

IoT în Fotbal

Martie 2025

1 Introducere

Proiectul "IoT în fotbal" explorează cum tehnologia poate ajuta la îmbunătățirea jocului de fotbal. Am ales acest domeniu deoarece fotbalul este unul dintre cele mai iubite sporturi din lume și poate beneficia enorm de pe urma inovațiilor tehnologice. IoT poate contribui la măsurarea performanțelor jucătorilor, prevenirea accidentărilor și îmbunătățirea antrenamentelor. Este important să învățăm cum să folosim tehnologia pentru a face fotbalul mai interesant și mai sigur. Acest proiect va demonstra cum IoT poate transforma fotbalul într-un sport mai inteligent.

1. CANet

CANet este o rețea neuronală ce are ca scop analiza performanței jucătorilor de fotbal. Această rețea combină tehnologia Internet of Things cu algoritmi de învățare profundă (Deep Learning). Jucătorii de fotbal au în echipamentul lor senzori mici care colectează date în timp real despre mișcările lor, cum ar fi pulsul, viteza de alergare, numărul de respirații pe minut sau distanța parcursă și viteza cu care au alergat.

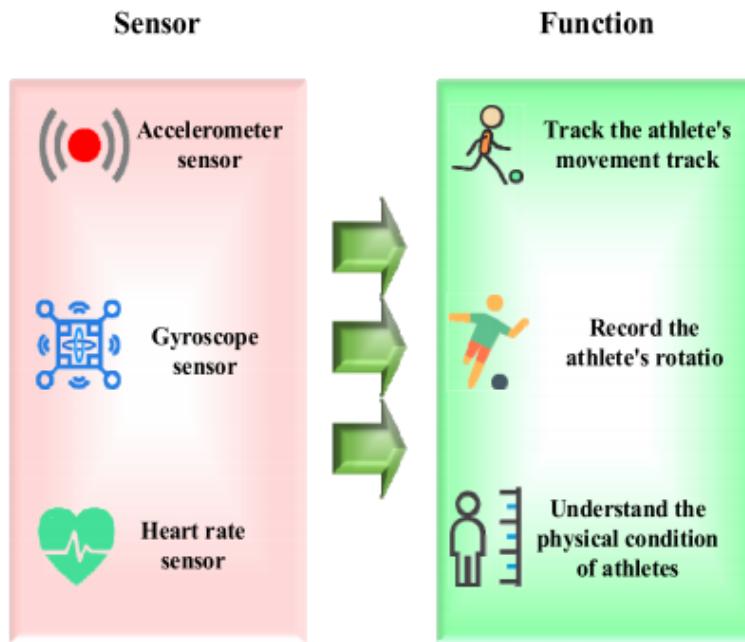


Figure 1: Senzori IoT utilizati in CANet

Aceste date colectate prin IoT sunt stocate într-o bază de date, ajutând ca algoritmii de decizie să aibă o acuratețe mai mare și pentru avansarea domeniului științei sportului. Algoritmii de Deep Learning sunt utilizati pentru a analiza datele și a învăța din cantități mari de date. CANet folosește această tehnică pentru a preveni accidentările jucătorilor (de exemplu, dacă viteza jucătorului scade și șutează cu piciorul mai puțin folosit, algoritmul prezice că jucătorul ar putea avea o febră musculară). Datele strânse de IoT și interpretarea lor cu ajutorul algoritmilor de învățare profundă oferă la sfârșitul antrenamentului un feedback antrenorului (antrenorului își spune dacă antrenamentul a fost unul mai intens, situație în care jucătorii au nevoie de puțin mai mult timp de odihnă pentru a evita crampele musculare, întinderile musculare sau febra musculară). CANet are și senzori avansați capabili să capteze și să proceseze imagini în timp real, oferind o analiză detaliată a mișcărilor jucătorilor (De exemplu, atunci când un atacant intră în careu și urmează să marcheze, acest senzor măsoară intensitatea cu care un fundaș vine spre el și intră prin alunecare). În urma unor experimente de clasificare a imaginilor, CANet a obținut o acuratețe medie de peste 2,8% mai mare decât alte modele.

