

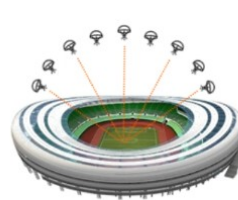
**MUNI**  
**SPORT**

# **Sportovní technologie - trackery**

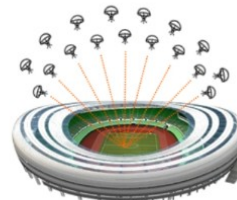
Specifické formy tréninku

# Charakteristika trackovacích systémů

- Jako nástroj pro pochopení fyzických požadavků tréninku a soutěží v různých pozicích, věku, výkonnostních úrovních, věku a pohlaví + sledování zatížení sportovce v čase
- První pohybová analýza – Fotbal (Reily, 1976) – ručně kódované poznámky jednoho hráče s pozdější validací videozáznamem
- Postupně vývoj systémů, které nejsou tak časově náročné a mohou měřit vícero sportovců
- Obecně dva systémy:
  - Poziční systémy
  - Nosené mikrosensory



GPS  
32 Satellites



GNSS  
55 Satellites



LPS  
15+ Nodes



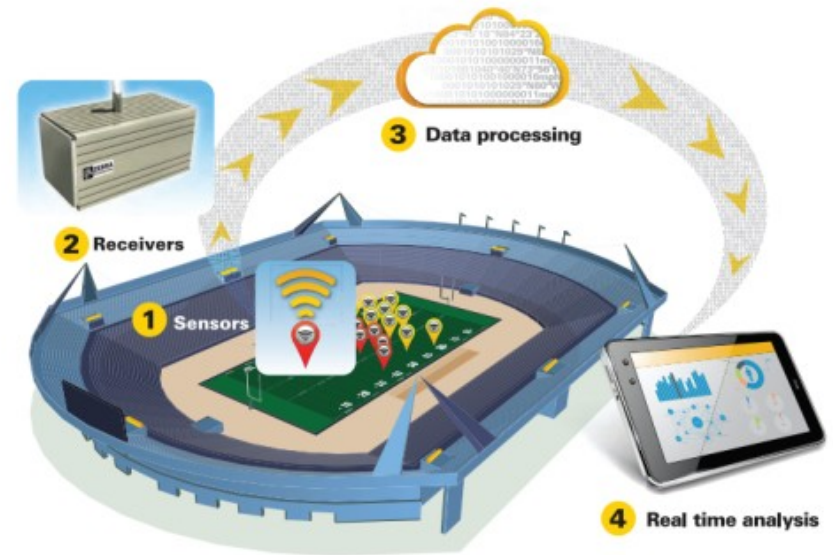
Optical  
6/8 HD Cameras

# Optický tracking (OT)

- Víceru kamer okolo sportoviště, pokrývají umístění objektů (sportovci, rozhodčí, objekt hry AKA míč) → odvození (x,y) → 2D rekonstrukce
- Podmínka: každý bod musí snímat nejméně 2 kamery
- Původně poloautomatické: kontrolor musel identifikovat sportovce a potvrdit trajektorii
- Původně venkovní sporty (fotbal, rugby) a nyní vnitřní (basketbal, házená, volejbal, rakové sporty)
- Vhodný systém v okamžiku, kdy nemůže být použitelný „nositelný“ systém
- Poloautomatický systém (24-36 h na zápas) VS automatický real-time (původně ve vojsku)
- Nevýhody: cena, komplikovaná přenositelnost (kalibrace kamer a prostoru), počítačová síť a výpočetní technika, absence osy Z (3D)
- Současné OT se používají pro závodní/soutěžní důvody (srovnání poločasů, čtvrtin)
- Nemožnost se dostat k neodmácím datům

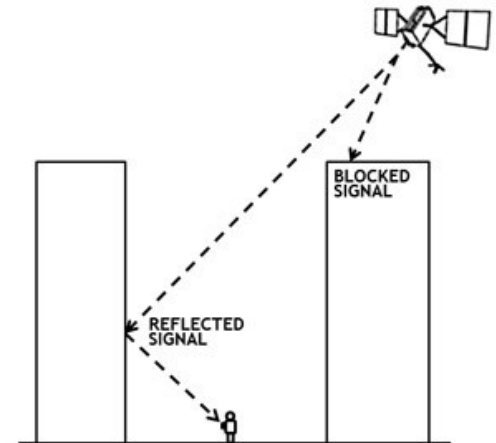
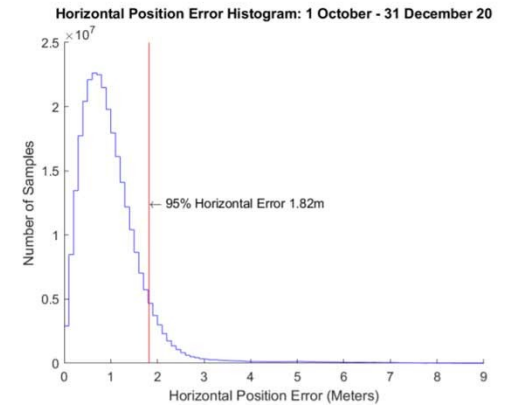
# Radiofrekvenční identifikace (RFID)

