

## حذف اکو در سیستم های مخابراتی

دکتر وحید طباطبائی

سید محسن اسماعیلی

دانشیار دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر

Email: sm\_esmaili@yahoo.com

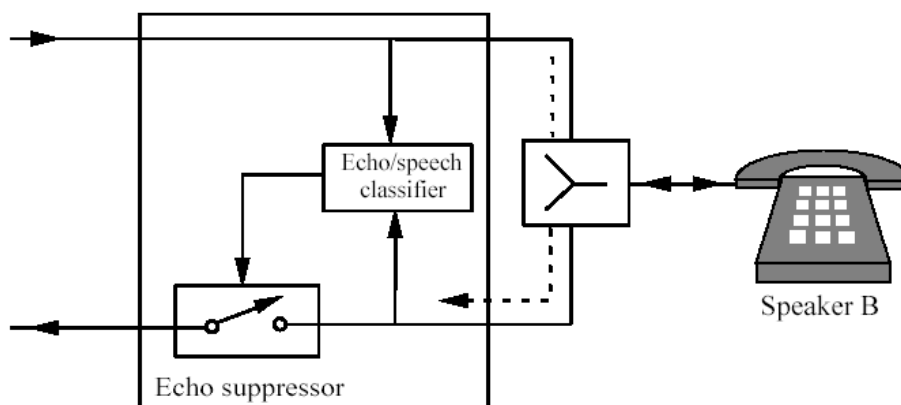
واژگان کلیدی: اکو ، تاخیر خط ، هایبرید ، VOX

### چکیده:

وجود اکو در مسیرهای مخابراتی به دلیل دوطرفه بودن کانال ها امری اجتناب ناپذیر است که مشکلاتی را به همراه دارد. اصولا اکو به دلیل دوطرفه بودن و تاخیرهای موجود در مسیرهای مخابراتی می باشد. خطوط تلفن حدودا 14ms تا 20ms تاخیر ایجاد می کنند که این تاخیر به دلیل حساس نبودن زیاد گوش انسان مشهود نیست ولی در سیستم های مخابراتی دیجیتال که تاخیر ناشی از پردازش نیز به آن اضافه می شود باعث زیاد شدن تاخیر در مسیر کانال شده و باعث ایجاد اکو می گردد. وجود این اکو باعث تضعیف کیفیت صوت شده و باعث آزار گوش در هنگام مکالمه می شود بنابراین راهی برای حذف این اکو باید اندیشید. طراحی ارایه شده با قرار گرفتن در مسیر ارسال سیگنال بازگشتی را که منجر به ایجاد اکو می شود در حد مطلوبی کاهش می دهد.

### ارتباط یکطرفه:

یکی از راههای اولیه برای حذف اکو یکطرفه کردن صحبت می باشد که با اعمال سوئیچی در مسیر گوشی می توان ارسال و دریافت را به صورت یکطرفه سوئیچ کرد. این روش در مکالمات تلفنی به دلیل دوطرفه بودن کانال جایگاهی ندارد. استفاده از آن باعث ایجاد آزاد دهی فرد مکالمه کننده می شود. محل قرار گرفتن سوئیچ در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱)

این سوئیچ بدین صورت عمل می کند که وقتی طرف RX صحبت می کند سوئیچ باز و مسیر TX ارسالی ندارد و در حالتی که طرف TX صحبت می کند سوئیچ بسته می باشد با این کار وقتی که طرف RX صحبت می کند، صحبت آن از مسیر TX دوباره به خود آن بر نمی گردد.

### انواع مختلف اکو:

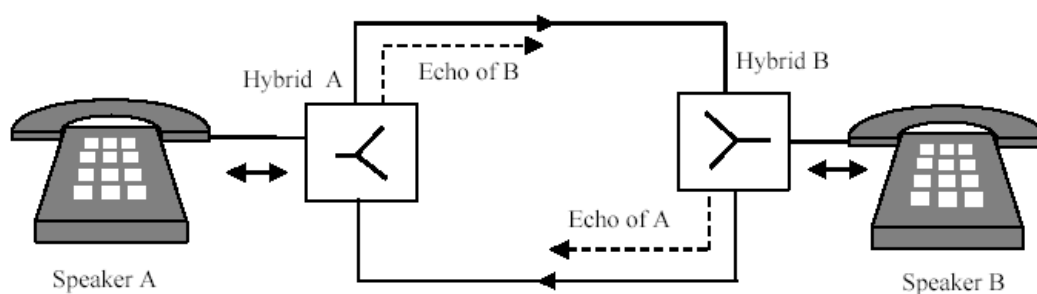
✓ اکوی گوش (acoustic Echo)

✓ اکوی خط (Line Echo)

اکوی کوشی که به اکوی آوای نیز معروف است از فیدبک بین گوش و دهنی ایجاد می شود. این اکو ناشی از برگشت اصوات از دیوار ها و طبقات می باشد و از مسیرهای مختلف عبور می کند.

