

Měření a zpracování dat v dopravě

BEZKONTAKTNÍ SENZORY VNĚ VOZIDLA



DANIEL HAMRLE
VLASTIMIL ČERVENKA

21. 10. 2010

NÁPLŇ PREZENTACE

1. Výhody bezkontaktních senzorů
2. Druhy a aplikace
3. Historie mikrovlnného radaru
4. Princip mikrovlnného radaru
5. Limitující faktory
6. Měření rychlosti
7. Další využití radaru v dopravě



VÝHODY – BEZKONTAKTNÍ SENZORY

- Nemusí být blízko jízdního pruhu → umístěny mimo vozovku → neničí vozovku
- Jednoduchá údržba
- Cenově výhodné i pro vícesměrové silnice
- Snadná manipulace
- Vhodné pro dočasné i stálé nasazení
- detekce pomocí elektromagnetického či mechanického vlnění



DRUHY BEZKONTAKTNÍCH SENZORŮ

- Pasivní detektory hluku (zvuku)
- Ultrazvukové detektory
- Mikrovlnné radary
- Aktivní infračervené detektory
- Pasivní infračervené detektory
- Kombinované detektory
- Video-detekce (zpracování obrazu)
- Detektory ve vozidle



APLIKACE

- Intenzita dopravy
- Detekce vozidel
- Měření např. rychlosti, délky, přítomnost
- Detekují „hluk“ způsobený průjezdem vozidla.

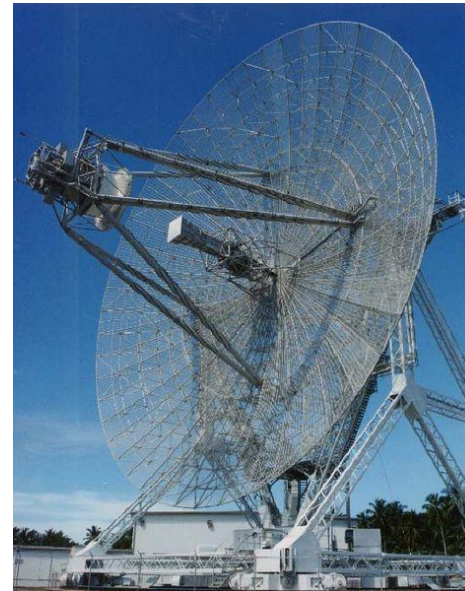


MIKROVLNNÝ RADAR



MIKROVLNNÉ RADARY - HISTORIE

- 1935 Robert Watson-Watt – principiální fungování radaru
- 1940 bitva o Británii
- Původní rozlišovací schopnost $0,06\mu\text{s}$ (10 m)
- A.M. Ampere, J. C. Maxwell, Foucault, Michelson



MIKROVLNNÉ RADARY - PRINCIP

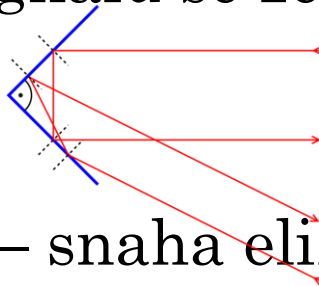
- Vysoko-frekvenční elmg. impulsy
- Skládají se ze tří částí: senzor, propojení, záznamové zařízení
- Vlnová délka 1 – 30 cm
- Šířka svazku definuje rozlišovací schopnost radaru
- Typická šířka svazku 15° (horizontální rovina), 40° (vertikální rovina)



MIROVLNNÉ RADARY - PRINCIP



- Pokud se objekt vzhledem k radaru pohybuje, dojde ke změně frekvence – Dopplerův jev (policejní radary)
- Síla přijatého signálu se zesiluje operačními zesilovači
- Corner reflector
- Stealth objekty – snaha eliminovat vnitřní rohy a hrany ve směrech možného zachycení radarem (Americká F117), - vliv difrakce(zejména u větších vlnových délek)



MIKROVLNNÉ RADARY - PRINCIP

- změření doby, za kterou se vyslaný impuls vrátí zpět k radaru. Polovina součinu rychlosti signálu a času impulsu je vzdálenost objektu od radaru
- Jelikož rychlost signálu je rovna rychlosti světla je pro přesné změření vyžadována výkonná elektronika
- Ve většině případů radar neumí přjmout signálu, když právě signál vysílá – radar automaticky přepíná mezi přijímacím a vysílacím režimem
- Je stanovena minimální a maximální délka impulsu