2. BoundaryAlert (Sistem IoT de detectare a mingii ieșite din careu)

În fotbal apar de cele mai multe ori erori de arbitraj, datorate neatenției sau vitezelor mari cu care se joacă meciul. Una dintre problemele de arbitraj este atunci când nu se poate spune cu exactitate dacă mingea a trecut sau nu de linia de marcaj.



Figure 2: Golul anulat al Angliei impotriva Germaniei la CM 2010

Soluția pentru această problemă este adoptarea unei mingi de fotbal în interiorul căreia se află senzori. Mingea are senzori inertiali care determină mișcarea și orientarea mingii, un transmițător UWB care comunică cu receptoarele plasate pe teren, o baterie mică și ușoară pentru a nu influența direcția și orientarea mingii și un alt senzor care preia datele și le transmite către un sistem de procesare. Mingea trimite datele prin Wi-Fi către un server aflat pe marginea terenului, iar aici poziția mingii este analizată de un algoritm pentru a se decide în timp real dacă mingea a depășit sau nu linia de marcat. În caz că mingea a trecut linia, datele sunt transmise către camera VAR și arbitrul este atenționat. Rezultatul notificării este apoi afișat pe ecranul unui laptop și stocat într-o bază de date SQL, aceasta sugerând că informațiile despre momentul și locul în care mingea a ieșit sunt înregistrate.



Figure 3: Senzori de la poarta și din interiorul mingii

Această tehnologie este deja pusă în practică de câțiva ani, un bun exemplu fiind utilizarea mingii Al Rihla, dezvoltată de Adidas cu senzori IMU și UWB, utilizată la Cupa Mondială din 2022 din Qatar. În faza de testare, a fost făcut un sondaj cu 52 de experți în fotbal, care au afirmat că acest sistem de detectare a mingii ieșite din careu oferă rezultatele dorite. Tot în faza de testare au fost implicați și câțiva

arbitri, care au ajuns la concluzia că implementarea unei astfel de tehnologii este de foarte mare folos.

3. The Knuckleball Effect in Soccer Using a Smart Ball and Training Machine

Această minge inteligentă analizează și explorează fenomenul knuckleball” în fotbal. Efectul knuckleball” în fotbal se referă la un tip de lovitură a mingii în care aceasta se mișcă imprevizibil, fără a efectua o traiectorie constantă. Acest lucru se întâmplă atunci când mingea este lovită într-un unghi care împiedică rotirea uniformă, ceea ce face ca mișcarea ei să devină mai haotică și să fluctueze în sus și jos, în funcție de condițiile aerodinamice. Astfel, portarul și jucătorii au dificultăți în a prezice direcția exactă a mingii.



Figure 4: Adidas MiCoach Smart Ball

Mingea smart care este folosită este dezvoltată de Adidas și se numește MiCoach, având plasări în interior mai mulți senzori, precum un accelerometru pe șase axe, pentru a urmări datele cinematice ale mingii. Mașina de antrenament de lansat mingi este programată să simuleze lovirea mingii pentru a produce efectul de knuckleball. Acest sistem are și un senzor care urmărește traiectoria mingii în momentul lovirii. Dacă mingea a fost lovită și a avut efectul dorit, datele de la senzorii din interiorul mingii și ai mașinii de antrenament sunt stocate într-o bază de date.



Figure 5: Ball Training Machine

Astfel, pe baza unor algoritmi de învățare automată s-au putut determina intervalele în care ar trebui să se afle parametrii pentru a crea acest efect de knuckleball.

