

**SKIM PEMILIHAN MOBILITY ANCHOR POINT BERASASKAN JARAK
DENGAN KAWALAN BEBAN DINAMIK**

ZULKEFLEE BIN KUSIN

**TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH IJAZAH
DOKTOR FALSAFAH**

**FAKULTI TEKNOLOGI DAN SAINS MAKLUMAT
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI**

2013

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

15 Mei 2013

ZULKEFLEE BIN KUSIN
P42896

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

Al-hamdu lillahi rabbil 'Alamin. Setinggi kesyukuran ke hadrat Allah S.W.T untuk berkat dan bimbingan yang diterima sepanjang perjalanan yang indah ini. Saya ingin merakamkan penghargaan yang mendalam dan ikhlas kepada penyelia saya, Prof. Madya Dr. Mohamad Shanudin Zakaria kerana kebijaksanaan beliau yang tidak terhingga, bimbingan, kesabaran, cadangan yang berharga serta penyeliaannya. Juga, terima kasih khas untuk Prof. Dr. Abdullah Md.Zain, Dr. Mazlan Haron dan Dr. Suhaimi Kadir untuk cadangan, bantuan dan kritikan membina di atas tesis ini.

Setinggi-tinggi terima kasih kepada ibu saya dan adik-beradik untuk cinta mereka, sokongan serta doa-doa. Saya juga ingin merakamkan terima kasih kepada semua rakan-rakan, Azmi, Khairil, Sanusi, Esmadi, Roslan, Azlina, Shikin dan Radiah atas sokongan moral, kerjasama serta bantuan yang tidak ternilai. Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua kakitangan di Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, UKM untuk kerjasama dan layanan yang baik di sepanjang kajian ini.

Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada Jabatan Perkhidmatan Awam Malaysia, semua rakan-rakan saya di perkhidmatan awam dan rakan-rakan seperjuangan PhD terhadap bantuan, sokongan dan kesabaran yang banyak membantu sepanjang perjalanan ini.

ABSTRAK

Protokol Internet versi 6 (IPv6) yang dibangunkan dalam RFC 1883 oleh IETF adalah untuk menjangka peningkatan saiz alamat IP dan pertumbuhan internet. Komunikasi mobiliti *ubiquitous* berdasarkan IPv6 mengkhususkan protokol Mobile IPv6 (MIPv6) dan Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) untuk menyokong isu mobiliti dalam Rangkaian Generasi Akan Datang (NGN). MIPv6 menyokong mobiliti dengan membenarkan *Mobile Node* (MN) berpindah ke lokasi lain tanpa mengubah *Home Address* (HoA) manakala HMIPv6 direka untuk menyokong pengurusan mikro mobiliti. Konsep utama di sebalik HMIPv6 ialah mengendalikan penyerahan setempat oleh penggunaan *Mobility Point Anchor* (MAP) yang terletak di mana-mana penghala akses dalam rangkaian berhierarki. Tujuan utama protokol ini adalah untuk menyokong Pengurusan Mobiliti Setempat (LMM) dan menyediakan penyerahan lancar dengan menyembunyikan lokasi MN dari *Correspondent Node* (CN) dan *Home Agent* (HA). Kurangnya penyelidikan pada skim pemilihan MAP berdasarkan Jarak dan masalah antara-MAP dalam HMIPv6 mendorong kepada kajian ini. Skim ini merupakan kaedah yang sistematis untuk MN mendaftar pada MAP baru semasa MAP *Discovery*. Skim berdasarkan Jarak (Paling Jauh) menyebabkan lebihan beban pada MAP dan kependaman penyerahan apabila rangkaian meluas, walaupun ia boleh mengurangkan kekerapan *Binding Update* (BU) bagi MN berkelajuan pantas. Tiada kawalan beban khusus untuk menangani isu ini kerana hanya nilai medan Distance, Valid Lifetime dan Preference sahaja pada MAP *Option* boleh diukur semasa pemilihan. Malahan pada skim Dinamik sedia ada, pemilihan hanya berdasarkan kos terendah pada kejiraninan MAP dan masalah lebihan beban MAP masih belum dapat dikawal secara efisen dari segi kekerapan BU dan juga penyerahan lancar. Oleh itu, kami mencadangkan Skim Pemilihan MAP Berdasarkan Jarak dengan Kawalan Beban Dinamik (DMS-DLC). Pertama, kami membincangkan dan mengkaji semula peningkatan aspek teori dan konsep HMIPv6. Kajian ini menyelidik isu pada skim sedia ada dan faktor yang memberi kesan lebihan beban pada MAP. Banyak kajian telah dilakukan seperti skim Jarak, Mobiliti, Adaptif dan Dinamik. Juga untuk jenis tersebut disokong dan disepadukan dengan mekanisme kawalan beban. Untuk mengatasi isu reka bentuk skim pemilihan MAP, kami menghasilkan satu peningkatan model skim yang mengintegrasikan pemilihan berdasarkan Jarak dengan mekanisme kawalan beban dinamik serta pengesanan kelajuan MN. Seterusnya, kami mengesahkannya melalui penilaian prestasi dengan skim lain menggunakan simulasi rangkaian OMNET++. Melalui hasil keputusan ujikaji aplikasi Ping menunjukkan bahawa skim kami mencapai prestasi yang lebih baik dalam kawalan beban MAP, mengurangkan kelewatan BU dan mengurangkan kehilangan paket. Keputusan akhir kami menunjukkan bahawa skim DMS-DLC memberikan pengagihan yang lebih baik pada beban MAP di mana untuk kos BU oleh MN pada MAP paling jauh berkurang 49.02% dan pada MAP terdekat berkurang 45.50%. Dalam kes terbaik menunjukkan bahawa skim ini sesuai untuk MN berkelajuan pantas di mana boleh mengatasi masalah lebihan beban MAP dan mencapai penyerahan lancar. Akhir sekali, berdasarkan kajian ini, kami menyifatkan algoritma baru yang menangani isu kawalan beban MAP dan pengesanan kelajuan MN pada HMIPv6 boleh digunakan untuk skim pemilihan MAP berdasarkan Jarak.

DISTANCE BASED MOBILITY ANCHOR POINT SELECTION SCHEME WITH DYNAMIC LOAD CONTROL

ABSTRACT

The Internet Protocol version 6 (IPv6) developed by IETF in RFC 1883 is to anticipate the increase IP address size and the internet growth. The ubiquitous communication of mobility management based on IPv6 specified the Mobile IPv6 (MIPv6) and Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) protocols to support mobility issue in the Next Generation Network (NGN). MIPv6 supports mobility by allowing a Mobile Node (MN) move to another location without changing its Home Address (HoA) while HMIPv6 was designed to support micro mobility management. The key concept behind HMIPv6 is to locally handle handovers by the usage of Mobility Anchor Point (MAP) located at any access router in the hierarchical network. The main purpose of this protocol is to support Localize Mobility Management (LMM) and provide seamless handover by hiding MN's location from Correspondent Node (CN) and Home Agent (HA). The lack of work on Distance based in MAP selection scheme study and inter-MAP problems of HMIPv6 motivate this research. This scheme is a systematic method for the MN registers with a new MAP during the MAP Discovery. The Distance (Furthest) scheme increases MAP load and handover latency as the network extends, although it can reduce frequent Binding Update (BU) for fast MNs. No specific load control to address this issue because only Distance, Valid Lifetime and Preference values of the MAP Option can be measured during the selection. Even the existing Dynamic scheme, the selection is based on the lowest cost in the neighborhood MAP and MAP overload problem has yet to be controlled efficiently in terms of frequent BU and seamless handover. Further, we proposed Distance Based MAP Selection Scheme with Dynamic Load Control (DMS-DLC). Firstly we discussed and reviewed the theoretical and conceptual aspect enhancements of HMIPv6. This research investigated the existing schemes issues and the factors that affecting overload in MAP. Many studies have been done such as Distance, Mobility, Adaptive and Dynamic schemes. Also for such types are supported and integrated with load control mechanism. To solve the issue of MAP selection scheme design, we produced an enhanced scheme model that integrated the distance selection with dynamic load control mechanism and MN's speed detection. Then, we validated it through the performance evaluation with other schemes using OMNET++ network simulation. By the experimental results using Ping application show that our scheme achieves better performance in MAP load, reduce the BU delay and reduce packet lost. Our final result shows that the DMS-DLC scheme give better distribution of MAP load where the BU cost by MN for the furthest MAP reduces with 49.02% load and for the nearest MAP reduces to 45.50%. In best case shows that this scheme is suitable for fast MN which can resolve overload MAP problem and achieve seamless handover. Finally, based on this study, we described new algorithms that address MAP load control issues and MN's speed detection of HMIPv6 that could be applied to a Distance MAP selection scheme.

