

EFISIENSI TRACKING MULTI TARGET DENGAN MODEL INTERAKSI PUBLISH-SUBSCRIBE ADAPTIF PADA LINGKUNGAN BERGERAK

Dian Hanifudin Subhi¹⁾ dan Waskitho Wibisono²⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111, Jawa Timur
e-mail: subhi11@mhs.if.its.ac.id¹⁾, waswib@if.its.ac.id²⁾

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi mempengaruhi cara orang berinteraksi dengan obyek yang terkait dengan dirinya. Salah satu proses interaksi yang dibutuhkan dalam lingkungan bergerak adalah proses tracking. Secara umum, proses tracking adalah proses mengamati orang atau benda yang bergerak secara kontinyu dimana obyek-obyek yang diamati terus dimonitor baik posisi maupun aktifitasnya. Proses tracking yang ideal dapat mengirimkan perubahan lokasi secara terus-menerus dalam kondisi yang berubah-ubah. Namun demikian sistem tracking seperti ini umumnya kurang efisien karena dapat menghabiskan resource baik daya maupun kebutuhan bandwidth jaringan sehingga membutuhkan proses yang lebih efisien. Sistem tracking tradisional kurang efisien untuk dikembangkan menjadi infrastruktur tracking multi target pada perangkat bergerak dimana baik pengamat ataupun obyek yang diamati lebih dari satu. Dibutuhkan mekanisme komunikasi yang loosely coupled. Publish-subscribe memiliki kelebihan decoupling yang dapat dikomposisikan menjadi tiga dimensi: waktu, ruang dan sinkronisasi. Interaksi seperti ini, menjadikan sistem publish-subscribe ideal dalam komunikasi skala besar yang dinamis. Efisiensi lain dapat dilakukan dengan melakukan tracking secara adaptif dan bersifat context awareness.

Kata Kunci: Efisiensi, publish-subscribe, tracking multi target.

ABSTRACT

The development of information and communication technology affect the way people to interact with objects that associated. One of the processes of interaction needed in mobile environment is the process of tracking. Tracking is the process of observing people or moving objects continuously in which the objects were observed continuously monitored both positions and activities. The ideal tracking process can send the location changes constantly in the changeable conditions. However, such tracking systems are generally less efficient because it can spend resource of power and bandwidth requiring a more efficient process. Traditional tracking system less efficient to be developed into multi targets tracking infrastructure on mobile devices where either tracker or tracked object is more than one. It takes a loosely coupled communication mechanism. Publish-subscribe have the advantages of decoupling that can be composed into three dimensions: time, space and synchronization. This interaction makes the publish-subscribe is ideal on a dynamic large scale communication. Other efficiencies can conducted by doing the tracking adaptively with context awareness.

Keywords: Efficiency, multi target tracking, publish-subscribe.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi informasi dan komunikasi yang cepat, terutama dalam internet dan telepon seluler telah mengubah cara orang berinteraksi dengan lingkungannya. Salah satu proses interaksi yang dibutuhkan dalam lingkungan bergerak adalah proses *tracking*. Secara umum, proses *tracking* adalah proses mengamati orang atau benda yang bergerak secara kontinyu dimana obyek-obyek yang diamati terus dimonitor baik posisi maupun aktifitasnya. Suatu proses tracking dikatakan ideal, apabila dapat mengirimkan perubahan lokasi secara robust dalam kondisi yang berubah-ubah. Beberapa penelitian yang ada [1],[2],[3] telah mengusulkan adanya tracking secara dinamis untuk memperbaharui lokasi. Tracking secara dinamis meminimalkan beban pada server dengan menurunkan jumlah pembaharuan, tetapi masih mempunyai nilai akurasi yang relevan. Dalam penelitiannya [1] mempelajari tracking berbasis waktu serta jarak yang membutuhkan akurasi pada benda bergerak. Simulasi dilakukan dengan melakukan sejumlah pembaharuan pada beberapa teknik tracking untuk mengukur akurasinya.

