

Agilent 990 PRO Micro GC 시스템을 이용한 천연가스의 발열량 계산

저자

Jie Zhang
Agilent Technologies, Inc.

개요

본 응용 자료는 천연가스의 에너지 함량을 자동으로 분석 및 계산하는 방법에 대한 Agilent 990 process(PRO) Micro GC의 기능을 소개합니다.

서론

천연가스는 중요한 에너지 자원입니다. 그것은 제품의 용해, 건조 및 베이킹과 광택제로서 널리 사용됩니다. 일반 가정에서는 요리, 난방 및 조명으로 사용되며, 자동차 연료로도 사용될 수 있습니다. 천연가스의 화학 에너지는 천연가스와 산소의 반응으로 방출됩니다. 천연가스의 거래는 주로 그것의 에너지 함량에 따라 결정됩니다. 일반적으로 천연가스에 대한 가스 크로마토그래피(GC)분석은 에너지 함량 평가를 위해 사용됩니다.

ASTM international(전신. 미국재료시험협회, ASTM) 및 국제 표준화 기구(ISO)와 협업하는 가스 취급자 협회(GPA)와 같은 여러 기관은 개별 화합물의 에너지 값 및 기타 물리 상수에 기초한 천연가스 에너지 계산에 대한 여러 표준을 개발했습니다.

990 PRO Micro GC는 지능형 공정 GC로 천연가스 스트림의 조성을 빠르게 분석한 다음, 위에 언급한 표준에 따라 그것의 에너지 함량을 자동으로 온보드 계산합니다.

Agilent PROstation 소프트웨어를 사용하여, 사용자는 사전 정의된 에너지 계산법(GPA/ATSM/ISO/GOST 표준 준수)을 990 PRO Micro GC에 로드할 수 있습니다. 크로마토그래피 분석을 완료하면, 990 PRO Micro GC는 각 표적 성분에 대한 정규화 몰(mol) 농도를 생성한 다음, 이를

자동으로 내부 에너지 함량 계산 절차에 입력합니다. 마지막으로, 분석한 가스 스트림에 대한 보고서는 총 고/저위 발열량 (액체 또는 가스 상으로 존재하는 수분에 따라 다름), 밀도, 상대 밀도 및 Wobbe 지수를 포함한 에너지 함량 정보를 생성할 수 있습니다.

본 응용 자료는 990 PRO Micro GC를 이용한 천연가스의 조성 분석 및 발열량 계산을 설명합니다.

실험

2채널 Agilent 990 PRO Micro GC를 이용하여 모의 천연가스를 분석했습니다. 채널 1은 질소, 메탄, 이산화탄소 및 에탄 분석을 위한 10m, Agilent J&W CP-PoraPLOT U 백플러시 채널이며, 채널 2는 프로판, isobutane, 부탄, 2,2-dimethylpropane, isopentane, 펜탄 및 헥산 분석을 위한 6m, Agilent J&W CP-Sil 5CB 일자형 채널입니다.

사용한 990 Micro GC에는 PRO 및 에너지 미터 라이센스가 있습니다. PRO 라이센스를 사용하면, 사전 로드한 분석법에 따른 적분, 식별 및 정량을 포함한 사전 설정 시간과 온보드 데이터 처리로 기기를 자동 실행할 수 있습니다. 에너지 미터 라이센스는 PRO GC 정량 결과에 기초한 연료 가스 에너지 함량의 자동 온보드 계산을 가능케 합니다.

표 1은 천연가스 조성 분석에 사용한

분석법입니다. 표 2는 가스 시료 조성입니다. 분석 파라미터는 Agilent PROstation 소프트웨어를 이용하여 990 PRO Micro GC 메인보드에 사전 입력하였습니다. 각 표적 성분에 대한 외부 표준물질 검량선은 PROstation으로 작성하였습니다.

