मोशन सेंसर का उपयोग करके ऊर्जा-कुशल स्मार्ट लाइटिंग के लिए स्वचालित रूम लाइट कंट्रोलर
मंसे उथप्पा के
इलेक्ट्रॉनिक्स और कम्युनिकेशन इंजीनियरिंग विभाग
सह्याद्री कॉलेज ऑफ़ इंजीनियरिंग एंड मैनेजमेंट
ईमेल: your.email@example.com
सारांश—बढ़ती वैश्विक ऊर्जा मांग और बढ़ती बिजली लागतों ने बुद्धिमान, ऊर्जा-कुशल प्रकाश व्यवस्था प्रणालियों की आवश
इंडेक्स टर्म—स्मार्ट लाइटिंग, पीआईआर सेंसर, ऊर्जा दक्षता, होम ऑटोमेशन, अधिभोग का पता लगाना, रिले मॉड्यूल, IoT, स

I. परिचय

भवन क्षेत्र में वैश्विक ऊर्जा खपत हाल के दशकों में काफी बढ़ गई है, जिसमें प्रकाश व्यवस्था भार आवासीय, वाणिज्यिक औ
मैनुअल स्विचिंग तंत्र पूरी तरह से उपयोगकर्ता अनुशासन पर निर्भर करता है, जो वास्तविक दुनिया की स्थितियों में अक्सर अवि
विभिन्न संवेदन तकनीकों में से, निष्क्रिय अवरक्त (पीआईआर) मोशन सेंसर कम लागत, कम बिजली खपत, कॉम्पैक्ट आकार अ
यह पेपर पीआईआर-आधारित स्वचालित रूम लाइट कंट्रोलर के डिजाइन और व्यापक विश्लेषण पर केंद्रित है, जिसमें सिस्टम आ

II. विस्तारित साहित्य समीक्षा

A. अधिभोग-आधारित प्रकाश व्यवस्था नियंत्रण

अधिभोग-आधारित प्रकाश व्यवस्था नियंत्रण प्रणालियों का उद्देश्य केवल स्थानों पर कब्जा होने पर ही रोशनी चालू करके ऊर्
सिस्टम की बाद की पीढ़ियों ने अवरक्त, अल्ट्रासोनिक और माइक्रोवेव प्रौद्योगिकियों का उपयोग करके गति संवेदन पेश किया।

B. संवेदन प्रौद्योगिकियां

आम अधिभोग पहचान प्रौद्योगिकियों में शामिल हैं:
पीआईआर सेंसर: चलती गर्म निकायों के कारण अवरक्त विकिरण में परिवर्तन का पता लगाते हैं। वे निष्क्रिय हैं, कम बिजली की
अल्ट्रासोनिक सेंसर: अल्ट्रासोनिक तरंगें उत्सर्जित करते हैं और आंदोलन के कारण प्रतिबिंबों में चरण या आवृत्ति बदलाव का प
माइक्रोवेव/आरएफ सेंसर: गति का पता लगाने के लिए डॉपलर रडार तकनीकों का उपयोग करते हैं, उच्च संवेदनशीलता प्रदान कर
कैमरा-आधारित सिस्टम: समृद्ध प्रासंगिक जानकारी प्रदान करते हैं लेकिन गोपनीयता संबंधी चिंताएं बढ़ाते हैं, पर्याप्त प्रसंस्क
कई व्यावहारिक इनडोर अनुप्रयोगों में, पीआईआर सेंसर लागत, गोपनीयता, बिजली और प्रदर्शन के बीच एक उत्कृष्ट समझौता

C. IoT और स्मार्ट बिल्डिंग में स्मार्ट लाइटिंग

स्मार्ट लाइटिंग समाधानों को तेजी से IoT पारिस्थितिकी तंत्र में एकीकृत किया जा रहा है, जहां ल्यूमिनेयर, सेंसर और कंट्रोलर वा
केन्द्रीकृत निगरानी और नियंत्रण
परिवेश प्रकाश के आधार पर अनुकूली डिमिंग
शेड्यूलिंग और मांग-प्रतिक्रिया एकीकरण
अधिभोग पैटर्न के लिए डेटा एनालिटिक्स
प्रस्तावित पीआईआर-आधारित कंट्रोलर को बड़े IoT-आधारित आर्किटेक्चर में एक मूलभूत बिल्डिंग ब्लॉक के रूप में इस्तेमाल