EnTracked [4], adalah sebuah sistem tracking yang efisien pada lingkungan perangkat bergerak untuk target tunggal. Sistem ini dapat mendeteksi kapan diperlukan pembaharuan lokasi memanfaatkan GPS atau tidak secara adaptif. Deteksi pergerakan memanfaatkan sensor accelerometer yang tertanam pada perangkat bergerak. Sensor GPS digunakan pada kondisi bergerak atau telah melewati batas waktu yang ditentukan melalui error model. Selbihnya lokasi akan diestimasi menggunakan estimasi kecepatan pergerakan. Hasil dari tracking ini akan disimpan pada EnTracked Server, untuk kemudian dikirimkan ke klien yang membutuhkan.

Mekanisme seperti ini, kurang efisien untuk menjadi infrastruktur tracking multi target pada perangkat bergerak. Komunikasi point-to-point dan synchronous menyebabkan aplikasi menjadi kaku dan statis, serta membuat pengembangan skala besar yang dinamis menjadi rumit [5]. Untuk mengurangi beban pada aplikasi, diperlukan

skema komunikasi yang bersifat *loosely coupled*. Publish-Subscribe memiliki kelebihan *decoupling* pada waktu, ruang dan sinkronisasi. Interaksi seperti ini, menjadikan sistem publish-subscribe ideal dalam komunikasi skala besar yang dinamis. Publish-Subscribe merupakan sebuah paradigma interaksi dimana subscriber mempunyai suatu ketertarikan berupa suatu event, untuk setiap event yang cocok dengan ketertarikan akan dinotifikasi oleh publisher [5].

Dalam penelitiannya mengenai adaptasi publish-subscribe pada lingkungan perangkat bergerak [6] dipaparkan beberapa arsitektur publish-subscribe dari yang paling sederhana hingga terdistribusi. Sistem publish-subscribe dapat secara dinamis mengirimkan event kepada subscriber. Penelitian ini mendasari Mobile XSiena, suatu platform yang merupakan pengembangan XSiena publish-subscribe berbasis konten [11]. Salah satu fitur utama dari publish-subscribe dapat melakukan *content-filtering*. Dengan adanya ini pengguna hanya mendapatkan pembaharuan yang diinginkan sesuai dengan ketertarikan. Beban pada sisi klien dapat berkurang, karena klien tidak perlu melakukan mekanisme *polling* ke server pada waktu tertentu. Pada sistem publish-subscribe tradisional, publisher akan tetap mengirimkan event kepada server, walaupun tidak ada *subscription* terhadap event tersebut.

Penentuan metode pengambilan lokasi pada tracking, mempengaruhi dalam efisiensi energi. Metode dengan sensor GPS, memberikan nilai presisi lebih tinggi dari metode lain serta membutuhkan energi yang lebih tinggi juga. Oleh karena itu dibutuhkan sistem tracking yang memperhatikan *context aware*. *Context* berisi informasi yang dapat digunakan untuk menggambarkan situasi dari entitas. Entitas dapat berupa orang, tempat atau obyek yang dianggap relevan untuk interaksi antara pengguna dan aplikasi [7]. Pada sistem *EnTracked*, penentuan lokasi menggunakan sensor GPS hanya digunakan ketika obyek bergerak.

II. DASAR TEORI

Pada umumnya proses tracking adalah proses mengamati orang atau benda yang bergerak dan secara sekuensial mengirimkan data lokasi beserta informasi-informasi lainnya. Proses ini erat kaitannya dengan GPS (*Global Positioning System*) maupun sensor lokasi lainnya. Karena sifatnya yang sekuensial, dibutuhkan proses tracking yang efisien namun tetap akurat.

A. Tracking pada Lingkungan Bergerak

Proses tracking dikatakan ideal, apabila dapat mengirimkan perubahan lokasi secara robust dalam kondisi yang berubah-ubah. Beberapa penelitian sebelumnya [1], [2], [3] telah mengusulkan adanya tracking secara dinamis untuk memperbarui lokasi. Dalam sistem *EnTracked* [4] sebuah sistem tracking yang efisien pada lingkungan perangkat bergerak untuk target tunggal. Sistem ini dapat secara adaptif menentukan kebutuhan presisi penentuan lokasi pada lingkungan bergerak. Penentuan lokasi dapat memanfaatkan sensor GPS atau estimasi kecepatan obyek.

