데이터베이스 설계는 데이터베이스의 항목을 효과적으로 관리하기 위한 방법으로 이 설계를 통하여 기억장소 공간의 최소화, 중복 관계의 제거 및 최소 유지, 데이터 간 결합 및 분리 등의 효율성 증대 등의 효과를 얻을 수 있다.

표 3. 논리 DB 설계서

논리 DB 설계서		Author	김도형			
		File				
Function No	1	Function Name	총괄 일반정보			
Table No	Met_1	Table Name	Met_Wind			
Identifier	Register No	Length	초기이행건수	년간발생건수		
일련번호	한글 항목명	영문 항목명	속성	길이	비고	
Wind Speed_1	A지점 풍속	W_S1	INT	1	0~30 m/s	
Wind Speed_2	B지점 풍속	W_S2	INT	1	범위내	
Wind Direction_1	A지점 풍향	W_D1	INT	1	0~360 범위내	
Wind Direction_1	B지점 풍향	W_D2	INT	1		
Function No	2	Function Name	기상 일반정보			
Table No	Met_2	Table Name	Met_Weather			
Identifier	Register No	Length	초기이행건수	년간발생건수		
일련번호	한글 항목명	영문 항목명	속성	길이	비고	
Air Pressure	대기압	A_P	INT	2		
Temperature	기온	A_Temp	INT	1		
Humidity	습도	A_Humi	INT	1		
wavelet	파도높이	Wave	INT	1		

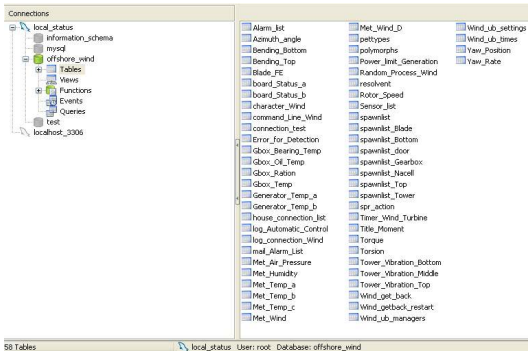


그림 4. Offshore Wind Database Table 설계화면

4. 비교 분석

본 논문에서는 SCADA 시스템의 관리능력 향상을 위한 해상풍력 논리 데이터베이스를 설계하였고 설계 후에 수치성능 비교분석을 통하여 기존의 SCADA 시스템과 차별화된 점을 보였다. 전체 모든 수치 데이터를 데이터베이스 설계를 통해 즉시 저장되어 보관되어야 할 데이터와 유희 데이터 처리 능력, 그리고 데이터의 수집 타이머가 각각의 가중치에 따라 데이터 보관 주기가 다르기 때문에 데이터를 효과적으로 관리하고 보관함으로써 얻어지는 장점은 기존의 SCADA 시스템에 비해 차후에 이어질 고장진단, 풍력시스템 관리, 운영에 보다 유연적인 데이터 마이닝을 제공할 수 있다. 데이터 성능향상 기능 비교를 토대로 본 논문에서 설계한 풍력전산 데이터베이스가 기존의 풍력시스템 보다 원활한 데이터 관리, 풍력 시스템의 고장진단 관리에 있어서 우수함을 보였다. 다음은 본 논문에서 제안하고 있는 기능들을 비교한다.

첫째, DATA 보관 효율성 항목에서는 기존 SCADA system과 설계 후에는 데이터의 단편화와 용량 설계에 따라 효율적으로 보관이 가능해 진다. 이러한 데이터의 단편화를 통한 데이터의 무게 감소와 보관의 편리함은 기존의 SCADA와 비교해 볼 때 저장공간의 축소로 인하여 데이터 관리의 체계성을 향상시켰다고 있다고 볼 수 있다.

둘째, DATA 수집항목을 보면 고정적으로 SCADA 시스템에 제한적으로 수집되어지는 종전 방식에서 데이터베이스 설계를 통하여 풍력 시스템에서 관리되는 모든 제어신호를 포함한 풍향 자료와 풍력발전기 시스템 상태자료를 모두 포괄적으로 포함하여 관리하지만 데이터를 유희데이터와 중요데이터를 구분하여 각각 가중치와 보관기간의 차이를 데이터설계에 고려하였다 이는 데이터 관리가 비교적 짧아 접근을 자주해야 하는 단점을 보완할 수 있다.

셋째, 원격제어 관리 항목에서는 기존의 SCADA 시스템에서 제공하는 원격제어 항목과 감시만 허용이 되었지만. 데이터베이스를 설계하고 이를 통한 시스템관리 체계에서는 이더넷 환경 또는 이에 준한 통신환경상황에 모든 제어신호와 감시가 가능해진다. 이를 위해서는 데이터베이스의 보안 또한 고려되어야한다.

