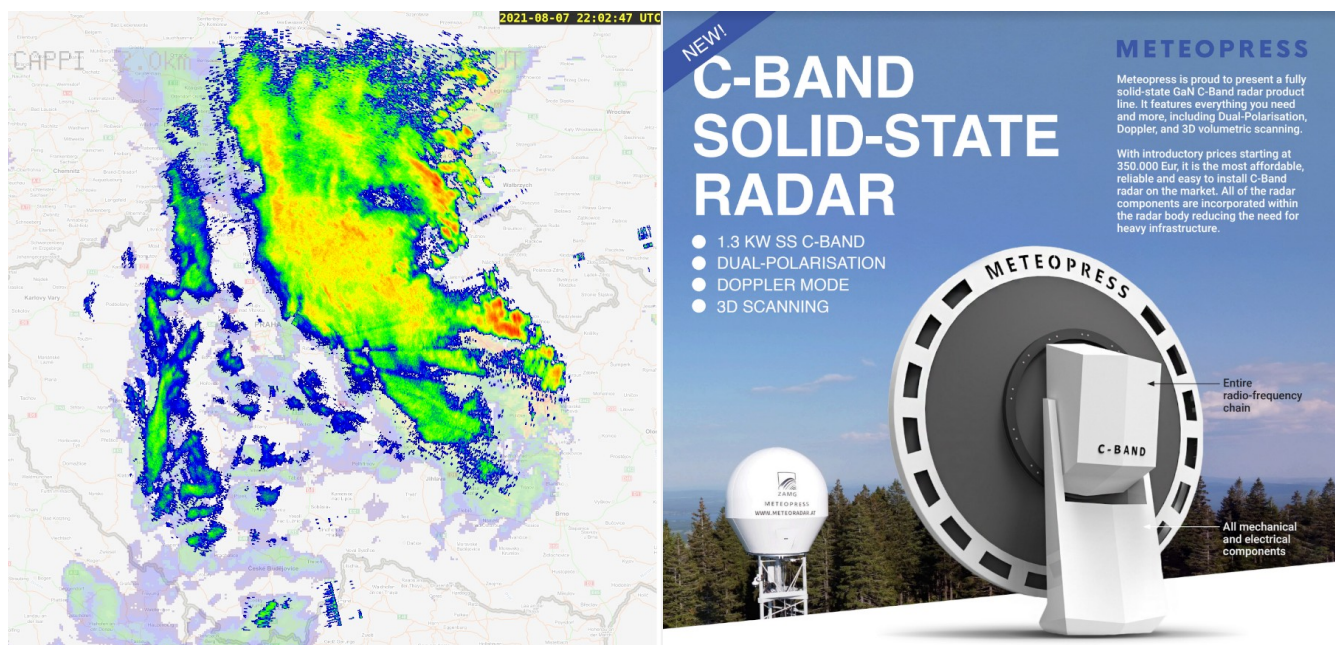


Smršť Zpracování rádiových signálů na počítači

Jan Hrach (Jenda), <https://jenda.hrach.eu/> (<https://jenda.hrach.eu/>)



oblast na pomezí matematiky, fyziky a inženýrství, která pohání moderní rádiová zařízení - televizi, mobily, wifi, radary...

experimentální přednáška, komplikovaná problematika, omluvte mávání rukama, ale doufám že si odnesete vhlad do problematiky. Jethro to bude usměřňovat plz ;)

DSP kuchačky:

- <https://www.abclinuxu.cz/blog/jenda/2021/2/dsp-kucharka-pocitame-spektrogram-waterfall> (<https://www.abclinuxu.cz/blog/jenda/2021/2/dsp-kucharka-pocitame-spektrogram-waterfall>)
- <https://www.abclinuxu.cz/blog/jenda/2021/8/dsp-kucharka-zmena-frekvence-filtrace-podvzorkovani> (<https://www.abclinuxu.cz/blog/jenda/2021/8/dsp-kucharka-zmena-frekvence-filtrace-podvzorkovani>)

naladění na stejnou notu: komplexní čísla

$3 + 4i$

USA: j

reprezentace:

2D vektor, real/imag i/q

fáze/amplituda

fáze v radiánech $[0; 2\pi)$ nebo v jednotkách $[0; 1)$

sčítání:

$$\begin{aligned} & 3 + 4i \\ + & 1 - 2i \\ = & 4 + 2i \end{aligned}$$

ukázat skládání vektorů

násobení:

vynásobit amplitudu + sečíst fázi

Eulerův vzorec:

$$e^{i\varphi} = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)$$

fancy způsob jak říct "dej mi komplexní číslo s amplitudou 1 a fází φ "

$$e^{ix}, e^{2\pi ix}$$

komplexní exponenciála: sekvence když se zvětšuje argument

jo je to samplované no

kanonická forma: $e^{-2\pi i f k / N}$ for $k = 0 \dots N-1$

</komplexní primer>

orientujte se:

- analogové rádio: cívky, kondenzátory, směšovače
- DSP, digital signal processing = číslicové zpracování signálů
 - počítač
 - hradlová logika
 - FPGA
 - je to vývoj software - verzování, debugger, testy, vzdálená správa...
- komplexní (kvadrurní) signály (quadrature signals, IQ signals) = jeden z formalismů jak si povídat o DSP algoritmech, používá se u rádia (vs. zvuk)

crashcourse spektrogramy

jak dostat rádiové vlny do počítače:

- anténa → ADC (reálné) → složitá fyzikální interpretace
- anténa → magic (vysvětlíme později) → komplexní signál
 - jakoby porovnání s vlnou o nějaké frekvenci

fyzikální interpretace:

- amplituda
- fáze - většinou jen relativní

záporná frekvence - hned je vidět co to znamená

aliasing - ukázat co se stane když se to točí rychleji než samplujeme

klasické analogové modulace:

nakreslit na tabuli jakoby analogový signál co chceme vysílat a pak naznačit modulaci

- AM → $\text{abs}()$
- FM → $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$

digitální:

- PSK
- QAM

změna frekvence:

zase nakreslit že máme vektor co se nějak točí a chceme aby se netočil/točil jinak → musíme ho v každém vzorku o trochu posunout

- vygeneruju exponenciálu o $-f$
- vynásobím po složkách

ve skutečnosti:

- je to jednotkový vektor co se otáčí
- matice rotace, resp. vygeneruju jednotkové otočení a pak s ním při každém vzorku otáčím
- https://en.wikipedia.org/wiki/Rotation_matrix (https://en.wikipedia.org/wiki/Rotation_matrix)

filtr

- lowpass pomocí average
- přenosová charakteristika

- že tam jakoby vyzkoušíme všechny frekvence
- tradeoff: placatost (nebo i jiný tvar), transition band width, out of band rejection, délka filtru
- konvoluce
- korelace
 - „podobnost signálů“

