

단파무선통신체계에서 자동증폭조절의 한가지 방법

박광철, 최은경

자동증폭조절(AGC: Automatic Gain Control)은 통신체계들에서 전파환경에 의한 성능저하를 개선하기 위한 필수적인 부분으로 되고있다. 전통적인 AGC체계는 평균신호를 추정하고 체계를 안정시키는 문제에서 일련의 부족점을 가지고있다.[1, 2]

논문에서는 수신신호의 확률분포통계량분석에 기초한 새로운 수자식AGC알고리즘을 제안하여 수신성능을 개선하기 위한 방법을 제안하였다.

1. 수자식AGC체계구성

단파무선체계에서는 수신신호전력이 작고 각이한 전파환경조건에 따라 변화되며 중간주파수신호로 내리변환하여도 그 세기에는 가우스분포를 가진 열잡음전력이 포함된다. 그러므로 AGC입력신호는 가우스분포 $N(\mu, \sigma)$ 를 따른다고 볼수 있다. 여기서 σ 는 실제신호의 전력세기를 반영한다. 따라서 입력신호의 확률밀도함수(PDF)는 다음과 같이 표시된다.

$$f(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

한편 수자식AGC에서 제기되는 문제는 ADC동적범위제한으로 인한 자름오차문제이다. 또한 입력신호진폭을 ADC의 동적범위와 정합시키는것이다. 그런데 가우스백색잡음의 우연성으로 하여 자름오차는 피할수 없으며 이로부터 전력추정을 정확히 진행하는 문제가 제기되게 된다. 이러한 자름효과는 PDF특성곡선에서 일정한 제한범위 $[-a, a]$ 를 차지하는것으로 나타나며 이 제한구역에서 신호량자화비율은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P(-a, a) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-a}^a \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) dr = \\ &= 1 - 2(1 - \Phi(K)) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $K = a/\sigma$ 이고

$$\Phi(K) = \int_{-\infty}^K \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

로서 $\Phi(K)$ 의 값은 표준정규분포표로부터 주어진다.

자름오차 $P[-a, a]$ 와 K 사이의 관계로부터 K 가 일정하게 크면 자름오차는 대단히 작아서 무시되며 $[-a, a]$ 가 충분히 커진다. 그리고 $P[-a, a]$ 가 결정된 조건에서 K 와 $\Phi(K)$ 는 모두 상수로 되며 이로부터 입력전력이 변하여도 일단 $P[-a, a]$ 가 미리 결정된 조건에서 고정된 값으로서의 K 를 유지하자면 경계 a 를 변화시켜야 한다. 이러한 해석에 기초하여 프로그램조종증폭기(PGA)를 리용한 AGC체계를 다음과 같이 구성한다.(그림)

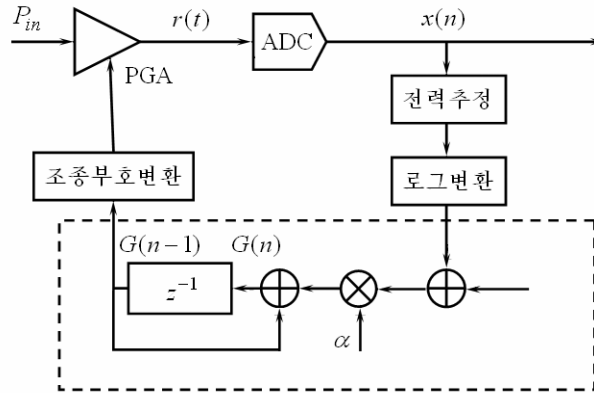


그림. 제안된 AGC체제

그림에서 상사수자변환(ADC)입력신호 $r(t)$ 의 전추정은 출력신호 $x(n)$ 에 의하여 다음과 같이 계산할수 있다.

$$P_{\text{est}}(n) = \sum_{n=0}^{M-1} |x(n)|^2 / M, \quad M = 2^i, \quad i = 1, 2, 3 \quad (3)$$

여기서 M 은 통계구간에서의 표본주기이다.

