

디지털 통신시스템의 음성 전달 Simulator 개발

최 윤 창, 차 성 호, 박 호 중
광운대학교 전자공학과

Digital Speech Communication Simulator

Yunchang Choi, Sungho Cha, Hochong Park
Dept. of Electronics Engineering
Kwangwoon University
e-mail : ycchoi@explore.kwangwoon.ac.kr

요약

고품질의 디지털 이동 통신 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 통신 상황 및 통신 경로에 대한 음질의 검증이 필요하다. 그러나 다양한 환경에서의 음질 측정을 위하여 실제 통신 시스템 환경을 구축하는 것은 시간과 비용이 많이 드는 문제점을 가진다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 디지털 이동 통신시스템의 End-to-End 음성 전달 과정 전체를 Software로 Simulation하는 Simulator를 개발하였으며, 이를 통하여 통신 환경과 경로에 따른 통신 시스템의 통화 품질을 매우 간단하게 측정할 수 있다.

1. 서론

디지털 통신 기술의 발달로 기존의 아날로그 통신 서비스를 대체하는 새로운 디지털 통신 서비스가 많이 시작되었다. 디지털 통신은 아날로그 음성 신호를 디지털 신호로 변환하여 디지털 경로를 통하여 전달한다. 더욱이 전달하여야 하는 디지털 정보의 양을 줄여 보다 효율적인 통신이 되도록 하여야 하며, 이를 위하여 음성 압축기(Vocoder)를 이용한다. 따라서 디지털 통신 서비스를 통하여 직접 들게 되는 음성 신호는 음성 압축기에 의하여 합성된 음성 신호이므로 음성 압축기의 성능과 동작 상태는 통신 서비스의 품질을 결정 짓는 중요한 요인이 된다.

그러나 복원된 음질은 음성 압축기 자체 성능뿐만 아니라 음성 압축기의 동작에 영향을 주는 많은 주위 환경, 예로 입력 음성의 크기 및 주위 잡음 상태, Echo, 데이터 전송 에러, Air 상태, 반복된 음성 압축기 등의 조건에 의하여 복잡하게 결정되므로, 여러 실제 상황에 따른 음성 압축기의 동작을 정확하게 알지 못하면 전체 통신 시스템의 품질을 예측할 수 없다.

고품질의 음성 전달은 통신 서비스의 경쟁력 확보를 위하여 필수적인 항목이며, 이를 위하여 여러 통신 환경에 따른 음성 신호의 변환 과정을 종합적으로 확인하여 최고의 음질 전달을 보장할 수 있도록 하여야 한다. 그러나 실제 통신 시스템에서 음질 확인을 위한 정확한 환경을 구축하는 것이 어렵고 시간과 비용이 많이 드는 문제점이 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본

논문에서는 디지털 이동통신 시스템의 End-to-End 음성 전달 과정 전체를 Software로 Simulation할 수 있는 Simulator를 개발하였다. 본 논문에서 개발한 Simulator는 100% Software로 추후 변경 및 기능 추가가 간단하며 편리한 GUI를 통하여 사용 방법이 간단하다. 또한 MSC, BSC, BTS, Air 등의 모든 통신 경로의 동작 상태를 조절할 수 있고, Tandem Coding, Frame Error, Echo 등의 통신 환경을 정확하게 재현할 수 있으며, 통신 경로의 각 위치에서의 음질 변화를 측정할 수 있는 등의 다양한 기능을 제공한다.

2장에서는 현재 이동 통신 시스템의 구조를 간단히 알아보고, 3장에서는 본 Simulator의 구조와 기능에 대해서 설명한다. 마지막으로 4장에서 결론을 내리겠다.