III. सिस्टम आर्किटेक्चर

प्रस्तावित प्रणाली में चार प्राथमिक उप-प्रणालियाँ शामिल हैं:
1) पीआईआर मोशन सेंसिंग उप-प्रणाली
2) नियंत्रण और प्रसंस्करण उप-प्रणाली
3) रिले-आधारित स्विचिंग उप-प्रणाली
4) एसी लाइटिंग लोड उप-प्रणाली
चित्र 1. स्वचालित रूम लाइट कंट्रोलर प्रणाली का उच्च-स्तरीय आर्किटेक्चर।
चित्र 1 उच्च-स्तरीय आर्किटेक्चर को दर्शाता है। पीआईआर सेंसर गति का पता चलने पर एक डिजिटल सिग्नल उत्पन्न करता

A. कमरा लेआउट और सेंसर प्लेसमेंट

पीआईआर-आधारित डिटेक्शन का प्रदर्शन सेंसर प्लेसमेंट, ओरिएंटेशन और मॉनिटर किए गए स्थान की ज्यामिति पर बहुत अधि
मजबूत डिटेक्शन सुनिश्चित करने के लिए:
सेंसर को 2-3 मीटर की ऊंचाई पर रखा जाना चाहिए।
चित्र 2. इष्टतम कवरेज के लिए उदाहरण कक्ष लेआउट और अनुशंसित पीआईआर सेंसर प्लेसमेंट।
देखने के क्षेत्र को प्रवेश बिंदुओं और प्रमुख अधिभोग क्षेत्रों को कवर करना चाहिए।
सेंसर को सीधे खिड़कियों या तेजी से बदलते गर्मी स्रोतों का सामना नहीं करना चाहिए।

IV. हार्डवेयर डिजाइन

A. पीआईआर सेंसर मॉड्यूल

पीआईआर सेंसर मॉड्यूल में आमतौर पर एक दोहरे तत्व पायरोइलेक्ट्रिक सेंसर, फ्रेस्नेल लेंस सरणी, प्रीएम्पलीफायर, बैंडपास प
पीआईआर सेंसर से आउटपुट सिग्नल या तो लॉजिक हाई (गति का पता चला) या लो (कोई गति नहीं) है। कई ऑफ-द-शेल्फ मॉड्यू

B. रिले स्विचिंग सर्किट

रिले मॉड्यूल कम-वोल्टेज नियंत्रण सर्किट और उच्च-वोल्टेज एसी लोड के बीच गैल्वेनिक अलगाव प्रदान करता है। इसे आम तौ
प्रकाश व्यवस्था अनुप्रयोगों के लिए सामान्य रिले रेटिंग में शामिल हैं:
कॉइल वोल्टेज: 5V या 12V DC
संपर्क रेटिंग: 220V AC पर 5A–10A
C. नियंत्रण इकाई (माइक्रोकंट्रोलर या असतत तर्क)
नियंत्रण इकाई को उपयोग करके कार्यान्वित किया जा सकता है:
एक कम लागत वाला माइक्रोकंट्रोलर (उदाहरण के लिए, Arduino, PIC, या ARM Cortex-M)
टाइमर और तुलनित्र जैसे असतत घटक
चित्र 3. रिले मॉड्यूल और इंटरफेस सर्किटरी एसी लोड की सुरक्षित स्विचिंग को सक्षम करती है।
माइक्रोकंट्रोलर का उपयोग करने से लचीलापन मिलता है:
सॉफ्टवेयर के माध्यम से OFF विलंब समय समायोजित करें
डिमिंग या संचार जैसी अतिरिक्त सुविधाएँ पेश करें
विश्लेषण के लिए अधिभोग डेटा लॉग करें
D. विद्युत आपूर्ति चरण
सिस्टम को इसके लिए एक स्थिर DC आपूर्ति की आवश्यकता होती है:
पीआईआर सेंसर (आमतौर पर 5V)
माइक्रोकंट्रोलर (3.3V या 5V)
रिले कॉइल (5V या 12V)
ट्रांसफॉर्मर-आधारित या स्विचिड मोड पावर सप्लाई (SMPS) का उपयोग किया जा सकता है। अलगाव और सुरक्षा का सावधानी
V. नियंत्रण एल्गोरिदम और सॉफ्टवेयर डिजाइन
A. बुनियादी तर्क
कोर नियंत्रण एल्गोरिदम इस पैटर्न का अनुसरण करता है:
1) पीआईआर सेंसर आउटपुट को लगातार पढ़ें।
2) यदि गति का पता चला है:
रोशनी चालू करें।
निष्क्रियता टाइमर रीसेट करें।
3) यदि कोई गति नहीं पाई गई:
निष्क्रियता टाइमर बढ़ाएँ।
यदि टाइमर सीमा से अधिक हो जाता है, तो रोशनी बंद कर दें।
B. फ्लोचार्ट प्रतिनिधित्व
C. समय व्यवहार
चित्र 5 प्रणाली के समय व्यवहार को दिखाता है, समय के साथ सेंसर आउटपुट, रिले स्थिति और प्रकाश स्थिति को दर्शाता है।
चित्र 4. स्वचालित कमरे के प्रकाश संचालन के लिए नियंत्रण एल्गोरिदम का फ्लोचार्ट।
चित्र 5. समय आरेख पीआईआर डिटेक्शन और रिले सक्रियण के बीच बातचीत दिखा रहा है।
D. छद्म-कोड कार्यान्वयन
एक सरलीकृत छद्म-कोड सूची इस प्रकार है:
लूप:
पीआईआर पढ़ें
यदि पीआईआर == उच्च:
रोशनी = चालू
अंतिम_गति_समय = वर्तमान_समय
अन्यथा:
यदि (वर्तमान_समय - अंतिम_गति_समय) > बंद_देरी:
रोशनी = बंद