Pada sistem *EnTracked* dapat secara adaptif dalam melakukan *reporting protocol*. Sistem *EnTracked* memanfaatkan sensor *accelerometer* untuk meminimalkan penggunaan GPS. Ketika perangkat bergerak, dilakukan estimasi kecepatan sehingga diketahui lokasi berikutnya. Ketika mencapai batas waktu tertentu, digunakan sensor GPS kembali. Sistem *EnTracked* diaplikasikan pada sistem tracking tunggal.

Target tracking dapat melibatkan satu obyek maupun lebih. Semakin banyak obyek yang di-tracking maka semakin besar energi yang dibutuhkan dan pembaharuan posisi yang terjadi. Perbedaan arah pergerakan, variasi kecepatan serta konektifitas pada jaringan tak handal menjadi faktor utama dalam tracking banyak obyek. Dalam penelitiannya [9] mengajukan metode target kinematika dalam tracking pada lingkungan WSN (*Wireless Sensor Networks*). Proses tracking hanya aktif ketika sebuah obyek memasuki area tertentu. Hanya pada area tracking, node sensor WSN yang aktif. Hal ini dapat mengurangi penggunaan energi dan pengurangan *latency* pada jaringan.

B. Update Protocol

Target tracking dapat melibatkan satu obyek maupun lebih. Semakin banyak obyek yang di-tracking maka semakin besar energi yang dibutuhkan dan pembaharuan posisi yang terjadi. Perbedaan arah pergerakan, variasi kecepatan serta konektifitas pada jaringan tak handal menjadi faktor utama dalam tracking banyak obyek. Dalam penelitiannya [10] mengajukan metode target kinematika dalam tracking pada lingkungan WSN (*Wireless Sensor Networks*). Proses tracking hanya aktif ketika sebuah obyek memasuki area tertentu. Hanya pada area tracking, node sensor WSN yang aktif. Hal ini dapat mengurangi penggunaan energi dan pengurangan *latency* pada jaringan.

Terdapat beberapa metode *update protocol* yang dikenalkan dan mempunyai karakteristik yang berbeda. Suatu protokol diasumsikan untuk memperbarui salinan informasi dari obyek bergerak berdasarkan informasi obyek utama. Tujuannya adalah untuk menjamin akurasi yang diberikan. *Update protocol* dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis, yaitu: *querying*, *reporting* dan *combined* [1]. *Update protocol* mempengaruhi bagaimana mekanisme melakukan pembaharuan informasi dan pihak mana yang melakukan inisiasi.

Dalam *querying protocol* permintaan informasi lokasi dari sumber ditentukan oleh sisi *server*. Sumber tidak perlu menyimpan informasi luas mengenai keadaan atau logika yang rumit. Pada protokol ini, diklasifikasikan lagi

menjadi *simple*, *cached* dan *periodic*. Klasifikasi ini berdasarkan pada bagaimana waktu inisiasi *server* meminta pembaharuan informasi lokasi. Pada protokol *simple*, permintaan pembaharuan terjadi setiap aplikasi membutuhkan informasi baru. Protokol *cached* merupakan penyempurnaan dari protokol *simple*, pada sisi *server* disimpan informasi lokasi terakhir. *Server* melakukan estimasi apakah informasi terakhir masih cukup akurat atau tidak, jika tidak maka *server* akan mengirimkan protokol *simple*. Sedangkan protokol *periodic*, permintaan pembaharuan lokasi dilakukan secara periodik dalam interval rentang waktu.

Pada *reporting protocol* pihak sumber akan memberikan pembaharuan jika telah mencapai suatu *threshold*. Pada umumnya *reporting protocol* memberikan akurasi yang lebih efisien dibandingkan protokol sebelumnya. Protokol ini diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu: *simple*, *time-based* dan *distance-based*. Pada protokol *simple*, pengiriman informasi lokasi terjadi setiap ada perubahan informasi lokasi yang didapatkan oleh sensor. Pada protokol *time-based*, yang menjadi *threshold* adalah waktu. Sedangkan pada *distance-based*, yang digunakan sebagai *threshold* adalah jarak.

