

코덱 입력레벨을 이용한 디지털 전화기의 송화음량정격 설계

正會員 홍진우*, 장대영*

The Establishment of Sending Loudness Rating for Digital Telephone Using the Input Level of CODEC

Jin-Woo Hong*, Dae-Young Jang* *Regular Members*

요 약

본 논문은 음량정격의 평가척도를 적용하여 디지털 음성통신 서비스 단말기인 디지털 전화기의 통화품질을 연구한 것으로서 디지털 전화기의 송화음량정격을 설계하는 방법을 제시하고, 바람직한 전송특성의 범위를 제시하였다.

송화음량정격을 설계하기 위해서 디지털 전화기의 코덱 입력레벨을 최적으로 규정하기 위한 주관평가 실험이 수행되었다. 실험 결과로 부터 70dBspl의 청취레벨에서 -12dB~-18dB 사이의 코덱 입력레벨이 코덱의 양자화 잡음이나 왜곡을 유발하지 않는 것으로 나타났으며, 최적의 코덱 입력레벨은 -15dB임을 알 수 있었다.

이 결과를 디지털 전화기의 송화감도에 적용하여 디지털 전화기의 바람직한 통화품질을 설정하기 위한 송화음량정격의 범위는 6.2dB 이상으로 설계되어야 함을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a method to design the sending loudness rating(SLR) is proposed and the desirable transmission characteristics are considered in order to specify the transmission quality, based on the loudness ratings, for the digital telephone system that is a terminal for digital speech communication.

To specify the desirable SLR for digital telephone system, the subjective test defining the preferred range of input level for CODEC was performed. From the test results, it was identified that the optimal input level for CODEC is -15dB and the range not to cause the quantization noise and the distortion of CODEC fall within -12dB and -18dB.

* 한국전자통신연구소 음향통신연구실
Acoustic Communication Section, ETRI
論文番號:94340-1129
接受日字:1994년 11월 29일

According to these results, it can be proposed that the desirable value of SLR for digital telephone system must be a value greater than 6.2dB.

I. 서 론

통신기술의 발전에 따라 통신망이 아날로그 전송으로 부터 국간 전송의 디지털화와 가입자 전송의 디지털화로 발전하고 있으며, 궁극적으로는 단대단(end-to-end) 디지털 통신을 제공하는 종합정보통신망(ISDN: Integrated Services Digital Network)으로 변천할 것이다. 따라서, 음성통화 서비스를 제공하는 음성통신제도 아날로그-아날로그 음성통신계에서 아날로그-디지털-아날로그 음성통신계로 바뀌었으며, 앞으로는 디지털-디지털 음성통신계로 변화할 것이다.

그러므로, 디지털 음성통화 서비스를 제공하기 위한 단말기인 디지털 전화기의 도입은 필연적이라 할 수 있으며, 양질의 음성통화 서비스를 기대할 수 있게 되었다. 그러나, 디지털 전화기의 전송특성에 대한 열화요인을 충분히 고려하지 않고 통화품질을 설계한다면 디지털 전화기의 우수한 성능에도 불구하고 가입자들에게 만족할 만한 서비스를 제공하지 못하게 된다. 그 이유는 디지털 망이 이론적으로 선로에서의 감쇠가 없고, 망에서 열화요인이 발생하지 않는 등의 잇점이 있으나 표현방식의 제한에 의해 디지털 음성통신의 최적 통화품질을 얻기 위해서는 디지털 전화기의 전송성능을 정확히 규정하여야 하기 때문이다.

디지털 전화기는 가입자로 부터 디지털 음성신호를 전송하기 때문에 아날로그 음성신호를 디지털로 변환(A/D: analog-to-digital conversion)하거나 그 역기능(D/A: digital-to-analog conversion)을 수행하여야 한다. 이러한 기능은 디지털 전화기내의 코덱(CODEC: COder and DECoder)에서 수행되며, 기존의 아날로그 전화기와는 다른 품질요인으로 나타난다. 즉, 아날로그 음성신호를 디지털 신호로 변환하기 위하여 거치는 표본화(sampling), 양자화(quantization), 부호화(coding)의 A/D변환중 양자화에 의한 양자화 잡음이나 과부하 왜곡이 발생되며, 이러한 현상은 양자화 오차와 양자화 스텝의 크고, 작음에 영향을 받는 디지털 기기 특유의 잡음과 왜곡이 된다. 이 왜곡과 잡음은 모두 원신호에 없었던 성분이 출력에 가해

진 것으로 결과적으로 음을 흐리게 하거나 음색을 바꾸어 명료도를 악화시키고, 음의 품질을 전반적으로 열화시킨다.