Fourierova transformace

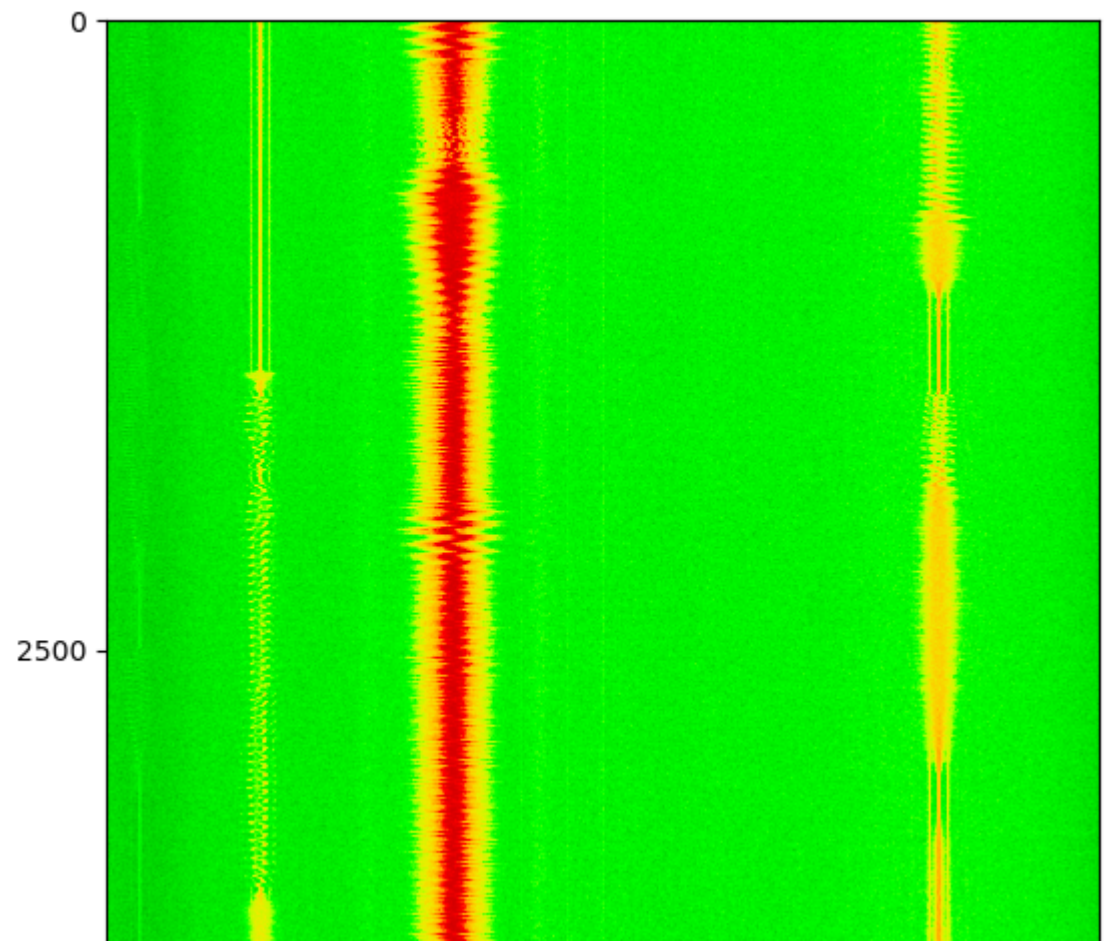
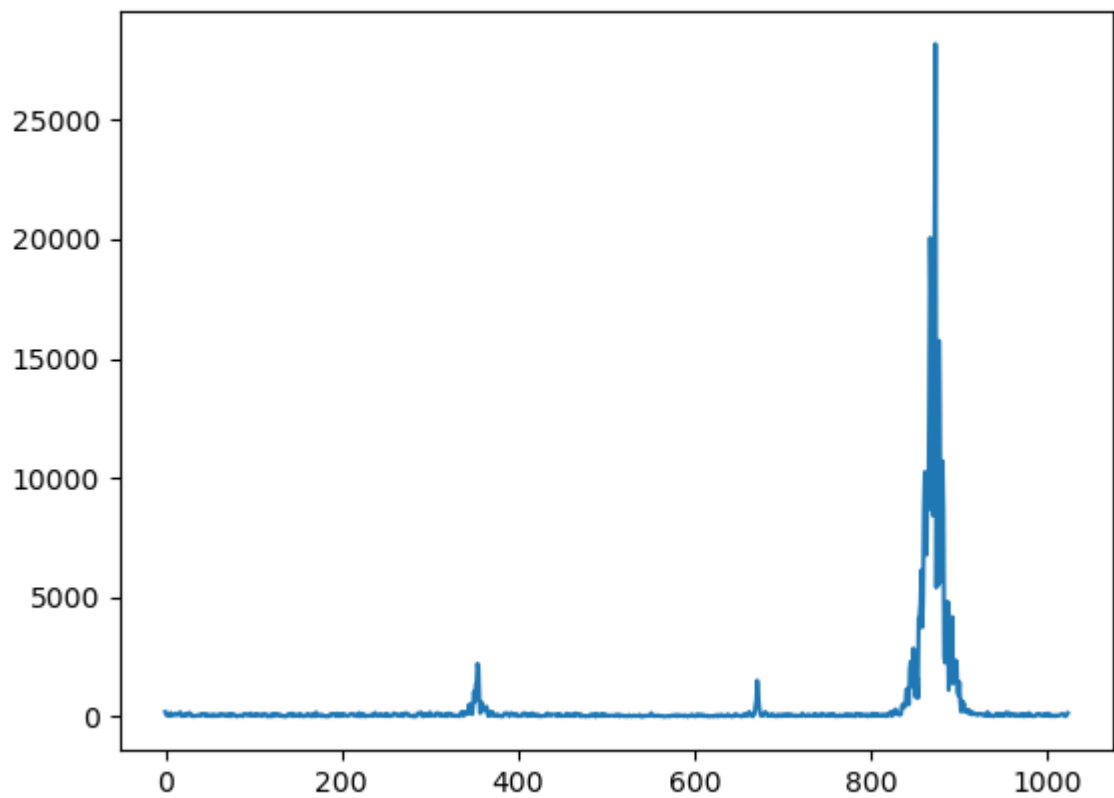
- funkce $\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, $\mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$ atd.
- transformace $(\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}) \rightarrow (\mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C})$
- integrální FT

$$F(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i2\pi\xi x} dx$$

- DFT $(\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{C}) \rightarrow (\mathbb{N} \rightarrow \mathbb{C})$

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-2\pi i n k / N}$$

- korelace rotátoru se signálem!
- k = jak rychle to má rotovat - vlastně bod výstupu = jaké rotaci to odpovídá
- N = velikost transformace, cílem je aby k/N rostlo od 0 do 1
- n = iterátor rotátoru
- $k = 1$ = udělá jednu otočku za sumu, „frekvence 1“
- $k = N/2$ = aliasing = podobnost se zápornými frekvencemi
- fftshift
- ještě jednou fyzikální význam
- FFT = rodina algoritmů na DFT
- radix-2, smooth numbers
- využití: analýza frekvencí, převedení problému do jiného „prostoru“
- spektrogram/waterfall



- windowing
- věta o konvoluci a korelaci https://en.wikipedia.org/wiki/Convolution_theorem

(https://en.wikipedia.org/wiki/Convolution_theorem)

- FFTW, fftpack a fft v numpy
- normalizace

channel selection - motivace

vzorkované spektrum - TODO rozmyslet si jak tohle co nejlíp demonstrovat

decimace

interpolace

channel selection

- komplexní BPF + decimace + derotace
- derotace + reálný BPF + decimace
- channelizer

a teď k tomu magicu ze začátku

- zkomplexnění reálného signálu