표 1. Agilent 990 PRO Micro GC의 구성 및 분석 조건

Agilent 990 PRO Micro GC 파라미터		
채널 유형	10m, Agilent J&W CP-PoraPLOT U, 백플러시	6m, Agilent J&W CP-Sil 5 CB, 일자형
샘플링 시간	30초	30초
주입구 온도	110°C	110°C
컬럼 압력	200kPa	175kPa
컬럼 온도	80°C	70°C
백플러시 시간	11.3초	NA

표 2. 모의 천연가스 조성

화합물	농도(mol%)
질소	2.04%
이산화탄소	3.12%
에탄	0.575%
프로판	0.084%
Isobutane	0.011%
부탄	0.011%
2,2-Dimethylpropane	0.0106%
Isopentane	0.0097%
펜탄	0.011%
헥산	0.0102%
메탄	Balance

정규화 분석법은 실제 시료 분석 전에, 검량 및 에너지 계산 분석법과 함께 메인보드에 정의 및 입력하였습니다. 분석이 시작되면, PRO GC는 온보드 데이터 수집 및 계산 방법을 이용하여 시료에 대한 에너지 정보를 생성합니다. 본 응용에서는, 분석법 설정(그림 1)에 나타난 것과 같이 ISO 표준 6976-2016에 근거하여 계산법을 개발하였습니다.

