

ACTIVE NOISE CONTROL UNTUK PEREDAMAN GENERATOR LISTRIK DENGAN ALGORITMA NEUROFUZZY

Dewanto RA, Asep S., Aradea

Jurusan Teknik Informatika STMIK-DCI Tasikmalaya

E-mail: dewanto_ra@stmik-dci.ac.id, URL: <http://www.stmik-dci.ac.id>

ABSTRAK

Active noise control (ANC) adalah sebuah sistem berbasis pada teori adaptif filter yang berkembang sekitar tahun 1980. Perkembangan teknologi komputer dan sistem mikroprosesor menjadikan implementasi nyata konsep ANC sudah semakin dekat. Penggunaan sebuah PC yang dilengkapi dengan perangkat lunak yang menjalankan sebuah algoritma ANC dapat memberikan manfaat langsung dalam peredaman sumber noise.

Sistem ini dapat menjadikan sebuah implementasi berbiaya rendah dari sebuah algoritma ANC dan memberikan perkembangan yang luas dalam ANC. Hasil penelitian ini berupa sebuah disain perangkat keras berbasis PC dan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman C++.

PC diisi dengan sebuah kemampuan adaptif teori dan filter yang merepresentasikan sistem kerja ANC. Dengan konsep interfacing PC dilengkapi dengan input proses berupa monitoring sumber noise dan output proses yang berupa aksi mengeluarkan sinyal peredam noise. Sedangkan dalam PC sendiri dilengkapi dengan pemrosesan signal berupa algoritma ANC. Kemampuan dan konfigurasi ini diimplementasikan dalam pengendalian noise yang keluar dari sebuah pembangkit listrik (generator) yang biasa dipasang di tempat-tempat kegiatan manusia (kompleks perkantoran, hotel, rumah sakit dll).

Kata Kunci: Active Noise Control, Neurofuzzy

PENDAHULUAN

Masalah noise akustik di lingkungan menjadi lebih diperhatikan dan menimbulkan masalah serius dengan alasan-alasan berikut:

- Semakin banyak perangkat-perangkat yang digunakan di lingkungan manusia seperti mesin-mesin, fans, transformator, motor dll.
- Peningkatan jumlah penduduk menjadikan peningkatan kepadatan perumahan dan kepadatan lalu-lintas.
- Penggunaan bahan material pembangunan gedung-gedung dan perangkat transportasi yang semakin ringan menjadikan transfer noise yang semakin mudah.

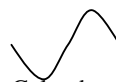
Dengan beberapa alasan tersebut menjadikan pembangunan sebuah perangkat yang mampu meredam ataupun mengeliminasi noise menjadi sebuah kebutuhan. Terdapat dua pendekatan dalam mengendalikan noise yaitu aktif dan pasif. Pendekatan tradisional adalah dengan metoda pasif yaitu penggunaan pembungkus (*enclosure*), penahan (*barriers*) dan silencer untuk meredam noise yang tidak dikehendaki.

Pasif noise control memiliki kemampuan peredaman pada lebar pita frekuensi yang relatif tinggi namun membutuhkan dimensi fisik yang relatif besar, biaya tinggi dan tidak efektif pada frekuensi rendah. Keadaan ini menjadikan hambatan dalam pemakaian dalam aplikasi nyata. Selain itu muncul pula beberapa masalah akibat penggunaan pasif control ini misalnya kasus tekanan balik dan masalah lainnya.

Di sisi lain berkembang konsep aktif control yang mampu menutupi kekurangan-kekurangan yang dimiliki oleh pasif control. Konsep dasar dari active noise control (ANC) adalah proses eliminasi atau penghapusan noise primer (noise yang tidak dikehendaki) dengan anti noise yang menjadikan noise residu akan mendekati nol. Efektifitas ANC sangat tergantung dari akurasi amplituda dan fasa dari antinoise. Konsep dasar ANC dapat digambarkan sebagai berikut:



Gelombang Antinoise



Gelombang Noise primer

Konsep fisik penghapusan noise

Aplikasi Umum Active Noise Control

Keberhasilan penggunaan ANC dilihat berdasarkan efektifitas pengendalian noise dibandingkan dengan yang dilakukan oleh passive noise control. Peredaman ANC memberikan arti penghapusan sejumlah noise dalam jumlah besar dengan menggunakan perangkat dengan dimensi yang kecil khususnya pada noise berfrekuensi rendah. Untuk frekuensi rendah ANC terbukti memberikan manfaat yang nyata dalam proses pengendalian noise.

