

Komunikasi M2M Kognitif Berbasis PRMA dengan Multi Ultra Frame dan Payload Exchange

by Aghus Sofwan

Submission date: 23-Aug-2021 10:07AM (UTC+0700)

Submission ID: 1634582279

File name: Komunikasi_M2M_Kognitif_Berbasis_PRMA_dengan_Multi.pdf (1.33M)

Word count: 6633

Character count: 36331

Komunikasi M2M Kognitif Berbasis PRMA dengan *Multi Ultra Frame* dan *Payload Exchange*

Eko Arifianto¹, Aghus Sofwan², Teguh Prakoso³

Abstract—M2M communication is the process of exchanging data between devices on a network of capillary systems. The communication channel used is an empty space on a TV channel with a cognitive radio mechanism combined PRMA with a fixed and periodic scheme. The scheme has a working system that allows PRMA to place data in the same free space, which causes collisions. Therefore, it needs repetition, which requires more energy and causes inefficient communication. Thus, a Multi Ultra Frame (MUF) and Payload Exchange (PE) data exchange scheme is proposed to reduce collisions and repetition by giving grades and features to the data, with the aim to achieve optimal use of empty space. An indication of efficient communication is the optimal use of empty space, which affects the throughput (PT), duty cycle (Cyl), and interference ratio (fo). The higher PT and the lower Cyl and fo, the more efficient the communication. MUF and PE schemes produce PT of 99-41%, Cyl of 1-4.4%, and fo of 10-33%. Fixed and periodic schemes produce PT of 81-21%, Cyl of 2-9%, and fo of 15-52%. Optimization of MUF and PE schemes produce PT of 99-70%, Cyl of 0.5-2.2%, and fo of 8-14%. Optimization of fixed and periodic schemes produce PT of 66-35%, Cyl of 3-6%, and fo of 19-28%.

Intisari—Komunikasi M2M merupakan proses pertukaran data antar perangkat pada jaringan sistem kapiler. Saluran komunikasi yang digunakan adalah ruang kosong pada saluran TV dengan mekanisme radio kognitif kombinasi PRMA skema tetap dan periodik. Skema tersebut memiliki sistem kerja yang menjadikan PRMA dapat menempatkan data pada ruang kosong yang sama, yang menyebabkan tabrakan. Oleh karena itu, diperlukan pengulangan, yang memerlukan energi lebih banyak, sehingga komunikasi menjadi tidak efisien. Dengan demikian, diusulkan skema pertukaran data *Multi Ultra Frame* (MUF) dan *Payload Exchange* (PE) untuk mengurangi tabrakan serta pengulangan dengan memberikan *grade* dan *keutamaan* pada data, dengan tujuan agar penggunaan ruang kosong dapat optimal. Indikasi komunikasi yang efisien adalah penggunaan ruang kosong yang sangat optimal yang berpengaruh pada *throughput* (PT), *duty cycle* (Cyl), dan *interference ratio* (fo). Semakin tinggi PT dan semakin rendah Cyl serta fo, semakin efisien komunikasi. Skema MUF dan PE menghasilkan PT sebesar 99-41%, Cyl 1-4.4%, dan fo 10-33%. Skema tetap dan periodik menghasilkan PT 81-21%, Cyl 2-9%, dan fo 15-52%. Optimasi skema MUF dan PE menghasilkan PT 99-70%, Cyl 0.5-2.2%, dan fo 8-14%. Sedangkan optimasi skema tetap dan periodik memberikan PT 66-35%, Cyl 3-6%, dan fo 19-28%.

Kata Kunci—Komunikasi M2M, Radio kognitif, *Multi Ultra Frame*, *Payload Exchange*, PRMA.

¹ Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jalan Prof H. Soedarto SH, Tembalang Semarang 50275 INDONESIA (telp: 024-746 0057; e-mail: ekoarifianto888@gmail.com)

^{2,3} Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jalan Prof H. Soedarto SH, Tembalang Semarang 50275 INDONESIA (telp: 024-746 0057; e-mail: asofwan@elektro.undip.ac.id, teguhprakoso@elektro.undip.ac.id)

I. PENDAHULUAN

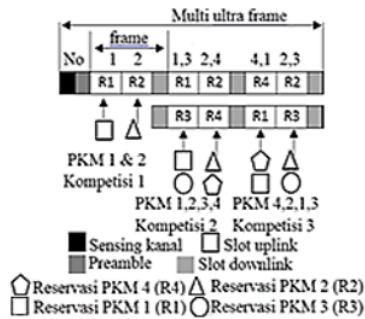
Teknologi komunikasi mengalami kemajuan yang sangat pesat pada berbagai bidang, termasuk bidang komunikasi M2M. Komunikasi M2M merupakan proses pertukaran data antar perangkat pada sistem kapiler, dengan metode radio kognitif kombinasi PRMA, melalui ruang kosong saluran TV [1], [2]. Desain komunikasi M2M merupakan sistem pertukaran data dari Perangkat Komunikasi Mandiri (PKM) ke pengguna melalui Perangkat Komunikasi Mandiri *Gateway* (PKMG) [1].

Gbr. 1 memperlihatkan desain komunikasi M2M yang terdiri atas domain perangkat, domain jaringan, dan domain aplikasi [3]. Pengiriman data dimulai ketika PKM menginformasikan permintaan ke PKMG, kemudian PKMG mengindera saluran dan mengirimkan hasilnya ke PKM. PKM memfungsikan sistem pertukaran data ke saluran tidak terpakai dan memulai prosedur kompetisi, dengan memilih *slot uplink* secara acak. PKMG memberitahu PKM pada *slot downlink* bahwa pemesanan *slot* sukses dan data telah terkirim. Karena PKM bertambah, terjadi kemacetan pertukaran data pada saluran yang digunakan. Untuk mengatasinya, digunakan ruang kosong pada saluran TV (TV *White Space*) [4]. Gbr. 2 memperlihatkan bahwa ruang kosong pada saluran TV adalah saluran TV analog yang tidak dipergunakan oleh pengguna karena telah bermigrasi pada saluran TV digital.

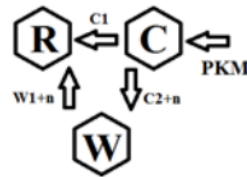
Ruang kosong pada saluran TV merupakan saluran tidak terpakai pada siaran televisi, karena pengalihan metode siaran dari analog ke digital. Ruang kosong ini difungsikan menggunakan metode radio kognitif kombinasi PRMA. Radio kognitif menempatkan data pada saluran yang pada saat itu tidak digunakan, sedangkan PRMA diterapkan pada skema pengiriman data, dengan menempatkan *slot* secara multiakses menggunakan mekanisme reservasi. Hal tersebut mengalami masalah karena tabrakan, *slot* tidak terpakai, dan pengulangan perebutan *slot*, karena pada PRMA, PKM boleh memilih *slot* manapun walaupun sama dengan PKM lain [5]–[8].

Tabel I memperlihatkan perbandingan jenis penyertaan yang digunakan model lain dan model yang diusulkan. Model lain menggunakan model susunan *frame* tetap dan skema komunikasi M2M periodik, tanpa teknik *sensing* serta tanpa *backup and recovery*. Model yang diusulkan menggunakan model susunan *frame* MUF, skema komunikasi M2M PE, teknik *sensing* FCSD serta *backup and recovery* SUBRP [8].