2. 이동 통신 시스템 구조

본 Simulator에서 다루는 이동 통신 시스템 구성은 그림 1과 같이 크게 단말기(Mobile Station) - Air - 이동 전화 기지국(Base Transceiver Station) - 기지국 제어 장치(Base Station Controller) - 이동 전화 교환국(Mobile Switching Center) - 유선전화기(Land Phone) 단계로 구성되어 있으며, Forward Channel 과 Reverse Channel을 동시에 지원한다.

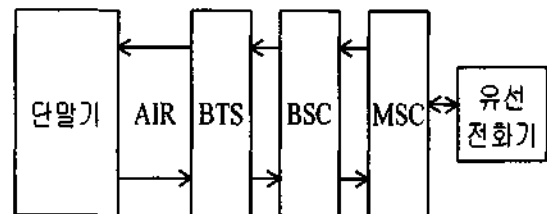


그림 1. 이동 통신 시스템의 Block Diagram

3. Simulator 구조 및 기능

3.1. 파일 입력 및 출력

Simulator를 실행시키면 그림2와 같은 초기화면이 보이고, 여기에서 사용자가 입력/출력 위치 및 입력/출력 File을 자유롭게 선택한다. 즉, 원하는 입력 또는 출력

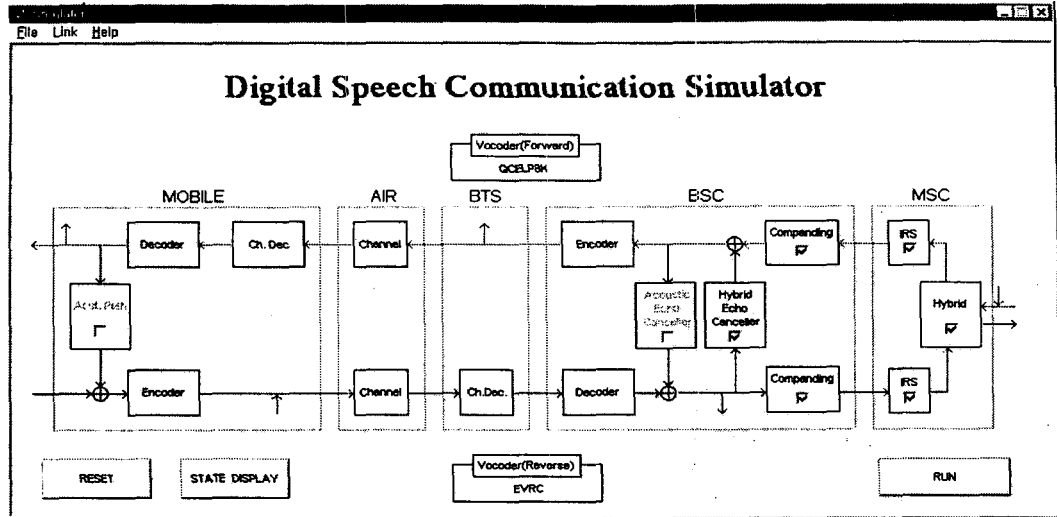


그림 2. 입력 및 출력이 선택된 초기 화면

위치에 해당하는 Block 사이의 Line을 Click하면 그림 3의 창이 열리고, 입력/출력 및 File 이름을 선택하면 선택된 File로부터의 입력 또는 File로의 출력이 실행되며, 그 위치에 화살표가 표시되어 입력/출력 상황을 표시하여 준다. 또한 Reset을 선택하면 이미 그 위치에 선택된 입력 또는 출력이 취소된다. 예로, 그림 2의 상태는 Mobile에서 Packet 형태의 입력과 유선 전화기에서 PCM 입력을 동시에 받고, 기지국의 음성 복원 결과, Forward Channel Air의 Packet, 단말기의 수신 음성 신호를 동시에 출력하도록 입력과 출력을 선택한 결과이다. 또한, 입력 선택은 동일한 Path에 입력이 중복되지 않도록 제한된 위치와 수만 허용되고, 출력 위치와 수는 제한 없이 허용된다. 또한 입력에서 출력까지의 동작 경로를 붉은 색으로 표시해 준다.