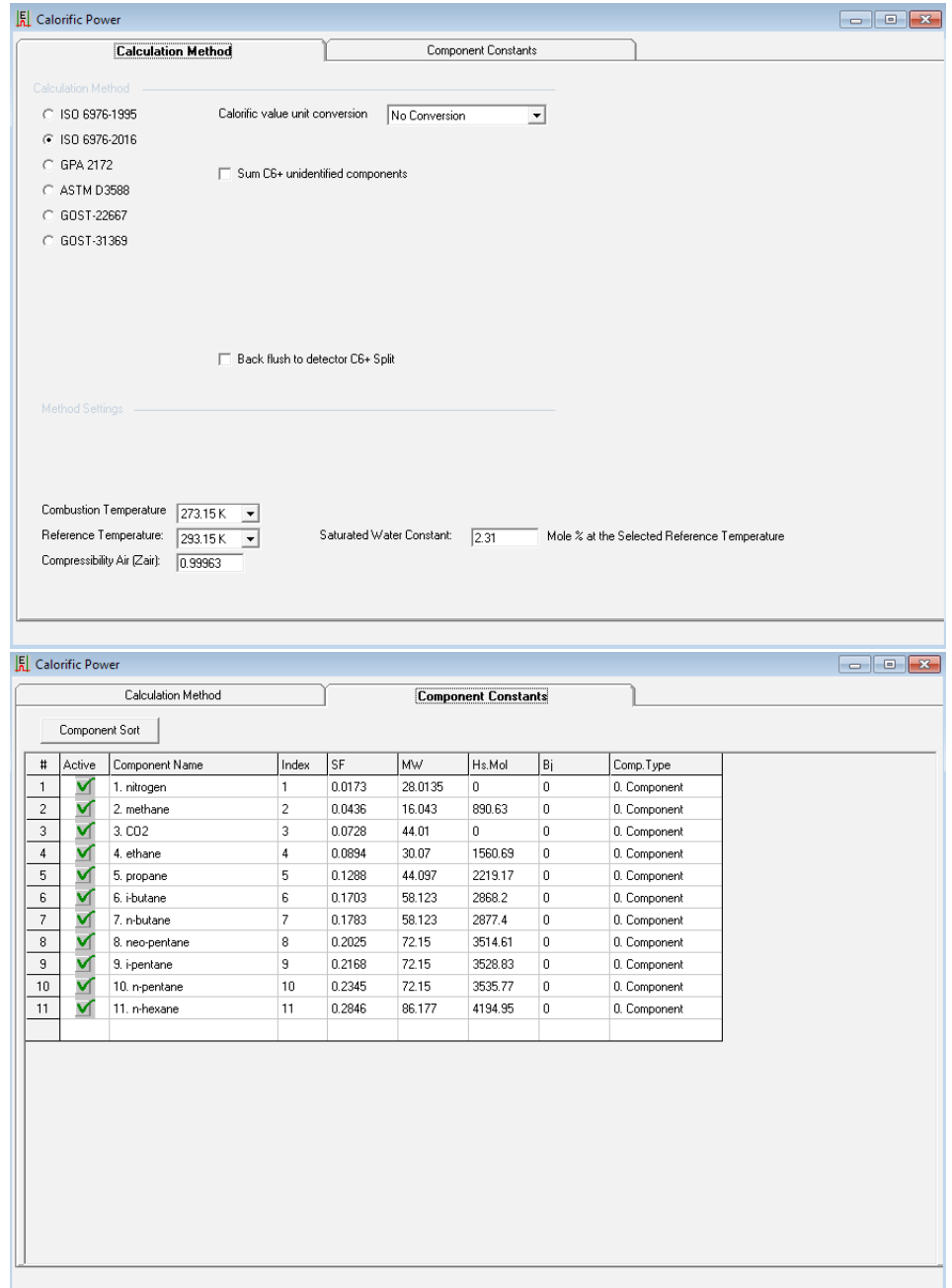


그림 1. Agilent PROstation 소프트웨어의 ISO 표준에 따른 발열량 계산법의 설정

결과 및 토의

그림 2a와 2b는 모의 천연가스 시료에 대한 채널 1과 2에서 생성한 크로마토그램입니다. 피크는 각 분석 채널에 최적화된 적분 파라미터에 따라 온보드 적분하였습니다. 적분 결과는 사전 입력된 ESTD 검량선을 기반으로 각 표적 성분에 대한 정량 결과를 생성하는 데 사용하였습니다. 농도 정규화는 정규화 표의 설정에 따라, 두 가지 분석 채널에서 모든 표적 성분에 대해 이루어졌습니다(그림 3). 그런 다음, 정규화 농도를 사전 정의된 에너지 계산 방법에 따라 온보드 발열량 계산에 사용하였습니다.

그림 4는 모의 천연가스에 대한 정량 및 에너지 함량 계산 결과입니다. "에너지" 부분은 계산에서 준수한 표준과 압축성, 상대 밀도/밀도, 몰/무게/부피 단위의 고/저위 발열량 및 Webbe 지수와 같은 표준으로 계산하기 위해 필요한 주요 물리적 특성을 보여줍니다. 보고서에 표시되는 특성 유형은 표준 요건에 따라 달라집니다.

크로마토그래피 분석에 기초한 정량 결과는 보고서 하단에 표시됩니다. ESTD 농도와 정규화 농도 모두가 보고됩니다. 각 크로마토그래피 분리가 완료되는 즉시, Agilent PROstation 소프트웨어는 보고서를 작성합니다. 이 작업을 적용한 조건의 분석 주기는 샘플링에서 분리 및 보고서 작성까지 약 90초였습니다. 연속 흐름 모드를 사용하면 분석 주기 시간을 60초로 더 단축할 수 있습니다.