Tabel II memperlihatkan kelebihan dan kekurangan susunan *frame* dan skema model lain, yaitu *frame* tetap serta skema periodik yang memiliki kelebihan, PKM bebas memilih *slot* yang berpeluang menempati *slot*, karena waktu tidak terbuang untuk pencarian *slot*. Namun, hal ini menyebabkan PKM berpeluang memilih *slot* sama dengan PKM lain, yang menyebabkan tabrakan, sehingga *slot* tidak dapat ditempati, perlu pengulangan pemilihan *slot*. Akibatnya, perlu banyak energi serta memperpendek umur baterai [5].



Gbr. 5 Model susunan multi ultra frame (MUF).



Gbr. 6 Skema komunikasi M2M payload exchange.

terdapat dua PKM pemenang yang langsung reservasi (R), sedangkan dua PKM yang kalah masuk mode tunggu (W) dengan prosedur C2+n sesuai dengan jumlah PKM yang berkompetisi. Setelah PKM pemenang selesai melakukan reservasi, PKM berikutnya bergantian melakukan reservasi dengan prosedur W1+n dengan mode (R).

C. Fast Correct Sensing Detection (FCSD)

Fast Correct Sensing Detection (FCSD) merupakan mekanisme penginderaan saluran yang dilakukan Pengguna Sekunder (PS), yaitu PKM, untuk mengetahui pola aktivitas Pengguna Primer (PP), yaitu penyedia layanan TV. FCSD dilakukan melalui deteksi energi dengan ambang batas tertentu, sehingga dihasilkan keputusan energi tersebut adalah *noise* atau PP. Kemudian, PS melakukan pertukaran data.

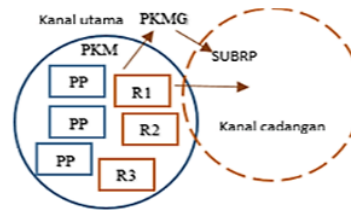
Gbr. 7 memperlihatkan proses deteksi saluran utama yang akan digunakan untuk komunikasi M2M dengan menggunakan FCSD. PS melalui PKMG dengan FCSD mengindera seluruh saluran yang ada, hingga terdeteksi energi dengan ambang batas yang telah ditetapkan (α): jika energi $< \alpha$ dianggap *noise*, sedangkan jika energi $> \alpha$ dianggap PP. Saluran dengan energi PP paling sedikit dijadikan sebagai saluran utama. PS mengindera saluran. Jika masih dipakai (terdapat PP), tetap dilakukan *sensing* hingga terdeteksi *noise*, kemudian memakai saluran, dari terdeteksi *noise* hingga tidak terdeteksi energi (kosong). Jika masih dipakai (terdapat PP), tetap dilakukan *sensing*. Jika tiba-tiba PP meninggalkan saluran, tidak terdeteksi energi (kosong), maka PS memakai saluran dari kosong hingga terdeteksi *noise*. Ketika terdeteksi PP, PS berpindah dari saluran utama ke cadangan via SUBRP.

D. Secondary User Backup Recovery Protocol (SUBRP)

SUBRP merupakan mekanisme perpindahan saluran dari saluran utama ke saluran cadangan yang dilakukan oleh PKM



Gbr. 7 Fast Correct Sensing Detection (FCSD)



Gbr. 8 Secondary User Backup Recovery Protocol (SUBRP).

atau PS melalui PKMG ketika terdeteksi PP pada saluran utama. SUBRP memindahkan aktivitas dari saluran utama ke saluran cadangan dengan kondisi komunikasi normal, penurunan kinerja minimal, dan tingkat kinerja sama.

Gbr. 8 memperlihatkan proses perpindahan aktivitas dari saluran utama ke saluran cadangan menggunakan SUBRP. PS, yaitu PKM, melalui PKMG mengindera seluruh saluran yang ada, baik saluran utama maupun saluran cadangan. Kemudian, data yang diperoleh disimpan dalam *database* PKMG. Ketika PS mendeteksi PP pada saluran utama, PS memberitahu PKMG, kemudian PKMG menyiapkan saluran cadangan agar PS dapat berpindah saluran. PKMG menduplikasi komponen saluran utama ke saluran cadangan menggunakan SUBRP.

III. METODE

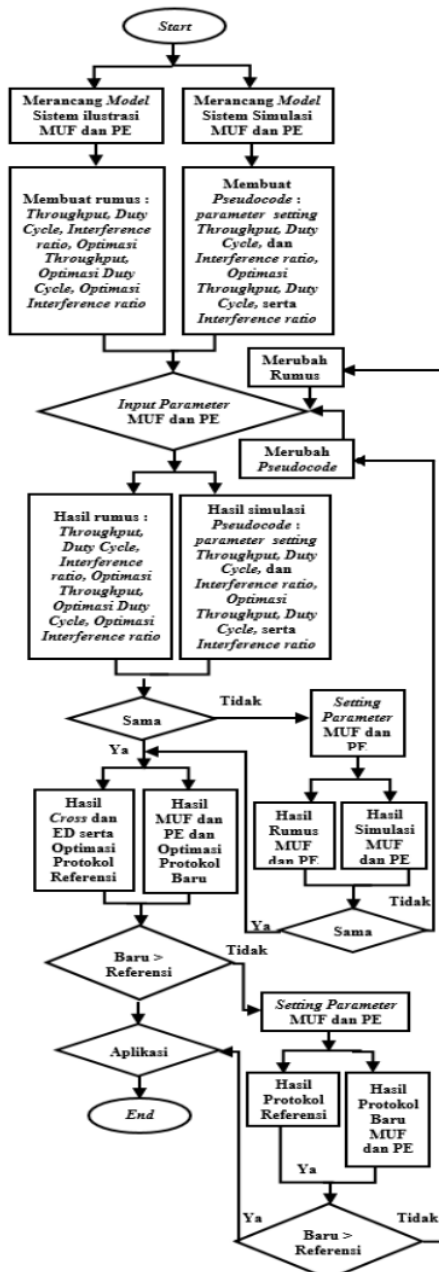
Makalah ini menggunakan langkah-langkah penelitian dalam beberapa tahap, yang diperlihatkan pada Gbr. 9.

Gbr. 9 memperlihatkan langkah penelitian merancang model sistem ilustrasi dan simulasi MUF dan PE. Membuat rumus dan *pseudocode throughput*, *duty cycle* dan *interference ratio* beserta optimasinya, diberi masukan nilai *parameter*. Jika keduanya sama, bandingkan dengan hasil mode lain, jika lebih besar dapat diaplikasikan. Namun, jika hasil rumus dan simulasi tidak sama, *setting* ulang nilai *parameter*, jika sama bandingkan model lain. Jika tidak sama rubah *pseudocode*.

Gbr. 10 memperlihatkan cara aplikasi MUF, PE, FCSD dan SUBRP. PKM pada jaringan kapiler mengindera lingkungan, Inisialisasi pengiriman via *slot uplink*, informasi ke PKMG. *sensing* saluran FCSD, deteksi saluran tidak terpakai. *Cognitive radio* memilih saluran utama, perebutan *slot*. PKM pemenang reservasi via PRMA, PKM kalah menunggu. MUF melakukan pemilihan dengan pemberian *grade* dan *keutamaan*. Jika terdeteksi PP, PS pindah saluran cadangan via SUBRP, FCSD.