Querying protocol tidak dapat menyesuaikan karakteristik pergerakan yang berbeda dari obyek bergerak, sedangkan *reporting protocol* tidak mempertimbangkan tingkat permintaan dan akurasi yang diminta oleh aplikasi. Dengan *combined protocol* yang mengintegrasikan *distance-based* dan *cached*, kedua kebutuhan di atas dapat terpenuhi. Jika informasi lokasi yang tersimpan pada *server* kurang akurat, *server* akan meminta informasi lokasi dari sumber. Sedangkan sisi sumber mempunyai perilaku yang sama dengan *distance-based*. Dengan gabungan protokol ini, waktu respon bergantung pada seberapa akurat informasi yang tersimpan pada sisi *server*.

C. Location Model

Dalam proses tracking diperlukan adanya suatu *location model*. *Location model* adalah sebuah representasi yang ekspresif, fleksibel dan efisien dari informasi lokasi. Informasi lokasi tak lepas dengan koordinat, yaitu penanda yang menentukan posisi sebuah obyek sehubungan dengan referensi sistem koordinat yang diberikan [8]. Sistem koordinat terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Koordinat geometris yang mengacu pada titik geometris atau ruang multi dimensi seperti pada koordinat kartesius maupun koordinat geografis (*latitude* dan *longitude*).
2. Koordinat simbolis, mendefinisikan lokasi dalam bentuk simbol abstrak atau nama. Contoh: “Jakarta”, “Surabaya”, “Ruang IF-105” dan lain-lain.

Dari kedua sistem koordinat di atas, *location model* dibagi menjadi tiga macam, yaitu: *Geometric*, *Symbolic* dan *Hybrid*. *Geometric location model* berbasiskan referensi koordinat sistem geometris. Sebuah lokasi dapat direpresentasikan dalam suatu titik, area atau volume pada sistem koordinat. Relasi jarak dapat mudah didapatkan dengan penurunan geometris menggunakan model matematika. *Symbolic location model* berbasiskan koordinat simbolis. Perpaduan antara keduanya, disebut *hybrid location model*. Sebuah *symbolic location* adalah nama yang bersifat simbol yang kehilangan referensi geometri. Kumpulan dari beberapa koordinat dapat dikelompokkan dalam sebuah *symbolic location*, misalnya: Gedung Jurusan Informatika. Beberapa pengembangan dari *location model* ini antara lain: *set-based*, *hierarchical*, *graph-based* dan *combined symbolic*.

Perpaduan antara *symbolic location model* yang melampirkan koordinat dalam sistem referensi dikenal dengan istilah *hybrid*. Terdapat dua pendekatan yaitu, *subspaces* dan *partial subspaces*. Perbedaan utama kedua pendekatan di atas adalah jumlah informasi geometris yang disimpan. *Partial subspaces* hanya menyimpan informasi geometris untuk beberapa lokasi saja.

Pada proses komunikasi antara *tracker* dengan obyek yang menjadi target *tracking* terjadi adanya pertukaran data. Dengan ini diperlukan pemodelan data yang dikirimkan. Dalam Tabel I ditunjukkan pemodelan data yang dimaksud. Setiap target *tracking* mempunyai id, code, user, lat, lng dan time. Deskripsi setiap atribut dijelaskan pada kolom keterangan. Pemodelan lokasi yang digunakan merupakan gabungan antara *Geometric* dan *Symbolic* yang bersifat hirarkis.

TABEL I
DATA MODEL TRACKING MULTI TARGET

Atribut	Tipe	Keterangan
id	Integer	Identifier
code	String	Protokol status respon (OK atau ERR)
action	String	Protokol aksi respon yang diterima
user	String	Nama dari obyek yang di-track
lat	Double	Nilai <i>latitude</i>
lng	Double	Nilai <i>longitude</i>
time	Unix Timestamp	Informasi mengenai waktu data dikirimkan

D. Publish-Subscribe

Dasar dari model arsitektur pada interaksi *publish-subscribe* bergantung pada *event notification service* pada sisi *broker* yang menyediakan penyimpanan dan manajemen untuk *subscription* dan pengiriman *event* *publish-subscribe* secara efisien[5]. *Subscriber* mendaftarkan ketertarikan dengan melakukan operasi *subscribe* pada *event service*. Informasi *subscription* ini akan disimpan pada *event service* tanpa disalurkan kepada *publisher*. Operasi *unsubscribe* menghapus *subscription* pada *event service*. Untuk mengirimkan suatu *event* *publish-subscribe*, *publisher* menggunakan operasi *publish*. Setiap *subscriber* akan mendapat notifikasi setiap *event* *publish-subscribe* yang menjadi ketertarikannya.

