

**KSKSKSKS**  
**SKSKSKS**  
**KSKSKS**  
**SKSKS**  
**KSKS**  
**SKS**  
**KS**

KS X ITUTG711

**KS**

음성주파수(300-3400Hz)의 변조방식 표준

KS X ITUTG711:1993

미 래 창 조 과 학 부 국 립 전 파 연 구 원

1993년 05월 07일 개정

**KSKSKSKS**  
**SKSKSKS**  
**KSKSKS**  
**SKSKS**  
**KSKS**  
**SKS**  
**KS**

KS X ITUTG725

**KS**

PX64kbit/s내의 7kHz 음성부호화기의  
사용에 대한 시스템 측면 표준  
KS X ITUTG725:1993

미 래 창 조 과 학 부 국 립 전 파 연 구 원

1993년 05월 07일 개정

**National Radio Research Agency**

<http://www.rra.go.kr>

음성주파수(300~3400Hz)의 변조방식

KTC-1C(G711)-0038('93)

개요

본 표준은 64Kbit/s 협대역 음성의 부호화 및 복호화하는 방법을 정의한다.

판 수	발 행 일	제 정 및 개 정 내 역
제1판	1994. 5. 11	제 정

Pulse Code Modulation(PCM)  
of Voice Frequencies

KTS-1C(G711)-0038('93)

Summary

This standard defines the coding and decoding of 64kBPS  
narrowband audio.

목 차  
CONTENTS

1. 일반개요 -----	1
General	
2. 표본화 속도 -----	1
Sampling rate	
3. 부호화 법칙 -----	1
Encoding law	
4. 문자 신호의 전송 -----	1
Transmission of character signals	
5. 부호화 법칙과 오디오 레벨간의 관계 -----	2
Relationship between the encoding laws and the audio level	

## 음성 주파수의 펄스 부호 변조(PCM)

### 1. 일반 개요

아래에 주어진 특성은 음성 주파수 신호의 부호화에 권고된다.

### 2. 표본화 속도

표본화 속도로 권고되는 공칭값은 8000표본/초이다. 이 속도의 허용 편차는  $\pm 50$  ppm이다.

### 3. 부호화 법칙

3.1 국제 회선용으로 표본당 8개의 2진 디지털이 사용된다.

3.2 2가지 부호화 법칙이 권고되는데 보통 A법칙,  $\mu$ 법칙이라 부른다. 이 법칙들의 정의는 각각 표 1a/G.711과 1b/G.711, 표 2a/G.711과 2b/G.711에 주어졌다.

모두 0으로 이루어진 문자 신호가 삭제되어야 하는 통신망에  $\mu$ 법칙을 사용할 때 결정 값 번호 127과 128사이의 음의 입력 값에 대응하는 문자 신호는 00000010이고 복호기 출력값은 -7519이다. 대응하는 복호기 출력 값 번호는 125이다.

3.3 양자화 값의 번호는 부호화 법칙으로부터 얻어진다.

3.4 상이한 부호화 법칙을 채택하고 있는 국가간의 디지털 경로는 A법칙에 따라 부호화된 신호를 전송하여야 한다. 두 나라 모두 동일한 법칙을 사용하면 그 법칙을 그 국가간의 디지털 경로에 사용하여야 한다.  $\mu$ 법칙을 사용하는 국가는 어떤 필요한 변환을 하여야 한다.

3.5 변화에 관한 법칙은 표 3/G.711 및 4/G.711에 주어졌다.

3.6 균일 PCM으로의 변환과 균일 PCM으로부터의 변환

A(또는  $\mu$ )법칙의 모든 “결정 값”과 “양자화 값”은 “균일 PCM 값”과 관련이 있어야 한다(“결정 값”과 “양자화 값”의 정의에 대해서는 G.701과 특히 그림 2/G.701을 참조). 이는 13(14)비트 균일 PCM 부호를 적용할 필요가 있다. 각각 A-법칙 PCM과  $\mu$ -법칙 PCM에서 균일 부호로의 매핑은 표 1/G.711과 표 2/G.711에 나와 있다. 결정 값에 해당하는 균일 PCM값으로부터 A-법칙 또는  $\mu$ -법칙 값으로의 변환은 개별 장치 규격에 의한다. G.721, §4.27 sub block COMPRESS에 하나의 옵션이 기술되어 있다.

