

계측기기 자동교정 및 모니터링 기술개발

조현섭*, 민진경**

*청운대학교 디지털방송공학과, **연세대학교 산학협력단
e-mail : chohs@chungwoon.ac.kr

Development of auto calibration program for instruments

Hyun-Seob Cho*, Jin-Kyoung Min**

*Dept of Digital Broadcast Engineering Chungwoon University
** Yonsei Uni. Industrial Academic Co-Operation Foundation

요 약

본 논문에서는 컴퓨터로 정밀 계측기기들을 자동 제어하고 데이터를 측정하기 위하여 기존의 상용 프로그램을 사용하지 않고 Excel VBA(Visual Basic for Applications)를 이용하는 방법에 대하여 연구하였다. 이는 반복측정 및 통계적 수치계산 등에서 많은 장점을 지니고 있어 수많은 국가교정기관 및 일반 산업체에서 유용하게 사용될 수 있으리라 사료된다.

Keyword: TCP-IP, ATM, MTS 트래픽 혼잡제어, 통신망, 컴퓨터 네트워크

1. 서론

본 논문에서는 다양한 계측기기들의 자동 제어를 위하여 제어대상 계측기기의 일반적인 프로그램(Procedure)들은 항상 수정이 가능한 Excel Sheet 상에 기술하였고 나머지 변하지 않는 제어 알고리즘, 명령의 해석 등은 Excel 내부의 VBA로 작성하였다. 이런 이원화된 프로그램 구조는 제어대상이 바뀌었을 때 Main Control Program은 그대로 사용이 가능하고 제어대상에 대한 Procedure 만을 수정해 사용이 가능하도록 하므로 적응력이 강하게 된다.

VBA로 작성한 Main Program에서는 Excel Sheet에 기술한 Procedure를 순차적으로 읽어 해독하는 방식을 사용하므로 사용자의 입장에서는 계측기기에 데이터를 보내는 명령과 받는 명령만 알면 되고 어떻게 보내고 받는가에 관한 문제는 관여하지 않아도 되는 편리함을 제공한다.

2. 본론

2.1 명령어의 구조 및 동작

Excel VBA 내에서 Cell 주소지정의 편리성을 이용하여 각 Cell에 의미를 부여하는 방식을 채택하였다. VBA Main Program에서는 정해진 개수의 Cell들을 Scan하여 해석한 후 명령을 실행하는데 명령의 구성은

일반적인 동작에서

[Description] + OP Code + Target + [Delay] + Operand + [Repeat] 이며 OP Code에 해당하는 그림 2.1의 Function Code에 따라 각각 다른 동작을 수행한다.

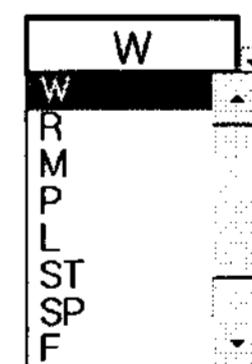


그림 2.1 Function Code의 구성

2.1.1 Description Code

Description Code는 현재 Program의 동작을 기술하는 부분이며 측정결과에서는 주석문으로 나타난다. Main Program에서는 Description Code를 발견하면 다음 Cell인 Function Code를 조사하여 내용이 없으면 Test Procedure의 시작부분임을 알고 Cell의 시작주소와 내용을 'Item Select Window'에 추가한다. Description Code는 Function Code에 따라 기타 여러 가지 용도로 사용이 되며 다음과 같이 정의된다.

- Function Code = ' ' : Procedure의 주석문
- Function Code = 'P' : 그림의 위치 지정

· Function Code = 'R' : 읽은 값의 주석문

2.1.2 OP Code

Procedure Edit Sheet에서 한 행(row)의 동작을 결정하는 Factor이며 Function 기능을 가지는 Cell이다. 8개의 Function 중에서 선택하거나 직접 입력이 가능하며 각 Function의 기능은 표 2.1과 같다.

표 2.1. Function Code

Function Code	Operation
W	Write to Instrument
R	Read from Instrument
P	Show Picture form
M	Message output
L	Loop
ST	Option Start
SP	Option Stop
F	Formula

Write는 계측기기로 명령을 보낼 때 사용하며 그 형식은 표 2.2와 같다.