Secara umum aplikasi ANC dapat dikategorikan menjadi empat bagian yaitu:

- a. Duct Noise: satu dimensi lorong seperti lorong pembuangan, jaringan pipa dan lorong ventilasi.
- b. Interior Noise: noise dalam sebuah ruang tertutup (*enclosed*)
- c. Personal hearing protection: perangkat antinoise yang berfungsi sebagai proteksi (headphone dll).
- d. Ruang Bebas Noise; radiasi noise dalam ruang terbuka.

Beberapa pengembangan ANC yang menggunakan satu jenis atau gabungan beberapa jenis ANC telah dilakukan di banyak tempat diantaranya adalah:

- a. Otomotif
 - *Single Channel* (satu dimensi); ANC untuk muffler, sistem induksi dll.
 - *Multiple Channel* (tiga dimensi): antinoise di ruang penumpang.
- b. Perangkat Rumah tinggal
 - *Single Channel* (satu dimensi): Lorong AC, Pendingin, mesin cuci dll
 - *Multiple Channel* (tiga dimensi): vacuum cleaner, ruang isolasi dll.
- c. Industri: seperti ruang AC, fan, pompa, kompresor dan perangkat berat industri.

Perkembangan yang terjadi di bidang ANC tidak berhenti meskipun banyak temuan-temuan baru yang dihasilkan. Hal ini disebabkan belum tercapainya kepuasan dalam temuan tersebut. Kepuasan tergantung dari beberapa pertimbangan yaitu:

- Efektifitas pembangunan berupa seberapa besar kompleksitas ANC yang dipakai dibandingkan dengan manfaat yang diperoleh.
- Konsep algoritma yang digunakan belum memberikan hasil yang maksimal.
- Semakin kompleksnya perangkat-perangkat penghasil noise semakin meningkatkan kompleksitas noise itu sendiri sehingga memerlukan peningkatan kemampuan dari ANC.

Dengan alasan tersebut pengembangan ANC yang dilakukan masih sangat diperlukan dalam kontribusinya bagi perkembangan teknologi. Untuk itulah dilakukan DISAIN ACTIVE NOISE CONTROL DENGAN ALGORITMA NEUROFUZZY.

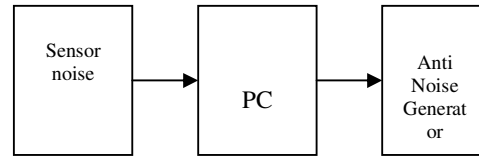
Pemilihan tema tersebut didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut:

- Penggunaan PC sebagai pemroses sinyal adalah untuk kemudahan perubahan algoritma ANC, interfacing dengan plant dan efektifitas biaya dihubungkan dengan fleksibilitas plant.
- Generator Listrik merupakan salah satu plant yang memiliki karakteristik yang hampir sama

dengan perangkat lain (blower, fan, transformator dll) sehingga keberhasilan aplikasi ini akan memberikan kemudahan dalam perubahan plant.

DESKRIPSI SISTEM

Anc berbasis PC adalah sebuah perangkat yang terdiri dari:



- a. Sensor noise: berupa microphone yang berfungsi untuk menangkap sinyal noise (berupa amplitude, frekuensi dan fasanya)
- b. PC: berisi algoritma ANC dan berfungsi mengolah data input untuk memprosesnya sehingga diperoleh sinyal Anti Noise.
- c. Anti Noise generator: berupa perangkat untuk mentransformasikan karakteristik anti noise yang dihasilkan melalui perhitungan di PC menjadi sebuah sinyal listrik.

Dalam aplikasinya melakukan peredaman noise generator maka ANC memiliki karakteristik sebagai berikut:

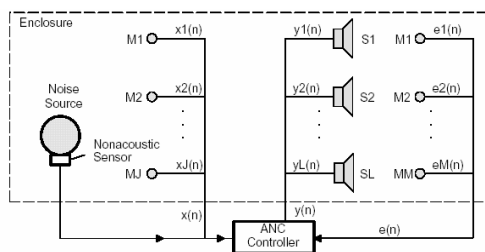
- a. Melakukan peredaman dalam bentuk isolasi sebuah ruang tertutup.
- b. Menggunakan lebih dari satu input dan output (*multiple channel*).
- c. Melakukan peredaman noise yang dihasilkan oleh generator saat bekerja sehingga suara tersebut tidak akan disalurkan keluar ruangan generator.