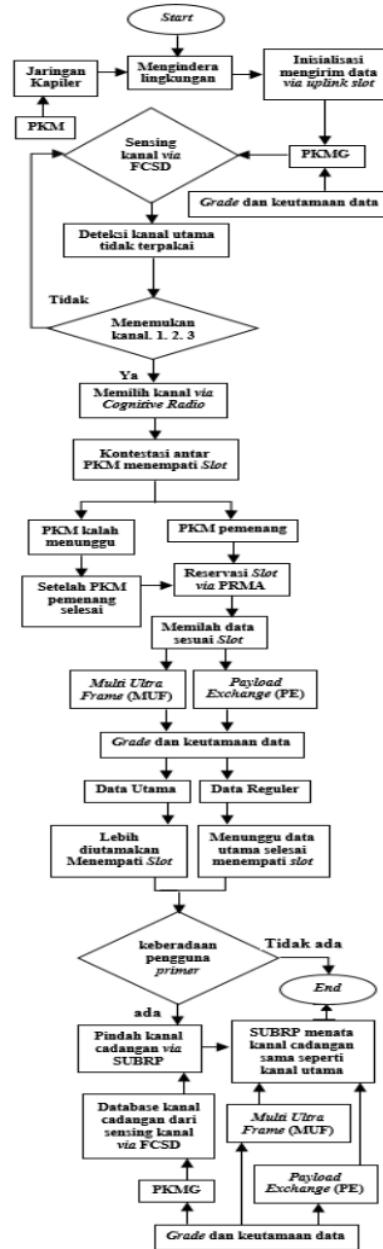
A. Merancang Rumus PT, OPT, Cyl, Ocyl, fo dan Ofo

Saluran kognitif utama dinotasikan sebagai K_u dan saluran kognitif cadangan dinotasikan sebagai K_c . Durasi K_u dihuni = $\frac{1}{V_{ud}}$, dengan V_{ud} merupakan durasi rata-rata saluran dihuni.



Gbr. 9 Tahap langkah-langkah penelitian.

Durasi K_u tidak dihuni = $\frac{1}{V_{em}}$, dengan V_{em} merupakan durasi rata-rata saluran tidak dihuni. Aktivitas saluran diwakili oleh parameter P_{ud} yang diartikan bahwa K_u sedang dihuni (PP aktif).



Gbr. 10 Aplikasi MUF, PE, FCSD dan SUBRP.

$$P_{ud} = \frac{V_{em}}{V_{ud} + V_{em}} \quad (1)$$

P_{em} menyatakan bahwa K_u sedang tidak dihuni (PP tidak aktif), dengan probabilitas sebagai berikut.

$$P_{em} = 1 - P_{ud} \quad (2)$$

dengan

V_{em} = durasi rata-rata saluran utama kosong
 V_{ud} = durasi rata-rata saluran utama dihuni
 P_{em} = probabilitas saluran utama kosong
 P_{ud} = probabilitas saluran utama dihuni.

PS melalui PKMG dengan FCSD mengindera seluruh saluran yang ada, hingga terdeteksi energi, lalu membandingkan energi saluran utama (E_{Ku}) dengan nilai ambang batas yang ditetapkan (α), $E_{Ku} < \alpha$ empty, $E_{Ku} > \alpha$ used.

$$Decision\ sensing\ (D_{sr}) = \begin{cases} empty_{(em)} \rightarrow E_{Ku} < \alpha \\ used_{(ud)} \rightarrow E_{Ku} > \alpha \end{cases} \quad (3)$$

PKMG mendeteksi saluran dengan dua kemungkinan sinyal, yaitu probabilitas *true signal* (P_{ts}) dan probabilitas *false signal* (P_{fs}).

$$P_{ts} = P_{det} \{E_1 > \alpha | P_{ud}\} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha - 2m(h+1)}{\sqrt{4m(2h+1)}} \right) \quad (4)$$

$$P_{fs} = P_{det} \{E_1 > \alpha | P_{em}\} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha - 2m}{\sqrt{4m}} \right) \quad (5)$$

dengan

α = ambang batas deteksi energi
 m = bandwidth
 h = signal to noise ratio.

Probabilitas hunian saluran utama (PK_{uc}), Probabilitas hunian saluran cadangan (PK_{cu}), dan Probabilitas slot ditempati (G_{sc}) dihitung menggunakan (6) sampai (8).

$$PK_{uc} = P_{em} \cdot P_{fs} + P_{ts} \cdot P_{ud} \quad (6)$$

$$PK_{cu} = P_{ud} (1 - P_{ts}) + P_{em} (1 - P_{fs}) \quad (7)$$

$$G_{sc} = \binom{C_0}{1} \left(q(1-q)^{C_0-1} \left(1 - \frac{L_u}{w_u} \right) (1 - P_{ud} e^{V_{ud} \cdot t}) \right) \quad (8)$$

dengan

C_0 = jumlah PKM yang berkompetisi
 q = probabilitas *permission*
 L_u = slot yang terpesan
 w_u = uplink slot per frame
 P_{ud} = probabilitas saluran utama dihuni
 V_{ud} = durasi rata-rata saluran utama dihuni
 t = durasi slot
 G_{sc} = probabilitas slot ditempati.

B. Throughput

Throughput (PT) merupakan perbandingan rata-rata interval data yang berhasil dipertukarkan dengan rata-rata jumlah total rentang interval pertukaran dan kompetisi,

$$B_{(r)} = [Z \cdot G_{sc} (\sum_H^{\infty} (H P_{det}^H) \cdot P_{det} N)] = Z \cdot G_{sc} - N + \sum_H^D H \quad (9)$$

Sedangkan M_k merupakan variabel acak yang merepresentasikan jumlah keseluruhan pertukaran data sampai berhasil.

$$M_k = \left(\frac{1+G_{sc}}{G_{sc}} + \left(\frac{H^2-N}{Z} \right) \right) G_{sc} \quad (10)$$

dengan

Z = reservation cycle
 D = rata-rata slot ditempati
 P_{det} = probabilitas peralihan dari T ke K
 $P_{det}N$ = probabilitas peralihan dari T ke K pada N
 H = pengiriman sukses
 G_{sc} = probabilitas slot ditempati.

Throughput rata-rata untuk PKM diberikan oleh (11).

$$PT_{PRMA} = (D - N) + \left(\frac{B_{(r)} \cdot H}{B_{(r)} + M_k + Z} \right) \cdot Z \quad (11)$$

Sedangkan throughput dengan stuktur MUF dan skema PE dihitung dengan (12).

$$Throughput\ (PT) = \frac{PT_{PRMA}}{S_{CB} \cdot M_k} (S_{CB} - S_p - S_{tv}) \cdot S_d^2 \quad (12)$$

dengan

S_{CB} = durasi MUF
 S_d = waktu deteksi saluran
 S_p = preamble
 S_{tv} = channel switching overhead
 M_k = jumlah seluruh pertukaran data sampai berhasil
 $B_{(r)}$ = interval reservasi.