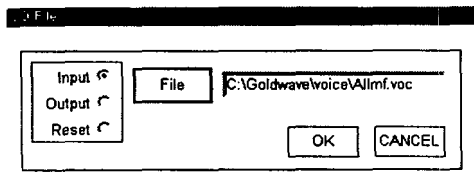


그림 3. 파일 입력/출력 창

PCM 신호의 형태는 A-law/ μ -law/Linear PCM 이 모두 지원되며 위치에 따라 자동 결정되며, File의 Extension은 PCM File은 raw 또는 voc, 패킷 File은 pkt은 가진다. 모든 입력 및 출력 파일은 Binary 파일이며 PCM인 경우 Byte-Swapped Signed Integer 형태로 저장되고, 패킷 데이터의 형태는 선택된 음성압축기에 따라 정의되는데 16-Bit Word 단위로 Byte-Swap 하여 저장되며 프레임의 첫 Word는 데이터 전송률로 정의되며 두 번째 Word부터 패킷 데이터가 된다.

3.2. Vocoder 선택

Simulator가 지원하는 음성압축기는 현재 국내 디지털 이동 통신 서비스에서 사용하고 있는 QCELP8k, QCELP13k, EVRC 등의 3가지이며, Forward Path 와

Reverse Path 별로 하나씩 독립적으로 선택된다. 그림 2는 Forward Path에 QCELP8k, Reverse Path에 EVRC가 선택된 예를 보여준다.

3.3. Encoder

Encoder를 Click하면 선택된 Vocoder에 따라 그림 4의 창이 열리고, Encoder 동작을 위한 여러 가지 Parameter를 선택할 수 있다.

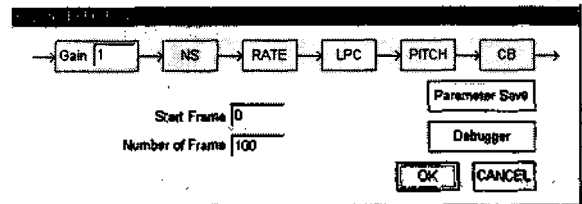


그림 4. EVRC Encoder

(1) 동작 범위 프레임 설정

Encoder가 동작을 시작하는 프레임에서부터 총 동작을 수행하는 프레임의 수를 설정하여 동작 범위 프레임을 설정할 수 있다.

(2) 입력 이득(Gain) 조정

음성 압축기마다 표준입력 형태(14-bit 또는 16-bit)가 다르며, Simulator는 선택된 음성 압축기에 따라 자동으로 입력 Level을 정하여 음성 압축기로 입력시킨다. 그러나, 추가로 입력 신호의 크기를 조절하는 것이 필요할 경우 그림 4에서 Gain을 조정할 수 있으며, Gain = 1.0 이 Default 값이다.

(3) Noise Suppression

EVRC가 선택되면 Noise Suppression 동작에 대한 Parameter를 정할 수 있으며, 그림 4에서 NS Block을 Click 하면 이를 위한 창이 보인다.

(4) 데이터 전송률(Data Rate)

모든 Vocoder가 가변 전송률을 지원하며, 그림 4의 Rate Block을 Click 하면 그림 5가 보이고, Max Rate와 Min Rate를 임의대로 조절 가능하며, Max = Min으로 하면 고정 전송률로도 동작 가능하게 해준다. Reduced Rate는 QCELP13k가 선택될 때에만 동작되고, Reduced Rate Level을 결정할 수 있다.