표 2.2. Write Function

Fnc	Tgt	Dly	Command
W	SA	n sec	RBW 100HZ

표 2.2.에서 Tgt(Target)는 명령을 보내고자하는 목적지 장비의 주소이고, Dly(Delay)는 계측기기로 명령을 보내기 전에 지연시간이 필요할 경우 초(Second)단위로 기재한다. 최종적으로 보내고자하는 명령은 Command Cell에 기재된다.

Read는 계측기기로부터 Data를 읽어올 때 사용하며 그 형식은 표 2.3과 같다.

표 2.3. Read Function

Fnc	Tgt	Dly	Command	Rpt
R	SA	n sec	TAKE SWEEP	n

표 2.3에서 Tgt(Target)는 Data를 받고자하는 계측기기의 주소이고, Dly(Delay)는 계측기기로부터 Data를 읽기 전에 지연시간이 필요할 경우 초(Second) 단위로 기재한다. Rpt(Repeat)는 여러 번 반복하여 읽어올 경우 정수형으로 n회 지정하며 만약, Command Cell에 내용이 있을 경우 Command Cell의 내용을 명령문으로 Write하고 n회 반복하며 읽어온다. 기타 Procedure 실행 중 Message를 나타낼 필요가 있을 경우에는 Function Code로 'M'을 사용하고 Command Code에는 Message 내용을 기재하며, Picture를 보여줄 때에는 Description Code에 그림파일의 파일 경로를 지정하고 Function Code에 'P', 그리고 Command Code에는 그림과 함께 나타낼 Message를 기재한다. Loop는 계측기기의 출력 값이나 지시 값이 어느 구

간 내에 들어올 때까지 명령을 반복할 때 사용되며 그 형식은 표 2.4와 같다.

표 2.4. Loop Function

Fnc	Tgt	Dly	Command	Rpt
L	SA	1	ML?	
		-0.1	-1 (기준값)	0.1
W	SG1	PL	0.01	DB
W	SG1	PL	-0.01	DB

표 2.4의 두 번째 행(Row)은 첫 번째 행에서 읽은 값이 Delay Code의 최소값과 Repeat Code의 최대값 사이에 존재할 때까지 세 번째 행 또는 네 번째 행을 반복한다. 표 2.4에서는 SA의 주소를 가지는 계측기기로 부터 읽어온 값이 -0.1보다 작으면 세 번째 행의 Command 변수 항을 기준값에 더하여 "PL-0.09DB"를 SG1의 주소를 가지는 계측기기에 출력하고 0.1보다 크면 네 번째 행의 Command 변수 항을 기준값에 더하여 "PL-1.01DB"를 SG1의 주소를 가지는 계측기기에 출력한다.

ST(Start)와 SP(Stop) Function은 계측기기별로 특별한 Option을 가지고 있는 경우 'Item Select Window'에서 Option을 Check 했을 경우 지원하는 기능이다. Description Code에 Option 번호를 기입하고 'Item Select Window'에서 해당 Option Check Box가 'True'로 설정이 되면 아래에 따르는 Procedure를 실행하고 그렇지 않으면 Skip한다.

F(Formula) Function은 변수 조작이 필요한 경우에 사용되며 그 형식은 표 2.5와 같다.

표 2.5. Formula Function

Fnc	Tgt	Dly	Command	Rpt
F			M1=	3
F			M2=	2
F			M1+M2	

Formula Function을 지원하는 메모리 변수는 M1부터 M4까지 4개의 변수가 존재하며 모든 연산의 중심은 M4가 담당한다. 첫 번째 행은 M1 변수에 3을 저장하고, 두 번째 행은 M2 변수에 2를 저장한다. 세 번째 행은 M1과 M2를 더하여 M4에 저장한다. 이 메모리 변수들은 계측기기로부터 읽어온 값에 Offset을 주거나 출력할 값의 외부참조 등에서 유용하게 사용된다.