اکوی خط تلفن که نتیجه تطبیق نبودن هایبرید تلفن و خط می باشد. اکو در نقطه هایی از خط و مرکز که تبدیل چهار سیمه به دو سیمه و یا بر عکس وجود دارد ایجاد می شود. در سیستم مخابراتی به دلیل اینکه چهار سیمه بودن ارتباط به صرفه نیست مجبور به استفاده از تلفنهای دو سیمه در خارج از مرکز می باشیم.

شکل زیر مسیرهای دو سیمه و چهار سیمه و مسیرهای ایجاد اکو را نمایش می دهد.



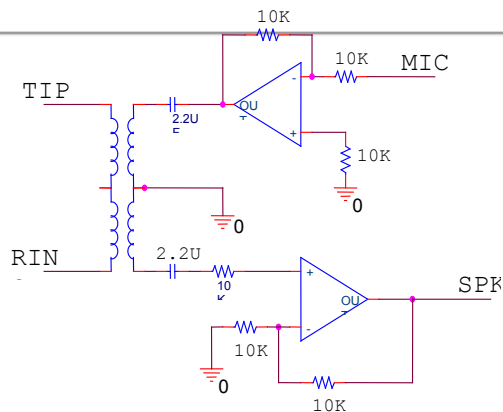
شکل (۲)

در شکل (۲) دیده می شود که چگونه هایبریدهای محلی تلفن، دو سیمه را به چهار سیمه تبدیل می کنند که در انتقال بین مراکز استفاده می شود. هایبرید به درستی نمی تواند امپدانس هر حلقه محلی را تطبیق دهد. از اینرو جزیی از سیگنال از هایبرید نشت کرده و از مدار چهار سیمه در جهت مخالف برمی گردد. به عبارت دیگر انعکاس الکتریکی در حلقه محلی اتفاق می افتد و این انعکاس، سیگنالها را نیز انعکاس می دهد که این سیگنال برگشتی به صورت اکو شنیده می شود. با توجه به اینکه در بین مراکز تلفنی مسیرهای ارسال و دریافت جداگانه بوده زیرا که تقویت کننده ها و تکرار کننده ها ی مورد استفاده به صوت یک طرفه می باشند. بنابراین هایبرید در انتهای هر انتقالی لازم می باشد تا اینکه مدارهای دو سیمه محلی را به مدارهای چهار سیمه تطبیق دهد. هایبرید در انتهای نزدیک به قسمت صحبت، به نام هایبرید نزدیک<sup>۱</sup> و هایبرید در انتهای دیگر به نام هایبرید دور<sup>۲</sup> نامیده می شود.

شکل (۳) مسیرهای ارسال و دریافت را بهتر نمایش می دهد اگر این ترانسفرمر ایده ال باشد هیچ سیگنال دریافتی از مسیر ارسال عبور نمی کند و در صورتی که ایده ال نباشد که در عمل این طور است مقداری از سیگنال دریافتی از طریق مدار ارسال برمی گردد. اگر در مسیر ارسال تاخیری به دلیل فاصله یا هر دلیل دیگری وجود داشته باشد در طرف فرستنده اکو ایجاد خواهد شد.