MIKROVLNNÉ RADARY – LIMITUJÍCÍ FAKTORY

- **Cesta paprsku a dosah**
- Vliv indexu lomu vzduchu a zakřivení země (především u velmi dlouhých vzdáleností)
- Výkon vysílače, intenzita šířící se energie, velikost odrazné plochy cíle, charakter vysílaného signálu, útlum v prostředí a citlivost přijimače
- Čím je anténa větší oproti vlnové délce vysílané energie, tím dokáže vyslat užší paprsek a obraz je přesnější
- **Šum**
- Interní signály generované elektronickými součástkami



MIKROVLNNÉ RADARY – LIMITUJÍCÍ FAKTORY



- **Interference**
- Schopnost radaru překonat nechtěné signály definuje odstup od šumu (signal-to-noise ratio)
- **Rušivé elementy**
- Nežádoucí signály od okolního prostředí cíle: déšť, sníh, moře, země, budovy, zvířata (hlavně ptáci), poryvy větru
- **Vnější signály stejných frekvencí (klamání radarů)**
- Vnější zdroje rádiových vln vysílané na stejném kmitočtu jako vlny radaru



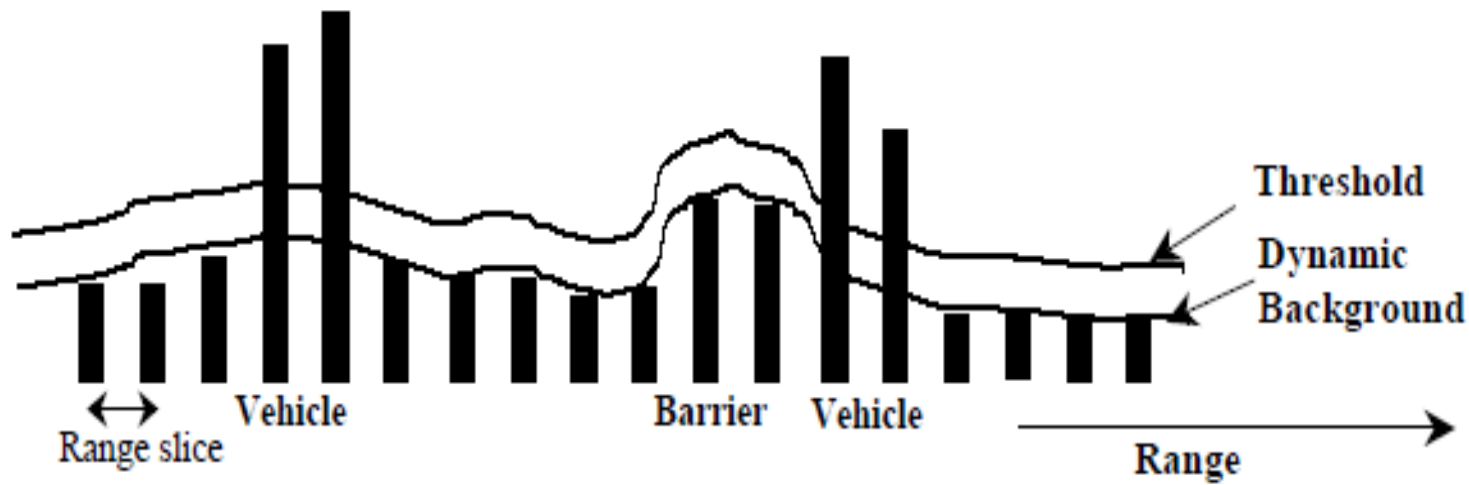
MIKROVLNNÉ RADARY - TYPY

- **Radar typu CW (Continuous wave)** – nejběžnější typ radaru – používá se pouze pro měření rychlosti, nelze měřit vzdálenost
- Radar emituje elektromag. vlnění o konstantní frekvenci, které se odráží od měřeného objektu zpět
- **Radar typu FMCW (Frequency modulated continuous wave)** – vysílá elektromag. vlnění, jehož frekvence se v určitých mezích spojitě mění. Odražené vlnění je zpožděno o dobu nutnou k překonání vzdálenosti k médiu a zpět
- **Radar typu PW (pulse wave)** – diskrétní pulsy