C. Duty Cycle

Duty cycle (C_{yl}) merupakan perbandingan rata-rata waktu yang diperlukan saat pertukaran data dengan seluruh waktu hasil rekomendasi.

$$C_{yl} = \frac{2 \cdot S_{nk}}{S_{CB}^2 D_F \cdot Z} \left((Z \cdot S_p + M_k D_F) + ((Z - D) D_F + (D - 1) D_F^2) \right) - (S_{nk} D_F)^2 \quad (13)$$

dengan

S_{CB} = durasi MUF
 S_p = preamble
 D_F = durasi frame
 S_{nk} = probabilitas kontestasi PKM
 Z = Reservation Cycle
 D = rata-rata slot ditempati.

D. Interference Ratio

Interference ratio (f_o), didefinisikan sebagai fraksi sinyal yang dihasilkan dari durasi aktif pertukaran data PP yang terganggu oleh pertukaran data PS.

$$f_o = 2P_w P_{ud} + \frac{P_{em}(1-P_{fs})}{P_{ud}} + e^{-vt} \left(\frac{P_{fs}-P_{ts}}{P_w} + P_{fs} P_{ts} \right) \quad (14)$$

dengan

P_w = probabilitas *miss-detection*
 v = max (V_{em}, V_{ud})
 t = durasi slot
 P_{ud} = probabilitas saluran utama dihuni
 P_{em} = probabilitas saluran utama kosong
 P_{fs} = probabilitas *false signal*
 P_{ts} = probabilitas *true signal*.

E. Optimasi Throughput (OPT)

Throughput yang menurun diatasi dengan optimasi, pengurangan interval kompetisi, menggunakan pemaksimalan deteksi saluran (S_d^*), pengurangan *preamble* (S_p), *channel switching overhead* (S_{tv}), mengurangi dan membagi waktu reservasi S' .

$$OPT = \frac{PT_{PRMA} \cdot PK_{cu} \cdot D^2}{S_{CB} \cdot S_{nk}} (S_{CB} \cdot D_F + S_d^* + Z^2 \cdot S_{nk} - 2 \cdot S') \quad (15)$$

$$S' = S_p + S_{tv} + S_{nk} \quad (16)$$

dengan

- S_{CB} = durasi MUF
- S_p = *preamble*
- D_F = durasi *frame*
- S_{nk} = probabilitas kontestasi PKM
- Z = *reservation cycle*
- D = rata-rata *slot* ditempati
- PT_{PRMA} = *throughput* PRMA
- PK_{cu} = probabilitas hunian saluran cadangan
- S_{tv} = *channel switching overhead*
- S' = waktu reservasi
- S_d^* = waktu deteksi saluran maksimal.

F. Optimasi Duty Cycle

Semakin tinggi *reservation cycle*, semakin tinggi pula *duty cycle*, sehingga energi reservasi semakin besar. Optimasi *duty cycle* dilakukan dengan mengatur waktu pertukaran data masuk *slot* dan mengurangi S_p^* , D_F^* , serta meningkatkan S_{CB} .

$$OC_{yl} = \frac{D}{Z \cdot U \cdot S_{CB}} (Z \cdot S_p^* + M_K D_F + (Z - D) D_F^* + (D - 1) D_F - S_{nk} D_F) \quad (17)$$

dengan

- U = jumlah PKM yang berkompetisi
- S_{CB} = durasi MUF
- S_p^* = *preamble* yang sudah dibagi dengan jumlah PKM
- D_F^* = durasi *frame* yang sudah dibagi dengan jumlah PKM
- S_{nk} = probabilitas kontestasi PKM
- Z = *reservation cycle*
- D = rata-rata *slot* ditempati.

G. Optimasi Interference Ratio

Optimasi *interference ratio* (Of_o), didefinisikan sebagai pengurangan fraksi sinyal yang dihasilkan dari durasi aktif pertukaran data PP yang terganggu oleh pertukaran data PS secara maksimal, dengan mengurangi tabrakan menggunakan MUF, PE, serta FCSD.

$$Of_o = \left(P_{em} \times e^{-v t \left(\frac{P_{fs} \times P_{ts}}{P_{ud}} \right)} \right) - P_w \quad (18)$$

dengan

- v = $\max(V_{em}, V_{ud})$
- t = durasi *slot*
- P_{em} = probabilitas saluran utama kosong
- P_{fs} = probabilitas *false signal*

TABEL IV
NILAI PARAMETER

Parameter	Nilai
jumlah PKM yang berkompetisi (C_0)	20-140
probabilitas <i>permission</i> (q)	20
<i>slot</i> yang terpesan (L_u)	135
<i>uplink slot per frame</i> (w_u)	2
probabilitas saluran utama dihuni (P_{ud})	85%
durasi rata-rata saluran utama dihuni (V_{ud})	3 ms
durasi <i>slot</i> (t)	7 ms
<i>reservation cycle</i> (Z)	5 ms
rata-rata <i>slot</i> ditempati (D)	170
probabilitas peralihan dari T ke K (P_{det})	35%
probabilitas peralihan dari T ke K pada N ($P_{det}N$)	55%
pengiriman sukses (H)	2 ms
probabilitas <i>slot</i> ditempati (G_{sc})	95%
durasi MUF (S_{CB})	71 ms
durasi <i>frame</i> (D_F)	14 sec
probabilitas kontestasi PKM (S_{nk})	5%
waktu deteksi saluran (S_d)	0,1 ms
<i>Preamble</i> (S_p)	0,5 ms
<i>channel switching overhead</i> (S_{tv})	1 ms
jumlah seluruh pertukaran data sampai berhasil (M_K)	200
interval reservasi ($B_{(r)}$)	842
probabilitas <i>miss-detection</i> (P_w)	2%
$\max(V_{em}, V_{ud})$ (v)	2 ms
probabilitas saluran utama kosong (P_{em})	90%
probabilitas <i>false signal</i> (P_{fs})	5%
probabilitas <i>true signal</i> (P_{ts})	95%
<i>throughput</i> PRMA (PT_{PRMA})	65%
probabilitas hunian saluran cadangan (PK_{cu})	95%
waktu reservasi (S')	0,75 ms
waktu deteksi saluran maksimal (S_d^*)	1 ms
<i>preamble</i> dibagi dengan jumlah PKM (S_p^*)	0,0025 ms
durasi <i>frame</i> dibagi dengan jumlah PKM (D_F^*)	0,7 ms

P_{ts} = probabilitas *true signal*

P_w = probabilitas *miss-detection*

P_{ud} = probabilitas saluran utama dihuni.

H. Konfigurasi Parameter

Langkah berikutnya adalah memasukkan parameter untuk mendapatkan hasil rumus dan hasil simulasi *pseudocode*. Tabel IV memperlihatkan konfigurasi parameter, jumlah pengiriman sukses (H), interval reservasi ($B_{(r)}$), dan rata-rata *slot* ditempati (D) yang menentukan hasil PT_{PRMA} dan PT_{MUF-PE} .

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Makalah ini mendapatkan hasil berupa *pseudocode* PRMA, *MUF-PE Parameters Setting*, dan *Optimization Transmission Procedure*. Hasil simulasi MATLAB berupa grafik *throughput*, *duty cycle*, dan *interference ratio* sebelum dan sesudah optimasi. Diperoleh juga hasil manual *throughput*, *duty cycle* dan *interference ratio*.