### 4. 문자 신호의 전송

문자 신호가 연속으로, 즉 연속적으로 하나의 물리적 매체상에 전송될 때 비트 번호1(극성 비트)이 처음에 전송되고 비트 번호8(LSB)이 마지막으로 전송된다.

## 5. 부호화 법칙과 오디오 레벨 간의 관계

표 1/G.711과 표 2/G.711의 부호화 법칙과 오디오 신호 레벨간의 관계는 다음과 같이 정의된다:

공칭 레벨이 0 dBm0인 1 kHz의 정현파 신호는 A-법칙에 대한 표 5/G.711과  $\mu$ -법칙에 대한 표 6/G.711의 문자 신호의 주기적 시퀀스가 복호기의 입력에 적용될 때 PCM 다중장치의 어떠한 음성 주파수 출력에서도 나타나야 한다.

그 결과 이론적인 부하용량( $T_{max}$ )은, A-법칙의 경우에는 +3.14 dBm0,  $\mu$ -법칙의 경우에는 +3.17 dBm0이다.

주- 시퀀스의 이론적인 정확도가 -10 dBm0 레벨이나 0 dBm0레벨 각각에서  $\pm 0.03$  dB 이상까지 틀리면, 공칭 레벨이 -10 dBm0(선호값, 권고 0.6참조)이나 0 dBm0에서 1020Hz의 공칭 기준 주파수를 나타내는 다른 디지털 주기적 시퀀스의 사용을 받아들일 수 있다. 권고 0.6에 따라 정해진 주파수 허용편차는 1020 Hz+2 Hz, -7 Hz이어야 한다.

- 10 dBm0를 나타내는 시퀀스를 사용한다면 음성 주파수 출력에서의 공칭값은 -10 dBm0이어야 한다.



표 1a/G.711  
A 법칙, 정입력값

1	2	3	4	5	6	7	8
세그먼트 번 호	간격수 $x$ 간격크기	세그먼트 종 단 값	결정값 번호 $n$	결정값 $x_n$ (주1 참조)	짝수 비트 반전 전의 문자 신호 비트 번호 1 2 3 4 5 6 7 8	양자화 값 (복호기 출력 값) $y_n$	복호기 출력값 번 호
		4096	(128)	(4096)	1 1 1 1 1 1 1 1	4032	128
			127	3968			
7	16×128				(주2 참조)		
			113	2176			
					1 1 1 1 0 0 0 0	2112	113
6	16×64	2048	112	2048	(주2 참조)		
			97	1088			
					1 1 1 0 0 0 0 0	1056	97
5	16×32	1024	96	1024	(주2 참조)		
			81	544			
					1 1 0 1 0 0 0 0	528	81
4	16×16	512	80	512	(주2 참조)		
			65	272			
					1 1 0 0 0 0 0 0	264	65
3	16×8	256	64	256	(주2 참조)		
			49	136			
					1 0 1 1 0 0 0 0	132	49
2	16×4	128	48	128	(주2 참조)		
			33	68			
					1 0 1 0 0 0 0 0	66	33
1	32×2	64	32	64	(주2 참조)		
			1	2			
↓					1 0 0 0 0 0 0 0	1	1
			0	0			

주1 - 정규값 4096은  $T_{\max}=3.14$  dBm0에 해당한다.

주2 - 제6열의 짝수 비트 신호를 반전하여 문자 신호가 얻어진다. 이 반전 전에 번호  $n$ 과  $n+1$ (제4열 참조)의 두 연속적인 결정값 사이의 정 입력값에 대응하는 문자신호는  $(128+n)$ 을 2진수로 표현한 것이다.

주3 - 복호기의 출력값은  $y_n=(x_{n+1}+x_n)/2$ 이며,  $n=1, \dots, 127, 128$ 이다.

주4 -  $x_{128}$ 은 가상 결정값이다.

주5 - 표 1/G.711과 표 2/G.711에서 균일부호의 값은 제 3, 5, 7열에 나와있다.