Interaksi dalam sistem *publish-subscribe* antara pihak *publisher* dengan *subscriber* yang disediakan oleh *event service* bersifat *loosely coupled (decoupling)*. Adanya *decoupling* ini memberikan kelebihan pada sistem interaksi *publish-subscribe* yang dapat dikomposisikan menjadi tiga dimensi, yaitu: *space decoupling* (ruang), *time decoupling* (waktu) dan *synchronization decoupling* (sinkronisasi)[5].

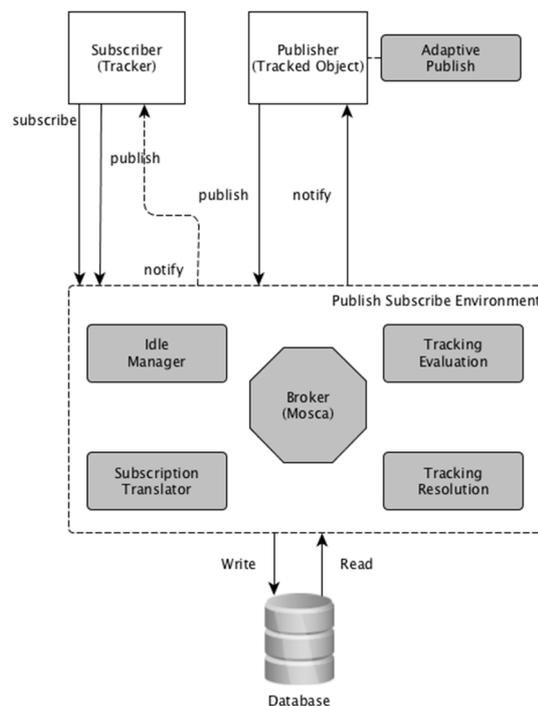
Pada umumnya *subscriber* hanya tertarik pada *event* *publish-subscribe* tertentu, bukan semua *event* *publish-subscribe*. Ada berbagai macam cara yang dapat digunakan dalam menentukan hal ini. Dua skema yang paling banyak digunakan yaitu *topic-based* serta *content-based*. *Topic-based* merupakan jenis skema yang berdasarkan topik. Ketertarikan *subscriber* diidentifikasi dengan kata kunci Pengembangan dari skema jenis ini dengan adanya hirarkis topik. Ketertarikan pada suatu topik dapat juga berupa *wildcard*. Kelemahan skema ini bersifat statis, kriteria topik sudah didefinisikan.

Skema *subscription* pada jenis *content-based*, ketertarikan didasarkan pada isi dari suatu *event* *publish-subscribe*. Pada umumnya propertinya berisi atribut dari data struktur. Skema jenis ini lebih dinamis dari *topic-based*. Dalam skema ini terdapat suatu bahasa dalam menentukan ketertarikan *subscription*, contohnya: “MataKuliah=’Pembrograman Web’ and Nilai > 50”.

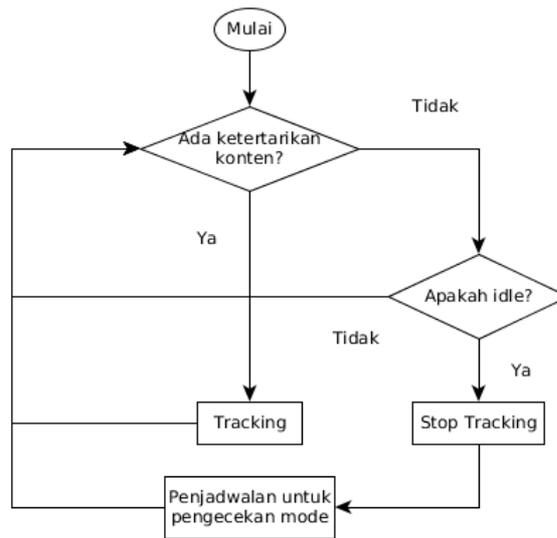
Dengan meningkatnya popularitas perangkat bergerak, perlu adanya adaptasi dalam system *publish-subscribe* pada lingkungan perangkat bergerak[6]. Contoh penerapan pada lingkungan bergerak, pada medan perang militer ribuan sensor baik nirkabel maupun perangkat bergerak melaporkan segala macam informasi mulai dari lokasi pasukan musuh serta kondisi peralatan perang. Seorang tentara mungkin perlu mengetahui lokasi pasukan musuh terdekat atau timnya. Hal-hal di atas memerlukan penyebaran komunikasi berskalabilitas tinggi dalam infrastruktur dinamis yang sangat cocok dengan system *publish-subscribe*.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian sebelumnya [1] telah diimplementasikan sistem *tracking* yang efisien untuk perangkat bergerak. Sayangnya sistem *tracking* ini kurang mengakomodir untuk proses *tracking* multi target. Sistem *publish-subscribe*