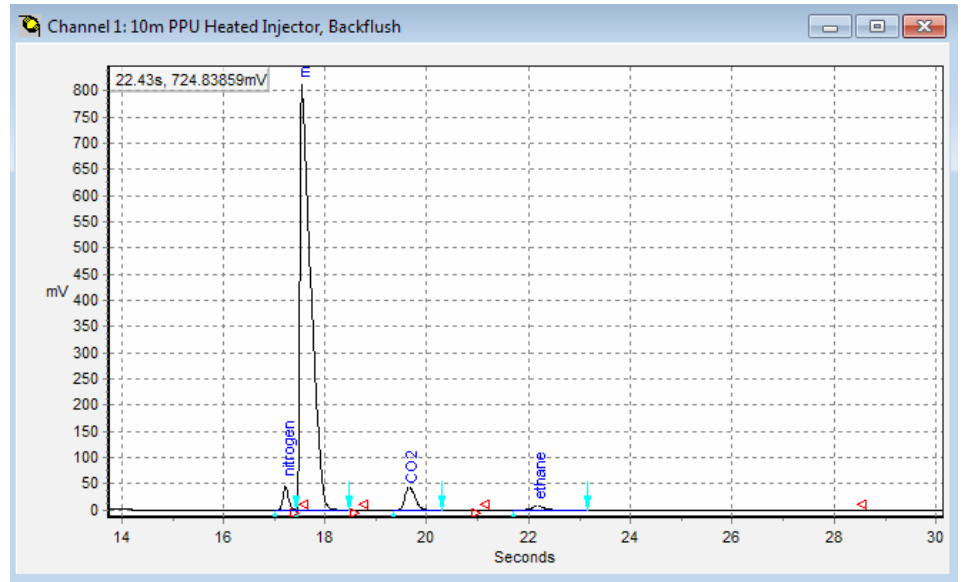


그림 2a. 10m, Agilent J&W CP-PoraPLOT U 백플러시 채널의 N₂/메탄/CO₂/에탄 크로마토그램

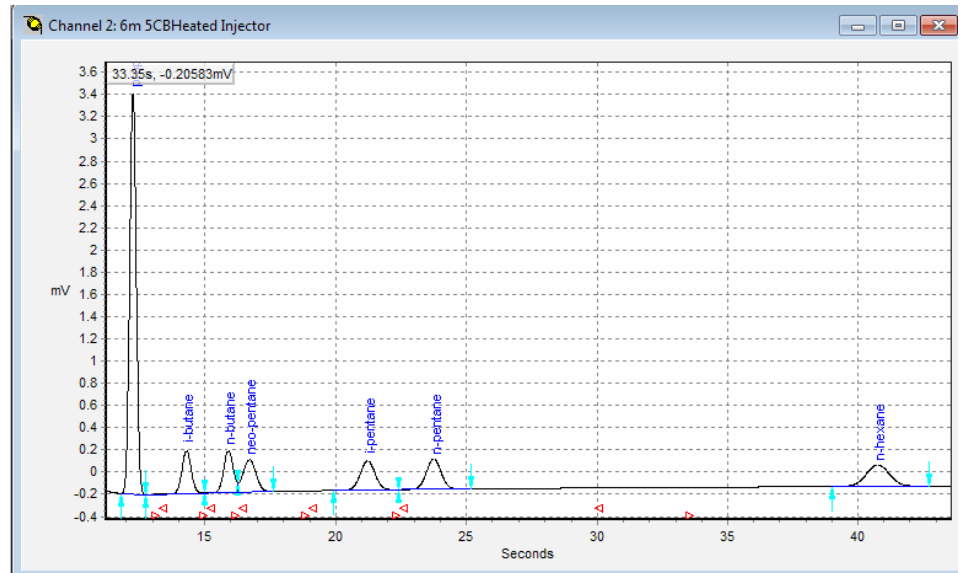



그림 2b. 6m, Agilent J&W CP-Sil 5 CB 채널의 C3~C6 탄화수소 크로마토그램

 Normalization Table

Synchronize

#	Active	Peak Name	Channel	Ignore	Bridge Comp #	Estimate	Estim.Conc	Test.Conc	RefConcPeak#	RefPeakConc%	Group#
1	<input checked="" type="checkbox"/>	nitrogen	1	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
2	<input checked="" type="checkbox"/>	methane	1	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
3	<input checked="" type="checkbox"/>	CO2	1	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
4	<input checked="" type="checkbox"/>	ethane	1	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
5	<input checked="" type="checkbox"/>	propane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
6	<input checked="" type="checkbox"/>	i-butane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
7	<input checked="" type="checkbox"/>	n-butane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
8	<input checked="" type="checkbox"/>	neo-pentane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
9	<input checked="" type="checkbox"/>	i-pentane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
10	<input checked="" type="checkbox"/>	n-pentane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0
11	<input checked="" type="checkbox"/>	n-hexane	2	<input type="checkbox"/>	0. None	<input type="checkbox"/>	0	0	0	0	0

그림 3. 본 작업의 천연가스 분석을 위한 정규화 표 설정

SAMPLE		ENERGY				CONDITIONS	
Sampling Time	08/10/2019 14:10:50	Calc.Method	ISO 6976-2016	Dry	Saturated		
Run Number	3	Water Mole.	[%]	--	2.31	ENVIRONMENT	
Run Type	Analysis	Compressibility	[-]	0.9981	0.9975	Cabinet Temperature	[°C] 34
Calibration Level	0	Molar Mass	[kg/kmol]	17.2666	17.2839	Ambient Pressure	[kPa] 102.1
Stream #	1 (checked)	Relative Density,Ideal	[-]	0.5961	0.5967	SITE INFO	
Sum ESTD	1.0238	Relative Density,Real	[-]	0.5971	0.5980	Customer ID	
Sum Estimates	0.0000	Gas Density,Ideal	[kg/m3]	0.7178	0.7185	Instrument Name	990-PRO Micro GC
Sum Areas	1130262.3775	Gas Density,Real	[kg/m3]	0.7192	0.7203	Serial Number	10001
Total Peaks	11	Superior Heating Value (Volume Real)	[MJ/m3]	35.60	34.79	Tag Number	
Is Startup Run	False	Inferior Heating Value (Volume Real)	[MJ/m3]	32.01	31.29	Cylinder 1 Tag	
Unknown Peaks	6	Superior Heating Value (Volume Idea)	[MJ/m3]	35.53	34.71		
Current Stream #	0	Inferior Heating Value (Volume Idea)	[MJ/m3]	31.95	31.21		
		Superior Heating Value(Mass)	[MJ/kg]	49.50	48.30		
		Inferior Heating Value(Mass)	[MJ/kg]	44.51	43.44		
		Superior Heating Value(Molar)	[kJ/mol]	854.62	834.88		
		Inferior Heating Value(Molar)	[kJ/mol]	768.57	750.82		
<input type="checkbox"/> Hide non Appl.pks		Wobbe Index (Real)	[MJ/m3]	46.07	44.99		
<input type="checkbox"/> Hide Ignored Appl.pks		Wobbe Index inferior	[MJ/m3]	41.43	40.46		