<sup>۱</sup> . Near end hybrid

<sup>۲</sup> . Far end hybrid

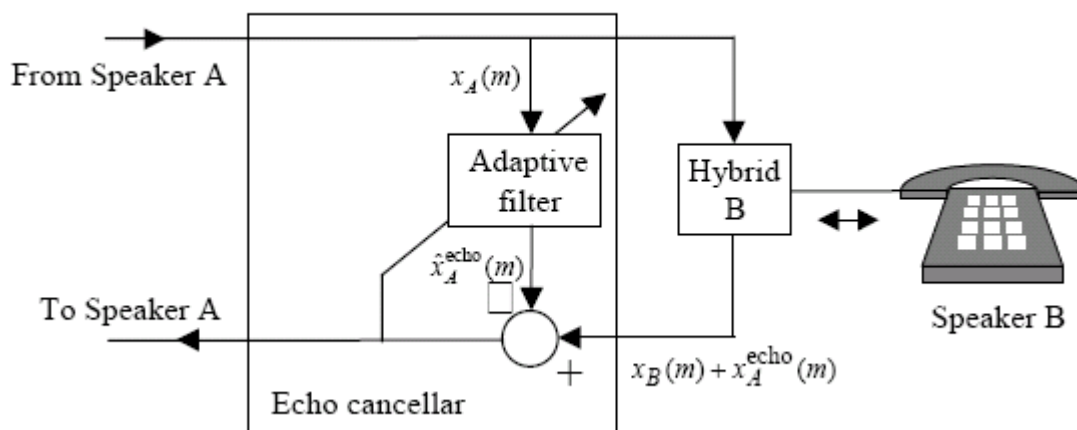


شکل (۳)

### حذف اکودر ارتباط های دو طرفه:

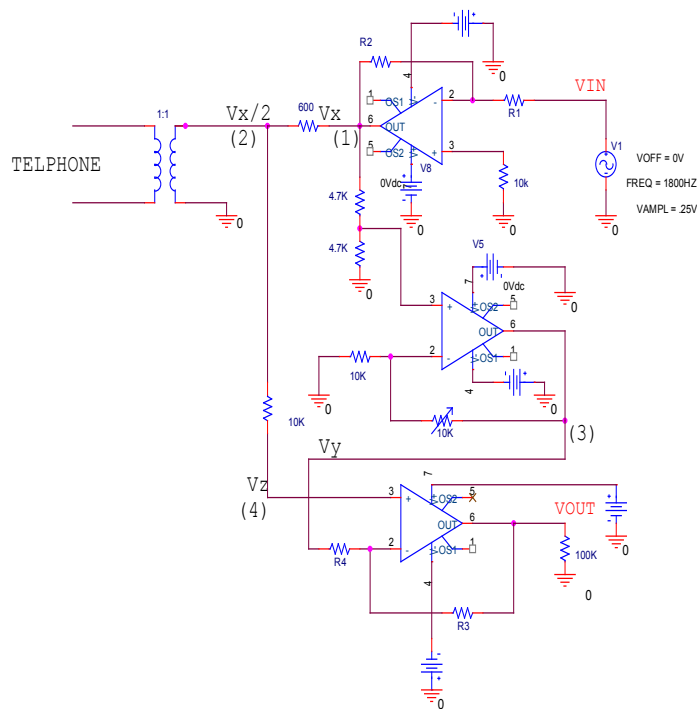
همانطور که گفته شد وجود اکو در مدارهای مخابراتی امری اجتناب ناپذیر است و باعث ایجاد مشکلاتی در ارتباط می شود بایستی مداری طراحی شود که تا حد امکان بتوان آن را کاهش داد. بنابراین در این سیستم برای حذف اکو با وجود دو طرفه بودن صوت ، روشی بکار گرفته شده که به صورت آنالوگ در دو مرحله اکو را در حد قابل توجهی کم می کند. شایان ذکر است که امروزه در سیستم های مخابراتی جدید اکو بیشتر به صورت دیجیتال کاهش می یابد که با استفاده از فیلتر های تطبیقی و پیاده سازی این فیلترها توسط پردازشگرها این عمل را انجام می دهند.

شکل (۴) نمایی از قرار گرفتن این فیلترها را برای حذف اکو نمایش می دهد.



شکل (۴)

با توجه به دو سیمه بودن تلفن بایستی مسیرهای ارسال و دریافت در داخل سیستم برای پردازش جدا شوند. بنابراین نقطه مشترکی ایجاد خواهد شد که در مسیرهای ارسال و دریافت قرار دارد. وقتی سیگنالی از طرف مقابل دریافت می شود مقداری از آن به مسیر ارسال برمی گردد که باعث اکو در سیمه طرف مقابل می گردد بنابراین لازم است که مداری طراحی گردد که از رسیدن سیگنال دریافتی به مسیر ارسال جلوگیری کند. مدار طراحی شده که در شکل (۵) آمده به همراه محاسبات نشان می دهد که سیگنال دریافتی در مسیر ارسال صفر خواهد شد. در نظر بگیرید که  $V_{in}$  سیگنال ارسالی روی خط و  $V_{out}$  سیگنال دریافتی از خط باشد. با طراحی این مدار در مسیر ارسال و دریافت ثابت خواهیم کرد که در صورتی که فقط ارسال داشته باشیم سیگنال دریافتی صفر خواهد بود.