Gambar. 1. Arsitektur Rancangan Sistem



Gambar. 2. Diagram Alir Metode Adaptif

ideal pada lingkungan jaringan tak handal seperti WSN [9]. Karena karakter lingkungan WSN yang hampir sama dengan jaringan bergerak, sehingga hal ini dapat diadopsi.

Interaksi antara *publisher* (entitas yang menjadi target *tracking*) dengan *subscriber* (entitas yang menjadi target *tracking*) dengan *subscriber* (entitas yang melakukan *tracking* atau *tracker*) dapat dipaparkan pada Gambar 1. *Publisher* akan mengirimkan *event* kepada sistem *publish-subscribe* berupa informasi *tracking*. Sedangkan *subscriber* mengirimkan *subscription* yang diatur dalam *subscription language* kepada sistem *publish-subscribe*, *subscriber* hanya akan dinotifikasi sesuai dengan ketertarikannya melalui proses *tracking evaluation*. *Subscription* yang ada akan diterjemahkan oleh *subscription translator*. Notifikasi ke entitas *subscriber*, akan ditangani oleh *broker* (diimplementasikan dengan *middleware mosca*). Pada metode adaptif, terdapat *idle manager* yang mengatur status *publisher* untuk aktif melakukan *event publish* ke *broker* atau tidak.

Seorang *subscriber* (entitas *tracker*) agar dapat melakukan proses *tracking*, diperlukan aturan-aturan untuk berkomunikasi yang telah disepakati. *Subscriber* dapat melakukan *tracking* dengan berbagai kondisi yang telah didefinisikan dalam modul *subscription translator* (lihat Tabel II), yang dalam penelitian ini dibatasi mengenai informasi lokasi baik dalam bentuk informasi *latitude*, *longitude* dan kode area. Pesan yang dikirimkan ke *broker* akan diterjemahkan untuk kemudian dilakukan proses evaluasi kecocokan ketertarikan. Jika konten informasi lokasi yang di-*publish* oleh *publisher* sesuai dengan ketertarikan dari *subscriber*, maka *broker* akan memberikan notifikasi kepada *subscriber*. Format protokol ketertarikan merupakan gabungan antara satu kondisi atau lebih (penggabungan dengan menggunakan operator logika), dalam bentuk *expression boolean*. Contoh format ketertarikan: *area = 'ITS'* (notifikasi semua *publisher* yang berada dalam area ITS), *lat >= 123.456 and user = 'publisher1'* (notifikasi informasi lokasi dari *publisher1* dengan *latitude* lebih besar dari 123.456).

Karakteristik interaksi pada sistem *publish-subscribe* tradisional, walaupun informasi dari *publisher* tidak terdapat ketertarikan dari *subscriber*, pihak *publisher* akan tetap melakukan *event publish* informasi ke sisi *broker* setiap mendapatkan informasi baru. Untuk mengurangi *publish* informasi yang tidak dibutuhkan, diperlukan mekanisme seperti yang terlampir pada. Mekanisme ini diimplementasikan pada sisi server.