표 1b/G.711  
A 법칙, 부입력값

1	2	3	4	5	6	7	8
세그먼트 번 호	간격수x 간격크기	세그먼트 중 단 값	결정값 번호n	결정값 $x_n$ (주1 참조)	짝수 비트 반전 전의 문자 신호 비트 번호 1 2 3 4 5 6 7 8	양자화 값 (복호기 출력 값) $y_n$	복호기 출력값 번 호
↑ 1	32×2		0	0	0 0 0 0 0 0 0 0	-1	1
			1	-2	(주2 참조)		
		-64	32	-64	0 0 1 0 0 0 0 0	-66	33
2	16×4		33	-68	(주2 참조)		
		-128	48	-128	0 0 1 1 0 0 0 0	-132	49
3	16×8		49	-136	(주2 참조)		
		-256	64	-256	0 1 0 0 0 0 0 0	-264	65
4	16×16		65	-272	(주2 참조)		
		-512	80	-512	0 1 0 1 0 0 0 0	-528	81
5	16×32		81	-544	(주2 참조)		
		-1024	96	-1024	0 1 1 0 0 0 0 0	-1056	97
6	16×64		97	-1088	(주2 참조)		
		-2048	112	-2048	0 1 1 1 0 0 0 0	-2112	113
7	16×128		113	-2176	(주2 참조)		
			127	-3968	0 1 1 1 1 1 1 1	-4032	128
		-4096	(128)	(-1096)			

주1 - 정규값 4096은  $T_{\max}=3.14$  dBm0에 해당한다.

주2 - 제6열의 짝수 비트 신호를 반전하여 문자 신호가 얻어진다. 이 반전 전에 번호 n과 n+1(제4열 참조)의 두 연속적인 결정값 사이의 부 입력값에 대응하는 문자신호는 n을 2진수로 표현한 것이다.

주3 - 복호기의 출력값은  $y_n=(x_{n-1}+x_n)/2$ 이며,  $n=1, \dots, 127, 128$ 이다.

주4 -  $x_{128}$ 은 가상 결정값이다.

주5 - 표 1/G.711과 표 2/G.711에서 균일부호의 값은 제 3, 5, 7열에 나와있다.

표 2a/G.711  
A 법칙, 정입력값

1	2	3	4	5	6	7	8
세그먼트 번 호	간격수x 간격크기	세그먼트 종 단 값	결정값 번호n	결정값 $x_n$ (주1 참조)	문자 신호 비트 번호 1 2 3 4 5 6 7 8	양자화 값 (복호기 출력 값) $y_n$	복호기 출력값 번 호
		8159	(128)	(8159)	1 0 0 0 0 0 0 0	8031	127
8	16×256		127	7903	(주2 참조)		
			113	4319	1 0 0 0 1 1 1 1	4191	112
7	16×128	4063	112	4063	(주2 참조)		
			97	2143	1 0 0 1 1 1 1 1	2079	96
6	16×64	2015	96	2015	(주2 참조)		
			81	1055	1 0 1 0 1 1 1 1	1023	80
5	16×32	991	80	991	(주2 참조)		
			65	511	1 0 1 1 1 1 1 1	495	64
4	16×16	479	64	479	(주2 참조)		
			49	239	1 1 0 0 1 1 1 1	231	48
3	16×8	223	48	223	(주2 참조)		
			33	103	1 1 0 1 1 1 1 1	99	32
2	16×4	95	32	96	(주2 참조)		
			17	35	1 1 1 0 1 1 1 1	33	16
1	15×2	31	16	31	(주2 참조)		
↓			2	3	1 0 0 0 0 0 0 0	2	1
	1×1		1	1	1 1 1 1 1 1 1 1	0	0
			0	0			

주1 - 정규값 8159는  $T_{\max}=3.17$  dBm0에 해당한다.

주2 - 번호 n과 n+1(제4열 참조)의 두 연속적인 결정값 사이의 정 입력값에 대응하는 문자신호는 (255-n)을 2진수로 표현한 것이다.

주3 - 복호기의 출력값은 n=0일 때  $y_0=x_0=0$ 이고, n=1, ..., 127일 때  $y_n=(x_n+x_{n+1})/2$ 이다.

주4 -  $x_{128}$ 은 가상 결정값이다.

주5 - 표 1/G.711과 표 2/G.711에서 균일부호의 값은 제 3, 5, 7열에 나와있다.