- Typicky jsou to čipy v tkaničkách běžců při silničních běžeckých závodech
- Interakce antény a aktivní/pasivního čipu
- Nevýhoda: elektrická interference, (ne)přenositelnost
- 3D při vícero anténách



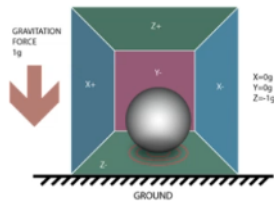
# Globální poziční systém (GPS)

- Síť satelitů poskytující zařízení informaci o poloze, GPS (USA) a GLONASS (24 + 24 satelitů)
- Původně vojenská technologie systému pro určení pozice, rychlosti a času
- Princip: satelit vysílá signál s časovou známkou (atomové hodiny), který se šíří rychlostí světla k GPS zařízení, které pak detekuje zpoždění signálu → výpočet pozice pomocí trigonometrie při pokrytí zařízení 4 satelity
- Samplovací frekvence 1Hz (původně, pro běh ok, ne pro hry), nyní až 10Hz (pro hry už OK, někdy jsou tato frekvence je jen produktem 1Hz + akcelerometru)



# Inerciální měřicí jednotky (IMU)

- GPS mají poměrně vysokou spotřebu el. Energie → snížení snímkovací frekvence GPS a doplnění (dopočítání) skrz další IMU, které jsou umístěny v mikroelektromechanickém systému (MEMS)
- Akcelerometr – detekuje pohyb
- Gyroskop – detekuje rotaci
- Magnetometr – detekuje orientaci
- Tato kombinace umožňuje sensoru vypočítat a sledovat koordináty v kartézské soustavě (x,y,z)



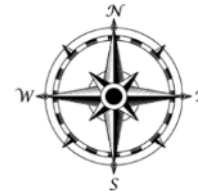
Accelerometer

Force



Gyroscope

Rotation



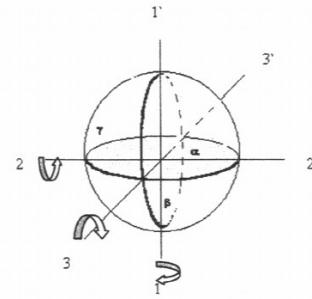
Magnetometer

Direction

# Akcelerometrie

- V 90. letech 20. století jednoosé akcelerometry pro studie energetické výdeje v podmínkách mimo laboratoř
- Akcelerometr pracuje na principu kapacitance
- Vysoká frekvence (1 kHz)
- Pro některé studie více akcelerometrů, typicky ale jeden na torsu
- Jednoosý není schopen kvantifikace externí zátěže (load), tříosý ano (3D pohyb)
- Detekce pohybových vzorů a spánku

# Magnetometry a gyroskopy



- Běžně jako komplementární doplněk akcelerometrů v MEMS
- Magnetometr je (zjednodušeně) kompas, který přitahován magnetickým polem země, pro zjištění orientace
- Spočítáním úhlu magnetického pole a srovnání s úhlem gravitace (akcelerometr) → pozice proti magnetickému severu
- Gyroskop měří změny úhlové pozice nebo rotační rychlost
- Samotný magnetometr dobře neměří orientaci při rychlém pohybu
- Samotný Gyroskop kumuluje chybu v průběhu času a potřebuje výchozí nastavení, protože detekuje pouze změnu
- Kombinace sensorů pak zajišťuje rychlou a přesnou pozici, orientaci s malým posunem v čase
- Algoritmus „rugby/am. fotbal skládky“ je založen na spíčkových hodnotě z akcelerometru + nevertikalizované pozice
- Akcelerometr můžeme chápat jako validní a reliabilní, ale gyroskop zatím není validován



# Klíčové metriky

- Nezávisle na technologii je cílem trackovat (x,y) koordináty pro časově-pohybovou analýzu.
- V hrách: akcelerace (s různými prahy), celková vzdálenost, vzdálenost ve vysoké rychlosti, metabolický výkon
- Tyto nízko úroňové metriky se zaměřují na vzdálenost a rychlost
- Level 2: změny v akceleraci, rychlosti a změny směru
- Level 3: všechna data získaná mikrosenzory
- Vzdálenost se typicky u GPS zařízení počítá jako součet rozdílů pozic, ale rychlost jako metody posunu dle Dopplera
- GPS podhodnocuje energetický výdej