KANDUNGAN

	Halaman
PENGAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI ILUSTRASI	xiv
SENARAI SINGKATAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Pengenalan	1
1.2	Latar Belakang Kajian	2
1.3	Pernyataan Masalah	7
1.4	Objektif Kajian	9
1.5	Persoalan Kajian	9
1.6	Kepentingan Kajian	10
1.7	Skop Kajian	11
1.8	Metodologi Kajian	12
1.9	Struktur Organisasi Tesis	13
1.10	Ringkasan	15

BAB II KAJIAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	16
2.2	Protokol Internet	17
	2.2.1 Cabaran Pengurusan Mobiliti	17
	2.2.2 Isu-isu Protokol Internet	18
2.3	Mobile IPv6 (MIPv6)	20
	2.3.1 Istilah Permulaan MIPv6	21
	2.3.2 Operasi MIPv6	23
2.4	Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)	25

2.4.1	Istilah Permulaan di dalam HMIPv6	26
2.4.2	Rangkaian HMIPv6	28
2.4.3	Operasi HMIPv6	29
2.4.4	Domain Intra-MAP dan Inter-MAP di dalam HMIPv6	30
2.4.5	Lanjutan HMIPv6	31
2.4.6	Proses Penyerahan Pantas (Fast Handover)	35
2.4.7	Ringkasan Protokol IPv6	36
2.5	Tinjauan Skim Pemilihan MAP	38
2.6	Kajian Berkaitan Skim Pemilihan MAP	39
2.6.1	Berasaskan Jarak	40
2.6.2	Berasaskan Mobiliti	42
2.6.3	Berasaskan Adaptif	47
2.6.4	Berasaskan Dinamik	52
2.7	Mekanisme Kawalan Beban MAP	54
2.8	Perbincangan	59
2.9	Penilaian Prestasi Dalam Skim Pemilihan MAP	60
2.10	Cadangan Perspektif Teori Baru	62
2.10.1	Menangani Jurang dalam Kesusasteraan	62
2.10.2	Pendekatan Cadangan	63
2.11	RINGKASAN	63

BAB III METODOLOGI

3.1	Pengenalan	65
3.2	Metodologi Kajian	66
3.3	Kajian Teori Dan Eksperimen	68
3.3.1	Pengetahuan Teori Skim Pemilihan MAP	68
3.3.2	Kajian Eksperimen	69
3.4	Analisis Dan Pemodelan	70
3.4.1	Cadangan Model Konseptual	70
3.4.2	Mekanisme Kawalan Beban MAP Dinamik	71
3.4.3	Algoritma Pengesanan Kelajuan MN	71
3.5	Pelaksanaan	71
3.5.1	Suit Skim Pemilihan MAP HMIPv6 OMNeT++	71
3.5.2	Penilaian Perisian OMNeT++	72
3.5.3	Langkah-langkah dalam Fasa Pelaksanaan dan Pembangunan	74
3.6	Penilaian	74
3.6.1	Pelaksanaan Model	74
3.6.2	Penilaian Reka bentuk dan Percubaan	75
3.6.3	Pengukuran Prestasi dan Perbincangan	76

	3.6.4 Kesimpulan dan Kajian Masa Hadapan	78
3.7	Pengesahan Model	78
	3.7.1 Pengesahan Cadangan Skim Pemilihan MAP	79
	3.7.2 Proses Pengesahan	80
3.8	Cadangan Kerangka Kerja Kajian	80
3.9	Ringkasan	81
BAB IV	ANALISIS KONSEP DAN PEMODELAN	
4.1	Pengenalan	83
4.2	Reka Bentuk Skim Pemilihan MAP	83
	4.2.1 Skim Pemilihan MAP berdasarkan Jarak dalam HMIPv6	84
	4.2.2 Jurang Kajian	86
4.3	Isu-Isu Reka Bentuk HMIPv6	87
4.4	Ciri-Ciri HMIPv6	88
	4.4.1 MAP Discovery	88
	4.4.2 Local Binding Update (LBU)	89
	4.4.3 Binding Cache List	90
	4.4.4 Home Agent List	91
	4.4.5 Binding Update List	92
4.5	Ciri-Ciri Skim Pemilihan MAP	92
	4.5.1 Kawalan Beban MAP	94
	4.5.2 Aras dan Jarak MAP	96
	4.5.3 Kelajuan MN	97
	4.5.4 Mesej Binding Update	98
4.6	Reka Bentuk Cadangan SKIM	98
	4.6.1 Cadangan Model Konseptual	98
	4.6.2 Skim Pemilihan MAP Berdasarkan Jarak dengan Kawalan Beban Dinamik (DMS-DLC)	101
	4.6.3 Cadangan Senarai MAP	103
	4.6.4 Algoritma Kawalan Beban Dinamik MAP	104
	4.6.5 Algoritma Pengesahan Kelajuan MN	108
4.7	Pengesahan Model Konseptual	110
	4.7.1 Pengesahan Model	110
	4.7.2 Pengesahan Data	111
4.8	Ringkasan	112
BAB V	PELAKSANAAN DAN PEMBANGUNAN	
5.1	Pengenalan	113

5.2	Pelaksanaan	114
	5.2.1 Suit Skim Pemilihan MAP OMNeT++	114
	5.2.2 Fasa Pembangunan	114
5.3	Reka Bentuk Model HMIPv6	116
	5.3.1 Nod-nod HMIPv6	117
	5.3.2 Modul Binding Cache dan Modul Binding Update List	120
	5.3.3 Mesej HMIPv6	120
5.4	Pembangunan MODEL	122
	5.4.1 Pembangunan dan Pengkodan Model DMS-DLC	124
	5.4.2 Pembangunan Semula Model Lain	125
5.5	Pengesahan Perisian Dan Pengujian	125
	5.5.1 Pengesahan Model Komputer	125
	5.5.2 Pengesahan Data	126
5.6	Ringkasan	126
 BAB VI REKA BENTUK UJIKAJI		
6.1	Objektif	128
6.2	Organisasi Strategi Pengujian	128
	6.2.1 Ujikaji DMS-DLC	128
	6.2.2 Persediaan Ujikaji	128
6.3	Pemerhatian	141
	6.3.1 Beban MAP	141
	6.3.2 Binding Cache HA	142
	6.3.3 Binding Update List	142
	6.3.4 Kehilangan Ping dan Round-Trip Time (RTT)	143
	6.3.5 Kelajuan MN	143
6.4	Set Data	144
	6.4.1 Pergerakan Data MN	144
	6.4.2 Format Data	144
6.5	Pembentangan Dan Format Hasil Keputusan	146
	6.5.1 Strategi Penilaian	146
	6.5.2 Kaedah Pembentangan	147
	6.5.3 Hasil Analisis dan Perbincangan	148
6.6	Pengesahan	149
	6.6.1 Pengesahan Operasi	149
	6.6.2 Pengesahan Data	150
6.7	Ringkasan	150

BAB VII	HASIL KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
7.1	Pengenalan	152
7.2	Keputusan DMS-DLC	153
	7.2.1 Pemerhatian Beban MAP	153
	7.2.2 Pemerhatian Binding Cache Home Agent	155
	7.2.3 Pemerhatian Binding Update List MN	156
	7.2.4 Pemerhatian Aplikasi Ping	158
7.3	Keputusan DMS-DLC(S)	160
	7.3.1 Pemerhatian Kelajuan MN	161
	7.3.2 Pemerhatian Beban MAP	161
	7.3.3 Pemerhatian Binding Cache Home Agent	163
	7.3.4 Pemerhatian Binding Update List MN	164
	7.3.5 Pemerhatian Aplikasi Ping	166
7.4	Perbandingan Keputusan	169
	7.4.1 Beban MAP	170
	7.4.2 Jumlah Binding Cache HA	172
	7.4.3 Jumlah Binding Update List MN	175
	7.4.4 Kehilangan Paket MN dan RTT	177
7.5	Ringkasan	182
BAB VIII	KESIMPULAN DAN KAJIAN MASA HADAPAN	
8.1	Pengenalan	185
8.2	Ringkasan Cadangan Skim	185
	8.2.1 Peningkatan Skim Pemilihan MAP	187
	8.2.2 Kelebihan	187
8.3	Kesimpulan	188
	8.3.1 Objekif Pertama	189
	8.3.2 Objekif Kedua	189
	8.3.3 Objekif Ketiga	189
	8.3.4 Objekif Keempat	190
8.4	Sumbangan	190
	8.4.1 Pengetahuan Teori Skim Pemilihan MAP dalam HMIPv6	191
	8.4.2 Algoritma Kawalan Beban Dinamik MAP	191
	8.4.3 Algoritma Pengesanan Kelajuan MN	191
	8.4.4 Metodologi Kawalan Beban Dinamik untuk Perlaksanaan Skim Pemilihan MAP Berdasarkan Jarak	192
	8.4.5 Suit Skim Pemilihan MAP HMIPv6 OMNeT++	192
	8.4.6 Skim Pemilihan MAP Berdasarkan Jarak dengan Kawalan Beban Dinamik (DMS-DLC)	192
8.5	Kajian Masa Hadapan	193

8.6	Penutup	194
RUJUKAN		196
LAMPIRAN		208
A	Senarai Penerbitan	208
B	Ringkasan Skim-skim Pemilihan MAP	209
C	Pelan Penyelidikan	218
D	Pengesahan Kajian	220
E	Input dan Data	224
F	Jadual Keputusan	233

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Perbezaan MIPv4 dan MIPv6	21
2.2	Medan-medan di dalam <i>MAP Option</i>	34
2.3	Rumusan batasan IP	38
2.4	Analisis klasifikasi skim pemilihan MAP	59
2.5	Perbandingan kriteria skim pemilihan MAP	61
3.1	Perbandingan Perisian Simulasi Rangkaian	72
4.1	<i>Binding Cache entry</i>	90
4.2	<i>Home Agent List</i>	91
4.3	<i>Binding Update List</i>	92
4.4	Pemilihan kriteria skim pemilihan MAP	93
4.5	Cadangan parameter/kriteria untuk penilaian skim pemilihan MAP	94
4.6	Cadangan Senarai MAP	103
4.7	Format Senarai MAP	104
6.1	Konfigurasi OMNeT++	132
6.2	Nilai parameter senario	136
6.3	Nilai parameter persekitaran	137
6.4	Klasifikasi kelajuan	138
6.5	Nilai parameter protokol dan aplikasi Ping	138
6.6	Senarai semak ujikaji	139
6.7	Andaian pada simulasi	140
6.8	Parameter permulaan	145
6.9	Format input fail (data) pergerakan MN	145
6.10	Format data input bagi ujikaji	145
6.11	Contoh jadual	148
6.12	Klasifikasi pengesahan operasi	149
7.1	Jumlah beban MAP DMS-DLC	153
7.2	Jumlah <i>Binding Update List</i> MN DMS-DLC	157
7.3	Jumlah kehilangan ping DMS-DLC	158
7.4	Jumlah ping RTT DMS-DLC	159