شکل (۵)

در نقطه (۱) داریم

$$V_x = -(R_2/R_1) * V_{in} = -V_{in}$$

با توجه به اینکه خط تلفن دارای مقاومت 600 اهم می باشد ولتاژ نقطه (۲) برابر با  $(V_x/2)$  خواهد بود. در صورتی که فقط ارسال داشته باشیم با پتانسیو متر 10k ولتاژ خروجی نقطه (۳) را به گونه ای تنظیم می کنیم که مقدار آن به  $(V_x/2)$  برسد.

حال اگر ولتاژ نقطه (۳) را با  $V_y$  و ولتاژ نقطه (۴) را با  $V_z$  نمایش دهیم خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} V_z = 0 & \implies V_{out} = -(R_3/R_4) * V_y \\ V_y = 0 & \implies V_{out} = (1 + R_3/R_4) * V_z \end{aligned}$$

با جمع این دو رابطه داریم:

$$V_{out} = (1 + R_3/R_4) * V_z - (R_3/R_4) * V_y$$

در حالتی که  $R_3 = R_4$  باشد داریم:

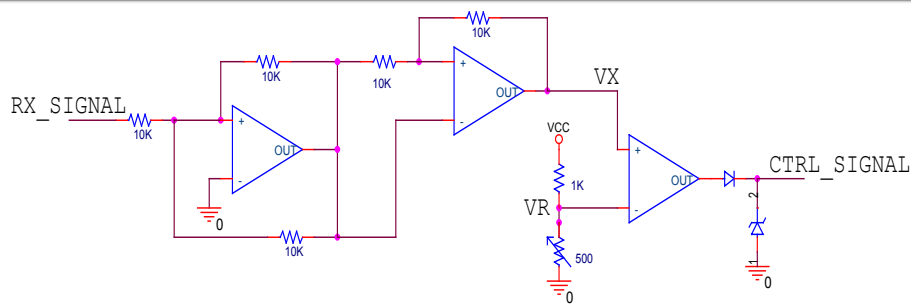
$$V_{out} = 2 * V_z - V_y$$

بنابراین در صورتی که  $V_y$  را با پتانسیو متر به مقدار  $V_x$  نزدیک کنیم در این صورت مقدار  $V_{out}$  به مقدار صفر نزدیک می شود که نشان می دهد سیگنال برگشتی در مسیر دریافت صفر خواهد شد. این عمل در صورت ایده ال بودن عناصر مورد استفاده در این مدار اتفاق می افتد بنابراین به صورت کامل از رسیدن سیگنال دریافتی به مسیر ارسال جلوگیری نمی کند.

در این صورت با وجود این که مقدار قابل توجهی از سیگنال دریافتی را از مسیر ارسال حذف می کند باز مقداری اکو در طرف مقابل شنیده می شود که با طراحی مدار زیر سیگنال برگشتی تا حد زیادی به صفر نزدیک می شود با قرار دادن این دو مدار اگر چه هنوز مقداری از سیگنال دریافتی به مسیر ارسال می رسد ولی دیگر در طرف مقابل آنچنان اکویی شنیده نمی شود.

### طراحی مدار VOX:

مرحله دوم که به مدار VOX (VOICE OPERATED SWITCH) معروف است به صورتی که شکل (۶) نشان می دهد طراحی و پیاده سازی شده است.



شکل (۶)

این مدار (یکسو ساز سیگنال صحبت و مقایسه کننده) با نمونه گیری از سیگنال دریافتی (RX\_SIGNAL) یک سیگنال کنترلی (CTRL\_SIGNAL) تشکیل می دهد که وابسته به سطح دامنه سیگنال دریافتی می تواند صفر یا یک باشد.