Level	Metric	Definition	Common Measures
1	Distance	Cumulative distance	Total, Relative, Distances in speed/acceleration/deceleration zones
2	Acceleration (2D)	Instantaneous peak rate of positive change in velocity	Maximal/Peak, Average, Distance/Efforts/Time in acceleration zones
	Deceleration (2D)	Instantaneous peak rate of negative change in velocity	Maximal/Peak, Average, Distance/Efforts/Time in deceleration zones
	Change of Direction (2D)	Count and intensity of changes of direction derived from positional data	Total, Percentage Difference Left vs Right, Count in intensity zones
3	Accelerometry-derived load	A manufacturer-specific, modified vector magnitude of 3D acceleration values (expressed in AU)	Total, Relative to time, Relative to distance, 2D (excludes vertical axis), 1D (absolute or relative contribution of individual axes)
	Change of Direction (3D)	Count and magnitude (g) of changes of direction derived from inertial sensors	Total, Percentage Left v Right, Count in intensity zones
	Impacts	A manufacturer-specific metric that provides a count of 3D acceleration values (g) over a threshold	Count and Magnitude of Impacts
	Collisions/ Tackles	A manufacturer-specific metric that classifies collisions specific to the sport	Count and Magnitude of Collisions
	Stride Variables	Accelerometry-derived metrics estimating ground contact time	Contact Time, Flying Time, Vertical Stiffness (KN·m)
	Stride Imbalances	Accelerometry-derived metrics split by left and right side	Percentage Left v Right
	Hybrid	Speed	Instantaneous peak rate of position change
	Sport-specific Metrics	Specific machine learning algorithms designed to quantifying movement demands per sport	AMF QB throws, Basketball court transition, IH skating strides, Rugby scrum detection, Soccer GK Left v Right Dive Count
	Metabolic Power	Estimates the energetic demands of high-intensity Level 1 and 2 actions via GPS or LPS data	Metabolic Energy (Cal·kg), Equivalent Distance (distance covered running at constant speed on flat terrain, for a given energy expenditure), Total Metabolic Power (ml·kg·min), Distance/Efforts/Time in Metabolic Power bands

Level 1: distances covered in different velocity zones; Level 2: events related to changes in velocity (i.e. acceleration, deceleration, and changes in direction); Level 3: events derived from the inertial sensors; Hybrid = combination of levels (28)

2D, 2-dimensional; 3D, 3-dimensional; AU, arbitrary units; g, g force; kN, kilonewton; m, metre; AMF, American Football; IH, Ice Hockey; GK, Goalkeeper; Cal, calorie; kg, kilogram; ml, milliliter; min, minute

# Catapult, Statsport, ...

- Pozice (satelity) – vzdálenost, akcelerace, dec, high speed vzdálenost
- (akcelerometr, gyroskop, magnetometr) – Player Load, skoky, kolize, změny směru
- Interní zatížení (HR pás, vesta) – HR, čas v tepových zónách, průměrná HR

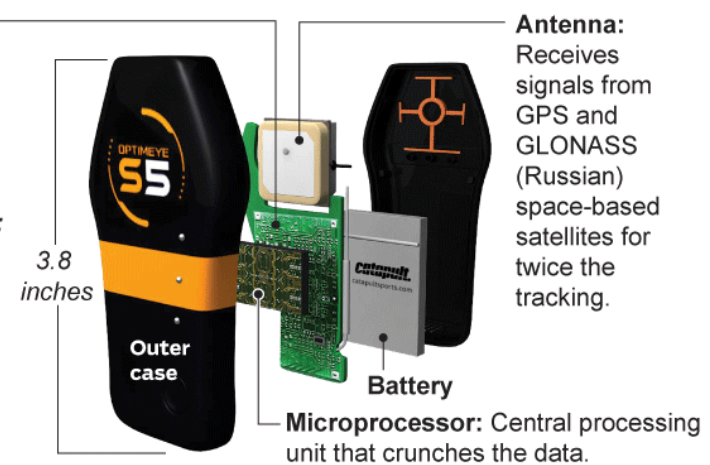


## Inertial sensors

**Gyroscopes:**  
Measure the orientation of the athlete's body position.

**Accelerometers:**  
Measure impact forces.

**Magnetometers:**  
Measure direction like a digital compass.



# Doporučená literatura

- Ch 9&10: FRENCH, Duncan N. a Lorena TORRES RONDA, ed. NSCA's essentials of sport science. Champaign: Human Kinetics, [2022]. ISBN 978-1-4925-9335-5.
- PINO-ORTEGA, José a Markel RICO-GONZÁLEZ, ed. The use of applied technology in team sport. New York: Routledge, 2021. Routledge research in sports technology and engineering. ISBN 978-0-367-74298-0.
- Torres-Ronda, L., Beanland, E., Whitehead, S. et al. Tracking Systems in Team Sports: A Narrative Review of Applications of the Data and Sport Specific Analysis. Sports Med - Open 8, 15 (2022). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00408-z>
- Hůlka, Karel, Jan Bělka, and Radim Weisser. 2014. *Analýza herního zatížení v invazivních sportovních hrách*. Olomouc: Code Creator. <https://publi.cz/books/120> .