7.5	Jumlah beban MAP DMS-DLC(S)	162
7.6	Jumlah <i>Binding Update List</i> MN DMS-DLC(S)	165
7.7	Jumlah kehilangan ping DMS-DLC(S)	167
7.8	Jumlah ping RTT DMS-DLC(S)	168
7.9	Perbandingan <i>Binding Cache</i> MAP	170
7.10	Perbandingan <i>Binding Cache</i> HA	173
7.11	Perbandingan <i>Binding Update List</i> MN	175
7.12	Perbandingan kehilangan ping MN	178
7.13	Perbandingan RTT bagi MN	180

SENARAI ILUSTRASI

No. Rajah		Halaman
1.1	Format <i>Mobility Header</i> IPv6	2
1.2	Segi tiga <i>routing</i> MIPv6	3
1.3	Operasi HMIPv6	4
1.4	Metodologi kajian	13
2.1	Hala tuju protokol Internet	19
2.2	Klasifikasi mobiliti IP	20
2.3	Topologi rangkaian MIPv6	22
2.4	Prosedur penyerahan dalam MIPv6	24
2.5	Klasifikasi protokol IP mobiliti mikro	25
2.6	Operasi HMIPv6 dengan berbilang RCoA dan LCoA	26
2.7	Perbandingan simulasi jumlah kos isyarat antara MIPv6 dan HMIPv6	30
2.8	Domain MAP di dalam HMIPv6	31
2.9	<i>Local Binding Update</i>	31
2.10	Prosedur penyerahan dalam HMIPv6	33
2.11	Format <i>MAP Option</i>	33
2.12	Senario penyerahan pantas	36
2.13	Klasifikasi skim pemilihan MAP	39
2.14	Jumlah kos (BU + kos penghantaran paket)	40
2.15	Skim pemilihan MAP berdasarkan Jarak	41
2.16	Skim kawalan beban berdasarkan Mobiliti	43
2.17	Penghantaran paket FHMIP-UP, HMIP-UP dan FHMIP-NH	45
2.18	Mekanisme pemilihan MAP Dinamik	53
2.19	Jadual beban MAP	57
2.20	LBU dan penghantaran paket AMAP	58
3.1	Metodologi kajian	66
3.2	Metodologi Kajian Empat Peringkat	67
3.3	Rangka kerja Sargent untuk penilaian model	79
3.4	Kerangka kerja kajian	81

4.1	Reka bentuk konseptual skim pemilihan MAP	84
4.2	Operasi MN memilih MAP paling jauh	85
4.3	<i>MAP Discovery</i>	89
4.4	Operasi LBU di dalam HMIPv6	90
4.5	Reka bentuk Kawalan Beban Dinamik	99
4.6	Mekanisme DMS-DLC	102
4.7	Carta aliran Kawalan Beban Dinamik	106
4.8	Pergerakan MN antara MAP	108
5.1	Pelaksanaan fasa pembangunan	115
5.2	Reka bentuk lapisan rangkaian dalam HMIPv6	116
5.3	Reka bentuk MN	118
5.4	Reka bentuk HA	118
5.5	Reka bentuk CN	119
5.6	Reka bentuk MAP	120
5.7	Hierarki kelas mesej mobiliti HMIPv6	121
5.8	Persekutaran IDE OMNeT++ 4.0 dengan mengedit fail NED	123
5.9	Editor NED di dalam mod suntingan grafik	123
5.10	Fail suntingan dalam bentuk ‘INI’	124
5.11	Pembangunan model dalam OMNeT++	124
5.12	Modul <i>Bonnmotion Mobility</i>	126
6.1	Pandangan 3 dimensi Putrajaya	129
6.2	Peta Putrajaya	130
6.3	Pemilihan kawasan dengan saiz (2000m x 1250m)	131
6.4	Kandungan fail “omnetpp.ini”	123
6.5	Konfigurasi INI OMNeT++	134
6.6	Senario rangkaian	134
6.7	Model ujikaji OMNeT++	135
6.8	Modul Scave untuk analisis data	142
6.9	Reka bentuk penilaian	147
6.10	Contoh geraf	148
7.1	Beban MAP DMS-DLC	154
7.2	Beban MAP mengikut bilangan MN DMS-DLC	154
7.3	<i>Binding Cache HA DMS-DLC</i>	155

7.4	<i>Binding Update List</i> MN DMS-DLC	156
7.5	<i>Binding Update List</i> keseluruhan MN DMS-DLC	157
7.6	Kehilangan ping MN DMS-DLC	159
7.7	Ping RTT MN DMS-DLC	160
7.8	Kelajuan MN DMS-DLC(S)	161
7.9	Beban MAP DMS-DLC(S)	162
7.10	Beban MAP berbanding jumlah MN DMS-DLC(S)	163
7.11	<i>Binding Cache</i> HA DMS-DLC(S)	164
7.12	<i>Binding Update List</i> MN DMS-DLC(S)	165
7.13	<i>Binding Update List</i> keseluruhan MN DMS-DLC(S)	166
7.14	Kehilangan Ping MN DMS-DLC(S)	168
7.15	Ping RTT MN DMS-DLC(S)	169
7.16	Beban MAP antara skim	172
7.17	<i>Binding Cache</i> HA setiap skim	174
7.18	Jumlah <i>Binding Cache</i> HA setiap skim	174
7.19	<i>Binding Update List</i> setiap skim	176
7.20	Jumlah <i>Binding Update List</i> mengikut MN setiap skim	177
7.21	Jumlah kehilangan ping mengikut MN setiap skim	179
7.22	Kadar kehilangan ping MN berbanding saiz paket setiap skim	179
7.23	Jumlah RTT mengikut MN setiap skim	181
7.24	Kadar RTT MN berbanding saiz paket setiap skim	182

SENARAI SINGKATAN

3G	Third Generation
AN	Access Network
AP	Access Point
AR	Access Router
ARP	Address Resolution Protocol
BU	Binding Update
BUL	Binding Update List
BC	Binding Cache
BA	Binding Acknowledgement
CIP	Cellular IP
CN	Correspondent Node
CoA	Care-of-Address
DAD	Duplicate Address Detection
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DMS-DLC	Distance based MAP Selection Scheme with Dynamic Load Control
DLC	Dynamic Load Control
DLM	Distributed Location Management
EMA	Exponential Moving Average
FBACK	Fast Binding Acknowledge
FBU	Fast Binding Update
FDDI	Fibre Distributed Data Interface
FTP	File Transfer Protocol
FMIP	Fast Mobile IP
FH-MIPv6	Fast Handovers MIPv6
GCC	GNU C Compiler
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global Systems for Mobile Communications
HA	Home Agent
HBAS	History Based Anchor Selection

HAWAII	Handoff-Aware Wireless Access Internet Infrastructure
HMIPv6	Hierarchical Mobile IPv6
HoA	Home Address
ICMP	Internet Control Message Protocol
ICMPv4	Internet Control Message Protocol version 4
ICMPv6	Internet Control Message Protocol version 6
IDE	Integrated Development Environment
IP	Internet Protocol
IPng	IP Next Generation
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
IETF	Internet Engineering Task Force
IKEv2	Internet Key Exchange IKEv2
LCoA	On-Link Care-of-Address
LMM	Localize Mobility Management
L2	Layer 2
L3	Layer 3
LBU	Local Binding Update
LBA	Local Binding Acknowledgement
MAP	Mobility Anchor Point
MANET	Mobile Ad-Hoc Network
MCBL	MAP-Controlled Load Balance
M-HMIPv6	Multilevel Hierarchical Mobile IPv6
MIPv6	Mobile IPv6
MIPv4	Mobile IPv4
MN	Mobile Node
ML	MAP List
MLT	MAP Load Table
MO	MAP Option
MR	Mobile Router
NEMO	Network Mobile
NED	Network Description
NETLMM	Network-Based Localized Mobility Management

NGN	Next Generation Network
NS-2	Network Simulator-2
PAR	Previous Access Router
PT	Packet Tunnelling
PMIPv6	Proxy Mobile IPv6
QoS	Quality of Service
RA	Router Advertisement
RCoA	Regional Care-of-Address
RFC	Request for Comment
RDISC	ICMP Router Discovery
RSVP	Aggregated Resource Reservation Protocol
RTT	Round-Trip Time
RtSol	Router Solicitation
SDAD	Serial Duplicate Address Detection
SMR	Session Mobility Ratio
SIP	Session Initiation Protocol
STVB	Service Time and Velocity based MAP Selection Scheme
VoIP	Voice over IP
WLAN	Wireless Local-area Access Network
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Protokol Internet (IP) adalah satu skim pengalaman untuk perkhidmatan penghantaran paket antara nod di Internet. Dalam IP berasaskan Rangkaian Generasi Akan Datang atau *Next Generation Network* (NGN), pengurusan mobiliti merupakan keperluan paling penting bagi menyediakan perkhidmatan penyerahan yang lancar. NGN dijangka akan menyediakan perkhidmatan komunikasi persekitaran di mana-mana untuk rangkaian wayarles heterogen. Dalam pengurusan mobiliti, nod mudah alih hanya boleh berkomunikasi di bawah alamat *home* di dalam rangkaian *home*. Apabila nod bergerak ke lokasi yang lain, alamat IP akan berubah dan paket yang ditujukan ke nod tersebut tidak akan sampai. Isu lain ialah nod yang berurus dengan penyerahan semasa sesi komunikasi yang sedang aktif. Ia mungkin bergerak ke dalam pelbagai penghala akses yang baru atau di dalam rangkaian yang berbeza. Ini akan mewujudkan permasalahan baru iaitu penyerahan di antara domain atau rangkaian mobiliti mikro.