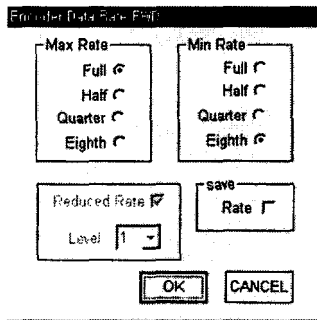


그림 5. Data Rate

(5) 파라미터 저장 기능

Encoder의 동작 중에 특정 Frame에 대하여 주요 Parameter 값들을 저장하여, 선택된 프레임 동작 상황을 볼 수 있게 하는 기능을 한다. Parameter 선택은 그림 4에서 LPC, PITCH, CB Block을 Click 하여 그림 6과 같은 창을 통하여 실시한다.

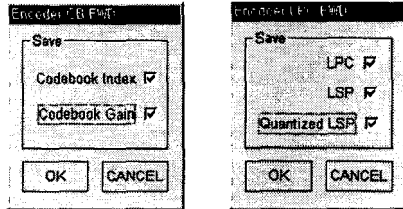


그림 6. 파라미터 선택

저장된 파일의 모양은 각 파라미터 항목이 하나의 열(column) 형태로 구성되며, 프레임 순서로 보여진다. 또한 피치 파라미터와 코드북 파라미터 값들은 각 서브 프레임 값들이 각 프레임 별로 차례로 보여지고, LPC, LSP, 양자화된 LSP 값은 각 프레임 별로 10개의 값들이 열 형태로 저장된다.

그림 7은 QCELP8K에서 Save Parameter Frame이 10에서부터 11까지로 지정되고, 저장할 파라미터로 모든 파라미터들이 선택된 경우를 보여 준다. 10번째 프레임의 Rate는 Full Rate이고, LPC, LSP, Quantize LSP 값들을 10개씩 보여 주며, Subframe별로 Pitch Gain 과 Pitch Period 그리고 Codebook Subframe 별로 Codebook Gain 과 Codebook Index 값들을 보여 준다.

그림 8은 EVRC의 저장 형태이며, Codebook Index를 제외한 나머지 형태는 위의 그림 7의 QCELP8k와 동일하다. EVRC는 ACELP 구조를 가지며 Full Rate에서 Codebook은 8개의 펄스 위치와 각각의 부호로 결정되며, 이렇게 정의된 펄스 트레인에 공통된 Codebook Gain이 곱하여 진다. 아래의 예에서 Codebook Index는

각 Subframe별 펄스의 위치와 부호를 보여주는데, 10번째 프레임의 첫 번째 Subframe에 해당하는 "1 23 -30 32 42 -49 -50 51"는 샘플 인덱스 1에 양(+) 펄스, 샘플 인덱스 23에 양(+) 펄스, 샘플 인덱스 30에 음(-) 펄스, 샘플 인덱스 32에 양(+) 펄스 등 총 8개 펄스가 존재한다는 것을 의미한다.

Frame Rate	LPC	LSP	Q.LSP	P.Gain	Period	CB.Gain	CB.Idx	
10	1	1.3444	0.0571	0.8547	0.50	30	2.00	70
		-1.0230	0.0079	0.8050	2.00	194	-1.63	16
		0.4097	0.1024	0.1060	2.00	30	1.63	125
		-0.5579	0.1946	0.1939	2.00	21	-2.50	2
		0.7542	0.2059	0.2107			-5.00	32
		-1.0642	0.2221	0.2217			0.00	30
		0.5277	0.2659	0.2607			14.00	101
		0.0946	0.2544	0.2550			-20.00	24
		-2.0641	0.2881	0.2849				
		-0.8094	0.4097	0.4160				
11	1	1.7612	0.0900	0.8077	1.50	21	20.16	30
		-1.0405	0.0000	0.8768	1.25	30	-29.72	29
		0.4679	0.1011	0.0967	1.00	30	-54.25	109
		-0.3785	0.1150	0.1170	0.75	29	70.75	30
		0.0409	0.2067	0.2107			-100.00	29
		-1.0605	0.2240	0.2217			-125.00	07
		0.0605	0.2401	0.2560			150.50	04
		-0.1042	0.2672	0.2660			125.00	46
		0.0846	0.2954	0.2910				
		-0.1599	0.4100	0.4160				