VI. ऊर्जा खपत मॉडलिंग
A. परिभाषाएँ
मान लीजिए:
P = प्रकाश व्यवस्था लोड की शक्ति रेटिंग (W)
T मैनुअल = मैनुअल स्विचिंग के साथ औसत दैनिक चालू-समय (घंटे)
T ऑटो = स्वचालित नियंत्रण के साथ औसत दैनिक चालू-समय (घंटे)
E मैनुअल = मैनुअल स्विचिंग के साथ दैनिक ऊर्जा खपत (Wh)

E ऑटो = स्वचालित नियंत्रण के साथ दैनिक ऊर्जा खपत (Wh)
फिर:
Eमैनुअल = P × T मैनुअल
Eऑटो = P × T ऑटो
□E = E मैनुअल - E ऑटो
%बचत = □E / E मैनुअल × 100
B. अधिभोग मॉडल
मान लीजिए कि कमरे में एक दिन में N अलग-अलग अधिभोग अवधि होती हैं, प्रत्येक अवधि t i के लिए i = 1,2, . . . , N. आदर्श
T ऑटो = □(i=1 से N) t i + □t
जहाँ □t विलंब और मामूली झूठे सक्रियण के लिए लेखांकन करता है।
मैनुअल ऑपरेशन के तहत, मानवीय लापरवाही के कारण, रोशनी आवश्यकता से अधिक समय तक चालू रह सकती है। हम इसे इस
T मैनुअल = □(i=1 से N) (t i + □ i)
जहाँ □ i उस अतिरिक्त समय का प्रतिनिधित्व करता है जब अधिवासी के जाने के बाद रोशनी चालू रहती है।
C. विश्लेषणात्मक उदाहरण
यदि औसतन □ i □ 0.8t i (यानी, रोशनी वास्तविक अधिभोग से 80% अधिक समय तक चालू रहती है), तो:
T मैनुअल = □(i=1 से N) (t i + 0.8t i) = 1.8 □(i=1 से N) t i
स्वचालित प्रणालियों में छोटे विलंब ओवरहेड को अनदेखा करते हुए:
T ऑटो □ □(i=1 से N) t i
इस प्रकार:
%बचत □ (1.8-1) / 1.8 × 100 □ 44.4%