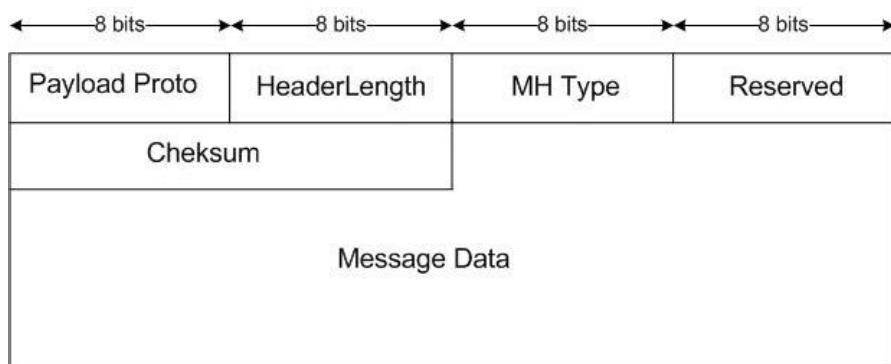
Dalam Protokol Internet versi 6 (IPv6), isu mobiliti dipertingkatkan melalui kemudahan Mobile IPv6 (MIPv6) dengan keupayaan paket dapat dihantar kepada nod mudah alih walaupun berada jauh dari rangkaianya yang asal. Manakala Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) pula diperkenalkan untuk mengatasi masalah kelewatan penyerahan kerana isu mobiliti mikro dalam MIPv6.

1.2 LATAR BELAKANG KAJIAN

Dalam seksyen ini akan diterangkan secara ringkas mengenai protokol internet (Yankov & Wiethoelter 2006) iaitu IPv6, kelebihan, batasan dan pendekatan untuk penyelesaian. Begitu juga dengan protokol lanjutannya iaitu MIPv6, HMIPv6 dan tajuk permasalahan dalam tesis ini. Penjelasan lanjut akan diterangkan dalam kajian literatur Bab II.

i. IPv6

Protokol Internet versi 6 (IPv6) (Hinden & Derring 1995a, 1995b; IAB & IESG 1995) adalah protokol internet versi baru yang direka sebagai peralihan dari IP versi 4 (IPv4) (Postel 1981). Spesifikasi dan piawaian rasmi telah pun muktamad tetapi masih terdapat beberapa aspek protokol yang perlu diperbaiki. Isu-isu IPv4 yang memerlukan penyelesaian kompleks telah menyebabkan pereka protokol baru berusaha keras untuk memastikan bahawa isu-isu yang sama tidak akan dihadapi pada versi baru. Kesedaran protokol baru dan berskala besar kepada kemajuan masa hadapan adalah satu konsep yang sangat menarik serta lebih khusus disesuaikan dengan pertumbuhan internet (Deering & Hinden 1998). Selain faedah IPv6 dalam peningkatkan saiz alamat IP, ianya juga menyokong aspek mobiliti dan aspek-aspek lain dengan lebih baik (Thomson & Narten 1998; Drom Ed et al. 2003; Thomson et al. 2007). Untuk pengurusan mobiliti, IPv6 menyediakan fungsi-fungsi seperti *Home Agent*, *Care-of Addresses* dan *Binding Cache*. Dalam protokol IPv6, *Mobility Header* seperti dalam Rajah 1.1 boleh dikenal pasti melalui nilai *Next Header* dalam *Header* IPv6.

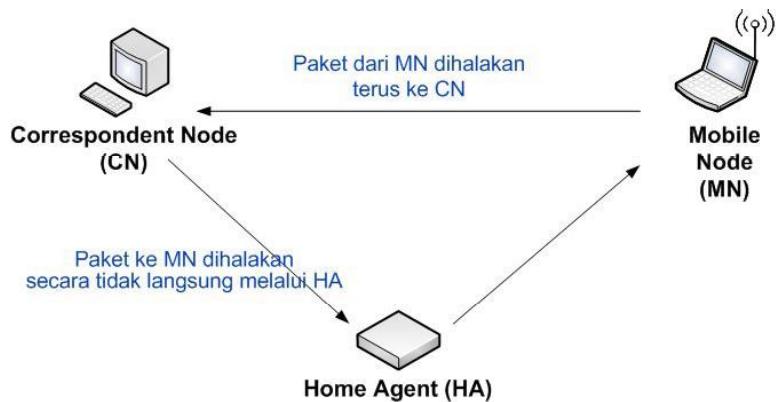


Rajah 1.1 Format *Mobility Header* IPv6

Sumber: Johnson et al. 2004

ii. Mobile IPv6 (MIPv6)

Dalam (Perkins & Johnson 1996; Johnson et al. 2004; Devarapalli & Dupont 2007) telah mereka bentuk protokol tambahan untuk IPv6 yang dikenali sebagai Mobile IPv6 (MIPv6) seperti di Rajah 1.2. MIPv6 membolehkan penghalaan secara telus paket IPv6 ke *Mobile Node* (MN) dengan mengambil kesempatan daripada reka bentuk IPv6 versi baru. MIPv6 membolehkan MN untuk bergerak dari satu pautan ke yang lain tanpa mengubah alamat *home* MN iaitu *Home Address* (HoA) yang diberikan oleh *Home Agent* (HA) iaitu penghala pada rangkaian *home*. Paket boleh dihalakan kepada MN menggunakan alamat ini tanpa kedudukan terkini MN yang berhubung ke Internet. MN juga boleh terus berkomunikasi dengan *Correspondent Node* (CN) dalam keadaan pegun atau bergerak selepas berpindah ke pautan yang baru. Pergerakan MN yang jauh dari pautan *home* ini telus kepada protokol pengangkutan dan lapisan tinggi dan juga aplikasi. Apabila MN berubah dari satu subnet ke yang lain atau penghala akses baru, ia mesti memperoleh alamat baru *Care-of Address* (CoA) melalui proses autokonfigurasi. Penyatuan antara alamat *home* dan CoA dipanggil *Binding Update* (BU). Apabila MN mendapatkan CoA yang, ia perlu memberitahu HA dengan mesej BU. HA mengekalkan pemetaan antara HoA dan CoA yang dikenali sebagai *Binding Cache* (BC).



Rajah 1.2 Segi tiga *routing* MIPv6

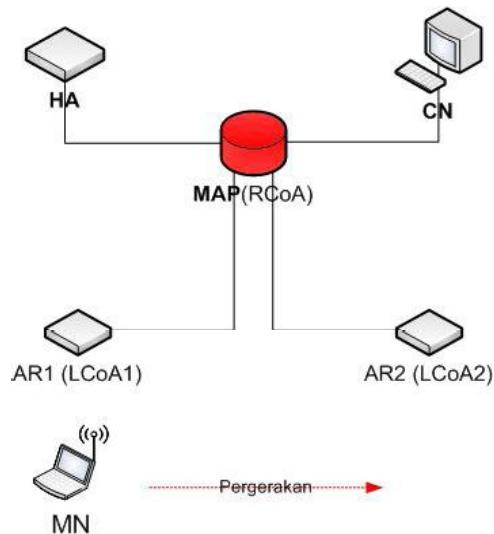
MIPv6 mempunyai isu untuk menyokong penyerahan lancar disebabkan oleh kelewatan penyerahan dan kehilangan paket yang tinggi menurut Vivaldi (2003). Setiap kali MN melangkah ke penghala akses baru, CoA baru akan diperolehi dan perlu memaklumkan BU pada HA dan CN untuk setiap penyerahan. Walau bagaimanapun, komunikasi yang lancar menggunakan mobiliti lapisan tiga

mendedahkan kelemahan serius untuk aplikasi masa nyata seperti suara melalui IP (VoIP), penyiaran dan permainan interaktif masa nyata. Salah satu pendekatan untuk menyelesaikan masalah ini ialah dengan mengurangkan kekerapan BU melalui pengurusan pergerakan setempat oleh HMIPv6 (Mun & Lee 2005).

iii. Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)

Dalam MIPv6 semua paket yang dihantar ke MN akan dihalakan terlebih dahulu ke subnet *home* MN dan kemudian ditujukan ke lokasi terkini MN oleh HA. Reka bentuk MIPv6 bukanlah cuba untuk menyelesaikan semua masalah umum yang berkaitan dengan penggunaan MN atau rangkaian wayarles. Salah satu darinya, protokol ini tiada percubaan untuk menyelesaikan masalah tempatan atau bentuk hierarki pengurusan mobiliti (Johnson et al. 2004; Mun & Lee 2005).

Protokol HMIPv6 (Castelluccia 1998a, 1998b; Castelluccia & Bellier 1999; Soliman et al. 2008) memperkenalkan fungsi baru *Mobility Anchor Point* (MAP) serta sedikit tambahan kepada operasi MN seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.3. MAP merupakan penghala yang terletak di dalam rangkaian yang dilawati oleh MN. Nod sedia ada seperti CN dan operasi HA tidak akan terjejas. MAP pada asasnya adalah HA tempatan (penghala) yang terletak di rangkaian asing. Ia boleh diletakkan di mana-mana aras dalam hierarki rangkaian penghala supaya ia boleh diklasifikasikan sebagai mobiliti mikro.



Rajah 1.3 Operasi HMIPv6

Dalam HMIPv6, MN perlu mengkonfigurasi dua jenis CoA baru iaitu *Regional Care-of-Address* (RCoA) dan *On-Link Care-of-Address* (LCoA). RCoA adalah alamat pada subnet MAP, dikonfigurasikan apabila MN menerima mesej *Router Advertisement* (RA) dan *MAP Option* (MO) semasa *MAP Discovery*. Manakala LCoA pula adalah alamat tempatan MN yang diterima dari *Access Router* (AR). Dalam usaha untuk menetapkan penyerahan, MN perlu menghantar *Local Binding Update* (LBU) kepada MAP dan seterusnya menghantar BU kepada HA dan CN. Dalam keadaan MN menjumpai berbilang MAP semasa *MAP Discovery*, proses pemilihan MAP perlu dibuat. MN seharusnya memilih MAP berdasarkan nilai Preference yang tertinggi di dalam *MAP Option* semasa menerima RA.

iv. Skim Pemilihan MAP

Dalam HMIPv6 skim yang disyorkan iaitu pemilihan MAP berasaskan Jarak (Pyo et al. 2005; Soliman et al. 2008), MN boleh memilih MAP paling jauh untuk mengelakkan kekerapan pendaftaran semula. Proses ini akan berulang sehingga MN menjumpai nilai Valid Lifetime dan Preference yang sesuai pada *MAP Option*. Algoritma ini sesuai untuk MN pantas yang akan melaksanakan penyerahan secara kerap, kerana MN tersebut akan mengurangkan kebarangkalian mengubah MAP yang berkhidmat dan memaklumkan HA dan CN tentang perubahan ini. Kelewatan penyerahan yang lama dan isyarat kos semasa proses BU dengan MAP paling jauh akan meningkatkan kelewatan pendaftaran berbanding MAP terdekat. Skim ini akan menyebabkan lebihan beban MAP dan meningkatkan kekerapan BU apabila prasarana rangkaian membesar (Chung & Lee 2007a). MN akan memilih MAP berdasarkan nilai Preference dan nilai Distance yang ditetapkan di dalam *MAP Option* dan tiada prosedur lanjutan untuk menetapkan ciri-ciri ini. Oleh kerana setiap MN mempunyai ciri-ciri mobiliti yang berbeza, MAP paling jauh tidak mungkin menjadi pilihan yang sesuai untuk semua kategori MN.

