

# PRIEMYSELNÝ IOT

## SNÍMAČE

Hviezdy na technologickom nebi

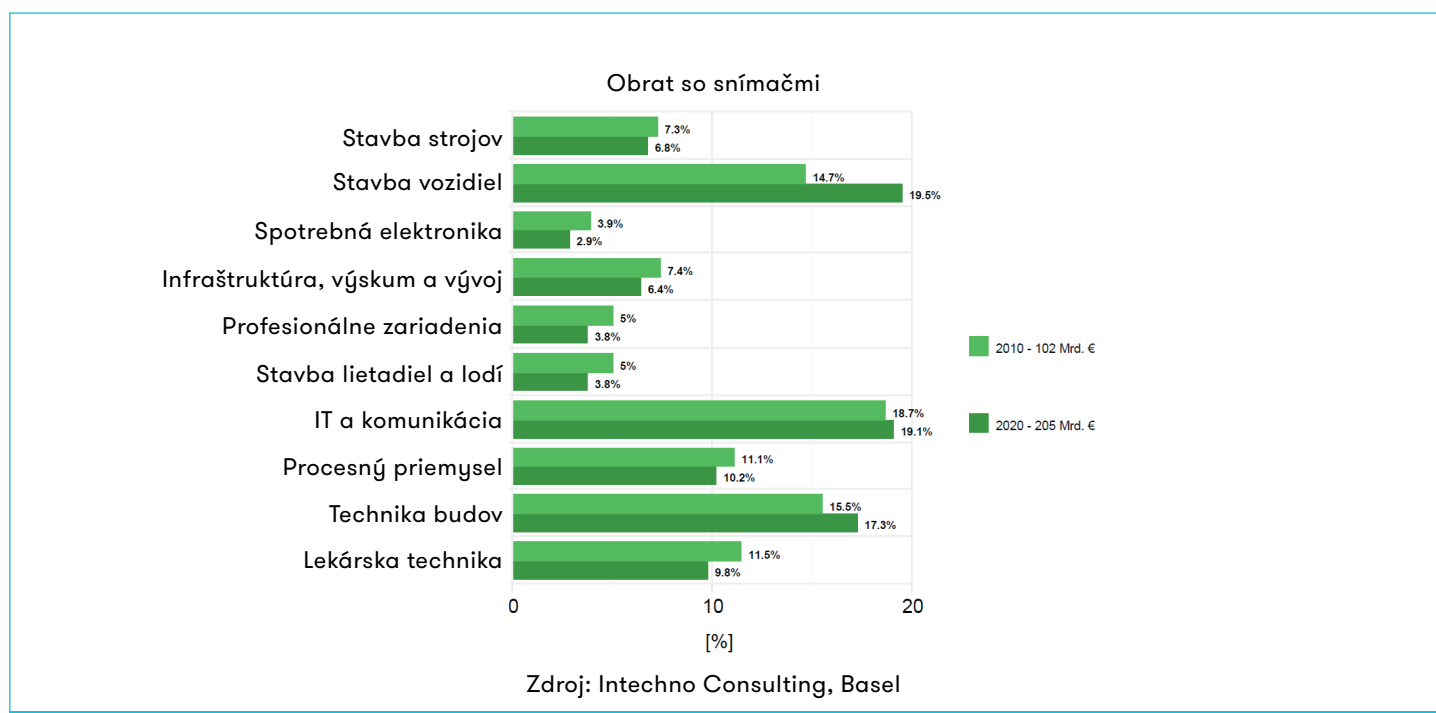
ODBORNÝ PRÍSPEVOK



# Snímače – Hviezdy na technologickom nebi

**Časť zariadenia sa vymení ešte skôr, ako vypadne a ochromí celú výrobu. Automobil zabrzdí sám a včas pred osobou, ktorú vodič ešte vôbec nezbadal. A merač CO2 iniciuje automatické otvorenie okien na vetranie. Všetky tri akcie fungujú len vtedy, ak snímače na pozadí zhromažďovali údaje, tieto sa pomocou vhodných algoritmov v zodpovedajúci čas (alebo v reálnom čase) vyhodnotili a iniciovali sa reakcie.**

Snímače sa ponúkajú pre viac ako 100 merných veličín. Prognóza na rok 2020 je pre globálny objem trhu približne 200 miliárd US\$ (obrázok 1). Vývoj snímačov pritom čoraz viac smeruje k samostatným mikrosystémom, ktoré pozostávajú zo senzorky a elektroniky na spracovanie údajov a komunikáciu. Tieto systémy sú zosieťované, sebestačné a inteligentné.