The Multiple-Channel ANC System

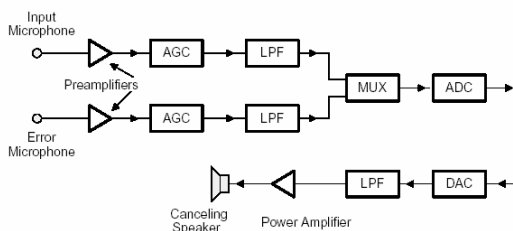
Saat sifat geometris dari noise bersifat kompleks atau rumit maka tidak akan cukup jika digunakan ANC dengan sensor tunggal maupun actuator tunggal (*single channel ANC*). Sehingga dalam kasus ANC pada ruang generator perlu diperhitungkan:

- a. *Multiple Channel ANC*: jumlah variable dan sensor serta actuator. Penempatan sensor dan actuator.
- b. Algoritma yang mampu menangani Multiple Channel dan dapat menggunakan PC sebagai pemroses sinyal.
- c. Interfacing antara sensor dengan PC maupun dengan actuator.

Sebuah Multiple Channel ANC dapat digambarkan sebagai berikut:



Sedangkan gambar ANC dalam konfigurasi hardwarenya adalah sebagai berikut:



output ADC dan input DAC dihubungkan ke PC sebagai pemroses sinyal.

PERANGKAT LUNAK

Perangkat lunak ANC merupakan program yang ditulis dalam bahasa pemrograman dengan fungsi menjalankan algoritma ANC yang digunakan. Adapun Algoritma tersebut disusun berdasarkan:

- Jumlah variabel yang dilibatkan (*channel*): Menentukan konfigurasi pengendalian (Broadband feedforward ANC, Narrowband feedforward ANC, Feedback ANC).
- Kaidah ANC yang dipakai. Berupa bentuk filter yang digunakan (misal Transversal—finite impulse response (FIR), Recursive— infinite impulse response (IIR), Lattice filters, Transform-domain filters)
- Karakteristik sumber noise (*plant*)

TEORI NEUROFUZZY

Salah satu perkembangan yang menakjubkan dalam penelitian di bidang kendali dan komputer adalah konsep Intelegensi Komputasional. Dengan kemampuan dan kebutuhan pengendalian sistem yang semakin kompleks, perkembangan dan kelanjutan penelitian terhadap Intelegensi Komputasional adalah sebuah kontribusi yang penting dalam kehidupan nyata.

Perkembangan Intelegensi Komputasional terdiri dari tiga komponen utama yaitu:

- Logika Fuzzy dengan karakteristik pada nilai yang tidak akurat dan approximation reasoning
- Jaringan Syaraf Tiruan dengan kemampuan belajar, proses paralel dan interpolasi.
- Algoritma Genetika dan Teori Chaos dengan ketidakpastian, optimasi dan popagasi.

- Neural Network with learning, parallel process and interpolation.
- Genetic Algorithm and Chaos Theory with uncertainty, optimization and propagation.

Berdasarkan pada kelemahan dan kekuatan masing-masing komponen di atas, saat ini berkembang sebuah konsep untuk melakukan kombinasi terhadap komponen-komponen tersebut. Salah satu kombinasi yang cukup berhasil adalah antara logika fuzzy dengan neural network. Beberapa alasannya adalah:

Logika Fuzzy memiliki kekuatan untuk penalaran dengan menggunakan pendekatan meskipun informasi yang diolah tidak akurat. Tetapi memiliki kelemahan berupa tidak mampu untuk membangun atau mengoptimalkan kaidah yang dimilikinya. Logika fuzzy tidak memiliki kemampuan untuk belajar sehingga dasar kaidah yang dimiliki bersifat tetap setelah langkah perancangan selesai. Karena kekurangan tersebut maka Jaringan Syaraf tiruan yang memiliki kemampuan belajar digabungkan dengan logika fuzzy.