표 2b/G.711  
μ 법칙, 부입력값

1	2	3	4	5	6	7	8
세그먼트 번호	간격수x 간격크기	세그먼트 중 단 값	결정값 번호n	결정값 $x_n$ (주1 참조)	문자 신호 비트 번호 1 2 3 4 5 6 7 8	양자화 값 (복호기 출력 값) $y_n$	복호기 출력값 번호
↑ 1	1×1		0	0	0 1 1 1 1 1 1 1	0	0
			1	-1	0 1 1 1 1 1 1 0	-2	1
	15×2		2	-3	(주2 참조)		
2		-31	16	-31	0 1 1 0 1 1 1 1	-33	16
	16×4		17	-35	(주2 참조)		
		-95	32	-95	0 1 0 1 1 1 1 1	-99	32
3			33	-103	(주2 참조)		
	16×8	-223	48	-223	0 1 0 0 1 1 1 1	-231	48
			49	-239	(주2 참조)		
4		-179	64	-179	0 0 1 1 1 1 1 1	-495	64
	16×16		65	-511	(주2 참조)		
		-991	80	-991	0 0 1 0 1 1 1 1	-1023	80
6			81	-1055	(주2 참조)		
	16×64	-2015	96	-2015	0 0 0 1 1 1 1 1	-2079	96
			97	-2143	(주2 참조)		
7		-4063	112	-4063	0 0 0 0 1 1 1 1	-4191	112
			113	-4319	(주2 참조)		
			126	-7647	0 0 0 0 0 0 0 1	-7775	126
8			127	-7903	0 0 0 0 0 0 0 0	-8031	127
		-8159	(128)	(-8159)			

주1 - 정규값 8159는  $T_{\max}=3.17$  dBm0에 해당한다.

주2 - 번호 n과 n+1(제4열 참조)의 두 연속적인 결정값 사이의 부 입력값에 대응하는 문자신호는 (127-n)을 2진수로 표현한 것이다.

주3 - 복호기의 출력값은 n=0일 때  $y_0=x_0=0$ 이고, n=1, ..., 127일 때  $y_n=(x_n+x_{n+1})/2$ 이다.

주4 -  $x_{128}$ 은 가상 결정값이다.

주5 - 표 1/G.711과 표 2/G.711에서 균일부호의 값은 제 3, 5, 7열에 나와있다.

표 3/G.711  
μ-A 변환

μ법칙 복호기 출력 값 번호	A법칙 복호기 출력 값 번호	μ법칙 복호기 출력 값 번호	A법칙 복호기 출력 값 번호
0	1	44	41
1	1	45	42
2	2	46	43
3	2	47	44
4	3	48	46
5	3	49	48
6	4	50	49
7	4	51	50
8	5	52	51
9	5	53	52
10	6	54	53
11	6	55	54
12	7	56	55
13	7	57	56
14	8	58	57
15	8	59	58
16	9	60	59
17	10	61	60
18	11	62	61
19	12	63	62
20	13	64	64
21	14	65	65
22	15	66	66
23	16	67	67
24	17	68	68
25	18	69	69
26	19	70	70
27	20	71	71
28	21	72	72
29	22	73	73
30	23	74	74
31	24	75	75
32	25	76	76
33	27	77	77
34	29	78	78
35	31	79	79
36	33	80	81
37	34	81	82
38	35	82	83
39	36	83	84
40	37	84	85
41	38	85	86
42	39	86	87
43	40	87	88
		.	.
		.	.
		.	.
		127	128

주1 - A-법칙 복호기에서의 입력신호는 표 1a/G.711의 주2에 따라 작용되므로 정상적으로 짝수 비트 만전을 포함한다. 결과적으로  $\mu$ -A변환기로부터의 출력신호는 변환기 출력내에 포함된 짝수 비트 만전을 가져야 한다.

주2 - A- $\mu$  변환이  $\mu$ -A변환후에 일어나면 대부분의 옥텟은 그들 원래의 값으로 복구된다.  $\mu$ -법칙 복호기 출력값 번호 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14에 해당하는 이들 옥텟만이 변경된다(번호는 1씩 증가한다). 더 나아가 이들 옥텟에서 단지 비트 번호 8(PCM의 LSB)만이 변경된다. 따라서 이중변환  $\mu$ -A- $\mu$ 는 비트 번호 1~7에 트랜스페어런트하다.

비슷하게  $\mu$ -A변환이 A- $\mu$ 변환 후에 일어나면 A-법칙 복호기 출력값 번호 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63, 80에 해당하는 옥텟만이 변경된다. 다시말해, 비트 번호 8만이 변경된다. 즉 이중변환 A- $\mu$ -A 역시 비트 번호 1~7에 트랜스페어런트하다.