3. Procedure의 작성

일반적으로 계측기기의 교정(Calibration)을 담당하는 기관에서는 그림 3.1과 같은 순서의 작업 흐름을 가진다. 본 논문에서는 Excel VBA를 프로그래밍 도구로 사용하고 있으므로 Main Program은 Excel VBA로 작성하였지만 계측기기로 명령을 보내고 받는 등의 Procedure는

Excel Sheet 내에 작성하였다. 이는 Excel Program의 Edit 기능을 모두 사용할 수 있게 되어 Procedure 작성의 편리함을 제공해 준다.

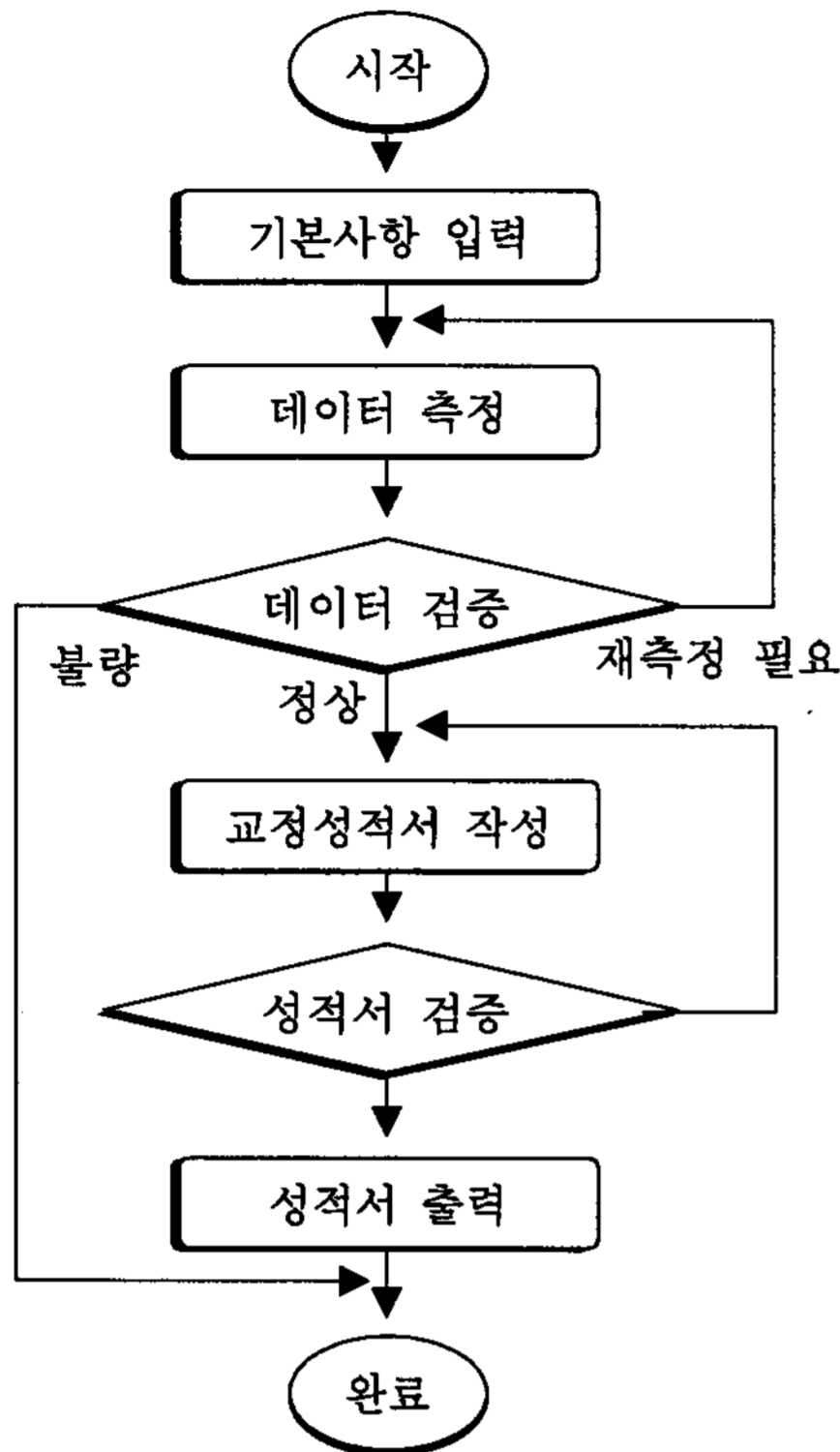


그림 3.1 Calibration Process

Procedure의 작성은 그림 3.1의 “데이터 측정” 부분을 Excel Sheet 상에서 작성하는 작업이며, 기타 “기본사항 입력”, “데이터 검증” 등은 Main Program에서 이루어진다. Procedure는 위에서 기술되어진 명령어의 형식에 따라서 작성되어지며 Main Program에서는 이 Procedure가 나열된 Sheet의 각 Cell을 Scan 하여 명령을 수행한다.

그림 3.2는 Procedure를 작성하는 Excel Sheet이며 각 Column에 대응되는 의미는 다음과 같다.

- B Column : Test Description Code
- C Column : Function Code
- D Column : Target Code
- E Column : Delay Code
- F Column : Command Code
- G Column : Repeat Code
- H Column : Remark

4. 실행결과

고주파 신호를 주파수 평면에서 분석하는 계측기기인 RF Spectrum Analyzer를 본 논문에서 제시한 Excel VBA로 개발한 자동 교정용 프로그램으로 모의 교정한 결과를 입고절차부터 살펴보면 다음과 같다.

4.1 기본사항관리

계측기기를 의뢰한 고객과 장비에 대한 기본사항을 기재하는 기본사항관리폼은 그림 4.1과 같다. 기본사항관리폼에서는 의뢰인과 의뢰장비 및 작업관련 자료도 함께 입력되어져 교정이 완료된 후 교정성적서에 기록이 된다.

그림 3.2 Procedure Edit Sheet

그림 4.1 기본사항관리폼

4.2 Calibration Item Select

Procedure에서 작성한 Test Description Code를 모두 Scan하여 교정하고자하는 Item만을 선택하도록 하는 화면이며 계측기기별 Option 또한 선택이 가능하다.

그림 4.2. Calibration Item Select

4.3 교정 결과