Tanpa skim pemilihan MAP yang cekap dan khusus boleh memberi kesan kepada prestasi sistem dan tidak menyokong penyerahan lancar. Oleh itu, banyak penyelidikan telah dilakukan untuk menyelesaikan isu-isu seperti skim pemilihan MAP berasaskan Jarak (DMS), skim pemilihan MAP berasaskan Mobiliti (MMS), skim pemilihan MAP berasaskan Adaptif (AMS) dan skim pemilihan MAP

berasaskan Dinamik (DYMS) (Lei & Kuo 2007). Dalam mereka bentuk skim-skim tersebut, kriteria MAP, MN, topologi rangkaian dan entiti lain yang terlibat perlu dikenalpasti. Teknik seperti pengimbangan beban atau kawalan beban (Bandai & Sasase 2003) boleh disesuaikan untuk menyelesaikan masalah lebihan beban.

v. Literatur berkait dengan Permasalahan

Permasalahan dalam kajian ini bermula dengan isu-isu dalam konteks mobiliti perkhidmatan internet. Dengan kajian literatur di dalam skop protokol internet iaitu IPv6, MIPv6 dan HMIPv6 maka seterusnya telah menemukan isu skim pemilihan MAP bagi menyokong rangkaian mobiliti mikro. Literatur yang ada kebanyakannya adalah berbentuk kajian konsep, piawai antarabangsa (IETF), garis panduan, laporan teknik serta kajian empirikal dalam bidang-bidang lain seperti protokol internet dan pengurusan mobiliti. MIPv6 dan HMIPv6 direka untuk menyokong mobiliti dan pengurusan IP mobiliti mikro dalam IPv6. Tanpa sokongan khusus untuk mobiliti pada IPv6, paket yang ditujukan kepada MN tidak akan tercapai semasa MN berada jauh dari IP subnet *home* (Perkins & Johnson 1996). Salah satu kekurangan dalam protokol MIPv6 ialah bukan untuk menyelesaikan tempatan atau bentuk hierarki pengurusan mobiliti (Johnson et al. 2004; Soliman et al. 2008). Disebabkan 69% daripada pengguna mobiliti adalah tempatan (Kirby 1995), satu skim hierarki yang memisahkan mobiliti mikro dari mobiliti makro adalah lebih diutamakan. Walaupun MIPv6 menyokong mobiliti, ia masih mempunyai isu untuk menyokong penyerahan lancar disebabkan kelewatan yang tinggi (Habaebi 2006).

Pemilihan MAP dan status beban menjelaskan prestasi sistem secara kritikal (Chung & Lee 2007). Pemilihan MAP paling jauh yang diperkenalkan oleh Soliman et al. (2008) menyebabkan kesesakan prestasi dan masalah lebihan beban apabila rangkaian semakin bertambah. Pemilihan MAP juga boleh meningkatkan kekerapan BU, proses *Router Discovery* dan kependaman penyerahan (*handover latency*). Ini membawa kepada isu tambahan pada kos *Packet Tunneling* (PT) apabila terowong antara MN dan MAP mesti ditetapkan untuk menyampaikan paket. Kos PT ini menjadi penting apabila kadar sesi menjadi besar, dan bahkan boleh menyebabkan kenaikan pada jumlah kos (kos BU dan PT) (Pack et al. 2007). Isu lain ialah sekiranya hanya satu MAP dilaksanakan di dalam rangkaian HMIPv6, ia boleh

menjadi kesesakan trafik apabila bilangan MN bertambah. Bagi MN yang bergerak di dalam kawasan terhad pada rangkaian asing, ia tidak perlu untuk memilih MAP paling jauh. Pemilihan MAP paling jauh akan hanya meningkatkan kelewatan pendaftaran disebabkan oleh jarak hop (Wang et al.2008b).

vii. Jurang Kesusasteraan

IPv6 memerlukan sokongan khusus mobiliti apabila paket yang ditujukan kepada MN tidak akan tercapai semasa MN berada jauh dari IP subnet *home*. Pada permulaan seni binanya MIPv6, ia tidak menyokong bentuk hierarki rangkaian tempatan atau *Localize Mobility Management* (LMM) (Xu et al. 2003; Pyo et al. 2005; Kempf Ed 2007a, 2007b; Bedekar et al. 2006). Ia juga mempunyai masalah sokongan pada penyerahan lancar dan kehilangan paket yang tinggi. Oleh kerana kebanyakan pengguna mobiliti adalah tempatan, skim hierarki yang menyokong pengurusan mobiliti mikro adalah lebih diutamakan.

Dalam HMIPv6 pemilihan MAP sebagai ejen *home* berhadapan dengan masalah antara MAP. Skim pemilihan MAP sedia ada iaitu berasaskan Jarak Paling Jauh (Soliman et al. 2008) akan menyebabkan peningkatan beban MAP dan proses kependaman penyerahan walaupun ia boleh mengurangkan kekerapan penyerahan bagi MN berjenis pantas. Kelewatan penyerahan yang lama dan isyarat kos semasa BU ini akan menjelaskan prestasi rangkaian IPv6. Tiada mekanisme kawalan beban yang khusus untuk menangani isu dalam skim Jarak kerana hanya nilai-nilai statik medan seperti Valid Lifetime, Distance dan Preference pada *MAP Option* yang boleh diukur semasa pemilihan. Kajian pula kurang dilakukan pada skim berasaskan Jarak dan tiada nilai-nilai dinamik baru yang khusus untuk mengawal beban diperkenalkan untuk menyelesaikan isu dalam skim ini.

1.3 PERNYATAAN MASALAH

HMIPv6 telah dicadangkan untuk mengendalikan proses BU tempatan antara MAP, yang merupakan ejen pengurusan mobiliti baru agar isyarat trafik pengurusan mobiliti seluruh rangkaian dapat dikurangkan. Dalam MIPv6, masalah untuk menyokong penyerahan lancar wujud semasa operasi disebabkan oleh kelewatan yang lama dan beban isyarat (Zhang 2005; Habaebi 2006). Oleh itu di dalam HMIPv6, nod MAP

telah direka untuk menyokong pengurusan mobiliti mikro dan penyerahan lancar (Soliman et al. 2008). Walau bagaimanapun berdasarkan kajian, pemilihan MAP berasaskan Jarak (Paling Jauh) oleh HMIPv6 menyebabkan lebihan beban MAP dan meningkatkan masalah kekerapan BU apabila rangkaian semakin meluas (Chung & Lee 2007a). Algoritma ini hanya sesuai untuk MN pantas yang akan melaksanakan kekerapan penyerahan kerana ia akan mengurangkan kebarangkalian mengubah kepada MAP baru dan memaklumkan HA dan CN untuk proses BU. Walaupun HMIPv6 cuba untuk memperbaiki BU antara MAP tempatan dan CN, kerumitan pengurusan rangkaian meningkat kerana lebih banyak entiti rangkaian yang akan terlibat seperti MAP, alamat tambahan dan proses BU tempatan. Oleh itu, dalam hierarki MAP pelbagai aras, pertambahan paket terowong dan paket terkapsul akan mengurangkan kecekapan dan prestasi.

Banyak kajian telah dilakukan seperti skim Jarak, Mobiliti (Pack et al. 2004; Bandai & Sasase 2003; Vilhar 2007; Joe & Lee 2009), Adaptif (Pack et al. 2005; Hu et al. 2005; Dawei et al. 2007; Chen et al. 2007; Randy et al. 2009; Jeong et al. 2011; Ge Yunsheng 2011a) dan Dinamik (Lee & Choe 2006; Lei & Kuo 2007; Kawano et al. 2008; Taleb et al. 2009; Yang & Chih 2011; Chung et al. 2012; Ge Yunsheng. 2011a). Terdapat juga jenis-jenis yang disokong dan disepadukan dengan mekanisme kawalan beban (Pack et al. 2004; Bandai & Sasase 2003; Wan et al. 2005; Ito et al. 2006; Chen & Huang 2009; Ge Yunsheng. 2011b). Kurang kajian yang menyentuh pada skim berasaskan Jarak dan masih tiada lagi pendekatan baru diperkenalkan (hanya skim Terdekat dan Paling Jauh).

Pemilihan MAP dan status beban menjelaskan prestasi rangkaian secara kritikal kerana ia meningkatkan beban MAP dan juga kekerapan BU. Mekanisme pemilihan MAP secara dinamik oleh Wang et al. (2008b, 2009b) hanya cuba mengatasi kos BU dan kos penghantaran paket. Dalam kajian Barkosaraei & Aghvami (2012) pula, cuba mengatasi masalah kos penyerahan semasa pemilihan MAP melalui penilaian kos pada penghala akses. Manakala dalam (Chung & Lee 2007a; Chung et al. 2012) mencadangkan skim dinamik yang mengagihkan beban di kalangan MAP dan memilih MAP yang optimum berdasarkan kriteria mobiliti MN. Dalam kajian terkini di atas, masalah lebihan beban MAP pula masih belum dapat dikawal secara efisien dari segi kekerapan BU dan juga penyerahan lancar.