Algoritme 1 memperlihatkan *pseudocode setting parameter* pada *frame* tetap dan skema periodik model lain. Nilai N , p , N_u , T_d , T_F , T_P , T_{SW} , μ_{on} , dan μ_{off} dimasukkan pada rumus θ , DC , dan IR . Nilai parameter disesuaikan untuk mendapatkan *output* standar.

Algorithm 1 : Permanent Frame and Periodic Parameters

Input : $N, p, N_u, T_d, T_F, T_P, T_{SW}, \mu_{on}, \mu_{off}$.

Output : θ, DC, IR

begin Throughput analysis

for parameters **do**

$$Throughput(\theta) = \frac{1}{T_{SW}} (T_{SW} - T_d - T_F - T_P - Nv) \cdot T_{PRMA}$$

end

end begin

begin Duty cycle analysis

for parameters transmission time **do**

$$DC = \frac{1}{T_{SW}} (T_p + N_v T_F + (N - p) T_F + (p - 1) T_P + T_{SW} \cdot T_d)$$

end

end begin

begin Interference ratio analysis

for transmission disturbance **do**

$$IR = P_m P_b + P_i (1 - P_f) + e^{-\mu t} (P_f - P_d)$$

end

end begin

Algorithm 2 memperlihatkan *optimization framework*. Setelah didapatkan *output* θ, DC , dan IR , nilai $N, p^*, N_u, T_d^*, T_F^*, T_P^*, T_{SW}, \mu_{on}$, dan μ_{off} dimasukkan pada rumus θ^*, Y, X^* . Parameter disesuaikan sampai diperoleh hasil *output* optimasi hingga mencapai nilai maksimal.

Algorithm 2 : Optimization framework

Input : $N, p^*, N_u, T_d^*, T_F^*, T_P^*, T_{SW}, \mu_{on}, \mu_{off}$.

Output : θ^*, Y, X^*

begin Optimization

set T_d^*, T_F^*, T_P^*

for optimization **do**

set and use T_d^*, T_F^*, T_P^* as a parameter optimization

end

for Max setting **do**

$$\theta^* = \frac{1}{N_u} (N_u \cdot T_d^* + S_d^* + T_P^* + T_{SW}) \cdot T_{PRMA}$$

end

end begin

begin Duty Cycle threshold

for Maximum time detection **do**

$$Y(T_d^*, T_P^*) = \frac{1}{T_{SW}} (T_{SW} + S_d^* + S'^2) \cdot T_{PRMA}$$

end

end begin

begin Maximum Reservation Cycle

for Maximum Constraint **do**

$$X^* = \left(\left(T_F \left(C_{SO} + \left(\frac{2}{\rho} \right)^2 \exp \left(R^* + \sqrt{\frac{F_W S_d^*}{2}} \rho \right) \sqrt{\frac{2\pi S_d^*}{F_W}} \left\{ \frac{(1 - A(F_{Omax} + P_{em}))}{2 + (2P_{em} - 1)A} \right\} + U^* \right) \right) - (T_F \times t) \right)$$

end

end begin

Algorithm 3 memperlihatkan *pseudocode* PRMA dan MUF-PE parameters setting. Nilai parameter dibangkitkan lalu (1) dan (2) dieksekusi. Saluran ambang batas energi (P_{ts})

dideteksi dan kemungkinan pindah saluran (PK_{uc}) dicari. Throughput (PT), duty cycle (C_{yl}), interference ratio (f_o) dicari, lalu parameter diubah-ubah hingga diperoleh nilai *output* PT, C_{yl} , dan f_o yang tertinggi.

Algorithm 3 : PRMA, MUF-PE Parameters Setting

Input : $Z, D, P_{det}, H, U, v, t, SCB, S_d, S_p, S_n, V_{ud}, V_{em}, P_{SC}, S_v, S_{nk}, B_{(r)}, M_K, D_F, P_{ts}, P_{fs}, P_{em}, P_{ud}$.

Parameters setup

start

$$P_{ud} = \frac{V_{em}}{V_{ud} + V_{em}} \quad P_{em} = 1 - P_{ud}$$

for each parameters configuration **do**

 execute P_{ud} using equation (1)

 execute P_{em} using equation (2)

end

for each parameters sensing decision **do**

$$(D_{Sr}) = \begin{cases} \text{empty} & \rightarrow E_{KU} < \alpha \\ \text{(em)} & \\ \text{used} & \\ \text{(ud)} & \rightarrow E_{KU} > \alpha \end{cases}$$

end

for each Signal Detection **do**

$$P_{ts} = P_{det} \{E_1 > \alpha | P_{ud}\} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha - 2m(h+1)}{\sqrt{4m(2h+1)}} \right)$$

$$P_{fs} = P_{det} \{E_1 > \alpha | P_{em}\} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\alpha - 2m}{\sqrt{4m}} \right)$$

end

for each Canal Movement **do**

$$PK_{uc} = P_{em} \cdot P_{fs} + P_{ts} \cdot P_{ud}$$

$$PK_{cu} = P_{ud}(1 - P_{ts}) + P_{em}(1 - P_{fs})$$

end

end

start Throughput analysis

$$PT_{PRMA} = (D - N) + \left(\frac{B_{(r)} \cdot H}{B_{(r)} + M_K + Z} \right) \cdot Z$$

for each **do**

 execute $B_{(r)}$ using equation (9)

 execute M_K using equation (10)

end

for each parameters **do**

$$Throughput (PT) = \frac{PT_{PRMA}}{SCB \cdot M_K} (SCB - S_p - S_{tv}) \cdot S_d^2$$

end

end

start Duty cycle analysis

for each parameters transmission time **do**

$$C_{yl} = \frac{2S_{nk}}{SCB^2 D_F Z} \left((Z \cdot S_p + M_K D_F) + ((Z - D) D_F + (D - 1) D_F^2) \right) - (S_{nk} D_F)^2$$

end

end

start Interference ratio analysis

for each transmission disturbance **do**

$$f_o = 2P_w P_{ud} + \frac{P_{em}(1 - P_{fs})}{P_{ud}} + e^{-vt} \frac{(P_{fs} - P_{ts})}{P_w} + P_{fs} P_{ts}$$

end

end

output : PT, C_{yl} , f_o

Algorithm 4 memperlihatkan *pseudocode* optimasi MUF-PE PRMA. Parameter *set* S', S_d^*, S_p^*, D_F^* diatur maksimal,

kemudian nilai S' dicari menggunakan (16). Nilai optimasi *throughput* (OPT), *duty cycle* ($OCyl$), *interference ratio* (Ofo) dicari lalu nilai parameter maksimal dimasukkan ke rumus perhitungan. Nilai parameter diubah-ubah hingga diperoleh nilai optimasi maksimal penurunan minimal setiap bertambahnya PKM.