Astfel, mașina de antrenament a reușit să își îmbunătățească sutul, astfel încât, din cele 60 de mingi care inițial aveau efect de knuckleball, doar 7 mai păstrau acest efect, iar acum mașina produce peste 40 de suturi din 60 cu efectul dorit.

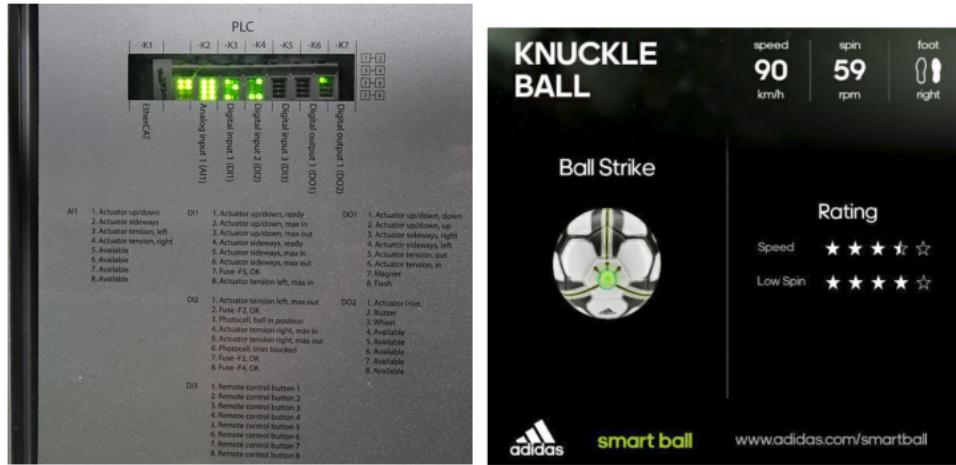


Figure 6: Ball Training Machine and MiCoach Ball sensors

Studierea acestui efect și determinarea unui interval în care trebuie să se afle parametrii pentru a crea efectul de knuckleball a dus la o serie de avantaje, precum îmbunătățirea antrenamentului sportiv și a performanței, dezvoltarea și validarea de tehnologii pentru analiza sportivă sau avansarea înțelegerii aerodinamice mingii în sport.

Trial	Ball Speed (km/h)	Ball Spin (rpm)	Speed Rating (/5)	Low Spin Rating (/5)
1	99	64	4.0	4
2	90	62	3.5	4
3	90	59	3.5	4
4	90	61	3.5	4
5	89	63	3.0	4
Mean	91.6	61.8	3.5	4
SD	4.16	1.92	0.35	0

Figure 7: Knuckle Ball Data

4. Adidas GMR (Global Measurement Report)

Adidas GMR este un dispozitiv care combină fotbalul cu tehnologia IoT (Internet of Things). Acesta este un mic senzor care se pune în brantul ghetei de fotbal și ajută jucătorii să își urmărească mișările pe teren. Adidas a creat acest dispozitiv împreună cu Google Jacquard și EA Sports pentru a face fotbalul mai interesant și mai ușor de urmărit cu ajutorul tehnologiei.