Kajian ini akan menyelidik skim-skim sedia ada dan faktor-faktor yang mempengaruhi beban pada MAP. Kajian ini seterusnya akan memperkenalkan peningkatan skim pemilihan MAP dalam HMIPv6 dengan mengambil kira kawalan beban MAP secara dinamik, kelajuan MN, kos BU dan faktor-faktor lain. Pendekatan ini akan memberi tumpuan kepada skim berasaskan Jarak untuk meningkatkan prestasi LMM dan mengurangkan proses BU yang berlebihan dalam MAP dengan menitiberatkan beban MAP (Pyo et al. 2005). Penilaian terhadap keberkesanan skim pemilihan MAP pada prestasi beban dan penyerahan lancar dan rangkaian pada LMM adalah penting dalam mereka bentuk skim tersebut.

1.4 OBJEKTIF KAJIAN

Tumpuan utama kajian ini adalah untuk mencadangkan peningkatan skim pemilihan MAP dalam protokol HMIPv6. Skim yang dicadangkan akan digabungkan dengan mekanisme kawalan beban dinamik dan algoritma pengesanan kelajuan MN. Berikut adalah objektif utama penyelidikan yang berkaitan;

- i. Menyiasat skim pemilihan MAP sedia ada oleh operasi MN dalam protokol HMIPv6.
- ii. Mentakrifkan dan menganalisis isu-isu yang mesti dipertimbangkan semasa mereka bentuk skim pemilihan MAP baru.
- iii. Memperkenalkan dan melaksanakan skim pemilihan MAP baru melalui kaedah simulasi untuk mencapai prestasi penyerahan lancar dalam rangkaian mobiliti mikro atau LMM.
- iv. Menilai cadangan skim pemilihan MAP secara kuantitatif dan kualitatif dari segi penyerahan lancar dan kawalan beban MAP.

1.5 PERSOALAN KAJIAN

Berdasarkan kepada permasalahan kajian serta objektif yang telah dikenalpasti maka soalan-soalan penyelidikan dinyatakan seperti berikut;

Soalan Penyelidikan 1: Apakah isu-isu dalam skim pemilihan MAP berasaskan Jarak dan skim-skim sedia ada dalam protokol HMIPv6?

- Soalan Penyelidikan 2:** Apakah faktor-faktor dan kriteria yang MN perlu pertimbangkan secara optimum untuk memilih satu atau lebih MAP yang terdapat di dalam domain yang sama?
- Soalan Penyelidikan 3:** Adakah mungkin untuk memperkenalkan skim pemilihan MAP baru atau menyokong algoritma yang lain bagi mencapai penyerahan lancar dan mengurangkan lebihan beban MAP pada LMM?
- Soalan Penyelidikan 4:** Apakah cara terbaik untuk melaksanakan model yang menunjukkan skim pemilihan MAP yang dicadangkan boleh digunakan?
- Soalan Penyelidikan 5:** Adakah cadangan skim lebih baik dan setanding dengan skim sedia ada secara kuantitatif dan kualitatif?

1.6 KEPENTINGAN KAJIAN

Protokol mobiliti mikro adalah perlu untuk menyokong penyampaian pelbagai jenis trafik termasuk usaha terbaik dan trafik masa sebenar. Namun hanya terdapat kajian yang sedikit pada model QoS yang sesuai untuk mobiliti mikro (Cambell 2002). Antara kepentingan dalam penyelidikan ini adalah:

- i. Meningkatkan prestasi dalam servis mobiliti (QoS). Kesan kepada Perkhidmatan Internet & Aplikasi (seperti Broadband, Multimedia, VoIP), infrastruktur dan industri.
- ii. Protokol IPv6 dapat menyokong Inisiatif Perkhidmatan Maklumat, Komunikasi dan Multimedia Malaysia 886-MyICMS 886 (KeTTHa 2006). IPv6 merupakan salah satu infrastruktur dalam pelaksanaan pelan MyICMS 886. Ia dijangka memainkan peranan penting dalam pengenalan perkhidmatan internet terkini dan kediaman digital. Semua penghala teras perlu menyokong IPv6 (KeTTHa 2006; MAMPU 2010, 2011). Beberapa pengeluar penghala perusahaan seperti Cisco, Juniper Networks, Palo Alto Networks, Mikrotik, Sonicwall, HP, Fortinet dan Brocade telah memperoleh status "*IPv6 Ready Routers*" sehingga Januari 2013. (*IPv6 Ready Routers* 2013; Enterprise Routers 2013).

- iii. Menyokong kajian Pengurusan Mobiliti Setempat atau *Local Mobility Management* (LMM).

Protokol IP mobiliti mikro dalam IP LMM adalah pelengkap IP Mobiliti dengan menawarkan kelajuan serta kelancaran kawalan penyerahan di kawasan geografi yang terhad, dan *IP paging* menyokong skala dan pemuliharaan kuasa. Untuk mengurangkan prestasi yang lemah semasa penyerahan, protokol mobiliti mikro menyokong dengan cepat, lancar dan Pengurusan Mobiliti Setempat (Bedekar 2007).

- iv. Memperluaskan bidang kajian skim pemilihan MAP berdasarkan Jarak.

Banyak penyelidikan telah dilakukan seperti skim Mobiliti dan Adaptif. Kurang kajian yang menyentuh pada skim berdasarkan Jarak dan tiada pendekatan peningkatan baru diperkenalkan (hanya Terdekat dan Paling Jauh).

- v. Untuk mencapai penyerahan lancar dengan menyembunyikan lokasi MN dari CN dan HA semasa proses penyerahan.

Tujuan utama protokol HMIPv6 adalah untuk mencapai prestasi yang lancar dengan mengurangkan kependaman pada BU tempatan. Salah satu proses ialah pemilihan satu atau lebih MAP di dalam domain yang sama.

1.7 SKOP KAJIAN

Kajian ini akan memberi tumpuan kepada skim pemilihan MAP dalam HMIPv6 yang menyokong LMM dan memperkenalkan skim baru yang meningkatkan prestasi BU dan mengurangkan lebihan beban pada MAP. Pendekatan yang akan dijalankan berdasarkan seni bina dalam peningkatan skim berdasarkan Jarak serta menyokong pengurusan mobiliti mikro dalam HMIPv6. Untuk meningkatkan prestasi, mekanisme kawalan beban MAP dinamik dan algoritma pengesanan kelajuan MN akan dimasukkan kepada skim itu semasa fasa reka bentuk model.

Di peringkat pelaksanaan, skim ini akan melakukan pengujian melalui kajian eksperimentasi dan simulasi rangkaian OMNeT++ (Varga 1999, 2001; OMNET Community 2012). Data mobiliti akan dijana dari kajian kes disebabkan oleh kurangnya data empirikal dan tiada pelaksanaan komersil protokol HMIPv6 (Zarrar Yousaf 2010). Melalui kajian pada skim terkini dan terbaru, beberapa kriteria dan parameter yang dipilih dalam menilai skim seperti jarak dan beban MAP, kelajuan

MN, kadar penyerahan, kos BC dan kos BU, kehilangan paket dan juga kos isyarat. Parameter ini akan dianalisa dengan skim yang sedia ada melalui senario rangkaian yang direka dalam kajian ini untuk mendapatkan keputusan yang setanding. Pengesahan skim baru akan dilakukan melalui pengujian secara kualitatif dan kuantitatif berbanding pemilihan skim asas dan terkini.

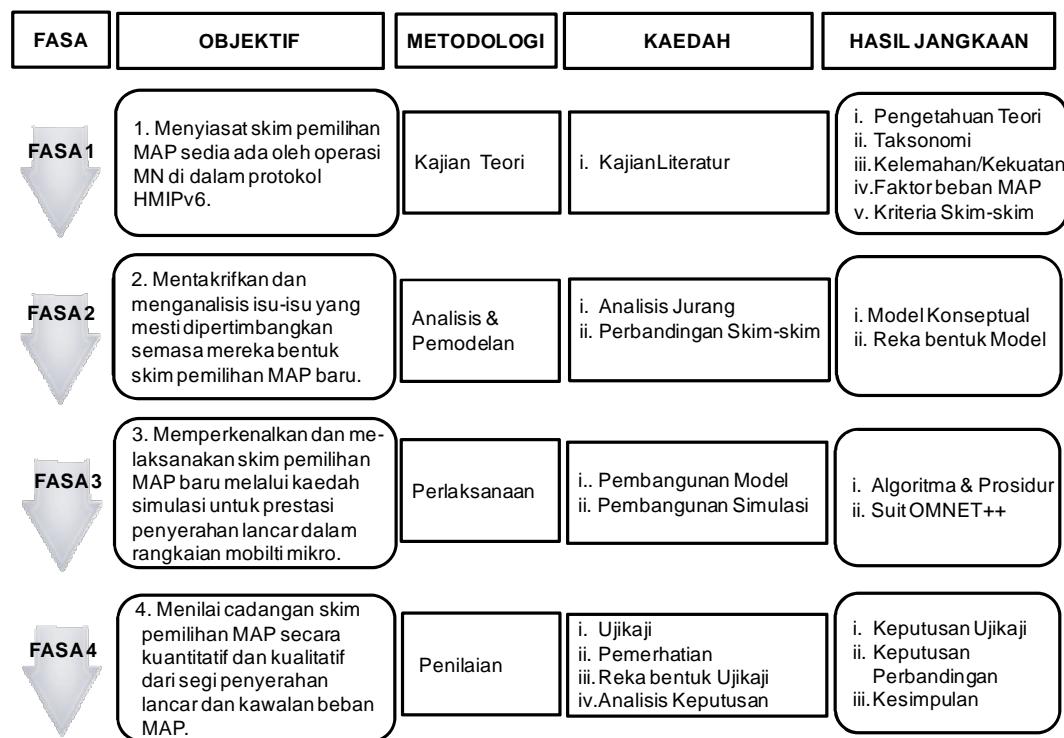
1.8 METODOLOGI KAJIAN

Fokus utama kajian ini adalah untuk mencadangkan meningkatkan skim pemilihan MAP dalam protokol HMIPv6. Skim yang dicadangkan akan digabungkan dengan mekanisme kawalan beban dan algoritma pengesahan kelajuan MN. Metodologi penyelidikan dibangunkan dalam empat fasa utama termasuk kajian teori, analisis dan permodelan, pelaksanaan dan penilaian. Dari empat fasa ini, kesimpulan dan cadangan disediakan di akhir kajian ini. Fasa-fasa metodologi yang diikuti pada penyelidikan ini adalah seperti dalam Rajah 1.4.