따라서, 디지털 전화기의 품질은 코덱에 입력되는 음성신호의 레벨에 의해 많은 영향을 받는다. 코덱에 입력되는 음성신호의 레벨이 너무 높게 주어지면 과부하로 인한 왜곡이 생기고, 너무 낮으면 수화측의 증폭이 필요하고 이에 의해 양자화 잡음이 증폭되기 때문에 음성품질이 떨어진다. 이러한 현상은 코덱의 입력레벨이 송화음량정격의 설정에 중요한 열화요인이 된다는 것을 보여준다.

본 논문에서 이러한 특성을 고려한 디지털 전화기의 송화음량정격(SLR: Sending Loudness Rating)을 설계하는 방법을 기술하였으며, 실험결과에 의해 바람직한 송화음량정격을 제시하였다. 따라서, 디지털 전화기의 전송특성 및 품질 열화요인에 대해 고찰하고, 양자화 잡음과 과부하 왜곡으로 인하여 음성 품질이 열화되지 않는 적절한 코덱의 입력레벨을 규정하는 오피니언 평가 실험 결과에 대하여 기술하였다.

II. 디지털 전화기의 음성 품질

1. 디지털 전화기에 의한 음성 전송

음성통신의 궁극적인 목표는 송화자의 의사가 수화자에게 가장 충실히 전달되도록 하는데 있으며, 음성통신에서의 디지털 기술의 도입은 이러한 의도를 실현시키기 위한 것이다. 즉, 송신측에서 부호화하여 보낸 음성신호를 수신측에서 손실없이 수신하여, 전송된 원 신호를 충실하게 음성으로 복원, 재현하는 것이 바람직하다. 그러나, 아날로그 신호의 디지털 처리를 위한 변환과정에서 피할 수 없는 열화요인을 포함하게 되며, 디지털 전화기 또한 같은 현상을 갖게 된다.

그림 1은 디지털 전화기를 이용한 음성통신 서비스의 기본 회선 구성을 나타낸다. 송신측에서는 아날로그인 음성신호를 디지털 신호로 변화시키기 위하여, A/D 변환 과정을 거치는데, 표본화 주기를 짧게 하고 양자화 구간을 작게 한다고 해도 원래의 신호를

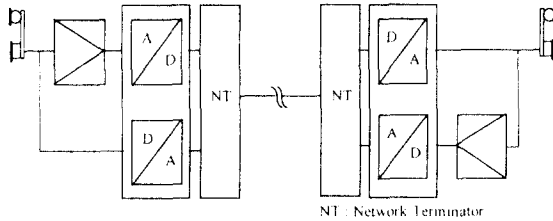


그림 1. 디지털 전화기를 이용한 음성통신의 구성
 Fig. 1. A block diagram for speech communication using the digital telephone systems.

고대로 복원 한다는 것은 불가능하게 된다. 더구나 상용 통신 선로에서는 전송할 수 있는 주파수 대역이 제한되어 있으므로 표본화 주기도 제한될 수 밖에 없다. 현재 실용화되고 있는 디지털 전화기의 전송용량은 64kbit/sec로서, 8kHz로 표본화하여 8bit의 디지털 신호로 전송하고 있다[1].

이러한 조건하에서 최적의 음성품질을 실현하기 위해서는 다양한 품질의 연화요인들을 분석하고, 검토한 후 주어진 조건하에서 최고의 전송성능이 실현될 수 있도록 기준이 되는 한계를 규정하는 것이 바람직하다. 디지털 전화기의 전송특성은 아날로그 전화기와 같이 통화가 가능한 진화집속 상태에서 음량의 성능(performance)에 의해 평가되며, 수치적으로 정량화시키기 위해 데시벨(dB:decibel)로 표현되는 음량정격(LR:Loudness Ratings)을 사용한다. 이러한 평가를 위하여 가장 많이 사용되고 있는 주관 평가법은 평균 오피니언 점수(MOS:Mean Opinion Score)를 이용한 평가 방법이며, 이 점수는 음량정격으로부터 추정된다.