TABEL II
OPERATOR PERBANDINGAN DAN OPERATOR LOGIKA

Operator Perbandingan	Keterangan
=	Operator sama dengan
<>	Operator tidak sama dengan
>	Operator lebih besar
<	Operator lebih kecil
>=	Operator lebih besar sama dengan
<=	Operator lebih kecil sama dengan
Operator Logika	Keterangan
<i>and</i>	Operator logika AND
<i>or</i>	Operator logika OR



Gambar. 3. Tracking Multi Target

Setiap *broker* menerima *publish* informasi dari *publisher*, dilakukan pencocokkan ketertarikan untuk masing-masing ketertarikan dari *subscriber*. Proses *publish* hanya dilakukan, jika terdapat ketertarikan informasi dari *subscriber* pada metode adaptif. Ketika *publisher* dinyatakan *idle* oleh *broker*, *publisher* menerima *event* untuk menghentikan proses *publish* untuk kurun waktu tertentu. Proses *publish* akan aktif kembali, jika terdapat kecocokan ketertarikan informasi lokasi daftar *subscription* dari *subscriber*. Sedangkan pada perilaku *publish-subscribe* secara umum, proses pencocokan dilakukan untuk setiap *event publish* yang diterima.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Paket informasi lokasi dari data sampel, dilakukan modifikasi dengan protokol tambahan sehingga proses *event publish* hanya akan terjadi untuk paket informasi lokasi yang dibutuhkan saja (metode adaptif). Pada Tabel 3, ditunjukkan perbedaan *event publish* yang terjadi antara metode adaptif dan non-adaptif pada uji coba. Untuk metode non-adaptif jumlah *event publish* tidak dipengaruhi jumlah *subscriber*. Simulasi uji coba dilakukan selama 5 menit dengan interval jarak *event publish* 1 detik. Sehingga jumlah *event publish* pada metode non-adaptif dapat dikalkulasikan dengan: jumlah *publisher* x 5 (menit) x 60 (detik). Selain jumlah *event publish* yang diamati, dilakukan pengamatan beberapa parameter performa, antara lain: penggunaan CPU *server*, penggunaan RAM *server*, penggunaan *bandwidth* dan *latency*. Pengamatan uji coba ini dilakukan untuk melihat pengaruh jumlah *event publish* terhadap efisiensi performa. Uji coba dilakukan pada jaringan 3G serta Wi-Fi.

Hasil pengamatan performa ditunjukkan pada Tabel 4. Hasil pengamatan uji coba menunjukkan bahwa tracking multi target secara adaptif didapatkan efisiensi untuk performa. Hal ini ditunjukkan dengan penghematan *bandwidth* sebesar 44 - 60 %, penghematan CPU sebesar 57 - 71 % serta efisiensi *latency* 17 - 73 %. Tetapi pada pengamatan hasil uji coba penggunaan RAM, metode adaptif memiliki rata-rata penggunaan RAM yang cenderung lebih besar.

Peningkatan penggunaan RAM dipengaruhi oleh adanya modul *idle manager* yang melakukan proses pengecekan *publisher* yang aktif berdasarkan kecocokan ketertarikan, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2. Pada metode adaptif jumlah informasi lokasi yang di-*publish* dipengaruhi oleh ada atau tidaknya ketertarikan informasi lokasi oleh *subscriber*.

Perbedaan performa disebabkan adanya perbedaan jumlah *event publish* informasi lokasi antara metode adaptif dan non-adaptif. Setiap *broker* menerima *event publish*, *broker* melakukan pencocokan ketertarikan dari *subscriber*. Semakin banyak jumlah *event publish* yang terjadi, semakin banyak juga proses pencocokan ketertarikan *subscriber*. Pada metode adaptif, pencocokan ketertarikan dilakukan hanya untuk informasi lokasi yang dibutuhkan oleh *subscriber*.

TABEL IV
DATA HASIL UJICOBA PENGGUNAAN CPU, RAM, BANDWIDTH DAN LATENCY

Parameter	Jaringan	Adaptif (Subscriber)		Non-Adaptif (Subscriber)		Satuan
		5	10	5	10	
CPU	3G	4,3829	6,7407	15,3032	18,2527	%
	Wi-Fi	4,9237	7,5088	13,9963	17,6835	
RAM	3G	56898843,2553	55474349,1558	54783969,9499	56253726,1514	bytes
	Wi-Fi	56818395,78282	55797926,3915	54579197,9572	54647938,6702	
Bandwidth	3G	1805.975	2872.634	4598.5996	5246.9726	bytes/s
	Wi-Fi	1813.3332	2916.7608	4584.952	5234.6618	
Latency	3G	309.8207	204.9797	542.7885	764.8602	ms
	Wi-Fi	204.6443	170.9521	248.1498	466.7795	