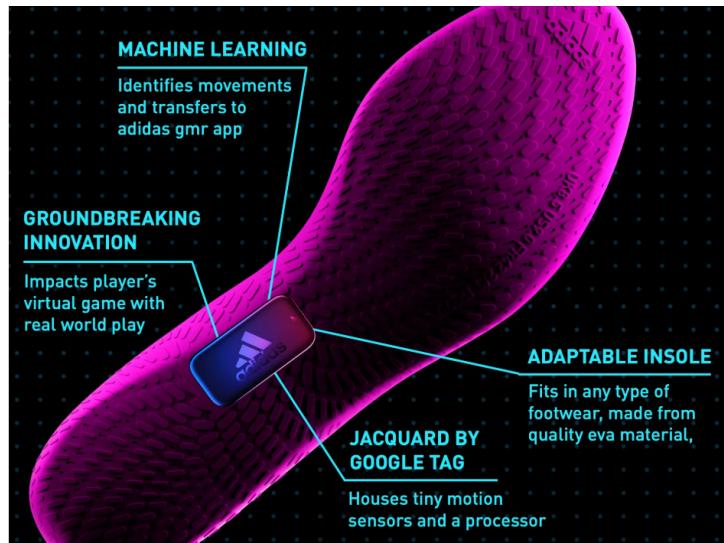


Figure 8: Adidas GMR sensor

Dispozitivul folosește IoT, adică se conectează prin internet și transmite informațiile direct într-o aplicație pe telefon. Senzorii din brant măsoară lucruri importante, cum ar fi cât de repede aleargă jucătorul, câte pase face, cât de tare lovește mingea și ce distanță parcurge. Aceste date sunt trimise către telefon prin Bluetooth, iar jucătorul poate vedea cum se descurcă și unde poate îmbunătăți.



Figure 9: Adidas GMR sensor

Un alt lucru interesant la Adidas GMR este că acest dispozitiv este conectat la jocul FIFA Mobile. Astfel, abilitățile jucătorului din realitate influențează echipa lui din jocul video. Dacă jucătorul lovește mingea cu mai multă putere, echipa lui va juca mai bine în jocul virtual. Asta face ca jucătorii să fie mai motivați să se antreneze și să devină mai buni.

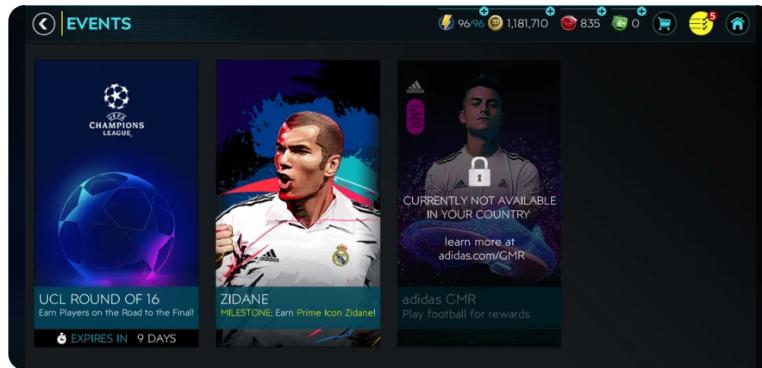


Figure 10: Adidas GMR in Fifa Mobile

Prin folosirea IoT, Adidas GMR le permite jucătorilor să își analizeze performanțele în timp real și să se joace cu abilitățile lor în jocul FIFA Mobile. Este o metodă foarte modernă de a combina sportul cu tehnologia și de a face antrenamentele mai interesante și mai interactive.

Dispozitivul este compatibil cu majoritatea ghetelor de fotbal, nu trebuie să ai neapărat un anumit model de ghete Adidas. Branțul special pentru GMR poate fi adăugat la orice pereche de ghete de fotbal, ceea ce îl face accesibil pentru mai mulți jucători.

După fiecare sesiune de antrenament, jucătorii primesc feedback instantaneu despre cum au evoluat în privința vitezei, distanței și eficienței loviturilor, ceea ce îi ajută să înțeleagă mai bine cum pot îmbunătăți diverse aspecte ale jocului lor.

În concluzie, Adidas GMR este un exemplu perfect de cum IoT poate face fotbalul mai interactiv și poate ajuta jucătorii să își îmbunătățească abilitățile. Este o invenție care schimbă modul în care jucătorii își urmăresc performanțele și își antrenează echipele virtuale.