일반적으로 송화자의 입에서 수화자의 귀까지의 정격인 전체음량정격(OLR:Overall LR)은 전체음량정격이 작을 수록 평균 오피니언 점수가 증가하기 때문에 감소되어 한다. 디지털망이나 종합정보통신망에서는 선로의 손실이 없어 전송라인의 음량정격이 0dB이기 때문에 전체음량정격은 송화음량정격과 수화음량정격(RLR:Receiving LR)의 합으로 이루어진다[2]. 그러므로, 디지털 전화기의 경우 아날로그 전화기보다 음량정격을 현실적으로 규정하는 것이 가능해지며, 이에 의해 아날로그 전화기보다 높은 품질을 유지하기 위한 송화음량정격의 설계가 이루어질 수

있다.

디지털 전화기의 바람직한 송화음량정격을 설정하기 위해서는 코덱의 변환용량, 양자화 잡음, 아날로그 전화기와와의 결합성, 음성 자체의 특성 등의 요인들을 고려하여야 한다. 따라서, 본 논문에서는 최적의 송화음량정격을 설계하기 위한 방침으로 입력되는 음성 신호가 코덱의 입력레벨을 초과하지 않고, 아날로그 전화기와 함께 사용할 때도 기존의 품질이상이 실현되며, 수화측에서도 잡음을 감소화시키는 방법을 고려하였다.

2. 코덱 입력레벨의 설정

디지털 전화기의 송화음량정격의 설정에 있어 중요한 연화요인이 되는 코덱 입력레벨의 적절한 범위는 코덱의 특성 뿐만 아니라 언어에 대한 동적범위(dynamic range), 평균 발생레벨 및 레벨의 분포특성에 따라 다르므로 각 나라의 언어특성에 따라 달라질 수 있다. 코덱의 입력레벨이 적절하지 않을 경우 2가지 경우의 현상이 나타날 수 있다. 하나는 코덱의 입력레벨이 너무 낮아 수화단에서의 증폭이 필요하게 되는데, 이 때 양자화 잡음까지도 증폭되므로 잡음이 증가하게 되는 것이고, 다른 하나는 코덱의 입력레벨이 너무 높아 규정으로 정해진 코덱의 입력특성을 초과하게 되어서 입력신호의 진폭이 제한되는 과부하 왜곡이다[3].

참고문헌[4]에 의하면 사람의 발생레벨은 개인에 따라 차이가 있지만 동적범위는 약 45dB~55dB이며, 장시간 평균 발생레벨과 최대 순시값과의 차이(peak factor)는 12dB 전후라고 한다. 이러한 연구 결과는 가장 큰 레벨의 음성신호가 입력되더라도 과부하 왜곡이 발생하지 않도록 하려면 코덱의 입력레벨이 평균 발생레벨보다 12dB정도의 여유가 있도록 설정되어야 한다는 것을 의미한다.

본 논문에서 디지털 전화기에 사용되는 코덱들의 특성을 조사한 결과 정현파 과부하 레벨(정현파를 입력하였을 때 왜곡이 생기지 않는 최대 입력레벨)은 약 4~7dBV이었다. 이 레벨에 사람의 음성신호에 대한 일반적 peak factor가 약 12dB인 것을 고려하면 코덱의 입력레벨을 -5~-8dBV로 설정하는 것이 적절하다는 것을 추정할 수 있었다.

III. CODEC 입력레벨에 대한 오피니언 평가

1. 실험방법 및 절차

디지털 전화기의 코덱에 입력되는 음성신호의 레벨을 변화시키면서 그에 의한 음성신호의 변화를 관측하기 위하여 각 입력레벨에서의 신호를 디지털 전화기의 수화단을 통하여 청취시키면서 그 품질을 평가하도록 하는 청취 오피니언 평가[5] 실험을 수행하였다. 실험에서 코덱의 입력레벨은 7개의 레벨을 사용하였고, 청취레벨은 실험결과에 영향을 미치지 않도록 선호 음량레벨을 전후로하여 세 가지 조건을 설정하였고, 각 입력레벨에서 같도록 하였다[2]. 입력레벨과 청취레벨의 각 실험조건을 표 1에 나타내었다.

표 1. 실험 조건

Table 1. Test Conditions.