Konsep *tracking multi target* yang dikembangkan diilustrasikan pada Gambar 3. *Subscriber* mempunyai ketertarikan konten informasi berupa semua *publisher* yang berada dalam area Kampus ITS yang dinotasikan dalam *area = 'ITS'*. Semua *publisher* yang melakukan *publish* informasi lokasi dalam area Kampus ITS akan ditampilkan. Ketika terdapat *publisher* baru yang *publish* informasi lokasi yang sesuai dengan ketertarikan, akan ditampilkan tanpa merubah konten ketertarikan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan penerapan metode adaptif pada tracking yang memperhatikan adanya ketertarikan subscriber pada lingkungan publish-subscribe dapat meningkatkan efisiensi penggunaan CPU, penggunaan bandwidth maupun latency. Akan tetapi, mekanisme ini menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan RAM. Seiring bertambahnya jumlah publisher dan subscriber pada metode non-adaptif, akan menyebabkan terjadinya kenaikan beban penggunaan yang dibutuhkan. Hal ini berbeda dengan metode adaptif yang dipengaruhi juga oleh adanya ketertarikan konten informasi oleh subscriber.

Pada metode adaptif kenaikan beban RAM, dipengaruhi adanya modul idle manager. Modul ini melakukan penjadwalan proses pengecekan pada publisher yang idle. Publisher hanya aktif pada saat konten informasi dibutuhkan oleh subscriber. Dengan ini jumlah pembaharuan informasi dari publisher dapat dikurangi, sehingga didapatkan efisiensi performa dalam sistem tracking multi target.

Topik penelitian tracking masih menjadi topik yang menarik untuk dikembangkan. Pada proses ini dapat disisipkan informasi-informasi tambahan sehingga nantinya dapat diolah. Penambahan informasi-informasi ini tentu harus juga memperhatikan sisi pengguna. Informasi seperti deteksi aktifitas, kebiasaan pengguna yang nantinya dapat digabungkan dengan informasi di sekitar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Matteo Collina yang telah mengarahkan dalam membangun rancangan sistem di atas *middleware* mosca.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leonhardi, A., Rothermel, K., *A comparison of protocols for updating location information*. Cluster Computing, 2001.
- [2] Leonhardi, A., Nicu, C., Rothermel, K., *A map-based dead reckoning protocol for updating location information*. Proceedings of 16th Int. Parallel and Distributed Processing Symposium, 2002.
- [3] Civilis, A. Jensen, C. S., Pakalnis, S., *Techniques for efficient road network-based tracking of moving objects*. IEEE Trans. Data Eng., 2005.
- [4] Kjaergaard, M., B., Langdal, J., Godsk, T., Toftkjaer, T., *EnTracked: Energy-efficient robust position tracking for mobile devices*. 2009.
- [5] Eugster, P., Felber, P., A., Guerraoui, R., *The many faces of publish/subscribe*. ACM Computing Survey., 2003.
- [6] Huang, Y., Garcia-Molina, H., *Publish/subscribe in a Mobile Environment.*, MobiDe'01: ACM Int. Workshop on Data engineering for Wireless and Mobile access., 2004.
- [7] Hong, J., Suh, E., Kim, S., J., *Context-aware systems: A literature review and classification*. POSMIS Lab, Industrial Management Engineering Building, Pohang University of Science Technology., 2009.
- [8] Becker, C., Durr, F., *On Location Models for Ubiquitous Computing*. Personal and Ubiquitous Computing, 2005.
- [9] Hunkeler, U., Truong, L., *MQTT-S - A Publish/subscribe protocol for wireless sensor networks*. IEEE Conference on COMSWARE, 2008.
- [10] Ashfaq, A., Naznin, M., Islam, A., *Energy-efficient multiple targets tracking using target kinematics in wireless sensor networks*. IEEE Conference, 2010.
- [11] Salvador, Z., Alzua, A., Larrea, M., Lafuente, A., *A: Mobile XSiena: towards mobile publish/subscribe.*, ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems, 2010.