#	Channel	Peakname	ESTD Conc.	Norm. Conc.	Retention [s]	Area	Height	Meth-Index	Group#	R.F.	Weight%
1	1	nitrogen	0.019951	1.948797	17.38	24782.7169	13635198.2879	1	0	8.0504E-07	3.1617
2	1	methane	0.965245	94.283973	17.60	746196.9431	132556588.1529	2	0	1.293553E-06	87.5998
3	1	CO2	0.031328	3.060127	19.75	38813.4314	6589405.0554	3	0	8.071555E-07	7.7997
4	1	ethane	0.005773	0.563867	22.33	7757.2239	1375294.4939	4	0	7.441665E-07	0.9820
5	2	propane	0.000837	0.081791	12.24	1714.7951	352927.5260	5	0	4.883076E-07	0.2089
6	2	i-butane	0.000107	0.010478	14.29	290.7882	39425.5766	6	0	3.688964E-07	0.0353
7	2	n-butane	0.000106	0.010367	15.89	283.3521	38176.9311	7	0	3.745673E-07	0.0349
8	2	neo-pentane	0.000106	0.010374	16.69	282.8061	29531.1083	8	0	3.755436E-07	0.0433
9	2	i-pentane	0.000097	0.009514	21.22	290.1013	26104.6298	9	0	3.357591E-07	0.0398
10	2	n-pentane	0.000110	0.010771	23.74	300.9403	27215.5715	10	0	3.664084E-07	0.0450
11	2	n-hexane	0.000102	0.009941	40.74	332.8352	19101.1810	11	0	3.057677E-07	0.0496

그림 4. Agilent 990 PRO Micro GC로 생성한 에너지 함량 계산 보고서

990 PRO Micro GC는 천연가스 스트림 분석을 위한 "검출기" 또는 "센서"로 작동합니다. PROstation 소프트웨어는

- 분석법, 정성 및 정량 분석법, 에너지 함량 계산 방법 등의 분석법 개발에 사용됩니다.
- 자동 모드 설정
- 결과 출력 방법 정의

이 모든 "명령어"는 PROstation을 이용하여 메인보드에 입력됩니다. 실제 분석에서, PRO Micro GC는 PROstation 소프트웨어와의 연결 없이 독립적인 분석을 수행할 수 있습니다. PROstation 소프트웨어와 연결되지 않았다면, 정량 결과와 에너지 함량은 본 자료의 형식으로는 표시되지 않습니다. 대신, 결과는 그림 5와 같이 990 PRO Micro GC의 터치스크린을 스크롤하여 표시할 수 있습니다. 또한, 결과는 FTP를 통해 .txt 파일 또는 모니터링 및 기록을

위해 Modbus 프로토콜을 이용하여 다른 터미널로 출력할 수 있습니다. 아날로그 출력은 확장 아날로그 보드에 연결하여 전압 또는 전류 신호로 분석 결과를 생성하는 또 다른 방법입니다(그림 6). 아날로그 신호 변환, 정량 결과 또는 에너지 함량은 PRO GC 메인모드에 사전 정의 및 로드할 수 있습니다.