Obrázok 1. Prognóza na rok 2020 je pre globálny objem trhu približne 205 miliárd US\$

Dôležitým prvkom štvrtej priemyselnej revolúcie je komponentový IIoT (Industrial Internet of Things). Centrálnymi súčasťami sú tu snímače a zodpovedajúce komunikačné techniky, ktoré umožňujú aj aplikácie mimo čistej výroby. Jadrom IIoT je digitalizácia signálov snímačov a štandardizovaný „transport“ nespracovaných alebo vopred spracovaných údajov tam, kde sú potrebné. Dôležité „bašty snímačov“ sú aj naďalej automobilový priemysel, lekárska technika, automatizácia budov a segment spotrebičov. V oblasti automotive sú to predovšetkým asistenčné systémy vodiča, ktoré viedli k razantným inováciám v oblasti radarovej, ultrazvukovej, lidarovej a video senzoriky.

## Snímače používané v priemysle

Jednou z výziev pre IIoT je priebežná štandardizovaná komunikácia snímača, resp. akčného člena do cloudu. Dôležité technológie na to sú IO-Link a jednopárový Ethernet. A jedným z najzaujímavejších využití je prediktívna údržba, ktorou sa dá v najlepšom prípade ušetriť veľa času i peňazí.

V prípade IO-Link ide o dvojbodové komunikačné spojenie so štandardizovanými konektormi, káblami a softvérovými protokolmi. Systém je koncipovaný tak, aby pracoval v rámci priemyselnej 3-vodičovej infraštruktúry snímača a akčného člena, a pozostáva z komponentov „IO-Link Master“ a „IO-Link Device“.

Štandard IO-Link uvádza, že komunikácia musí prebiehať po dĺžke vedenia 20 metrov s netieneným káblom s priemyselnými štandardnými konektormi. Najčastejšie sa používajú konektory M8 a M12. Komunikácia prebieha dvojbodovo a vyžaduje si 3-vodičové rozhranie (L +, C/Q a L-). Komunikácia medzi zariadeniami Master a Slave sa realizuje poloduplexne s tromi prenosovými rýchlosťami: COM1 4800 Baud, COM2 38,4 kBaud, COM3 230,4 kBaud. Rozsah napájacieho napätia v systéme IO-Link je 20 V až 30 V pre Master a 18 V až 30 V pre zariadenie (snímač alebo akčný člen).

## Zo snímača do cloudu cez jednopárový Ethernet

Jednopárový Ethernet (SPE) je považovaný za jeden z megatrendov priemyselného prenosu dát a za „prvok umožňujúci“ IIoT a Priemysel 4.0. Táto technológia umožňuje, aby sa „priemyselný internet vecí“ stal realitou. Každý snímač alebo akčný člen je dostupný cez internetový protokol a svoje dáta môže bez prekážok prenášať do cloudu alebo prijímať z cloudu.

Úroveň riadenia a poľa je v automatizačnej technike charakteristická silne fragmentovanými infraštruktúrami zberníc fieldbus. Z toho vytvorené dátové ostrovy si vyžadujú komplexné brány, ktoré skomplikujú prístup k dátam prístrojov v poli. Vynechaním týchto brán by sa mohli výrazne znížiť náklady na tieto inštalácie a ich komplexnosť, a mohli by sa odstrániť dátové ostrovy, ktoré vytvárajú.

Prístupom na odstránenie tejto fragmentácie je ďalšie vedenie siete Ethernet z riadiacej úrovne až do prevádzkovej úrovne. Tento prístup však sťažilo obmedzenie dĺžky vedenia na maximálne 100 m, použitie minimálne dvoch párov žíl a menej použiteľných konektorov.

## Ako rýchlo – ako ďaleko?

Jednopárový Ethernet teraz umožňuje prenášať dáta cez dvojžilový medený kábel rýchlosťami 10 Mb/s, 100 Mb/s a 1 Gb/s, ako aj súčasne napájať koncové zariadenia prúdom cez Power over Data Line (PoDL). Dátové rýchlosti a dĺžky vedení jednotlivo:

- 10 MB/s (duplexne) do 1000 m, prenos so šírkou pásma 20 MHz (10Base-T1L),
- 10 MB/s (poloduplexne) do 40 m, prenos so šírkou pásma 20 MHz (10Base-T1S),
- 100 MB/s (duplexne) do 15m, prenos so šírkou pásma 66MHz (100Base-T1).
- 1000 MB/s (duplexne) do 40 m, prenos so šírkou pásma 600 MHz (1000Base-T1).