Algoritme 4 : MUF-PE Optimization Transmission Procedure

Input : $Z, D, P_{det}, H, U, v, t, S_{CB}, S_d, S_p, S_{rv}, V_{ud}, V_{em}, P_{SC}, S_v, S_{nk}, B_{(j)}, M_K, D_F, P_{fs}, P_{em}, P_{ud}$

Optimization Procedure

start Throughput optimization

set S', S_d^*, S_p^*, D_F^*

for each do

set and use S', S_d^*, S_p^*, D_F^* as a parameter optimization

execute S' , using equation (16)

end

for each parameters do

$$OPT = \frac{PT_{PRMA} \cdot PK_{CU} \cdot D^2}{S_{CB} \cdot S_{nk}} (S_{CB} \cdot D_F + S_d^* + Z^2 \cdot S_{nk} - 2 \cdot S')$$

$$S' = S_p + S_{tv} + S_{nk}$$

end

end

start Duty cycle optimization

for each parameters transmission time do

$$OCyl = \frac{D}{Z \cdot U \cdot S_{CB}} (Z \cdot S_p^* + M_K D_F + (Z - D) D_F + (D - 1) D_F - S_{nk} D_F)$$

end

end

start Interference ratio optimization

for each transmission disturbance do

$$Ofo = \left(P_{em} \times e^{-vt} \frac{(P_{fs} \times P_{ts})}{P_{ud}} \right) - P_w$$

end

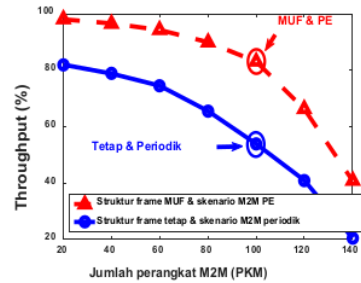
end

output : $OPT, OCyl, Ofo$

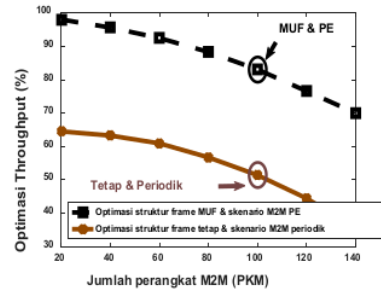
Gbr. 11 memperlihatkan *throughput* model lain sebesar 81-21%. *Throughput* (θ) diperoleh dari hasil pemilihan *slot* secara bebas, sehingga waktu pencarian *slot* berkurang, yang memengaruhi nilai *channel switching overhead* (S_{tv}). Semakin rendah S_{tv} , semakin tinggi θ . *Throughput* (PT) MUF dan PE, yakni sebesar 99-41%, diperoleh dengan cara meningkatkan jumlah *reservation cycle* (Z) dan pengiriman sukses (H), sehingga sebagian besar *slot* dapat ditempati, yang memengaruhi PT . Semakin besar Z dan H , semakin besar PT .

Gbr. 12 memperlihatkan hasil optimasi *throughput* model lain (θ') sebesar 66-35%, yang diperoleh dengan cara meningkatkan jumlah *slot* yang dapat ditempati (N). Semakin besar N , semakin tinggi nilai θ' . Optimasi *throughput* MUF dan PE (OPT), sebesar 99-70%, diperoleh dengan cara meningkatkan jumlah pengiriman sukses (H) dan dengan membagi waktu reservasi (S') sesuai jumlah PKM yang berkompetisi (U).

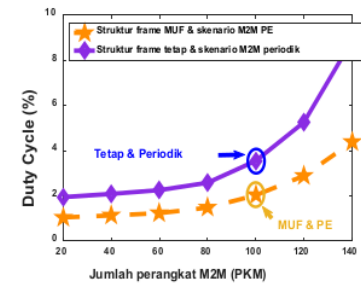
Gbr. 13 memperlihatkan *duty cycle* model lain, yakni sebesar 2-9%. Hasil diperoleh dari pengurangan waktu pertukaran data,



Gbr. 11 Hasil simulasi *throughput*.



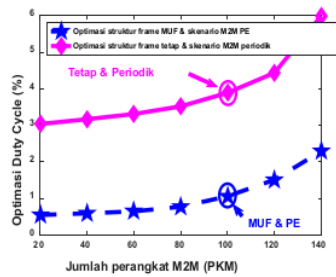
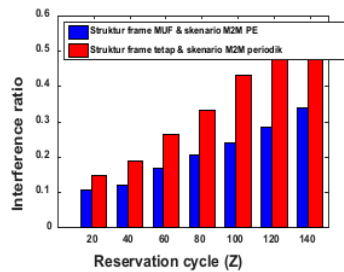
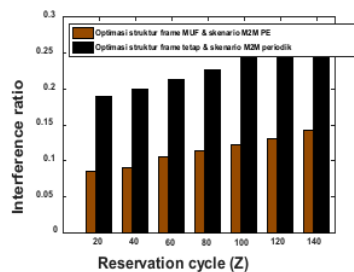
Gbr. 12 Hasil simulasi optimasi *throughput*.



Gbr. 13 Hasil simulasi *duty cycle*.

sehingga dapat mengurangi *duty cycle*, tetapi Cyl tetap meningkat sesuai jumlah PKM. *Duty cycle* dari hasil model MUF dan PE adalah sebesar 1-4,4%. Hasil diperoleh dengan cara menurunkan durasi *frame* (D_F) dan *reservation cycle* (Z), serta peluang kontestasi PKM (S_{nk}), sehingga Cyl menurun.

Gbr. 14 memperlihatkan hasil simulasi optimasi *duty cycle* model lain, sebesar 3-6%. Hasil didapatkan dari pembatasan waktu deteksi saluran maksimal (S_d^*) dan *channel switching overhead* (T_{sw}), sehingga *duty cycle* menurun, tetapi akan naik ketika jumlah PKM bertambah, karena *reservation cycle* (X') meningkat. Hasil simulasi optimasi *duty cycle* MUF dan PE, sebesar 0,5-2,2%, diperoleh dari hasil menurunkan jumlah seluruh pertukaran data sampai berhasil (M_K), *preamble* dibagi dengan jumlah PKM (S_p^*), dan durasi *frame* dibagi dengan jumlah PKM (D_F^*), sehingga diperoleh nilai *duty cycle* tetap rendah walaupun jumlah PKM yang berkompetisi bertambah.

Gbr. 14 Hasil simulasi optimasi *duty cycle*.Gbr. 15 Hasil simulasi *interference ratio*.Gbr. 16 Hasil simulasi optimasi *interference ratio*.

Gbr. 15 memperlihatkan hasil simulasi *interference ratio* model lain, yakni 15-52%, yang didapat dari penempatan *slot* secara bebas, sehingga waktu pencarian berkurang, secara otomatis mengurangi peluang kepadatan saluran (P_b) dan peluang kesalahan deteksi saluran (P_f), sehingga intensitas gangguan antar PKM (PS) ataupun PS dengan PP juga berkurang. Maka, nilai f_o menurun. Hasil simulasi *interference ratio* MUF dan PE, sebesar 10-33%, diperoleh dari peningkatan pengiriman sukses dan ketepatan PKM dalam menempati *slot* dari pemberian *grade*, sehingga tidak ada f_o yang berarti. Nilai f_o hanya berasal dari *noise* sumber aktivitas PS dan PP.

Gbr. 16 memperlihatkan hasil simulasi optimasi *interference ratio* (f_o) model lain, sebesar 19-28%, yang diperoleh dari peningkatan peluang besarnya *slot* yang berhasil ditempati (P_i) dan peluang keberhasilan deteksi saluran (P_d). Hasil simulasi optimasi f_o MUF dan PE, sebesar 8-14%, diperoleh dari hasil pemberian keutamaan pada data sangat penting yang secara otomatis meningkatkan probabilitas saluran utama dihuni (P_{ud}) dan mengurangi probabilitas *false signal* (P_{fs}).