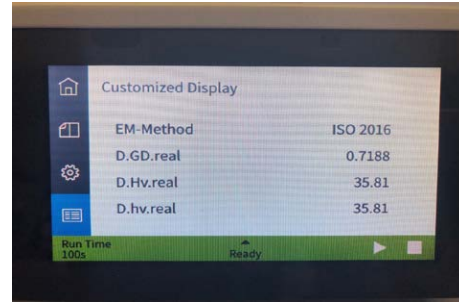


그림 5. Agilent 990 PRO Micro GC 터치스크린에 표시된 발열량 계산 결과

결론

본 응용 자료는 Agilent 990 PRO Micro GC를 이용한 천연가스의 조성 분석 및 에너지 함량 계산을 설명합니다. 990 PRO Micro GC에서 PRO 라이센스 및 에너지 함량 라이센스를 활성화하여 자동으로 연료가스의 조성 분석 및 에너지 함량 계산을 수행할 수 있습니다. 샘플링, 분리, 정량에서 발열량 계산 및 결과 출력까지 PRO Micro GC 메인보드에 사전 입력된 분석법 및 자동화 모드 따라 자동 실행되었습니다. 에너지 계산 방법은 ASTM, ISO, GPA 및 GOST 표준을 포함한 다양한 국제 표준을 준수하여 개발되었습니다. 모든 분석법은 PROstation에서 개발된 후, 독립적인 자동 운용을 위해 990 PRO Micro GC로 다운로드하였습니다. 에너지 함량 계산 결과는 터치스크린에 표시되거나, 모니터링과 기록을 위해 FTP, Modbus 및 아날로그 신호로 출력할 수 있습니다.

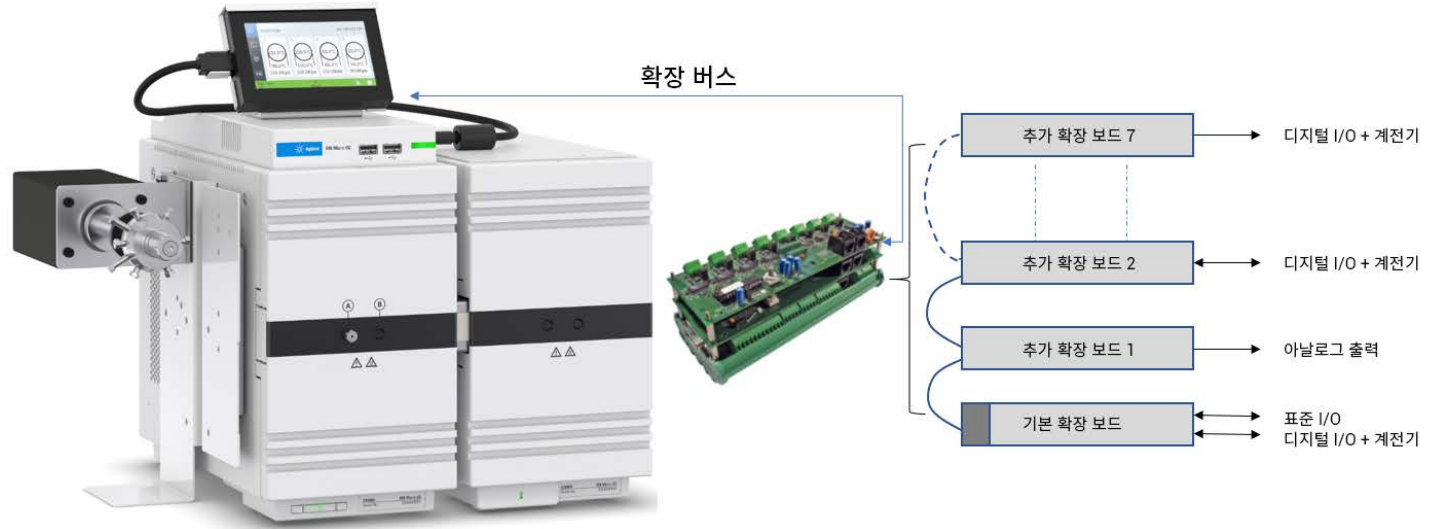


그림 6. 분석 결과의 아날로그 출력을 위한 확장 보드와 Agilent 990 PRO Micro GC의 연결

www.agilent.com/chem

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2019
2019년 10월 9일 한국에서 인쇄
5994-1374KO

서울시 용산구 한남대로 98, 일신빌딩 4층 우)04418
한국애절린트테크놀로지스(주) 생명과학/화학분석 사업부
고객지원센터 080-004-5090 www.agilent.co.kr