Jednou z hlavných schopností jednopárového Ethernetu je súčasný prenos dát a napájanie prúdom cez pár vedení – Power over Dataline (PoDL). V norme IEEE 802.3bu: „Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet“ je obdobne k Power over Ethernet (PoE) stanovené poskytnutie diaľkového napájania cez jednopárové ethernetové kanály.

## Továreň plná dát – čo dokáže prediktívna údržba



Obrázok 2: Monitorovanie zoariadení (Obrázok: Analog Devices)

Priemysel 4.0 ako trend oblasti priemyselnej výroby predstavuje zmenu paradigmy, ktorá sa snaží najmä o optimálne vyťaženie výrobných zdrojov. Na realizáciu takýchto samoorganizačných procesov musia byť jasne definované nielen požiadavky zvonku, napr. čo sa má kedy a ako často robiť, ale aj disponibilita výrobných zdrojov a procesov. Pokiaľ musí byť – ideálne v priebehu niekoľkých mesiacov – vopred známe, ktoré údržbárske práce sú potrebné na stroji, resp. procese, aby bolo možné bezpečne naplánovať disponibilitu.

Mysliteľné sú aj ďalšie možnosti: Ak už stroj nie je vo svojom optimálnom stave, napr. obrábací stroj už nedosahuje najvyššiu presnosť, tak sa napriek tomu môže zaplávať na iné práce, keď na to dosahovaná presnosť ešte postačuje. V jadre teda stojí monitorovanie stavu každého jednotlivého stroja, resp. každého jednotlivého procesu, aby sa na základe znalosti tohto aktuálneho stavu mohlo optimálne a flexibilne naplánovať nasadenie a údržba.



|                    | Výrobné a inštalačné náklady                                   | Prevádzkové náklady                                                                           | Náklady v dôsledku neplánovaných prestojov                                                                         |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Korektívna údržba  |                                                                |                                                                                               | €€€€€€€€€€<br>Neplánované prerušenia výroby                                                                        |
| Preventívna údržba |                                                                | €€<br>Zásah na mieste podľa plánu/<br>systematická výmena dielov podliehajúcich opotrebovaniu | €€€€<br>Keďže sa žiadne monitorovania stroja nevykonáva v reálnom čase, dochádza k neplánovaným prerušeniam výroby |
| Prediktívna údržba | €€<br>Inštalácia špeciálnych zariadení (snímače vibrácií atď.) | €<br>Znalosť stavu stroja, monitorovanie špeciálnym softvérom alebo pomocou KI                | €<br>Vďaka monitorovaniu stroja V reálnom čase sa dajú prerušenia výroby dokonale naplánovať                       |

Tabuľka 1. Prediktívnou údržbou sa dajú minimalizovať celkové náklady.

Na stanovenie správneho okamihu pre spustenie procesu údržby sa používajú parametre ako vibrácie, hluk a teplota. Okrem merateľných fyzikálnych veličín prináša meranie spektra kmitov väčšinu informácie prostredníctvom pôvodu problému v rotujúcom stroji (motor, generátor atď.). Abnormálne vibrácie môžu príznakom chybného guľkového ložiska alebo nevyváženosti osi. Každý takýto problém sa prejavuje určitým symptómom, ako napr. zdroje vibrácií v rotujúcich strojoch.

### Hnacia sila technológie – Snímače v automobile

Počet snímačov vo vozidle sa neustále zvyšuje a súčasne stúpa ich výkonnosť. Spotreba prúdu sa priebežne minimalizuje a čoraz viac sa využívajú inteligentné funkcie spracovania. Údaje snímača získané z rôznych konštrukčných dielov sa dajú redundantne a kombinovane využiť prostredníctvom fúzie snímačov a sú dôležitým predpokladom pre zosieťovanie aj mimo vozidla (V2X).

V sektore automobilov podporujú snímače, okrem iného, segmenty ako riadenie motora, regulácia výfukových plynov, funkcie podvozka a klimatizácia, funkcie pre autonómne riadenie, asistenčné funkcie, E-mobilita, rozpoznanie operátora (ovládanie gestami), aktívnu a pasívnu bezpečnosť, ako aj všeobecné funkcie karosérie.