IF  $V_x > V_r$   $\Rightarrow$  CTRL\_SIGNAL=1 طرف مقابل صحبت می کند

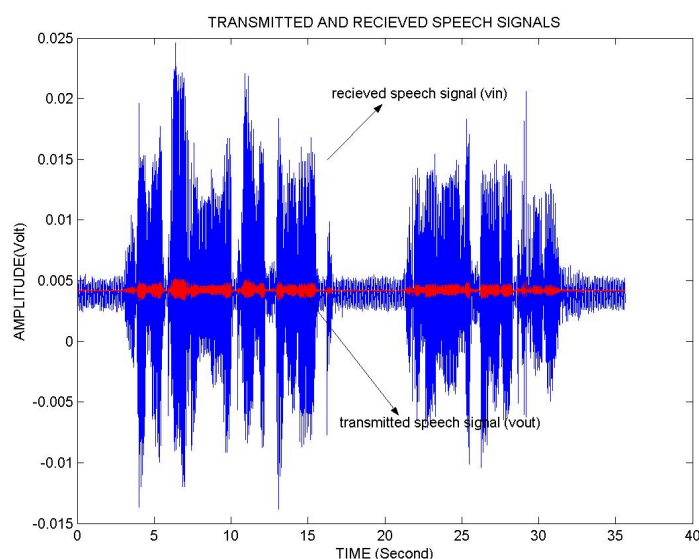
IF  $V_x < V_r$   $\Rightarrow$  CTRL\_SIGNAL=0 طرف مقابل صحبت نمی کند

در این مدار سیگنال دریافتی یکسو شده بعد با مقدار ثابتی که توسط پتانسیومتری قابل تنظیم است مقایسه شده و به صورت دو مقدار صفر و یک در اختیار می باشد. در صورتی که طرف مقابل صحبت کند سطح دامنه سیگنال دریافتی زیاد بوده و سطح این سیگنال کنترلی یک است و وقتی که طرف مقابل صحبت نکند سیگنال کنترلی صفر می باشد. بنابراین می توان صحبت کردن یا صحبت نکردن طرف مقابل را با این سیگنال تشخیص داد.

در صورتی که این سطح کنترلی یک باشد (طرف مقابل صحبت کند) بطور طبیعی طرف دیگر صحبت نمی کند و می توان سیگنال ارسالی شخصی را که صحبت نمی کند با کمی تضعیف ارسال کرد و در صورتی که سطح کنترلی صفر است (طرف مقابل صحبت نمی کند) بایستی برای ارسال بدون تضعیف سیگنال صوتی شخص مکالمه کننده مدار تضعیف منظور شده در مسیر ارسال حذف شود.

این عملکرد باعث می شود که وقتی طرف مقابل صحبت می کند در مسیر ارسال یک مدار تضعیف کننده قرار می گیرد که از برگشت کامل سیگنال دریافتی جلوگیری می کند و باعث کم شدن سیگنال برگشتی و در نتیجه باعث کم شدن اکو می شود.

نتایج شبیه سازی این مدار در ادامه آمده است که نشان می دهد با استفاده از این مدار می توان سیگنال برگشتی (در مسیر ارسال) را تا حد زیادی کاهش داد.



**نتیجه گیری:**

حذف اکو در سیستم های مخابراتی دیجیتال از مسایل روز بوده که با تلاش زیادی که برای این مساله انجام گرفته است هنوز اثرات تخریبی آن به چشم می خورد که نمونه بارز آن در مخابرات سیار به چشم می خورد. مدار طراحی شده قادر است با کمترین هزینه و امکانات، تا حد مطلوبی اثرات نامطلوب اکو را در سیستمهای مخابراتی کاهش دهد. این مدار در دو مرحله باعث کاهش سیگنال بازگشتی می شود و در هر مرحله مقداری از سیگنال بازگشتی را حذف می کند.

**مراجع و منابع:**

- ۱) سیستم های مخابراتی آنالوگ و دیجیتال، سام شانموگام، ترجمه دکتر محمد رضا عارف، ۱۳۶۸
- 2) Texas instrument, "Dsp solutions telephony and data modems", 1997
- 3) A. Michael Noll, " Introduction to telephone systems", 1996
- 4) F.Kuch & W.Kellermann, "nonlinear line echo cancellation using a simplified second order volterra filter", may 2002
- 5) F.C.Pessoa & A.Dyba & P.He, "network echo cancellers ", 2001
- 6) Peter Eneroth & Tomas Gansler, " a frequency domain adaptive echo canceller with post processing residual echo suppression by decorrelation", November 1997
- 7) Takao Inoue, "modified conjugate gradient method for ADSL echo canceller", February 1999
- 8) Gelena Nikolic, " implementing a line echo canceller using the block update and NLMS algorithms " April 1997
- 9) Per ahgren, "on system identification & acoustic echo cancellation", August 2004