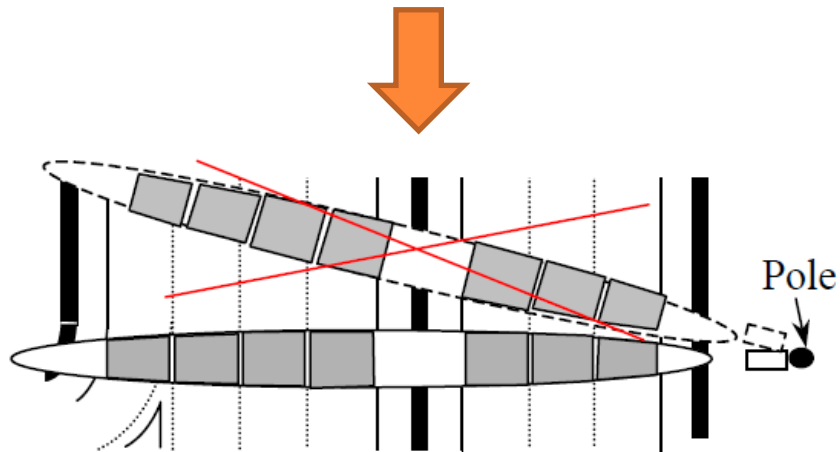
MIKROVLNNÉ RADARY – DETEKCE VOZIDEL

- Senzor přijímá signály odražené od všech objektů (silnice) → senzor musí rozpoznat vozidlo 😊
- Nejsilnější signál je signál odražený od kolmé plochy



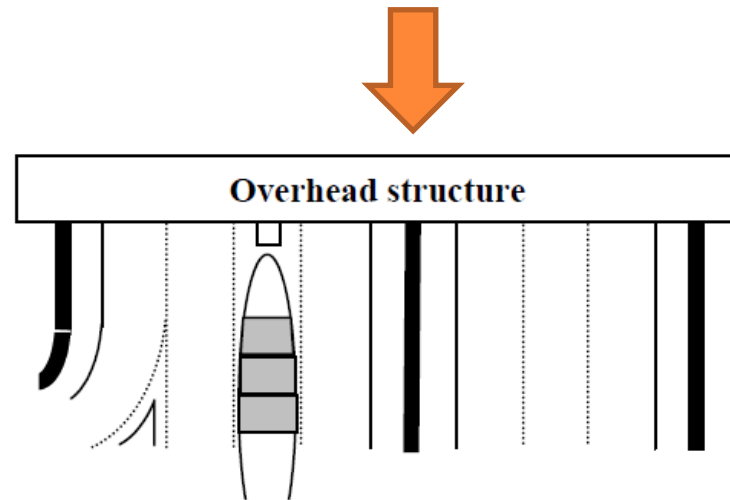
MIKROVLNNÉ RADARY - DETEKCE VOZIDEL

- Konfigurace snímání:
zboku – až pro 8 pruhů
umístění vedle vozovky



Side-fired Mounting

- zepředu – 1 pruh
větší přesnost



Forward-Looking Mounting



MIKROVLNNÉ RADARY

DETEKCE VOZIDEL V ZÁKRYTU PŘI SNÍMÁNÍ Z BOKU

- Díky difrakci mikrovlnných vln na hraně objektů senzor detekuje i objekty v zákrytu jiného většího vozidla → proto musí být umístěn dostatečně vysoko
- Tímto způsobem lze detekovat až 60% vozidel v zákrytu