Vo vývoji je koncept áut bez vodiča (autonómne riadenie). Na to je okrem zosieťovanej infraštruktúry nutné množstvo údajov v reálnom čase zo snímačov rýchlosti, zrýchlenia, polohy a priblíženia. Snímače dodávajú údaje, ktoré sa zhromažďujú, vyhodnocujú, zlučujú (fúzia snímačov) a spracúvajú. Ako výsledok sa vozidlo v najlepšom prípade riadi bez zásahu vodiča. Na ceste k tomu pracujú snímače už dnes v asistenčných systémoch vodiča a starajú sa o bezpečnosť a pohodlie. Podporuje to aj koncept prediktívnej údržby.

Snímače sa používajú v samotnom vozidle a v infraštruktúre vozidla. Približne 2/3 snímačov sa tak stará o hnacie ústrojenstvo a riadenie motora. Za týmto účelom snímajú zmeny hmotnosti, teploty, vibrácií, hmotnostného prúdu, rýchlosti objemového prúdu, krútiaceho momentu, polohy ventilov a otočného pohybu, a postupujú tieto údaje do riadiacich jednotiek.

Čoraz viac snímačov sa používa pre asistenčné systémy vodiča. Viaceré typy snímačov sa pritom používajú redundantne. Čiastočne alebo plne autonómne systémy musia rozpoznať prostredie a určiť svoju polohu. Pomáhajú im pri tom ultrazvukové snímače (rozpoznávajú prekážky na krátku vzdialenosť), radarové snímače (detegujú polohu a rýchlosť objektov na väčšiu vzdialenosť). Lidarové snímače prinášajú 3D obraz a kamerové systémy snímajú farbu a obrys objektu.

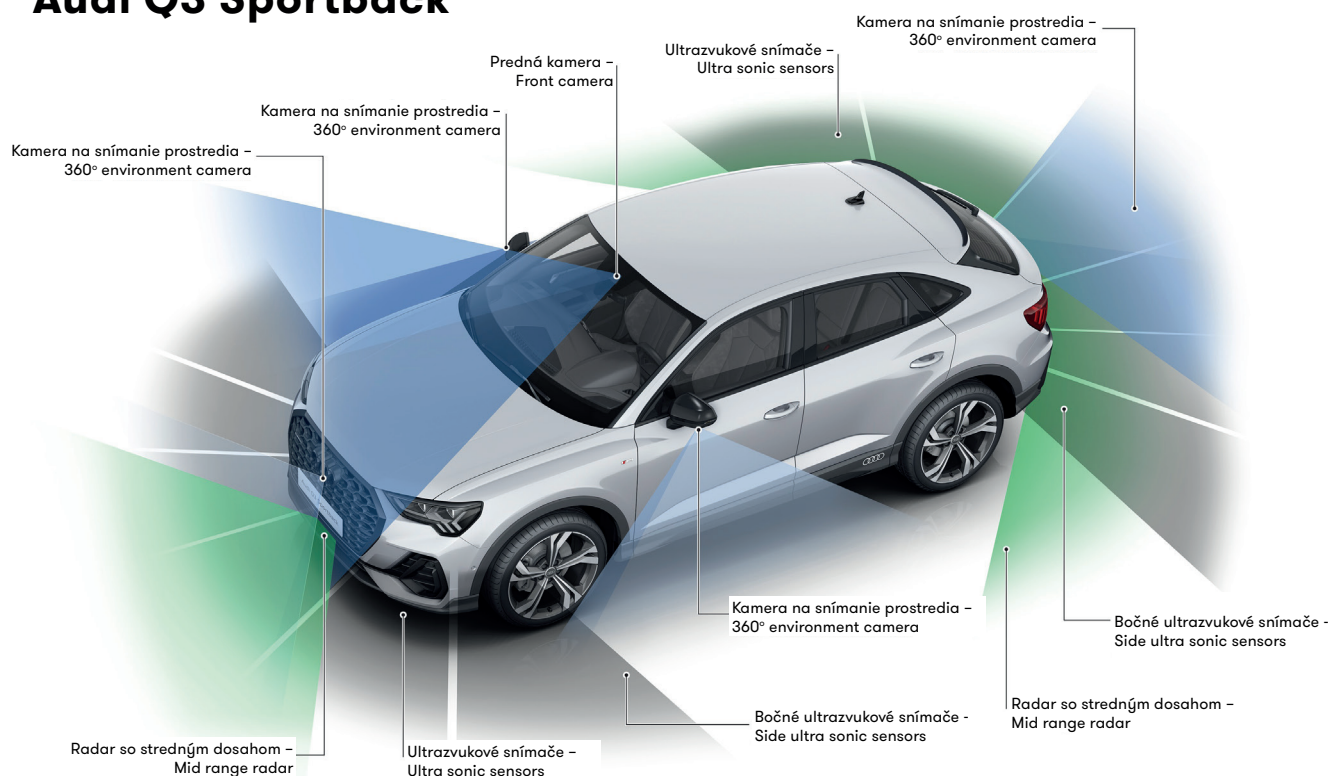
|                                  | Kamera  | Radar | Lidar   | Ultrazvuk | Radar + Lidar | Kamera + Lidar | Kamera + Radar |
|----------------------------------|---------|-------|---------|-----------|---------------|----------------|----------------|
| <b>Rozpoznanie objektu</b>       | stredne | dobre | dobre   | dobre     | dobre         | dobre          | dobre          |
| <b>Klasifikácia objektu</b>      | dobre   | zle   | stredne | zle       | stredne       | dobre          | dobre          |
| <b>Meranie vzdialenosti</b>      | stredne | dobre | dobre   | dobre     | dobre         | dobre          | dobre          |
| <b>Presnosť hrán objektu</b>     | dobre   | zle   | dobre   | dobre     | dobre         | dobre          | dobre          |
| <b>Sledovanie stopy</b>          | dobre   | zle   | zle     | zle       | zle           | dobre          | dobre          |
| <b>Dohľadnosť</b>                | stredne | dobre | stredne | zle       | dobre         | stredne        | dobre          |
| <b>Funkcia pri zlom počasí</b>   | zle     | dobre | stredne | dobre     | dobre         | stredne        | dobre          |
| <b>Funkcia pri slabom svetle</b> | stredne | dobre | dobre   | dobre     | dobre         | dobre          | dobre          |