Konsep kominasi ini disebut sebagai Neurofuzzy. Neurofuzzy dapat didefinisikan sebagai:

Sebuah sistem fuzzy yang memiliki kemampuan algoritma belajar dari JST untuk membangun dan melakukan optimasi terhadap set fuzzy, kaidah dasar dengan nilai numerik maupun bahasa.

Implementasi dari Neurofuzzy berkembang di bidang yang cukup luas seperti di economic system, engineering system dan social system. Kebanyakan pemakaian, Neurofuzzy digunakan sebagai Time Series prediction, System identification, modeling and decision support system. Konfigurasi Neurofuzzy tergantung dari kondisi dan kebutuhan.

Time series prediction adalah sebuah proses untuk melakukan prediksi dan membuat interpolation untuk kondisi dai waktu mendatang berdasarkan data historis, kondisi aktual. Menggunakan Neurofuzzy, dapat diketahui atau dilihat apa yang terjadi kedepan. Sebagai contoh adalah bursa saham. Neurofuzzy time series prediction dapat melakukan prediksi apakah kondisi kurs atau saham mengalami peningkatan atau penurunan point..

Identifikasi Sistem dan pemodelan adalah sebuah komponen untuk membangun model sebuah sistem yang rumit dan kompleks. Model dapat berupa firmulamatematis ataupun linguistik. Dengan model ini dapat diketahui perilaku dari sistem

Sistem pengambil keputusan adalah dasar pengetahuan yang memberikan sebuah dukungan kepada manusia untuk mengambil sebuah keputusan dalam mengatasi sebuah masalah.

Neurofuzzy memiliki tugas untuk membangun, mengembangkan dan meningkatkan pengetahuan dengan menggunakan kemampuan belajar.

Tiga konfigurasi utama sudah banyak dikembangkan dan hasilnya cukup sukses. Keberhasilan ini akan dijadikan dasar dalam implementasi Neurofuzzy di lingkup yang lain.

NEUROFUZZY UNTUK ANC

Intelligent Control System didefinisikan sebagai sebuah sistem kendali dengan derajat autonomi tertentu dalam istilah memiliki kemampuan self-learning, self-reconfigurability, reasoning, planning dan decision making. Secara umum, saat ini ICS didasarkan pada kemampuan sistem pakar, logika fuzzy dan neural network.

Aplikasi dari ICS berkembang meluas di segala bidang dan disiplin keilmuan. Pada sistem kendali dan komputer ICS berkembang sangat pesat. Kombinasi antar komponen ICS bertujuan untuk menekan kerugian dan memunculkan keuntungan. Salah satu alasan penggunaan Adaptif Logika Fuzzy adalah kemampuan dalam mengubah kaidah dasar dan set fuzzy. Kemampuan adaptif diturunkan dari karingan syaraf tiruan. Kemampuan ini akan digunakan sebagai konsep ANC yaitu dapat memahami karakteristik noise menggunakan algoritma neurofuzzy. Pemahaman noise yang akurat akan memudahkan menghasilkan antinoise yang tepat.

PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan tujuan:

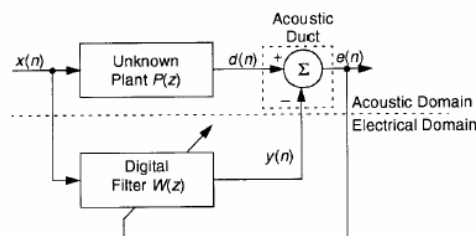
- Disain algoritma dan struktur ANC yang sesuai untuk peredaman noise Generator.
- Membuktikan bahwa disain yang dibuat dapat memenuhi fungsinya sebagai ANC melalui simulasi sistem.

Dengan tujuan tersebut maka penelitian dilakukan dengan tahapan dan langkah sebagai berikut:

- Penyusunan Konfigurasi ANC disesuaikan dengan kebutuhan untuk pengendalian noise yang dihasilkan oleh generator.
- Penyusunan karakteristik ruangan isolasi yang menjadi tempat generator.
- Penentuan konfigurasi ANC berupa jumlah input dan output (multiple channel)
- Penentuan titik-titik penempatan sensor dan aktuator.
- Disain algoritma ANC dengan referensi kondisi di atas.
- Membuat sebuah perangkat simulasi menggunakan perangkat lunak Matlab.
- Evaluasi terhadap hasil simulasi.