TABEL V
ANALISIS UKURAN EFISIENSI

Ukuran efisiensi	Model lain	Model diusulkan	Simulasi
Throughput	81-21%	99-41%	99-41%
Duty Cycle	2-9%	1-4,4%	1-4,4%
Interference Ratio	15-52%	10-33%	10-33%

TABEL VI
ANALISIS UKURAN OPTIMASI EFISIENSI

Optimasi efisiensi	Model lain	Model diusulkan	Simulasi
Throughput	66-35%	99-70%	99-70%
Duty Cycle	3-6%	0,5-2,2%	0,5-2,2%
Interference Ratio	19-28%	8-14%	8-14%

TABEL VII
ANALISIS PERBANDINGAN UKURAN EFISIENSI

Ukuran efisiensi	Model lain	Optimasi Model lain	Model diusulkan	Optimasi Model diusulkan
Throughput	81-21%	66-35%	99-41%	99-70%
Duty Cycle	2-9%	3-6%	1-4,4%	0,5-2,2%
Interference Ratio	15-52%	19-28%	10-33%	8-14%

TABEL VIII
ANALISIS PERBAIKAN YANG DIHASILKAN

Perbaikan	Throughput	Duty cycle	Interference ratio
Pemberian <i>grade</i> serta keutamaan	99-41%	1-4,4%	10-33%
Pembagian waktu reservasi	99-70%	0,5-2,2%	8-14%

Tabel V memperlihatkan *throughput* model lain lebih rendah dari pada model yang diusulkan, sedangkan *duty cycle* dan *interference ratio* model lain lebih tinggi dari model yang diusulkan. Hal tersebut terjadi karena pada model lain pemilihan *slot* dilakukan secara bebas, yang memungkinkan pemilihan *slot* yang sama, sehingga tabrakan secara otomatis mengurangi reservasi sukses dan meningkatkan siklus reservasi. Akibatnya, *throughput* menurun, sedangkan *duty cycle* dan *interference ratio* meningkat.

Tabel VI memperlihatkan bahwa optimasi *throughput* model lain lebih rendah dari pada model yang diusulkan. Optimasi *duty cycle* dan *interference ratio* model lain lebih tinggi daripada model yang diusulkan. Hal tersebut terjadi karena walaupun telah dioptimasi dengan meningkatkan frekuensi penempatan *slot*, tetapi karena masih ada tabrakan, nilai optimasi tidak pernah melebihi nilai optimasi model yang diusulkan, sehingga nilainya tidak maksimal.

Tabel VII memperlihatkan perbandingan ukuran efisiensi model lain dengan model yang diusulkan. Nilai *throughput* model lain tidak setinggi model yang diusulkan, baik yang sudah maupun yang belum dioptimasi. Hal ini terjadi karena pada model lain masih terjadi tabrakan, walaupun jumlah reservasi sukses berhasil ditingkatkan. Sedangkan pada model yang diusulkan, dihasilkan nilai *throughput* maksimal, karena tidak terjadi tabrakan dan jumlah reservasi sukses serta peluang *slot* dapat ditempati berhasil ditingkatkan, sehingga nilai *throughput* berbeda signifikan.

Tabel VIII memperlihatkan bahwa model yang diusulkan MUF dan PE menghasilkan *throughput* yang lebih tinggi serta *duty cycle* dan *interference ratio* yang lebih rendah. Namun, hasil tersebut masih dapat ditingkatkan hingga maksimal dengan melakukan optimasi, sehingga tidak terjadi penurunan nilai *throughput* dan tidak terjadi kenaikan yang berarti pada *duty cycle* serta *interference ratio* ketika perangkat bertambah, yaitu dengan membagi waktu reservasi sesuai jumlah PKM.

V. KESIMPULAN

Makalah ini mengajukan usulan model susunan *frame* MUF dan skema PE pada komunikasi kognitif jaringan kapiler. Pada skema yang diusulkan, data dan *slot* diberi *grade* untuk mencegah penempatan *slot* yang sama agar tidak terjadi tabrakan serta pengulangan yang memerlukan energi lebih banyak. Data diberi keutamaan sesuai kepentingan dan urgensinya, sehingga komunikasi dapat berjalan efektif dan efisien, diindikasikan dengan *throughput* (*PT*) yang maksimal, *duty cycle* (*Cyl*) serta *interference ratio* (*fo*) yang minimal. Skema optimasi digunakan untuk menjaga agar nilai *PT* tidak turun terlalu rendah serta *Cyl* dan *fo* tidak naik terlalu tinggi saat PKM bertambah. Optimasi dilakukan menggunakan mekanisme pembagian waktu reservasi serta meminimalisasi waktu tunggu reservasi sejumlah PKM yang berkompetisi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa MUF dan PE menaikkan *PT* serta menurunkan *Cyl* dan *fo*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa mekanisme pembagian waktu reservasi (*S'*) dan meminimalisasi waktu tunggu reservasi (*D_F*) dapat mengoptimasi peningkatan *PT*, penurunan *Cyl* dan *fo* saat PKM bertambah.