실험 조건	
부호화 방식	μ -law PCM(G.711 규격)
송화기	다이내믹형 송화기
입력레벨	0, -5, -12, -19, -26, -33, -40 dB
청취레벨	60, 70, 80 dBspl

본 논문에서 실험으로 사용한 디지털 전화기의 코덱은 독일 Siemens사의 PSB2160 (ARCOFI)로서, 정현파 과부하 레벨이 7dBV이었다. 따라서, 본 실험에 사용된 코덱의 입력레벨은 정현파 과부하 레벨 7dBV(2.6 Vrms)에 대한 상대치로서 나타내었고, 코덱의 입력레벨은 CODEC의 입력부에서 음성레벨 측정기(SV:Speech Voltmeter)로서 측정하였다. 청취레벨은 각 입력레벨 조건에서 수화기를 통하여 방사된

음성을 의사귀(artificial ear)를 사용하여 측정한 값이며, 코덱 내부의 디지털 이득을 조정하여 가변시켰다. 실험에 사용된 음성 시료는 약 8초 정도의 문장으로서 그 진폭 특성은 그림 2와 같다. 그림은 실험 문장의 동적 범위가 약 45dB정도이며, peak factor는 약 12dB임을 보여준다.

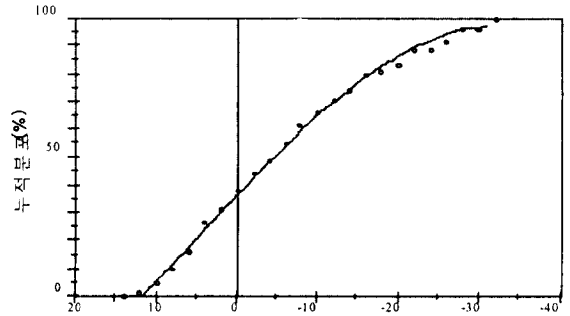


그림 2. 실험 문장의 음압레벨 분포

Fig. 2. Sound pressure level distribution of test materials.

디지털 전화기의 바람직한 코덱 입력레벨을 설정하기 위하여 사용된 실험장치는 그림 3과 같다. 여기서 디지털 전화기의 통화 모델 장치는 디지털망의 통화품질을 측정하기 위하여 개발한 디지털 전화망의 모사장치로서, 상용 디지털 전화기의 구조를 이용한 통화 접속 모델과 유사하나 각종 품질요인의 가변이나 파라메타 설정이 용이하도록 제작된 특징을 갖는다[6].

코덱의 입력레벨과 청취레벨의 각 조건을 랜덤하게 조합하여 실험조건을 구성한 후, 35명의 피험자를

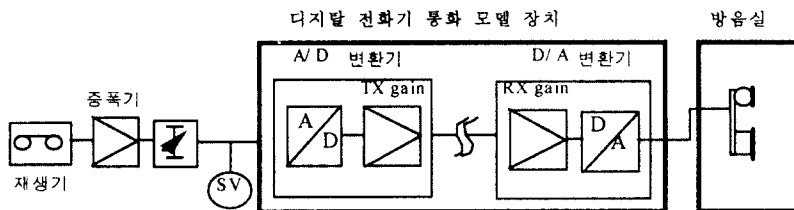


그림 3. 코덱 입력레벨 실험장치

Fig. 3. Test setting for the input level of CODEC.

선정하여 코덱의 입력레벨에 따른 음성 품질을 평가하도록 하였다.

2. 실험 결과

그림 4에 실험결과를 코덱의 입력레벨과 평균 오피니언 점수(MOS)의 함수로서 나타내었다. 코덱의 입력레벨이 -12~-18dB일 경우 MOS가 높게 나타났으며, 청취레벨이 70dBspl인 경우가 가장 좋은 MOS를 나타내었다. 60dBspl의 결과는 입력레벨이 높은 구간에서는 다른 것과 유사하나 입력레벨이 낮은 구간에서는 상대적으로 좋은 것으로 평가되었는데, 이는 양자화 잡음이 청취레벨에 비례하여 작아지기 때문이라고 판단되었다. 반면 80dBspl의 결과는 70dBspl의 결과치보다 거의 일률적으로 감소하는 형태를 보여 주었는데, 이것도 양자화 잡음이 더 많이 느껴지기 때문일 것이라고 생각할 수 있다. 즉, 같은 S/N비(Signal-to-Noise Ratio)에서도 청취레벨에 따라 잡음의 영향이 다르다는 것을 알 수 있다.