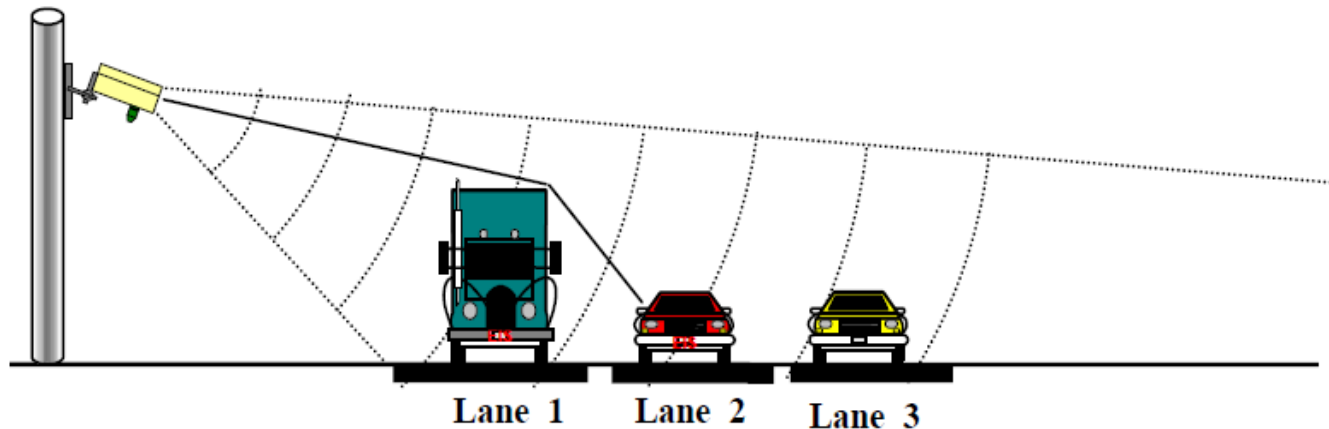


Fig. 6 Detection of occluded vehicles



MIKROVLNNÉ RADARY – MĚŘENÍ RYCHLOSTI

- **Dříve:** měření pomocí barevných tužek a posuvného pravítka (velká nepřesnost)
- **Dnes:** Využití počítačů → Dopplerův jev
- Ze znalosti původní a zpětné frekvence signálu můžeme spočítat rychlost vzhledem k pozorovateli pomocí Dopplerova jevu.
- Takto změříme ovšem jen relativní rychlost ve směru pohledu k pohybujícímu se objektu
- Abychom změřili parametry rychlosti v jiných úhlech je třeba změnit azimut radaru vzhledem k cílovému objektu

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{s,r}}$$



MIKROVLNNÉ RADARY – MĚŘENÍ PRŮMĚRNÉ RYCHLOSTI

○ Při měření z boku:

Detektor změří dobu (až na 10ms) průjezdu vozidla snímanou oblastí

○ Při měření zepředu:

a) Měřící past - několik detekčních zón v jednom pruhu za sebou tvoří „rychlostní past“. Změřením doby průjezdu vozidla rychlostní pastí, získáme rychlost vozidla.

b) Dopplerův jev – Nad 15km/h, přesnější

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{s,r}}$$



MIKROVLNNÉ RADARY – MĚŘENÍ RYCHLOSTI – POLICEJNÍ RADARY

- Bryce K. Hardick 1954, Chicago
- Ruční, statický, upevněn na vozidle
- Schopnost měřit rychlost v pohybu



MIKROVLNNÉ RADARY – DALŠÍ VYUŽITÍ V DOPRAVĚ

- Počítač vozidel
- Informace o dopravě v reálném čase (intenzita, detekce kongescí, predikce cestovní doby)
- Využití v tunelech
- Detekce vozidla v protisměru (využití rychlostní pasti, viz. dále)
- Měření nájezdu



MIKROVLNNÉ RADARY – MĚŘENÍ NÁJEZDU NA DÁLNICI



← Nájezdy na dálnice

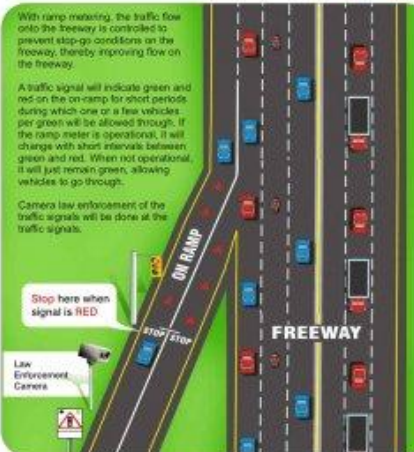


RAMP METERING IMPLEMENTATION

The South African National Roads Agency Limited (SANRAL) will be implementing "Ramp Metering" on 4 of their interchanges on the N1 Ben Schoeman freeway from end September 2007.

The four interchanges are as follows:

Samrand South bound
Rooihuiskraal South bound
New Road North and South bound



ZDROJE

- <http://www.odbornecasopisy.cz/>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://home.comcast.net>
- <http://www.eng.hawaii.edu>
- <http://fyzsem.fjfi.cvut.cz>



BEZKONTAKTNÍ SENZORY

Děkujeme za pozornost