REFERENSI

- [1] Z. Yang, S. Ping, A. Aijaz, dan A.-H. Aghvami, "A Global Optimization-Based Routing Protocol for Cognitive-Radio-Enabled Smart Grid AMI Networks," *IEEE Syst. J.*, Vol. 12, No. 1, hal. 1015–1023, 2016.
- [2] B. Yang, B. Li, Z. Yan, dan M. Yang, "A Channel Reservation Based Multi-Channel MAC Protocol with Serial Cooperation for the Next Generation WLAN," *IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC)*, 2016, hal. 1–6.
- [3] W. Saad, S.A. El-feshawy, M. Shokair, dan M.I. Dessouky, "Optimised Approach Based on Hybrid MAC Protocol for M2M Networks," *IET Networks Res.*, Vol. 7, No. 6, hal. 393–397, 2018.
- [4] S. Chen, "Energy Group based Random Access Method for M2M Communications," *IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC)*, 2018, hal. 1–5.
- [5] A.D. Shoaie, M. Derakhshani, dan T. Le-Ngoc, "Reconfigurable and Traffic-Aware MAC Design for Virtualized Wireless Networks via Reinforcement Learning," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 67, No. 8, hal. 5490–5505, 2019.
- [6] F.M. Awuor dan C. Wang, "Massive Machine Type Communication in Cellular System: A Distributed Queue Approach," *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 2016, hal. 1–7.
- [7] S. Bayhan, L. Zheng, J. Chen, M.D. Francesco, J. Kangasharju, dan M. Chiang, "Improving Cellular Capacity with White Space Offloading," *15th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks (WiOpt)*, 2017, hal. 1–8.
- [8] A. Rajandekar dan B. Sikdar, "A Survey of MAC Layer Issues and Protocols for Machine-to-Machine Communications," *IEEE Internet Things J.*, Vol. 2, No. 2, hal. 175–186, 2015.
- [9] V. Casares-giner dan J. Martinez-bauset, "Performance Evaluation of Framed Slotted ALOHA with Reservation Packets for M2M Networks," *IEEE 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, 2017, hal. 18–24.
- [10] D. Mazzer, "Low-Cost Embedded Cooperative Cognitive Radio for Internet of Things," *Iberchip 2016*, hal. 1–4.
- [11] C. Anton-Haro dan D. Misch, *Machine-to-Machine Communications: Architecture, Performance and Applications*, Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2015.
- [12] C. Pereira dan A. Aguiar, "Towards Efficient Mobile M2M Communications: Survey and Open Challenges," *Sensors 2014*, Vol. 14, hal. 19582–19608, 2014.
- [13] Z. Yang, S. Ping, H. Sun, dan A.-H. Aghvami, "CRB-RPL: A Receiver-based Routing Protocol for Communications in Cognitive Radio Enabled Smart Grid," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 66, No. 7, hal. 5985–5994, 2017.
- [14] S. Ping, A. Aijaz, O. Holland, dan A. Aghvami, "SACRP: A Spectrum Aggregation-Based Cooperative Routing Protocol for Cognitive Radio Ad-Hoc Networks," *IEEE Trans. Commun.*, Vol. 63, No. 6, hal. 2015–2030, 2015.
- [15] A. Zanella, A. Biral, dan M. Zorzi, "Asymptotic Throughput Analysis of Massive M2M Access," *Information Theory and Applications Workshop (ITA)*, 2015, hal. 1–6.
- [16] A. Aijaz dan A.H. Aghvami, "Cognitive Machine-to-Machine Communications for Internet-of-Things: A Protocol Stack Perspective," *IEEE Internet Things J.*, Vol. 2, No. 2, hal. 103–112, 2015.
- [17] N. Li, C. Cao, dan C. Wang, "Dynamic Resource Allocation and Access Class Barring Scheme for Delay-Sensitive Devices in Machine to Machine (M2M) Communications," *Sensors (Switzerland)*, Vol. 17, No. 6, hal. 1–20, 2017.
- [18] J. Wan, "Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications," *KSI Trans. Internet Inf. Syst.*, Vol. 6, No. 2, hal. 480–497, 2015.
- [19] S.A. Mahmud, F. Khan, M. Ali, G.M. Khan, dan F.Z. Yousof, "Fairness Evaluation of Scheduling Algorithms for Dense M2M Implementations," *2014 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)*, 2014, hal. 134–139.
- [20] S. Tzeng, Y. Lin, dan L. Wei, "A Dynamic Permission Probability Control for Packet Reservation Multiple Access in Cognitive Machine-to-Machine Networks," *International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, 2018, hal. 1–5.
- [21] K. Ashrafuzzaman, "Efficient and Agile Carrier Sense Multiple Access in Capillary Machine-to-Machine Communication Networks," *IEEE ACCESS*, Vol. 6, hal. 4916–4932, 2018.
- [22] X. Zhu, N. Zhang, G. Kang, Y. Zhang, dan S. Zhang, "Realization of a New Random Access Scheme for Resource Efficiency in M2M Communications," *19th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC) Realization*, 2016, hal. 1–4.
- [23] W. Ejaz dan M. Ibnkahla, "Machine-to-Machine Communications in Cognitive Cellular Systems," *IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB)*, 2015, hal. 1–5.
- [24] A. Aijaz dan A.H. Aghvami, "PRMA-Based Cognitive Machine-to-Machine Communications in Smart Grid Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 64, No. 8, hal. 3608–3623, 2015.
- [25] P. Kumar, R. Verma, A. Prakash, dan A. Agrawal, "Machine-to-Machine (M2M) Communications: A Survey Journal of Network and Computer Applications Machine-to-Machine (M2M) Communications: A Survey," *J. Netw. Comput. Appl.*, Vol. 66, hal. 83–105, 2016.
- [26] M. Laner, N. Nikaein, P. Svoboda, M. Popovic, D. Drajić, dan S. Krc, "Traffic Models for Machine-to-Machine (M2M) Communications: Types and Applications," *Mach. Commun.*, hal. 1–37, 2015.
- [27] C. Kalalas dan J. Alonso-zarate, "Efficient Cell Planning for Reliable Support of Event-Driven Machine-Type Traffic in LTE," *GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference*, 2017, hal. 1–7.
- [28] C. Kalalas, L. Ning, R. Zhang, dan Y. Wu, "Techno-Economic Study on Capillary Networks and Cellular Technologies for Machine-to-Machine Communications," KTH Royal Institute of Technology, IK2511 Proj. Wirel. Networks Techno-economic Report, hal. 1–37, 2014.
- [29] A. Aijaz dan A. H. Aghvami, "On the Use and Optimization of PRMA-based Cognitive M2M Communications," *GLOBECOM - IEEE Glob. Telecommun. Conf.*, 2013, hal. 1265–1271.

Komunikasi M2M Kognitif Berbasis PRMA dengan Multi Ultra Frame dan Payload Exchange

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Kristen Satya Wacana Student Paper	1%
2	Submitted to University of Strathclyde Student Paper	1%
3	pjm.com Internet Source	<1%
4	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1%
5	docplayer.info Internet Source	<1%
6	Yingjun Ma, Tingting He, Yu-Ting Tan, xingpeng jiang. "Seq-BEL: Sequence-based Ensemble Learning for Predicting Virus-human Protein-protein Interaction", IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, 2020 Publication	<1%

7

Remigiusz Wisniewski, Grzegorz Bazydło, Paweł Szczesniak, Marcin Wojnakowski. "Petri net-based specification of cyber-physical systems oriented to control direct matrix converters with space vector modulation", IEEE Access, 2019

Publication

<1 %

8

Muhammad Naveed, Dumitru Baleanu, Muhammad Rafiq, Ali Raza, Atif Hassan Soori, Nauman Ahmed. "Dynamical Behavior and Sensitivity Analysis of a Delayed Coronavirus Epidemic Model", Computers, Materials & Continua, 2020

Publication

<1 %

9

commons.erau.edu

Internet Source

<1 %

10

Submitted to Technical University of Cluj-Napoca

Student Paper

<1 %

11

portalgaruda.ilkom.unsri.ac.id

Internet Source

<1 %

12

funkaspuck.com

Internet Source

<1 %

13

repository.usu.ac.id

Internet Source

<1 %

14

repozitorij.unizg.hr

Internet Source

<1 %

15

www.energynetworks.org

Internet Source

<1 %

16

www.scielo.org.za

Internet Source

<1 %

17

Ahmed Aliyu, Abdul Hanan Abdullah, Ismail Fauzi Isnin, Raja Zahilah Raja Mohd. Radzi et al. "Road-Based Multi-Metric Forwarder Evaluation for Multipath Video Streaming in Urban Vehicular Communication", Electronics, 2020

Publication

<1 %

18

Alex Alves Bandeira. "Numerical simulations of fabric shields for bulletproof vest: determining the number of sheets to withstand ballistic impacts", Latin American Journal of Solids and Structures, 2020

Publication

<1 %

19

Chuanbo Xu, Yunna Wu, Shuyu Dai. "What are the critical barriers to the development of hydrogen refueling stations in China? A modified fuzzy DEMATEL approach", Energy Policy, 2020

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Komunikasi M2M Kognitif Berbasis PRMA dengan Multi Ultra Frame dan Payload Exchange

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10