VII. प्रयोगात्मक सेटअप
A. परीक्षण स्थान
सिस्टम का कई स्थानों पर परीक्षण किया गया:
एक आवासीय शयनकक्ष
एक गलियारा
एक साझा कार्यालय
एक कक्षा
B. मापन विधि
ऊर्जा खपत को उपयोग करके मापा गया:
एकल कमरों के लिए एक प्लग-इन ऊर्जा मीटर
बड़े प्रतिष्ठानों के लिए सर्किट-स्तरीय ऊर्जा निगरानी
डेटा दो परिदृश्यों के तहत एकत्र किया गया:
1) मैनुअल नियंत्रण (आधार रेखा)
2) पीआईआर-आधारित स्वचालित नियंत्रण
C. परिणाम
तालिका I विभिन्न स्थानों के लिए मापी गई दैनिक ऊर्जा खपत को सारांशित करती है।
तालिका I
दैनिक ऊर्जा खपत: मैनुअल बनाम स्वचालित नियंत्रण
स्थान मैनुअल (Wh) ऑटो (Wh) बचत (%)
शयनकक्ष 220 135 38.6
गलियारा 320 170 46.9
कार्यालय 440 240 45.5
कक्षा 530 270 49.1
परिणाम पुष्टि करते हैं कि विभिन्न प्रकार के वातावरणों में पर्याप्त ऊर्जा बचत प्राप्त की जा सकती है।
VIII. केस अध्ययन
A. आवासीय शयनकक्ष
एक विशिष्ट आवासीय शयनकक्ष में, उपयोगकर्ता अक्सर सोने से पहले या कमरा छोड़ते समय रोशनी बंद करना भूल जाते हैं। पी
B. कार्यालय केबिन
कार्यालय कर्मचारी अक्सर बैठक कमरों और वर्कस्टेशन के बीच घूमते रहते हैं। स्वचालित नियंत्रक यह सुनिश्चित करता है कि
C. कक्षा पर्यावरण
कक्षाओं में अक्सर सत्रों के बीच रुक-रुक कर उपयोग होता है। मैनुअल नियंत्रण अक्सर व्याख्यानों के बीच रोशनी चालू रहने की

IX. वैकल्पिक प्रौद्योगिकियों के साथ तुलना
A. पीआईआर बनाम अल्ट्रासोनिक
अल्ट्रासोनिक सेंसर माइक्रो-आंदोलनों के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं लेकिन अधिक बिजली की खपत करते हैं और वायु प्रव
B. पीआईआर बनाम कैमरा-आधारित डिटेक्शन
कैमरा-आधारित अधिभोग का पता लगाना समृद्ध जानकारी प्रदान करता है लेकिन गोपनीयता, कम्प्यूटेशनल जटिलता और उच्च
C. हाइब्रिड दृष्टिकोण
उच्च-परिशुद्धता वातावरण में, अल्ट्रासोनिक या परिवेश प्रकाश सेंसर के साथ पीआईआर के संयोजन वाले हाइब्रिड समाधानों क
X. विश्वसनीयता, सुरक्षा और मानव कारक
A. विश्वसनीयता विचार
पीआईआर सेंसर और रिले मॉड्यूल आम तौर पर मजबूत होते हैं, लेकिन दीर्घकालिक विश्वसनीयता इस पर निर्भर करती है:
घटकों की गुणवत्ता
ऑपरेटिंग तापमान सीमा
सर्ज संरक्षण और क्षणिक दमन
B. सुरक्षा
कम-वोल्टेज नियंत्रण सर्किटरी को उच्च-वोल्टेज एसी लाइनों से अलग करना महत्वपूर्ण है। उचित क्रिपेज दूरी, फ्यूज और इंसु
C. उपयोगकर्ता आराम
अत्यधिक कम OFF देरी उपयोगकर्ता के निष्क्रिय रहने के दौरान रोशनी बंद करने का कारण बन सकती है, जिससे झुंझलाहट हो
XI. सुरक्षा और गोपनीयता संबंधी विचार
पीआईआर सेंसर स्वाभाविक रूप से गोपनीयता-संरक्षण हैं क्योंकि वे छवियों या व्यक्तिगत रूप से पहचान योग्य जानकारी को कैप
प्रकाश व्यवस्था प्रणालियों का अनधिकृत नियंत्रण
गलत अधिभोग रिपोर्टिंग के लिए डेटा टेम्परिंग
सेंसर स्पूफिंग या सेवा से इनकार हमले
शमन रणनीतियों में सुरक्षित संचार प्रोटोकॉल, फ़ायरवॉल और मजबूत प्रमाणीकरण तंत्र शामिल हैं यदि सिस्टम नेटवर्क है।