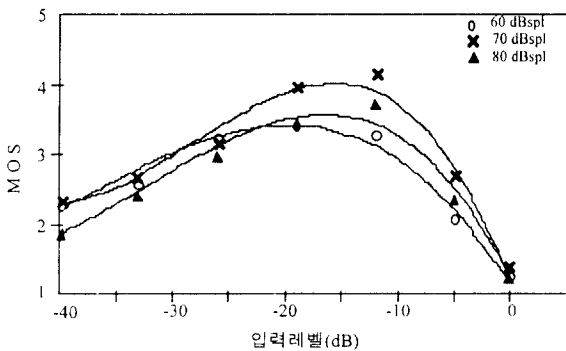


그림 4. 코덱 입력레벨과 MOS와의 관계
Fig. 4. The relations between the input level of CODEC and MOS.

IV. 디지털 전화기의 SLR

이상의 실험에서 코덱의 입력레벨에 따라 디지털 전화기의 음질이 현저하게 차이를 확인할 수 있었다. 실험 결과에서는 -12dB~-18dB의 입력레벨이 MOS4 이상의 좋은 평가를 얻었고, 약 -15dB에서 최고의 MOS를 보였다. -15dB의 코덱 입력레벨은 12dB의

peak factor를 고려하여도 3dB의 여유가 있으므로 합당한 입력레벨이라고 생각된다. 실험에 의해 코덱의 입력레벨은 -12dB보다는 적어야 과부하에 의한 왜곡을 방지할 수 있으며, 적당한 청취레벨을 유지하면서 양자화 잡음에 의한 열화를 방지하기 위해서는 코덱의 입력레벨을 너무 낮게 하여서도 안된다는 사실을 입증하였다.

지금부터 코덱 입력레벨을 -12dB이하로 유지시키기 위해서 송화유량정격을 어떻게 설정하여야 하는지를 검토해 본다. 이 과정은 먼저 디지털 전화기의 송화 주파수 감도(Sending frequency sensitivity)를 구하여야 한다. 송화 주파수 감도를 구하기 위하여 Oral 시스템의 ADP-10을 사용하여 측정하였다. 전화기를 사용한 때 일반 가입자들의 입기준점(입술전방 25mm)에서 발생레벨의 장시간 평균(예코의 영향에 관한 오피니언 평가에서 측정된 결과)은 약 65~87dBspl까지 분포하고 있고, 약 98%의 사람들이 85dBspl이하에 분포하고 있다는 사실의 실험 결과를 이용하여(그림 5 참조) 음성시료의 발생레벨을 입기준점에서 85dBspl이 되도록 조정된 후 실험 장치의 송화기를 설치할 때 코덱의 입력레벨을 -5dBV(성현과 과부하레벨 7dBV에서 peak factor 12dB를 보정한 값)가 되도록 입력단 증폭기의 이득을 조정하였다.

이러한 상태에서 측정된 송화단의 감도 주파수 특성은 그림 6과 같으며, 이 결과를 이용한 디지털 전화기의 송화유량정격은 ITU-T의 권고 P.79에 의해 다음식으로 계산될 수 있다[7].

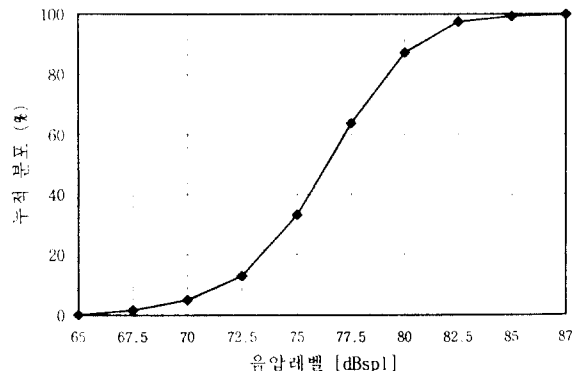


그림 5. 전화기 음성의 발생 레벨 분포
Fig. 5. Sound pressure level distributions of telephone speech.

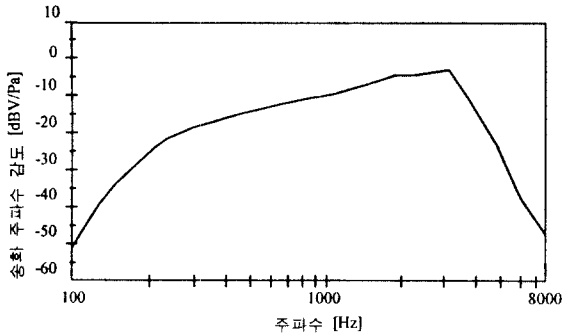


그림 6. 실험에 사용한 디지털 전화기의 송화 감도
Fig. 6. Sending sensitivity of the tested digital telephone system.

$$SLR = -57.1 \log_{10} \sum_{i=0}^N 10^{(1/57.1)(S_{UMi} - W_i)}$$

여기서 N은 20개의 주파수 대역을 나타내며, 이 대역은 1/3 옥타브의 폭을 가진다. S_{UMi} 는 측정경로의 입기준점과 전기적 출력 사이의 감도를 나타내며, W_i 는 송화음량정격을 계산하기 위한 각 주파수 대역 폭에 있어서의 가중치로서 ITU-T의 권고 P.79에 규정되어 있다.