식 (2)에 기초하면 정확한 전력추정 P_{est} 는 $[-a, a]$ 에서 $r(t)$ 에 대한 절대값의 기대값으로 볼수 있으며 따라서 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\begin{aligned} E(|r(t)|) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{+\infty} |r| \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) dr = \\ &= \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left(\int_0^a r \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) dr + \int_a^{+\infty} r \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) dr \right) \end{aligned} \quad (4)$$

그러면 $E(|r(t)|)$ 와 경계조건 a 와의 비는 K 의 함수로 되는데 이것을 간단히 하면 다음과 같다.

$$\frac{E(|r(t)|)}{a} = \frac{2}{\sqrt{2\pi}K} \left(1 - \exp\left(-\frac{K^2}{2}\right) \right) + 2(1 - \Phi(K)) = g(K) \quad (5)$$

식 (5)로부터 양자화비율 $P[-a, a]$ 가 결정되면 K 는 상수이며 $E(|r(t)|)$ 와 경계조건 a 와의 비도 상수로 된다는것을 알수 있다. 따라서 경계조건 $[-a, a]$ 가 ADC동적범위 $[-A_d, A_d]$ 와 같아지면 $E(|r(t)|)$ 가 표본참조전력 P_{ref} 인 값으로 되어야 한다. 그러면 식 (5)의 비례관계로부터 다음의 관계가 성립한다.

$$\frac{P_{\text{ref}}}{A_d} = \frac{E(|r(t)|)}{a} = g(K)|_{K=K_0}, \quad K_0 = \frac{A_d}{\sigma_0} \quad (6)$$

여기서 σ_0 은 참조전력이고 K_0 은 미리 설정한 $P(-a, a)$ 에 의하여 결정된다.

결국 AGC알고리즘의 핵심은 리득조절에 의하여 PDF세기곡선을 임의의 곡선으로부터 참조곡선으로 접근시키는것으로 볼수 있다.

그런데 P_{est} 로부터 P_{ref} 까지 증폭조절이 진행될 때 자름오차가 생기는것으로 하여 전력추정의 정확도가 낮아진다. 그러므로 량자화오차가 있는 조건에서 P_{est} 는 다음과 같이 계산한다.

$$\frac{P_{\text{est}}}{A_d} = \frac{2}{\sqrt{2\pi K'}} \left(1 - \exp\left(-\frac{K'^2}{2}\right) \right) + 2[1 - \Phi(K')] = g(K)|_{K=K'} \quad (7)$$

여기서

$$K' = \frac{A_d}{\sigma'}$$

이며 σ' 는 현재전력을 나타낸다.

P_{est} 가 실제전력으로부터 리탈되는 경우 추정된 전력은 다음과 같다.

$$P_{\text{est, cor}} = \frac{K_0}{K'} \cdot P_{\text{ref}} \quad (8)$$

수정된 전력추정값 $P_{\text{est, cor}}$ 와 그림의 AGC추적모형으로부터 증폭조절방식은 다음과 같이 결정된다.

$$G(n) = \begin{cases} G(n-1) - \alpha \cdot (P_{\text{est, cor}} - P_{\text{ref}}), & |P_{\text{est, cor}} - P_{\text{ref}}| > \Delta P_{\text{lock}} \\ G(n-1), & |P_{\text{est, cor}} - P_{\text{ref}}| \leq \Delta P_{\text{lock}} \end{cases} \quad (9)$$

여기서 $G(n-1)$ 은 AGC의 현재의 증폭도이고 $G(n)$ 은 다음단계의 증폭도이다. 그리고 α 는 매 단계의 증폭도결수, ΔP_{lock} 는 유지창문(1dB범위)이다.

2. 측정실험 및 결과분석

측정에서는 QPSK반송파신호를 리용하였다.

측정실험결과 $\alpha=1$ 일 때 입력신호가 약 20mV와 300mV사이에서 변하는 경우 AGC고리의 출력은 두단의 리득조절후 약 200mV에서 최종적으로 안정화되었다. 안정화시간은 약 30 μ s, 박자는 62MHz, 표본주기는 분석구간당 1024개이다. 표에 선행한 AGC체계와 제안한 수자식AGC체계와 비교한 측정결과를 보여주었다.

표. 선행한 AGC체계와 제안한 수자식AGC체계와 비교한 측정결과

항목	asscc'10	j.semicond'12	제안방식
조종방식	상사	수자	수자
동적범위/dB	55	50	61
안정화시간/ μ s	900	<180	16~32

표로부터 알수 있는바와 같이 제안한 방법에서는 안정화시간이 크게 개선되고 동적범위도 증가되었다.

맺는 말

단파무선신호의 통계적특성분석에 기초하여 새로운 수자agc고리를 제안하였다. 제안된 체계는 분석구간에서 최대 2단계의 증폭도조절을 진행하여 특성지표들을 개선하였다.

참 고 문 헌

- [1] Lu Mingying et al.; IEEE Transactions on Consumer Electronics, 57, 2, 327, 2016.
- [2] D Borio; IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 49, 2, 969, 2013.

주체109(2020)년 11월 5일 원고접수

A Method of Automatic Gain Control for Shortwave Radio Communication System

Pak Kwang Chol, Choe Un Gyong

We propose a new digital automatic gain control system based on the stochastic analysis of the shortwave radio communication signal.

Keywords: shortwave radio communication, AGC