Tabuľka 2. Redundantné údaje snímača sú potrebné najmä pre autonómne riadenie. Kombinácia rôznych technológií má svoje výhody a nevýhody. (Zdroj údajov: McKinseyCompany)

V budúcnosti bude vznikať viac hybridných riešení snímačov (multisenzorika), aby sa minimalizoval počet snímačov a náklady. Okrem kombinovaného riešenia radaru a kamery potrebuje plne autonómne riadenie navyše aj lidar, aby bola zaručená redundancia pre analýzu objektu a lokalizáciu. Údaje z kamerových, radarových, lidarových, infračervených a ultrazvukových snímačov sa ďalej spracúvajú rôznymi algoritmami (kľúčové slová: umelá inteligencia a Deep Learning) a riadiacemu systému slúžia ako základ pre jeho rozhodnutia.



## Audi Q3 Sportback



Obrázok 3. Polia snímačov monitorovania prostredia v m Audi Q3 Sportback (Obrázok: obrázok AUDI AG)

### Snímače prostredia

Infračervené snímače umožňujú nočné videnie. Ultrazvukové snímače slúžia ako pomôcka pre zaparkovanie, počas jazdy vedia vymerať parkovacie medzery a rozpoznať vozidlá vo vedľajšom jazdnom pruhu. Vďaka tomu je možné sledovať mŕtvy uhol. Ultrazvukové snímače merajú vzdialenosť k objektu tým, že merajú dobu preletu odrazených zvukových impulzov. Sú kompaktné a robustné, a pracujú aj v noci alebo v hmle. Sneh negatívne ovplyvňuje ich výsledky merania a vzdialenosti majú menší počet metrov. Na zlepšenie snímania prostredia sa môžu použiť viaceré ultrazvukové snímače a metóda triangulácie. Vďaka špeciálne tvarovaným anténam získajú vyslané ultrazvukové impulzy smerovú charakteristiku pre obojsmerné vyžarovanie. Vytvorí sa blízke a vzdialené pole.

Na snímanie prostredia autonómnych vozidiel sa kombinujú informácie z radaru, ultrazvukového snímača, lidar a kamery. Namerané hodnoty sa vytvárajú asynchrónne a riadiaca jednotka fúzie zakaždým vypočíta aktuálny model okolia v reálnom čase a potom ovláda riadiace, pohonné a brzdné systémy.

Monitorovaním interiéru sa snímače starajú aj o bezpečnosť. Vodiča sledujú a dôkladne skúmajú rôzne snímače. Cieľom je rozpoznať napríklad únavu a odvedenie pozornosti (kľúčové slovo mikrosprávok).