그림 7. QCELP8K에서 저장된 파라미터 값

Frame Rate	LPC	LSP	Q.LSP	P.Gain	Period	CB.Gain	CB.Idx	
10	1	0.0860	0.0041	0.0012	0.00	21	2.12	1 20 -20 32 42 -49 -50 51
		-0.9970	0.0001	0.0073	0.00	21	0.40	-21 -32 -42 -49 -50 -51 -52
		-0.4265	0.1000	0.1003	0.00	21	510.01	-27 20 21 -28 -42 44 45 -46
		0.0929	0.1923	0.1908				
		-0.4051	0.2072	0.2090				
		-0.0929	0.2707	0.2748				
		-0.4624	0.2951	0.2909				
		-0.0610	0.2544	0.2550				
		0.0900	0.2660	0.2692				
		0.0870	0.4120	0.4124				
11	1	0.5210	0.0921	0.0944	0.55	30	1400.10	-23 -24 -25 -25 26 27 31 42
		0.0327	0.0000	0.0027	1.20	30	605.14	-2 10 12 -16 18 -21 27 -29
		-0.3220	0.1016	0.0979	0.90	30	1090.02	-2 5 -6 10 12 20 26 -27 30
		0.0907	0.1051	0.1212				
		-0.5004	0.2000	0.2000				
		-0.9900	0.2270	0.2248				
		-0.1710	0.2900	0.2600				
		-0.4000	0.3500	0.3552				
		0.1040	0.3997	0.3992				

그림 8. EVRC에서 저장된 파라미터 값

3.4. Decoder

Decoder도 Encoder와 마찬가지로 Frame구간 선택과 각 단계별의 동작 Parameter 저장이 가능하다. 또한, Postfilter 동작을 선택할 수 있으며, 단계별 신호의 출력력이 저장 가능하다. Save Format은 Text와 Binary 형태로 저장할 수 있고 다른 프로그램에서 이용할 수 있게 하였다.

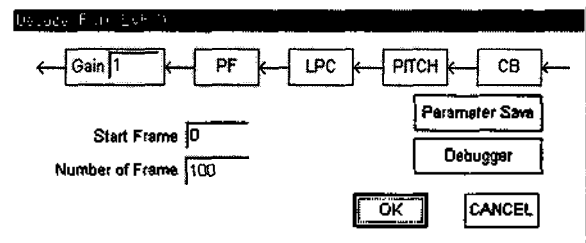


그림 9. QCELP8K Decoder

3.5. Channel Error

Air에서의 Frame Packet Error를 Simulation하는 기능을 하며, Random Error와 File Input Error 방식을 지원한다. Random Error는 Random Number

Generator에서 발생시키는 Random Number이 의하여 지정된 Rate에 따라 Random하게 Packet Error를 만들고, File Input Error는 지정된 특정 Frame에서 Packet Error가 발생하도록 하며, Error Frame의 선택은 사용자가 원하는 Frame Number가 지정된 File을 통하여 실시한다.

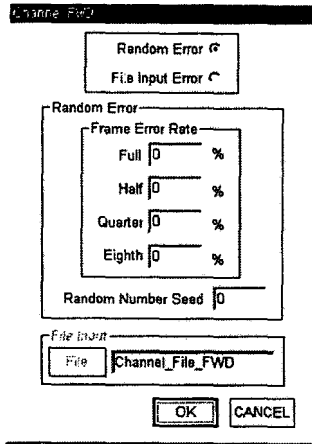


그림 10. Channel Error

3.6. Rate Decision Error

Channel Element는 Demodulator로 입력된 Data를 기준으로 Data Rate를 정하는데, 이 때의 Data Rate Decision Error를 Simulation 하도록 하였다. Rate Decision Error는 전달된 Data Rate를 다른 Data Rate로 잘못 판단되는 것으로 원래 전달된 Data Rate 종류에 따라 그 발생 빈도가 다르며, 또한 어떤 Data Rate로 판단되는가에 대한 비율도 각각 다르다. 따라서 그림 11과 같은 Table 구조를 이용하여 각 입력 Rate별 출력 Rate의 에러 빈도 정보를 입력하도록 하였다.