Pertama, kajian teori yang mendahului pembangunan termasuk penyelidikan latar belakang masalah kajian dan mengenal pasti objektif serta skop kajian telah dilakukan. Kajian teori dirujuk kepada kesusasteraan dalam penerbitan kertas kerja dan jurnal khususnya dalam skop skim pemilihan MAP iaitu sebanyak empat puluh dua penerbitan. Pada fasa ini, ulasan menyeluruh telah dibuat iaitu mengenai skim pemilihan MAP serta isu-isu dalam skim pemilihan MAP yang sedia ada. Ciri-ciri BU, kawalan beban MAP dan isu halaju MN juga telah dikaji. Di samping itu, pengetahuan teori dalam skim pemilihan MAP dan model yang dicadangkan dari analisis jurang dalam kajian kesusasteraan yang dibentangkan dalam Bab II.

Kedua, kajian eksperimen yang terdiri fasa seterusnya iaitu analisis dan permodelan, pelaksanaan dan penilaian dilakukan berikutnya selepas kajian teori. Sebahagian pelaksanaan analisis dan permodelan menunjukkan output model algoritma dan konsep yang dicadangkan. Selepas itu, pembangunan pelaksanaan model telah dijalankan untuk melaksanakan fasa penilaian. Fasa terakhir telah dilakukan melalui perbandingan model yang dicadangkan dengan skim-skim lain untuk menghasilkan keputusan dan dapatan. Ciri-ciri yang diukur semasa fasa ini digunakan dari penyelidikan teori termasuk parameter seperti beban MAP, kos BU

dan kehilangan paket. Dalam kajian eksperimen ini juga, pengesahan dilakukan pada setiap fasa dalam metodologi yang dicadangkan.



Rajah 1.4 Metodologi kajian

1.9 STRUKTUR ORGANISASI TESIS

Penulisan tesis ini disusun kepada lapan bab. Struktur organisasi tesis ini dibincangkan secara ringkas seperti berikut:

Dalam bab ini, domain latar belakang penyelidikan, pernyataan masalah, soalan kajian, objektif kajian, skop kajian, metodologi penyelidikan dan kepentingan penyelidikan diperkenalkan.

Bab II menyediakan kajian literatur dan penerangan terperinci tentang IPv6, MIPv6 dan protokol HMIPv6 dengan batasan, serta gambaran keseluruhan skim pemilihan MAP. Dalam bab ini, motivasi untuk menjalankan penyelidikan dibincangkan melalui kajian literatur yang relevan dalam skim pemilihan MAP. Permasalahan dan batasan yang ditemui dalam kerja-kerja sebelum ini diambilkira melalui analisis jurang.

Bab III membincangkan metodologi penyelidikan dan cadangan metodologi bagi pelaksanaan Skim Pemilihan MAP berasaskan Jarak dengan Kawalan Beban Dinamik (DMS-DLC). Susun atur pelan penyelidikan keseluruhan juga akan dibentangkan. Kajian dimulakan dengan cadangan skim diperkenalkan melalui penyelidikan teori. Peringkat kedua, penyelidikan eksperimen yang terdiri fasa lain seperti analisis dan permodelan, pelaksanaan, pengesahan data dan penilaian dilakukan selepas penyelidikan teori. Akhir sekali, keputusan dan dapatan dianalisis oleh penilaian langkah-langkah prestasi berbanding di antara skim yang dicadangkan dengan skim-skim lain.

Bab IV memperkenal dan mereka bentuk konsep model baru skim pemilihan MAP dalam HMIPv6 yang dicadangkan berserta gambar rajah terperinci dan algoritma yang dihasilkan dari konsep teori. Ia juga menyediakan dan mengenalpasti isu-isu yang mesti dipertimbangkan semasa mereka bentuk skim pemilihan MAP. Bab ini juga mencadangkan dan menerangkan kaedah untuk mengukur prestasi kriteria yang dipilih.

Bab V memberi tumpuan kepada pelaksanaan dan pembangunan model reka bentuk, setelah diterjemahkan dari model konsepsual skim pemilihan MAP. Algoritma kawalan beban dinamik dan pengesahan kelajuan MN dibangunkan. Modul utama yang menjalankan semua algoritma direka dan dirujuk sebagai untuk Skim Pemilihan MAP berasaskan Jarak dengan Kawalan Beban Dinamik (DMS-DLC). Pemerhatian serta pengesahan dijalankan dan keputusan direkodkan berdasarkan kriteria yang telah dibentangkan dalam Bab IV.

Bab VI memberi tumpuan kepada penilaian dan pemerhatian kaedah yang dicadangkan. Dalam usaha untuk mengeluarkan keputusan penilaian yang boleh dipercayai dan tepat, keputusan ditunjukkan dalam data berstatistik, pemplotan graf dan imej output dari pembangunan model DMS-DLC dan algoritma yang berkaitan. Keputusan yang diperolehi kemudiannya direkodkan yang mana telah dibentangkan terhadap pengesahan dan set data dari kajian kes.

Bab VII menyampaikan perbincangan hasil dari skim yang dicadangkan (DMS-DLC dan DMS-DLC(S)) dengan skim-skim yang dibandingkan (Terdekat,

Paling Jauh dan Dinamik). Hasil pemerhatian seterusnya diperbincangkan dan diringkaskan. Pengukuran ini disahkan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif di antara skim-skim yang dipertimbangkan atau skim-skim yang dianggap setanding.

Bab VIII mengakhiri tesis dengan pembentangan kesimpulan. Ia memberi tumpuan kepada perbincangan umum dan menyeluruh, sumbangan serta kekuatan penyelidikan kepada bidang dan kajian masa hadapan.

1.10 RINGKASAN

Bab ini menyediakan latar belakang subjek dan menyatakan masalah dan isu-isu yang membawa kepada kajian ini. Kajian ringkas literatur tentang masalah dikenalpasti untuk mengenangkan kekurangan dalam kesusasteraan terkini dan mengenal pasti kekurangan yang perlu ditangani dalam kajian ini. Kajian penyelidikan ini direka berdasarkan Pengurusan Mobiliti Skim Pemilihan MAP dalam HMIPv6 oleh Soliman et al. (2008). Pada asasnya kajian ini meneroka isu dalam pengurusan mobiliti mikro khususnya dalam protokol HMIPv6. HMIPv6 adalah lanjutan kepada MIPv6 untuk mengurangkan kependaman BU dan menyokong penyerahan lancar. Kesan pemilihan MAP pada prestasi penyerahan dan rangkaian perlu dikaji kerana ia adalah penting untuk mereka bentuk dan menilai skim pemilihan MAP yang efisien.

Bab ini juga mengemukakan struktur keseluruhan tesis. Ia mengandungi empat fasa yang terdiri dengan jumlah lapan bab. Dalam bab berikutnya dibentangkan kajian literatur dengan gambaran terperinci MIPv6 dan protokol lanjutannya iaitu HMIPv6. Perbincangan akan menumpukan pada isu-isu yang dibangkitkan oleh protokol ini khususnya dalam skim pemilihan MAP serta pengoperasiannya.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 PENGENALAN

Bab ini akan memberi tinjauan terperinci tentang MIPv6 dan protokol lanjutannya iaitu HMIPv6. Kemudian akan diperbincangkan isu-isu yang dibangkitkan oleh protokol ini khususnya dalam skim pemilihan MAP. Objektif bab ini adalah untuk menerangkan permasalahan dalam kajian ini berkaitan skim pemilihan MAP dalam protokol HMIPv6 dan juga untuk menjelaskan faktor-faktor seperti *MAP Discovery*, LBU, beban MAP serta kriteria berkaitan yang memberi kesan kepada prestasi rangkaian. Perbincangan ini akan membantu untuk mengenal pasti isu-isu berkaitan dalam penyelidikan ini terutamanya faktor-faktor yang perlu bagi MN mempertimbangkan secara optimum untuk memilih satu atau lebih MAP di dalam rangkaian berhierarki. Dari pada isu-isu ini seterusnya akan menyumbang kepada pengetahuan teori dan idea-idea konsep untuk kajian ini.

Bab ini juga membentangkan kajian semula ke atas konsep dan kajian empirikal yang terdahulu untuk menyediakan asas siasatan lanjut pada tema kajian ini iaitu Skim Pemilihan MAP Berasaskan Jarak dengan Kawalan Beban Dinamik atau Distance-Based MAP Selection Scheme with Dynamic Load Control (DMS-DLC).