5. Sistem monitorizare jucători folosind IoT

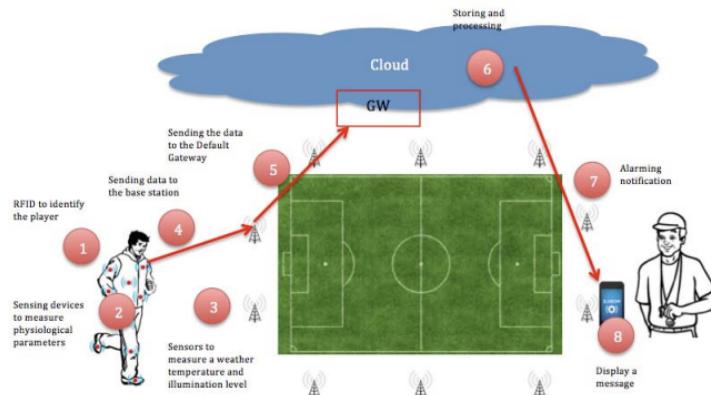


Figure 11: schema funcționare

Acest sistem este propus într-o lucrare semnată de Mohamed Ikram. El propune un sistem format din mai multe componente și care ar putea să noti-

fice antrenorul în momentul în care un jucător trebuie scos de pe teren din motive medicale. Celeritatea cu care antrenorul ia decizia de a schimba sau nu un jucător este foarte importantă deoarece, dacă un jucător sufgeră în timpul meciului o accidentare minoră (leziune musculară de întindere mică) și forțează în continuare să joace, el își va agrava accidentarea și astfel, în loc să stea 2-3 săptămâni fără să joace, își va prelungi perioada de inactivitate la 1-2 luni. Un alt aspect care nu trebuie neglijat este că acest sistem ar trimite notificare când jucătorul suferă un atac de cord. Este știut că în general juătorii de fotbal simulează destul de des și, din acest motiv, arbitrii nu opresc meciul la fiecare jucător pe care îl văd stând întins pe gazon. Totuși uneori un jucător poate sta jos din motive reale și foarte grave. Acest sistem ar putea trimite notificare arbitrului că este o problemă medicală gravă și el va opri jocul pentru a permite intervenția medicilor.

Dar să analizăm în detaliu din ce este format acest sistem.

Fiecare jucător are un RFID integrat în echipamentele care monitorizează diverse date despre sănătatea acestuia. Prin acest RFID datele despre starea de sănătate a jucătorului sunt transmise către un server în care ele sunt analizate, iar apoi sunt trimise notificări antrenorului în funcție de necesități.

Structura este formată din 3 layere după cum se poate observa și în imaginea de mai jos:

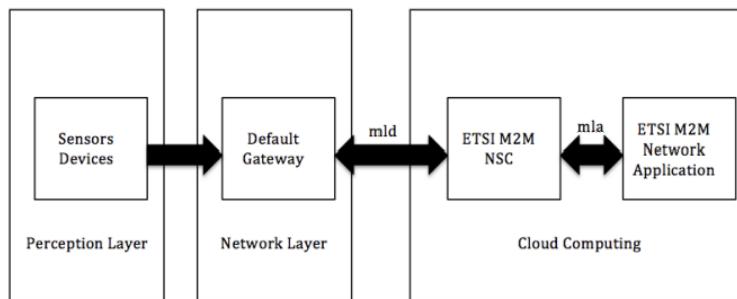


Figure 12: layere

În primul layer (Perception Layer) sunt folosite body wireless area networks (WBAN) plasate pe tricouri de exemplu, sau pe alte obiecte de îmbrăcăminte care pot face parte din echipamentul unui jucător de fotbal. Tot la acest nivel se folosesc și senzori ce măsoară condițiile atmosferice din zona stadionului și transmit aceste date mai departe pentru a fi incluse în analiză.

În zona de network sunt incluse toate dispozitivile necesare comunicării între senzori și serverele care vor transmite datele ce vor fi trimise la nivelul de platformă pe care se vor afla diverse modele de machine learning care vor interpreta datele transmise de pe dispozitivul asociat fiecarui jucător.

