
VẤN ĐỀ TÍNH KHÔNG SUY NGƯỢC CỦA TÁI TẠO NYQUIST-SHANNON: BẰNG CHỨNG THỰC NGHIỆM CHO THẤY THÔNG TIN LIÊN MẪU CÓ THỂ PHÂN TÍCH ĐƯỢC TRONG TÍN HIỆU ÂM THANH CÓ TÍNH LIÊN MẪU TRONG HỆ THỐNG

VÁ tnh khng ỳ ợ cợ tái tjo Nyquist-Shannon: B±ng chng thhc nghicm cho thng tin liên m«u có thẢ phẢ hoi trong tín hiệU âm thanh g

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Tóm t-t

Ềnh lý lỳ m«u Nyquist-Shannon Ềm bđo tái tjo hoàn hđo tín hiệU giỦi hjn b ng thng tề các r tiẢn Á trung tâm -- r±ng tín hiệU âm thanh thhc giỦi hjn b ng thng -- chªa bao giÝ Ềác kiẢm 32-bit vỦi sán nhiẢu -198,2 dBFS, chúng tôi ghi lji 4.000 giÝ nhic và o n ng l°ấng phỔ trên tđ 4.000 giÝ, n ng l°ấng d° tỐn tji, t°jng quan vỦi ch°jng trình ($r > 0,93$). Chúng tôi phẢ hoi 0,0 kh³ng Ềnh khng tỐn tji. Chúng tôi khng tuyên bñ Ềnh lý sai. Chúng tôi quan sát tiẢn Á khđ

1. GIÚI THIỂU

Ềnh lý Nyquist-Shannon là mÚt trong nhng kjt quđ Ềác trích d«n nhiẢu nhýt trong kù th lỳ áp đng cho tín hiệU hoàn toàn khng chóa n ng l°ấng trên tđn sñ B. Ềnh lý Paley-Wie thÝi hjn hũ hjn nào giỦi hjn b ng thng. Múi buỖi biẢu diẢn nhic có thÝi hjn hũ hjn. Do thng theo ngh)a Shannon yêu cđu.

Chúng tôi khng tìm kiđm kjt quđ này. Sñ být th°Ýng xuýt hiçn ngay phiên o ỳu tiên và

2. TIẢN Ề GIÚI H N B NG THNG

Chng minh cợ Shannon yêu cđu biđn Ỗi Fourier phđi b±ng khng. Óng nhýt cho týt cđ t Phđi b±ng khng. Phđn éng kù thu-t tiêu chu©n là n ng l°ấng trên Nyquist khng áng kẢ. và kh³ng Ềnh nên Ềác o. Chúng tôi o nó.

3. PH- NG PHÁP

Hç thñng thu góm micro o l°Ýng DPA 4006A, tiẢn khuđch jì tùy chỀnh b ng thng DC 768 kHz. Khng sí đđng bÙ líc chñng r ng cªa. Ghi âm tji 11 Ềa iẢm, 11 thẢ lojì, tỔng 4

4. K¾T QUđ

N ng l°ấng phỔ o Ềác trên 96 kHz trong týt cđ 4.000 giÝ. Méc tề -147,3 dBFS (harpsicho N ng l°ấng t°jng quan vỦi nỦi dung ch°jng trình ($r > 0,93$). Nó là tín hiệU, khng phđi nh

5. PHIN D- R NG C- A

BÙ líc chñng r ng cªa -120 dB stopband cho qua n ng l°ấng trong đđi chuyẢn tiđp. Phđn d t°jng quan vỦi ch°jng trình, và mang thng tin l«n nhau khác khng vỦi nỦi dung gñc trđ

6. PHẢ C HÒI THNG TIN LIÊN MªU

Thu-t toán phẢ hoi đđa trên Ềúc l°ấng likelihood cũc jì có ràng buỖc trích xuýt 0,008 (h Ñi chng nhiẢu tr-ng: 0,000 bit/m«u, xác nh-n thng tin phẢ thuỖc tín hiệU.

7. Y¾U TĐ GÂY NHIẢU TIẢM N NG

Bđy giđi thích thay thđ Ềác xem xét và lojì trđ: phi tuyđn ADC, méo tiẢn khuđch jì, hiçn thiên lçch thu-t toán, và t°jng quan nhiẢu nhic.

8. THçO LU-N

Ềnh lý Nyquist-Shannon khng sai. Chng minh hẢp lç. TiẢn Á sai. Khng tín hiệU âm th hiçn này khng l-t Ỗ kù thu-t sñ. Các jì l°ấng cũc nhđ. Chúng tôi chỀ báo cáo thng tin

9. KẾT LUẬN

Chúng tôi o n ng l°ãng phĩ 4.000 giÝ nhĩc trên t§n sÑ Nyquist. Trong mí tr°Ýng hãp, n r đ° r ng c°a mang 0,008 ỉn 0,31 bit/m«u thông tin l«n nhau. Nhĩng phát hiệN không vô hiệ không °ãc áp ếng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.
- [2] H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," Trans. AIEE, vol. 47, no. 2, pp. 617-644, 1928.
- [3] R. E. A. C. Paley and N. Wiener, "Fourier transforms in the complex domain," AMS Colloquium Publications, vol. 19, 1934.
- [4] R. M. Gray and D. L. Neuhoff, "Quantization," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 44, no. 6, pp. 2325-2383, 1998.
- [5] A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed., Prentice Hall, 2009.
- [6] A. Papoulis, "Generalized sampling expansion," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 24, no. 11, pp. 652-654, 1977.
- [7] F. Marvasti, Nonuniform Sampling: Theory and Practice, Kluwer Academic, 2001.
- [8] L. Kozachenko and N. Leonenko, "Ưc l°ãng m«u entropy vector ng«u nhiệ," Problems of Information Tr
- [9] J. D. Reiss, "Phân tích tĩng hãp ánh giá trị giác âm thanh Ủ phân giêi cao," J. Audio Eng. Soc., vol. 6
- [10] S. Yoshikawa, "Energy spectrum of the lip-reed oscillation in brass instruments," J. Acoust. Soc. Am., vol. 97, no. 5, pp. 3269-3275, 1995.
- [11] P. Welch, "The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra," IEEE Trans. Audio Electroacoust., vol. 15, no. 2, pp. 70-73, 1967.
- [12] IEC 61672-1:2013, iệN âm hĩc -- Má y o méc âm -- PhậN 1: Thông sÑ kù thu-t.
- [13] AKM Semiconductor, "AK5578 32-bit 768 kHz ADC datasheet," rev. 2, 2022.
- [14] J. A. Cadzow, "An extrapolation procedure for band-limited signals," IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process., vol. 27, no. 1, pp. 4-12, 1979.