Procedure에서 작성한 사항을 모두 실행시켜본 결과 Spectrum Analyzer의 교정 결과로 그림 4.3과 같은 Data를 얻을 수 있었다.

Test Description	Function	Target	Delta	Command	Passes
1. Frequency Reference Output Accuracy Cal.					
10 MHz Reference Frequency	1.0E+07	1.0E+07	1.0E+07	1.0E+07	1.0E+07
Calibrator Output Frequency	3.0E+07	3.0E+07	3.0E+07	3.0E+07	3.0E+07
2. Calibration Amplitude Accuracy Cal.					
Calibrator Amplitude	-3.9E+00	-3.9E+00	-3.9E+00	-3.9E+00	-3.9E+00
3. Display Average Noise Level Cal.					
1 MHz	-1.2E+02	-1.2E+02	-1.2E+02	-1.2E+02	-1.2E+02
10 MHz	-1.1E+02	-1.1E+02	-1.1E+02	-1.1E+02	-1.1E+02
100 MHz	-1.0E+02	-1.0E+02	-1.0E+02	-1.0E+02	-1.0E+02
1 MHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02
10 MHz	-1.2E+02	-1.2E+02	-1.2E+02	-1.2E+02	-1.2E+02
100 MHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02
1 GHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02
2 GHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02
3 GHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02
5 GHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02
10 GHz	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02	-1.3E+02

그림 4.3 Spectrum Analyzer의 교정 결과

4.4 교정 결과의 검증

교정이 완료된 이후 생성된 Data가 계측기기의 제작사에서 제공한 Specification 내에 모두 만족하는지를 확인하는 단계로써, 교정결과를 기록하는 Sheet의 상·하한 값을 교정결과와 비교하여 그 결과를 알려준다. 만약 Specification을 벗어나는 Step이 있다면 해당 교정결과를 적색으로 표시하고 Error의 개수 알려준다.