6. Sistem Catapult

Sistemul Catapult este o tehnologie avansată utilizată în fotbal pentru monitorizarea performanței jucătorilor prin intermediul senzorilor și algoritmilor de analiză a datelor. Acest sistem se bazează pe dispozitive portabile care colectează

date biomecanice și fiziologice, fiind integrat cu Internet of Things (IoT) pentru o analiză complexă în timp real. În general senzorii aceștia sunt plasați pe o vestă pe care jucătorii o poartă sub tricourile de joc.



Figure 13: vesta catapult

Principiul de Funcționare Sistemul Catapult utilizează un dispozitiv GPS combinat cu accelerometre tri-axiale, giroscop și magnetometre pentru a măsura parametrii esențiali ai jucătorilor, precum:

Viteza și accelerarea

Distanța parcursă

Schimbările bruște de direcție

Impactul și contactele fizice

Sarcina fizică și intensitatea efortului

Datele colectate sunt transmise către un server centralizat prin rețele IoT, permitând analiștilor sportivi să le acceseze instantaneu prin platforme software avansate.

Rolul IoT în Optimizarea Performanței Internet of Things facilitează analiza și interpretarea datelor prin conectarea dispozitivelor de măsurare la infrastructuri cloud. Avantajele includ:

Monitorizare în timp real – Antrenorii și medicii echipei pot urmări datele de performanță în direct, ajustând strategiile de antrenament.

Analiza volumelor mari de date – Algoritmi de inteligență artificială și machine learning identifică modele de mișcare și riscuri de accidentare.

Personalizarea antrenamentului – Pe baza parametrilor individuali, se pot adapta programele de exerciții pentru a optimiza performanța fiecărui jucător.

Prevenirea accidentărilor – Valorile anormale ale sarcinii fizice sau ale impactului pot indica riscul de accidentare, permitând intervenții prompte.

Integrarea cu sisteme medicale – Datele fiziologice pot fi corelate cu analize medicale pentru a detecta oboseala și posibilele probleme musculare.

Acest sistem, datorită GPS-ului poate fi folosit pentru a îmbunătăți plasamentul jucătorilor atât pe faza de atac cât și pe cea de apărare (se poate vedea poziția medie a jucătorului și astfel se va vedea în ce măsură acesta a respectat planul tactic). Totodată arată și nivelul de implicare în meci pe care îl are un jucător, deci este foarte util pentru un antrenor și îl ajută pe acesta să ia decizii inspirate în momentul în care vrea să facă schimbări în echipă.

2 Concluzie

În concluzie, acest proiect a explorat diverse aplicații ale Internetului Lucrurilor (IoT) în fotbal, demonstrând potențialul său de a aduce îmbunătățiri semnificative în multiple aspecte ale jocului. De la analiza detaliată a performanței jucătorilor prin senzori purtabili, la prevenirea accidentărilor prin monitorizarea datelor fiziologice, și până la asigurarea corectitudinii deciziilor arbitrilor cu tehnologii de detectare a mingii, IoT transformă fotbalul într-un sport mai inteligent. Mai mult, prin sisteme inovatoare precum mingea inteligentă pentru antrenarea efectului knuckleball și integrarea performanței reale cu jocurile virtuale, IoT contribuie la antrenamente mai eficiente și la o implicare sporită a jucătorilor. În esență, IoT se dovedește a fi un instrument valoros pentru optimizarea performanței, creșterea siguranței și îmbunătățirea experienței generale în fotbal.

3 Bibliografie

References

- [1] <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781003616283/advances-sports-science-technology-prasanna-balaji-pinar-din>
- [2] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141933120309236>
- [3] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10380550>
- [4] <https://jcrinn.com/index.php/jcrinn/article/view/164>
- [5] <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/11/3984>
- [6] <https://www.researchgate.net/profile/Mohammed-Ikram/publication/30429575>
- [7] <https://www.researchgate.net/profile/Nagihan-Kirikoglu/publication/374995>