마지막으로 기존의 SCADA 시스템이 데이터의 추출과 관리 능력이 제공되는 텍스트나 엑셀등의 형태로 재가공의 복잡한 과정을 거쳐 데이터를 분석하고 자료를 확보하였지만, 설계 후 각각의 사용자가 자료를 원하는 형태로 조절할 수 있게 된다. 기존의 SCADA 시스템과 비교를 통해 본 논문에서 제안하고 있는 풍력 데이

터베이스 설계를 통한 풍력시스템 설계는 스마트 풍력시스템으로의 진보를 가져 올 수 있다.

표 4. 기존 SCADA와 데이터베이스 설계 후의 차이점 비교

설계전후 비교항목	SCADA system	데이터베이스설계 후
DATA 보관 효율성	15일~30일 주기적인 백업 필요	데이터의 단편화 데이터 용량 설계에 따라 수개월 내지는 년단위 가능
DATA 수집항목	고정적 SCADA 시스템에 제한적	수집항목의 다양성, SCADA 시스템 이외에도 풍력시스템에서 발생하는 모든 수치 데이터의 수집과 관리가 용이함.
원격제어 관리능력	SCADA 시스템에서 제공하는 범위내	인터넷 환경안에서 원격으로 모든 관리 제어능력이 가능 보안의 필요성
데이터 추출, 관리 능력	Text 엑셀, 파일의 형태 재가공이 필요함.	데이터의 형식, 형태, 사용자 측면에서 데이터를 분별하여 추려내기가 용이.

5. 결 론

이 논문에서는 해상풍력 시스템에서 SCADA 시스템의 관리능력 향상을 위한 논리 데이터베이스를 설계하였고, 기존의 SCADA 시스템과 비교 분석을 실시하였다. 비교분석을 통해 풍력 데이터베이스를 설계하였을 때 데이터의 단편화를 통한, 적제용량의 감소, 풍력시스템의 전반적인 수치데이터 관리, 원격지 제어 및 감시의 다각화, 데이터의 활용도 증대, 보안강화 등이 도출되었다. 풍력 시스템의 가동률은 시스템의 전력생산에 직결되는 영향을 미친다. 더욱이 해상과 같이 접근이 용이하지 않은 특수한 상황에서는 이를 위해서는 철저한 원격지 감시와 제어가 필요하다. 원격지 감시 제어의 가장 선결적으로 처리되어야 할 과제는 모든 제어와, 감시, 모니터링, 풍황 자료를 데이터베이스 설계를 통해 시스템 전체 관리를 하는 것이다. 본 논문에서 제시한 , 설계에 비추어 SCADA 시스템과 비교분석 하였다. 이러한 데이터베이스는 풍력 시스템에 고장진단, 고장예측, 원격제어, 모니터링, 시스템 감시, 자가진단 등과 같은 서비스들

에 좀 더 가까이 접근할 수 있는 스마트 풍력시스템의 토대가 될 수 있다. 또한 향후 연구를 통해 풍력시스템에 블레이드, 피치, 요 제어 등과 같은 제어신호, 지형정보 시스템과 주위 환경 데이터 전체를 실시간 데이터베이스화 하여 이를 통한 고장분석, 장애 원인규명, 고장 미래 예측 등을 풍력시스템에 적용한다면 지능형 풍력 시스템 서비스가 가능할 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 “해상풍력 실증연구단지 조성” 사업의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 경남호, “해상풍력발전기술”, 한국태양에너지학회 Vol3, No,3 pp. 56~68, 2005
2. 경남호, “한반도해역의 해상 풍력 자원 평가”, 한국태양에너지학회 Vol23, No 2, 2003
3. 김창석, “개체-관계 모델에서 XML Schema로 변환, 한국지능시스템학회 Vol.14 No,1 2004
4. 이철수, “SCADA 시스템 보안성강화 방안” 사어비시큐리티, 2006
5. Reetz,j. "A Method for Structural Health Monitoring of Offshore Wind Turbines", Aalborg, IOMAC/Aalborg University 2007
6. Hinrichs,H. "Condition Monitoring based Maintenance Strategies for Operating Offshore Wind Farms", Delft, the Netherlands; Delft University of Technology 2006
7. Rohrmann,R. G. "An integrated monitoring system for offshore wind energy turbines", Rotterman,Netherlands;; Millpress. 2005
8. English, L, Improving Data Warehouse and Business Information Quality, John Wiley & Sons, Inc, 1999
9. Howard, P., Data Quality Products : an evaluation and comparison, Bloor Research, 2004