교정 번호 (Certificate Number)	A2003-S00276				
기기 번호 (Serial Number)	130200995				
자산번호 (Property Number)	DCC0607				
464	7.1 GHz	-5	0.42	5	± 0.13
465	7.2 GHz	-5	0.32	5	± 0.13
466	7.3 GHz	-5	0.11	5	± 0.13
467	7.4 GHz	-5	0.38	5	± 0.13
468	7.5 GHz	-5	0.28	5	± 0.13
469	7.6 GHz	-5	0.22	5	± 0.13
470	7.7 GHz	-5	0.35	5	± 0.13
471	7.8 GHz	-5	0.30	5	± 0.13
472	7.9 GHz	-5	0.39	5	± 0.13

그림 4.4. 교정 결과의 검증

4.5 교정 성적서의 발행

그림 4.4 교정 결과의 검증에서와 같이 Error가 발생되지 않으면 그림 4.5와 같이 교정 성적서를 발행한다. 이 교정 성적서는 국내·외에서 동일한 효력을 가지는 증명서가 되며, 제품을 생산하거나 또는 Test 할 경우 계측기기의 신뢰성을 확립할 수 있는 기초자료를 제공하게 된다.

5. 결론

정밀 계측기기의 성능을 보장하고 검증하는 계측기기 교정작업을 본 논문에서 제시한 Excel VBA로 개발한

자동 교정용 프로그램에 적용해본 결과상용으로 나와 있는 Hewlett Packard 社의 VEE나 National Instruments 社의 Labview 보다도 편리함을 알 수 있었다. 그 이유 중 하나는 계측기기를 교정하거나 Test할 경우 측정 결과의 신뢰성 문제로 다수의 반복 측정과 여러 가지 통계학적인 수식을 사용하게 되는데 본 논문에서 제시한 프로그램의 경우 Excel 프로그램 내에서 사용하기 때문에 Excel의 내장함수를 그대로 사용할 수 있기 때문이다. 또한 MS Office가 설치되어 있는 컴퓨터라면 별도의 추가 비용 없이 프로그램을 작성하고 사용할 수 있기 때문이다.

현재 국가교정기관으로 등록되어 있는 약 150여 개의 기관 대다수가 Excel Program을 사용하여 교정 성적서를 작성하고 있다. 본 논문에서 제시한 계측기기 자동 교정용 프로그램은 기존에 교정 성적서용으로 작성해 놓은 Excel Sheet에 새로 개발한 Excel Sheet와 Module의 추가만으로 자동화 교정 프로그램을 작성할 수 있는 환경의 제공이 가능하게 하였다. 이로써, 자동 교정용 프로그램 개발에 필요로 하는 비용의 최소화와 수학 계산식 사용의 유리함, 그리고 기존의 Excel Sheet에 바로 적용이 가능하다는 장점이 있어 많은 국가기관 및 산업체에서 유용하게 사용되어질 수 있으리라 사료된다.

Test Description	Units	Measured	Spec	Acceptance
1. Frequency Reference Output Accuracy Cal.				
10 MHz Ref. Frequency	Hz	10,000,000.0	10,000,000.0	± 0.4
Calibrator Output Frequency	Hz	30,000,000.0	30,000,000.0	± 0.4
2. Calibration Amplitude Accuracy Cal.				
Calibrator Amplitude	dBm	-3.9	-3.9	± 0.14
3. Display Average Noise Level Cal.				
Frequency	Hz	Measured	Spec	Acceptance
1 MHz	-	-112.00	-112.00	± 1.0
10 MHz	-	-113.00	-113.00	± 1.0
100 MHz	-	-114.00	-114.00	± 1.0
1 GHz	-	-115.00	-115.00	± 1.0
10 GHz	-	-116.00	-116.00	± 1.0
20 GHz	-	-117.00	-117.00	± 1.0
3 GHz	-	-118.00	-118.00	± 1.0
5 GHz	-	-119.00	-119.00	± 1.0
10 GHz	-	-120.00	-120.00	± 1.0

그림 4.5. 교정 성적서

참고 문헌

- [1] National Instruments, "NI-488.2 Function Reference Manual for Windows", June 1999.
- [2] Hewlett Packard, "HP Standard Instrument Control Library", May 1996.
- [3] Hewlett Packard, "HP Instrument Systems HP-IB Theory", May 1986.
- [4] 이형배, "한글 엑셀 2000 VBA", June 2001.