이러한 특성의 결과는 대부분의 애널로그 음성 주파수 신호범위에서  $\mu$ -A- $\mu$ 나 A- $\mu$ -A변환으로 인하 부가적인 양자화 왜곡이  $\mu$ -A나 A- $\mu$  변환에 의한 것보다 상당히 낮다는 것이다(G.113참조)

$\mu$ -80이 A-80 대신에 A-81로 변환되고, A-80이  $\mu$ -80대신에  $\mu$ -79로 변환된다는 점에서 비트 1~7에 대한 A- $\mu$ -A 트랜스페어런시는 최적 변환으로부터 표를 약간 수정하므로써 달성되었다. 이는 양자화 왜곡에 거의 영향을 미치지 않는다.

표 3/G.711  
μ-A 변환

μ법칙 복호기 출력 값 번호	A법칙 복호기 출력 값 번호	μ법칙 복호기 출력 값 번호	A법칙 복호기 출력 값 번호
1	1	51	52
2	3	52	53
3	5	53	54
4	7	54	55
5	9	55	56
6	11	56	57
7	13	57	58
8	15	58	59
9	16	59	60
10	17	60	61
11	18	61	62
12	19	62	63
13	20	63	64
14	21	64	64
15	22	65	65
16	23	66	66
17	24	67	67
18	25	68	68
19	26	69	69
20	27	70	70
21	28	71	71
22	29	72	72
23	30	73	73
24	31	74	74
25	32	75	75
26	32	76	76
27	33	77	77
28	33	78	78
29	34	79	79
30	34	80	79
31	35	81	80
32	35	82	81
33	36	83	82
34	37	84	83
35	38	85	84
36	39	86	85
37	40	87	86
38	41	88	87
39	42	89	88
40	43	90	89
41	44	91	90
42	45	92	91
43	46	93	92
44	47	94	93
45	48	95	94
46	48	96	95
47	49	97	96
48	49	98	97
49	50	.	.
50	51	.	.
		.	.
		128	127

표 4/G.711의 관련 주

주1 - A-법칙 부호기에서의 입력신호는 표 1a/G.711의 주2에 따라 작용되므로 정상적으로 짝수 비트 만전을 포함한다. 결과적으로 A- $\mu$ 변환기로부터의 입력신호는 이미 이 상태에 있으며, 짝수 비트 만전의 제거가 변환기 내에서 구현되어야 한다.

주2 - A- $\mu$  변환이  $\mu$ -A변환 후에 일어나면 대부분의 옥텟은 그들 원래의 값으로 복귀된다.  $\mu$ -법칙 복호가 출력값 번호 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14에 해당하는 이들 옥텟만이 변경된다(번호는 1씩 증가한다.) 더 나아가 이들 옥텟에서 단지 비트 번호 8(PCM의 LSB)만이 변경된다. 따라서 이중변환  $\mu$ -A- $\mu$ 는 비트 번호 1~7에 트랜스페어런트하다.

비슷하게  $\mu$ -A변환이 A- $\mu$ 변환 후에 일어나면 A-법칙 복호가 출력값 번호 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63, 80에 해당하는 옥텟만이 변경된다. 다시말해, 비트 번호 8만이 변경된다. 즉 이중변환 A- $\mu$ -A 역시 비트 번호 1~7에 트랜스페어런트하다.

이러한 특성의 결과는 대부분의 애널로그 음성 주파수 신호범위에서  $\mu$ -A- $\mu$ 나 A- $\mu$ -A 변환으로 인하 부가적인 양자화 왜곡이  $\mu$ -A나 A- $\mu$  변환에 의한 것보다 상당히 낮다는 것이다(G.113참조).

$\mu$ -80이 A-80 대신에 A-81로 변환되고, A-80이  $\mu$ -80대신에  $\mu$ -79로 변환된다는 점에서 비트 1~7에 대한 A- $\mu$ -A 트랜스페어런시는 최적 변환으로부터 표를 약간 수정하므로써 달성되었다. 이는 양자화 왜곡에 거의 영향을 미치지 않는다.

표 5/G.711

A-법칙							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0

표 6/G.711

$\mu$ -법칙							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0