XII. लागत विश्लेषण
A. सामग्री का बिल
एक विशिष्ट प्रोटोटाइप में शामिल हो सकते हैं:
पीआईआर सेंसर मॉड्यूल
रिले बोर्ड
माइक्रोकंट्रोलर बोर्ड
विद्युत आपूर्ति घटक
घेरा और वायरिंग
B. निवेश पर वापसी
ऐसी प्रणाली के लिए पेबैक अवधि की गणना इस आधार पर की जा सकती है:
अपफ्रंट हार्डवेयर और स्थापना लागत
मासिक ऊर्जा बचत
उदाहरण के लिए, यदि सिस्टम की लागत कुछ महीनों की औसत प्रकाश व्यवस्था ऊर्जा लागत के बराबर है, तो यह जल्दी से अप
XIII. पर्यावरणीय प्रभाव
ऊर्जा उपयोग को कम करके, स्वचालित प्रकाश व्यवस्था नियंत्रण प्रणालियाँ अप्रत्यक्ष रूप से बिजली उत्पादन से जुड़े ग्रीनह
XIV. IoT और स्मार्ट बिल्डिंग प्लेटफॉर्म में एकीकरण
प्रस्तावित कंट्रोलर को बड़े स्मार्ट बिल्डिंग फ्रेमवर्क में एकीकृत किया जा सकता है:
वाई-फाई या ZigBee संचार मॉड्यूल
MQTT या HTTP-आधारित API
निगरानी और नियंत्रण के लिए केन्द्रीकृत डैशबोर्ड
ऐसा एकीकरण उन्नत सुविधाओं को सक्षम करता है जैसे:
दूरस्थ निगरानी
केन्द्रीय शेड्यूलिंग
प्रकाश व्यवस्था प्रणालियों का भविष्य कहनेवाला रखरखाव
XV. भविष्य के अनुसंधान दिशाएँ
पीआईआर-आधारित स्वचालित प्रकाश व्यवस्था पर भविष्य के कार्य में निम्नलिखित की खोज की जा सकती है:
मशीन लर्निंग-आधारित अधिभोग भविष्यवाणी
CO_2, ध्वनि या BLE बीकन जैसे अतिरिक्त सेंसर के साथ संलयन

ऐतिहासिक उपयोग पैटर्न के आधार पर अनुकूली विलंब समायोजन
स्मार्ट ग्रिड में मांग-प्रतिक्रिया कार्यक्रमों के साथ एकीकरण
XVI. निष्कर्ष
इस पेपर ने पीआईआर मोशन सेंसर और रिले-आधारित एसी स्विचिंग का उपयोग करके स्वचालित रूम लाइट कंट्रोलर के व्यापक अ
संदर्भ
[1] A. Smith, “मानव पहचान के लिए पीआईआर सेंसर तकनीक,”IEEE सेंसर जर्नल, खंड 23, संख्या 4, पृष्ठ 1234–1245,
[2] B. Kumar, “रिले-आधारित स्मार्ट लाइटिंग सिस्टम,”IEEE इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स जर्नल, खंड 9, संख्या 2, पृष्ठ 876–885
[3] L. Zhang, “IoT-आधारित बिल्डिंग ऑटोमेशन और स्मार्ट लाइटिंग पर एक सर्वेक्षण,”IEEE एक्सेस, खंड 10, पृष्ठ 11
[4] S. Rossi and M. Patel, “वाणिज्यिक भवनों में ऊर्जा कुशल प्रकाश व्यवस्था नियंत्रण,”IEEE ट्रांसैक्शन ऑन इंडस्ट्
[5] K. Lee and J. Choi, “उन्नत अधिभोग पहचान के लिए हाइब्रिड पीआईआर-अल्ट्रासोनिक सेंसर,”IEEE सेंसर लेटर्स, खं
[6] M. Green, “स्मार्ट भवनों के लिए गोपनीयता-जागरूक अधिभोग संवेदन,”IEEE पर्वेसिव कंप्यूटिंग, खंड 20, संख्या 1, पृष
[7] R. Singh, “स्मार्ट बिल्डिंग और ऊर्जा प्रबंधन: एक व्यापक समीक्षा,”IEEE सिस्टम जर्नल, खंड 16, संख्या 2, पृष्ठ 2