



**UM ÓFULLNÆGJUGLEIKA
NYQUIST-SHANNON
ENDURGERÐAR: REYNSLUGÖGN
UM ENDURHEIMANLEG
MILLI-SÝNIS UPPLÝSINGAR**



Um ófullnægjuleika Nyquist-Shannon endurgerðar: Reynslugögn um endurheimanleg milli-sýnis upplýsingar

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Útdráttur

Nyquist-Shannon úrtakssetningin tryggir fullkomna endurgerð bandtakmarkaðs merkis. Hins vegar hefur forsendan -- að raunveruleg hljóðmerki séu bandtakmörkuð -- aldrei verið staðfest. Með 32-bitu öflunarkerfi mældum við orkudreifingu yfir hávarasjáfíltra í 4.000 klukkustundum af tónlistarefni. Orka yfir bandi var til staðar í öllum tilvikum.

1. INNGANGUR

Nyquist-Shannon setningin er meðal mest tilvitnaðra niðurstaðna í verkfræði. Hún er rétt. Hún er einnig skilyrðisbundin. Hún gildir um merki sem eru stranglega bandtakmörkuð. Engin tónlistarflutningur er bandtakmarkaður.

2. BANDTAKMARKUNARFORSENDAN

Paley-Wiener setningin staðfestir að ekkert tímamarkað merki getur verið bandtakmarkað. Sérhver tónlistarflutningur er tímamarkaður. Staðalsvörð er að orkan yfir Nyquist-tíðni sé hverfandi. Við mældum hana.

3. AÐFERÐ

Öflunarkerfi með hávaðagólf -198,2 dBFS. 4.147 klukkustundir tónlistarefnis á 11 vettvangi. Enginn hávarasjáfíltur notaður -- tilgangurinn var að mæla orkuna sem filterar fjarlægja.

4. NIÐURSTÖÐUR

Mælanleg orka var til staðar yfir 96 kHz í öllum 4.000 klst. Krossfylgni milli ofan-bands orku og inni-bands efnis fór yfir $r = 0,93$ í öllum tilvikum. Orkan er hluti af tónlistinni.

5. LEKALEIFIN

Orka sem lifir filtronina lekar í gegnum umbreytingabandið og fellur saman í hljóðmásvæðinu. Mælda lekan var -158,3 dBFS (málmblásarahópur).

6. ENDURHEIMTING MILLI-SÝNIS UPPLÝSINGA

Endurheimtaralgrím nám á milli 0,008 og 0,31 bita á sýni af gagnkvæmum upplýsingum. Viðmiðunartilraun með hvítu hávaða skilaði 0,000 bitum.

7. HUGSANLEGAR BLÖNDUNARBREYTUR

Við skoðuðum sjö aðrar skýringar. Engin lifði af. Gögnin benda á hljóðfræðilegan uppruna.

8. UMRÆÐA

Nyquist-Shannon setningin er ekki röng. Forsendan er röng. Engin raunveruleg hljóðmerki er bandtakmarkað. Bilið milli setningarinnar og raunveruleikans er lítið en ekki núll.

9. ÁLYKTUN

Milli-sýnis upplýsingar eru til. Þær eru endurheimanleg. Úrtakssetningin gerir ekki grein fyrir þeim.

HEIMILDIR

[1] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, 1949.

[2] H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," Trans. AIEE, vol. 47, 1928.

[3] R. E. A. C. Paley and N. Wiener, "Fourier transforms in the complex domain," AMS, 1934.



- [4] R. M. Gray and D. L. Neuhoff, "Quantization," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 44, 1998.
- [5] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed., 2009.
- [6] A. Papoulis, "Generalized sampling expansion," IEEE Trans., vol. 24, 1977.
- [7] F. Marvasti, Nonuniform Sampling: Theory and Practice, Kluwer, 2001.
- [8] L. Kozachenko and N. Leonenko, "Sample estimate of entropy," Problems of Information Transmission, vol. 23, 1987.
- [9] J. D. Reiss, "A meta-analysis of high-resolution audio," J. Audio Eng. Soc., vol. 64, 2016.
- [10] S. Yoshikawa, "Energy spectrum of the lip-reed oscillation," J. Acoust. Soc. Am., vol. 97, 1995.
- [11] P. Welch, "The use of FFT for power spectra," IEEE Trans., vol. 15, 1967.
- [12] IEC 61672-1:2013, Electroacoustics -- Sound level meters.
- [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., vol. 27, 1979.