이상의 결과를 이용하여 계산한 송화음량정격은 6.2 dB였다. 즉, 디지털 전화기의 송화 음량 정격은 6.2dB 보다는 커야 한다는 결론을 얻을 수 있다.

V. 결 론

디지털 음성통화계에 사용되는 디지털 전화기의 전송특성을 합리적으로 설정하기 위하여 통화품질 요인에 대하여 기술하였고, 코덱의 입력레벨을 이용하여 송화음량정격을 설계하는 방법과 바람직한 송화음량정격의 범위를 제시하였다.

오피니언 평가 실험으로 부터 약 -15dB의 코덱 입력레벨과 70dBspl의 청취레벨이 가장 높은 MOS 값을 나타내었고, -12~-18dB의 코덱 입력레벨이 MOS 4 이상의 좋은 평가를 보였다.

위와 같은 실험결과에 의해 코덱 입력레벨은 -12dB 이하로 유지되어야 한다는 사실을 알았으며, 이 때의 송화음량정격은 6.2dB로 산출되었다. 즉, 디지털 전화기의 송화음량정격은 6.2dB를 하한으로 설정하여

설계하는 것이 최적 통화품질을 구현하기 위해서 바람직하다는 것을 알 수 있었으며, 이 결과는 ITU-T에서 권고하고 있는 디지털 전화기의 전송특성 규정을 만족하고 있기 때문에 그 타당성이 입증되었다.

본 연구 결과를 이용하여 디지털 전화기의 통화품질을 합리적으로 설계할 수 있으며, 앞으로 종합정보통신망에 대한 통화품질의 기준 및 규격을 설정하기 위한 연구가 체계적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. CCITT Recommendation, "Pulse Code Modulation(PCM) of Voice Frequencies", Vol III Rec G. 711, Geneva, 1992.
2. Hiroaki Nomura, Hiroshi Oikawa, Masakazu Nishino, "Transmission Performance Design for Digital Telephone sets Which Eliminates Talker Echo Problems in Mixed Digital-Analogue Networks", The Transactions of the ICEC of Japan, VOL. E69, No. 12, 1986. 12.
3. 西野正和, 野村博昭, 雨宮不二雄, "デジタル電話機器の通話品質設計" 研究實用化報告 第33卷 第8, 1984.
4. 三浦種敏外, "新版聴覺と音聲", 第3部 3. 6, 日本電子通信學會, 1968.
5. CCITT, Handbook on Telephonometry, CCITT SG XII, pp. 21~pp. 161, 1987.
6. 홍진우외 1인, "디지털 음성통신망의 통화품질 측정을 위한 통화 모델 시스템의 구현" 한국통신학회 논문지, 93-2 제18권, 제1호, 1993. 2.
7. CCITT Recommendation, "Calculation of Loudness Rating", Vol. V, Rec P. 79, Geneva, 1988.



洪 鎮 祐(Jin-Woo Hong)정회원

1959년 4월 15일생

1978년 3월~1982년 2월: 광운대
학교 응용전자공학과
졸업(공학사)

1982년 3월~1984년 2월: 광운대
학교 대학원 전자공
학과 졸업(공학석사)

1990년 3월~1993년 8월: 광운대학교 대학원 전자계
산기공학과 졸업(공학박사)

1984년 3월~현재: 한국전자통신연구소 음향통신연구
실 재직(책임연구원)

※주관심분야: 오디오 부호화, 실감통신, 디지털 통신



張 大 永(Dae-Young Jang) 정회원

1966년 2월 24일생

1984년 3월~1991년 2월: 부산수
산대학교 전자공학
과 졸업(공학사)

1991년 1월~현재: 한국전자통신
연구소 음향통신연
구실 재직(선임연구원)

※주관심분야: 오디오 부호화, 실감통신, 디지털 통신