Sistem kendali (Neurofuzzy untuk ANC) didisain untuk penggunaan nyata. Disain didasarkan pada konsep dasar neurofuzzy dan ANC.

Neurofuzzy pada ANC digunakan sebagai alat identifikasi dengan cara memonitor sinyal noise dan melakukan prediksi terhadap sinyal noise berikutnya yang akan melewati titik noise. Dari hasil prediksi ini selanjutnya dihasilkan sinyal antinoise. Konsep ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Neurofuzzy sebagai Prediction tool

Dari gambar tersebut, digital filter $W(z)$ berisi kaidah Neurofuzzy. Dasar dari sistem ANC adalah sebuah sistem adaptif yang akan melakukan proses identifikasi untuk mendekati plant $P(z)$ yang tidak diketahui. $P(z)$ mengandung respon akustik dari sensor. Jika plant $P(z)$ bersifat dinamis maka diperlukan sebuah algoritma adaptif untuk dapat melakukan penjejakan terhadap variasi dari kondisi plant atau sinyal.

Tujuan utama dari filter $W(z)$ adalah untuk meminimalkan sinyal residual error $e(n)$ signal. Setelah adaptive filter $W(z)$ mengalami konvergensi maka diperoleh $W(z)=P(z)$ untuk $E(z) \neq 0$ yang menjadikan $y(n)=d(n)$. Sehingga, adaptive filter output $y(n)$ adalah identik dengan sinyal noise/gangguan $d(n)$. Pada saat $d(n)$ dan $y(n)$ secara akustik dikombinasikan maka residual error adalah $e(n)=d(n)-y(n)=0$ yang merupakan hasil yang sempurna untuk proses anti noise.

Pada gambar di bawah, setelah sensor referensi mengambil sinyal referensi maka komputer atau pengendali akan memiliki cukup waktu untuk menghitung keluaran yang tepat melalui speaker untuk anti noise.

Dengan menggunakan konsep Neurofuzzy maka tugas $W(z)$ akan dikendalikan oleh Neurofuzzy. Dengan kemampuan adaptifnya tugas $W(z)$ dapat ditangani oleh Neurofuzzy. Neurofuzzy dapat digambarkan sebagai berikut:

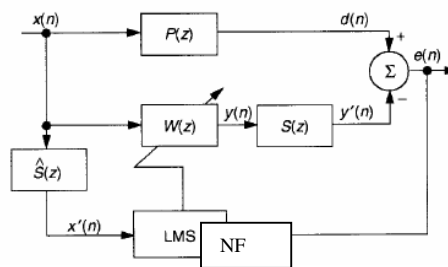
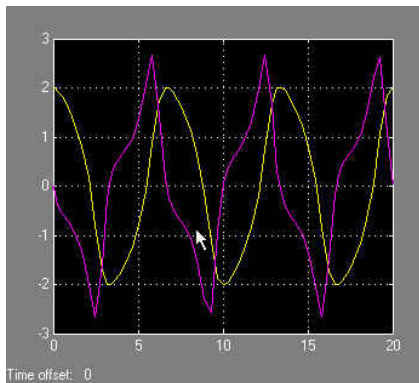


Diagram Blok of ANC menggunakan Neurofuzzy Algorithm

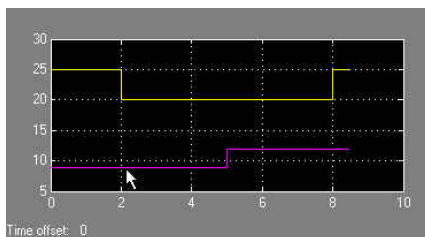
Dari tahapan penelitian tersebut diperoleh hasil akhir berupa:

ANC dengan konfigurasi Feedforward ANC dengan algoritma/filter adaptive serta menggunakan 4 sensor (microphone) yang ditempatkan dalam empat arah dan empat aktuator (speaker). Dari susunan tersebut diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:

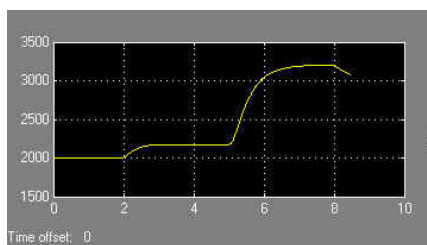
Proses sensor yang memonitor kondisi noise kemudian sistem ANC akan melakukan sebuah aproksimasi terhadap fungsi noise tersebut sebagai dasar penyusunan antinoise didapatkan grafik berikut:



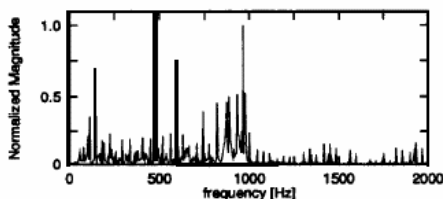
Gambar sinyal noise (merah) dengan sinyal identifikasi (kuning)



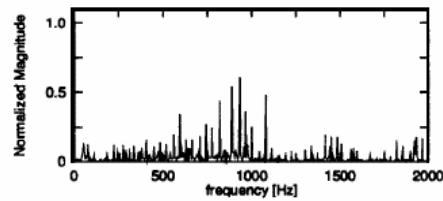
Gambar sinyal noise (merah) dengan sinyal anti noise (kuning)



Gambar Sinyal Residu Noise



Grafik Noise sebelum ANC bekerja



Grafiks Residu (sisa) noise setelah ANC bekerja

KESIMPULAN

Dari resume simulasi yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa kaidah dan struktur ANC yang dihasilkan memberikan kinerja yang baik yaitu dapat menekan noise primer terutama di frekuensi rendah.

Dalam penelitian ini terbatas sampai tahapan simulasi dengan perangkat lunak. Pengembangan selanjutnya berupa implementasi ANC hasil disain di atas dengan tetap menggunakan PC sebagai pengolah sinyal akan memberikan kontribusi nyata pada pengembangan teknologi dan juga memberikan manfaat bagi kehidupan nyata.

PUSTAKA

- [1] Widrow, B., and S. D. Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.
- [2] Kuo, S. M., and C. Chen, "Implementation of Adaptive Filters with the TMS320C25 or the TMS320C30," *Digital Signal Processing Applications with the TMS320 Family*, Volume 3, edited by P. Papamichalis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990, pp. 191–271.
- [3] Kuo, S. M., and J. Chen, "Multiple-Microphone Acoustic Echo Cancellation System with the Partial Adaptive Process," *Digital Signal Processing*, Vol. 3, No. 1, January 1993, pp. 1–10.
- [4] Glover, J. R., Jr., "Adaptive Noise Canceling Applied to Sinusoidal Interferences," *IEEE Trans.on ASSP*, Vol. ASSP-25, No. 6, Dec. 1977, pp. 484–491.
- [5] Kuo, S. M., and D. Vijayan, "Feedback Active Noise Control Systems," *Proc. Int. Conf. Signal Processing Applications and Technology*, 1993, pp. 132–141.
- [6] Allie, M. C., C. D. Bremigan, and L. J. Eriksson, "Hardware and Software Considerations for Active Noise Control," *Proc. ICASSP-88*, New York, April 1988, pp. 2598–2601.
- [7] Nishimura, M., "Some Problems of Active Noise Control for Practical Use," *Proc. Int. Symp. Active Control of Sound and Vibration*, Tokyo, 1991, pp. 157–164.

- [8] Oppenheim, A. V., and R. W. Schaffer, *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1989.
- [9] Texas Instruments, *TMS320C2x User's Guide*, 1993.
- [10] Crochier, R., R. Cox, and J. Johnson, "Real-Time Speech Coding," *IEEE Trans. Communications*, April 1982. pp.
- [11] Elliott, S. J., P. A. Nelson, I. M. Stothers and C. C. Boucher, *In-Flight Experiments on the Active Control of Propeller-Induced Cabin Noise*, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 140, No. 2, 1990. pp. 219–238.
- [12] Melton, D. E., and R. A. Greiner, *Adaptive Feedforward Multiple-Input, Multiple-Output Active Noise Control*, Proc. ICASSP, 1992. pp. II–229–232.
- [13] Guicking, D., and M. Bronzel, *Multi-Channel Broadband Active Noise Control in Small Enclosures*, Proc. Inter-Noise, 1990. pp. 1255–1258.
- [14] Garcia, D., *Precision Digital Sine-Wave Generation with the TMS32010*, Chap. 8 in *Digital Signal Processing Applications with the TMS320 Family*, vol. 1, edited by K. S. Lin, Texas Instruments, 1989.g