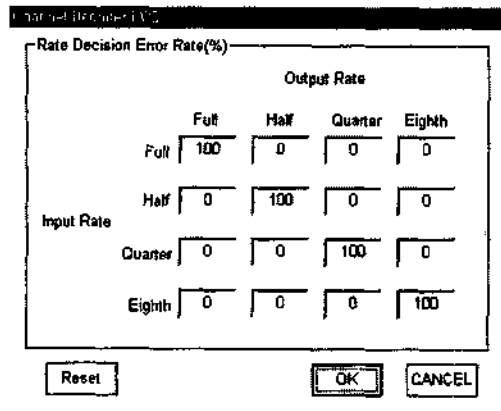


그림 11. Simulator의 Rate Decision Error

3.7. Hybrid

공중교환전화망(PSTN)을 통하는 통신에서 4-to-2 Wire Conversion을 위하여 Hybrid를 만드시 거치게 되면 이 경우 Hybrid Impedence Mismatch에 의하여 Echo 신호가 발생한다. 따라서 음성 신호가 Hybrid를

통과하면서 생기는 Echo 신호를 Simulator에서 발생시키는 동작을 한다. Hybrid 동작은 FIR Filter로 Modeling 하며, Filter Tap은 File로 입력한다. 또한 Echo Path의 Delay를 자유롭게 정할 수 있고, 동작 중에 Echo Path가 변하는 상황을 설정할 수 있다. 즉, Path Change을 Enable 시키면 Path Change를 원하는 Frame 번호와 변화 후의 새로운 Delay 및 Tap을 정할 수 있다. 필요에 따라 Hybrid를 Bypass 시킬 수 있으며, 이는 주로 Mobile-to-Mobile Call을 Simulation 할 때 사용된다.

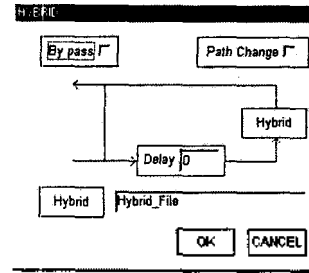


그림 12. Hybrid

3.8. Acoustic Path

단말기(Mobile)의 Speaker를 통한 출력 음성 신호가 Mic로 다시 입력되는 Echo 현상을 Simulation 하도록 하였으며, Hybrid와 유사한 동작을 한다.

3.9. IRS Filter

공중교환전화망(PSTN)을 통한 통신에서 신호의 변형을 하나의 FIR Filter로 Simulation 하도록 하였으며, 그림 2에서 IRS를 Enable/Disable 하여 조절한다.

3.10. A-law/ μ -law Companding

디지털 교환기로 인한 A-law/ μ -law 변환동작을 포함할 수 있으며, 그림 2에서 Companding을 Enable 하면 된다.

3.11. State Display

현재 선택된 각 Path 별 주요 입력 값들과 I/O로 선택된 File들의 Full Path Name 등 Simulator의 전체 상태를 정리하여 한 화면으로 보여준다.

4. 결론

본 논문에서는 디지털 이동 통신 시스템의 음성 신호 전달 과정을 100% Software 구현한 Simulator를 개발하였으며, Simulator의 기능에 대한 동작과 성능은 사용 Test를 거쳐 확인하였다. Simulator를 이용하여 여러 통신 환경과 전달 경로에 대한 음성의 변환 과정을 볼 수 있고, 이를 통하여 통신 환경에 따른 통신 시스템의 통화 품질을 매우 간단하게 미리 예측할 수 있다.