2.2 PROTOKOL INTERNET

2.2.1 Cabaran Pengurusan Mobiliti

Pemahaman pada isu-isu dalam konteks mobiliti membawa kepada permasalahan sokongan mobiliti di internet serta kekangan teknikal yang perlu ditangani (Valadon 2008). Kategori utama kekangan tersebut adalah seperti yang disenaraikan di bawah:

i. Kehilangan isyarat dan penghantaran

Protokol pengangkutan yang paling popular iaitu TCP dan UDP tidak direka khas untuk mengendalikan perubahan alamat IP. Oleh itu, komunikasi yang berterusan terhenti berfungsi selepas pergerakan ke rangkaian asing yang baru dan jauh dari rangkaian *home*. Sambungan sedia ada antara MN dan CN pula akan terhenti. Begitu juga, aplikasi perlu untuk melaksanakan mekanisme baik pulih secara automatik dari sambungan juga terputus. Walau bagaimanapun, kebanyakan aplikasi tidak mempunyai mekanisme tersebut dan secara praktik, pengguna perlu memulakan sambungan baru secara manual. Namun, aplikasi kritikal tidak boleh bertolak ansur dengan keadaan ini.

ii. Perubahan IP

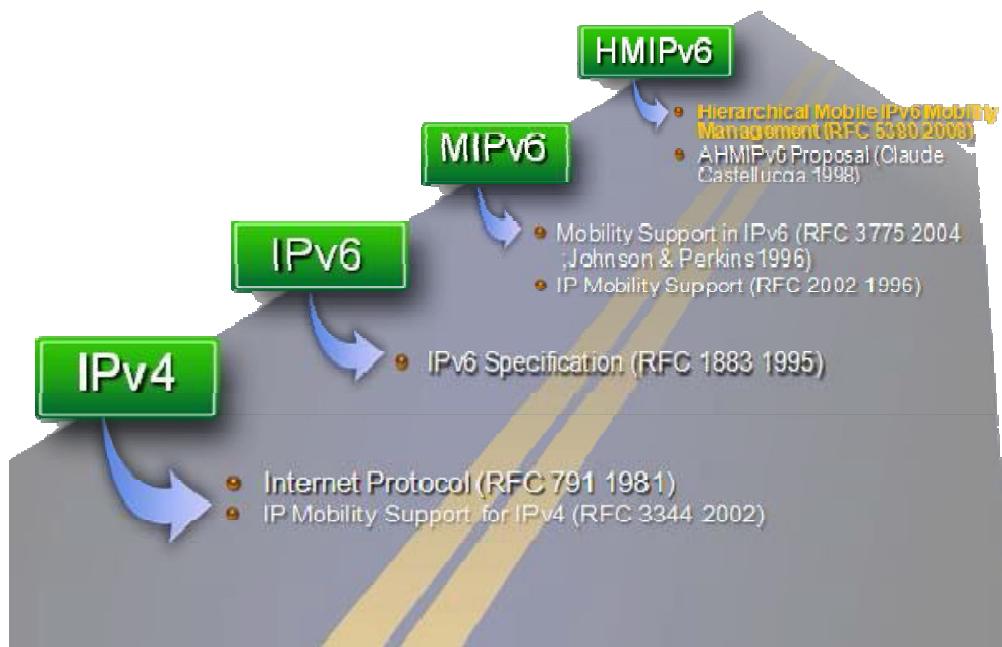
Disebabkan laluan internet dan seni bina alamat, alamat IP MN mesti disesuaikan dengan lokasi fizikal pada setiap masa. Sebaliknya, ia tidak akan dapat menerima dan menghantar paket kepada CN. Oleh yang demikian, MN tidak boleh menggunakan alamat IP yang sama di mana sahaja ia bergerak dan perlu mendapatkan alamat baru apabila ia masuk ke dalam rangkaian yang berlainan atau penghala akses yang berbeza. Proses perubahan alamat IP baru yang disebabkan oleh subnet berbeza, MN perlu memaklumkan kepada ejen rangkaian *home*. Proses mesti dilakukan untuk memastikan penubuhan alamat *home* dan alamat IP pada MN. Oleh itu, CN yang masih bersambung boleh mengetahui alamat yang baru untuk memastikan semua paket diterima.

iii. Masalah Penyerahan

Dalam konteks mobiliti, komunikasi hujung-ke-akhir mewakili satu cabaran teknikal yang penting kerana ia mesti boleh bertahan dengan perubahan alamat IP dan dari terputus perhubungan. Walau bagaimanapun, pertukaran isyarat yang diperlukan untuk kemas kini lokasi baru akan sentiasa menyebabkan beberapa gangguan kepada sambungan yang sedang aktif dan beberapa paket akan hilang semasa proses ini. Masalah ini juga akan berhadapan senario yang berbeza jika penyerahan berlaku dalam domain lain yang melibatkan kumpulan MN yang berbeza IP dan bergerak dengan kelajuan pantas. Masalah kelewatan dan isyarat penyerahan (Zhang 2005) akan menambahkan lagi pada beban trafik rangkaian.

2.2.2 Isu-isu Protokol Internet

IP versi sedia ada seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1 (dikenali sebagai Versi 4 atau IPv4) tidak banyak berubah sejak RFC 791 (Postel 1981) diterbitkan pada tahun 1981. IPv4 telah terbukti kukuh, mudah dilaksanakan dan saling beroperasi dan telah terbukti stabil dengan ujian skala antara rangkaian untuk utiliti global bagi saiz Internet masa kini. Walau bagaimanapun, reka bentuk awal tidak menjangka akan adanya peningkatan saiz alamat IP dan pertumbuhan Internet masa akan datang. Untuk isu pengalaman ini dan kebimbangan lain, Pasukan Petugas Kejuruteraan Internet atau *Internet Engineering Task Force* (IETF) telah mengembangkan suit protokol dan piawaian yang dikenali sebagai IP versi 6 atau IPv6 (Hinden & Derring 1995a, 1995b; Deering & Hinden 1998). Versi baru ini yang sebelumnya dikenali sebagai *IP Next Generation* (IPng), menggabungkan konsep pelbagai kaedah yang dicadangkan untuk kemas kini protokol IPv4. Reka bentuk IPv6 sengaja disasarkan untuk impak yang minimum ke atas protokol lapisan atas dan bawah dengan mengelakkan penambahan rawak ciri-ciri baru (Microsoft 2008 Server 2008). Oleh itu IPv6 memerlukan sokongan mobiliti untuk memastikan paket yang ditujukan kepada MN dicapai manakala ia jauh dari HoA (Johnson et al. 2004). Protokol mobiliti iaitu Mobile IPv6 (MIPv6) membenarkan penghalaan (*routing*) secara telus paket IPv6 kepada MN. Walaupun ia menyokong mobiliti, ia masih mempunyai masalah kepada penyerahan lancar disebabkan oleh kadar kelewatan yang tinggi.



Rajah 2.1 Hala tuju protokol Internet

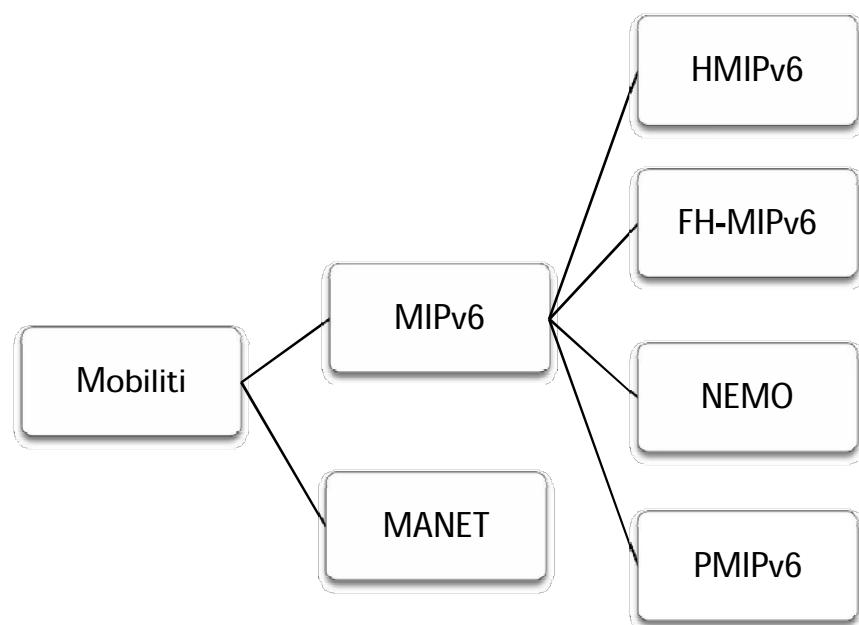
Soliman et al. (2008) mencadangkan lanjutan pada MIPv6 iaitu Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) yang bertujuan untuk mengurangkan jumlah isyarat antara MN dan CN semasa penyerahan dan untuk meningkatkan prestasi dari segi kelajuan penyerahan. Dengan penggunaan nod baru iaitu MAP, ianya boleh menyokong pengurusan mobiliti mikro (Kempf Ed 2007). Namun begitu, skim pemilihan MAP Paling Jauh pada HMIPv6 boleh menyebabkan lebihan beban MAP dan meningkatkan masalah kekerapan BU apabila rangkaian semakin meluas.

Pertimbangan yang sangat penting semasa mereka bentuk skim pemilihan MAP adalah untuk membolehkan pengkaji tidak hanya melakukan simulasi protokol HMIPv6 yang tepat pada senario rangkaian yang berbeza tetapi juga membolehkan mereka membangunkan prototaip dengan pantas dan algoritma untuk pembangunan seterusnya berdasarkan pengurusan mobiliti. Ketepatan mobiliti dalam IPv6 telah disahkan dengan mematuhi piawaian yang berkaitan dan pengujian ketepatan operasi dan prestasi model MIPv6 terhadap platform ujian sebenar MIPv6 (Zarrar Yousaf 2008).

2.3 MOBILE IPv6 (MIPv6)

Mobiliti IP boleh dikelaskan dalam beberapa jenis seperti MIPv6 (Johnson et al. 2004) dan *Mobile Ad-Hoc Network* (MANET) (Corson & Macker 1999; Lee & Riley 2005) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2. Lanjutan kepada MIPv6 pula boleh dikategorikan kepada HMIPv6, *Fast Handovers MIPv6* (FH-MIPv6) (Koodli 2005, 2009), *Network Mobility* (NEMO) (Devarapalli et al. 2005; Thubert 2007; Ernst & Lach 2007) dan *Proxy Mobile IPv6* (PMIPv6) (Gundavelli et al. 2008; Soliman & Giaretta 2007). Klasifikasi ini adalah berkaitan dengan kajian oleh Campbell & Gomez (2001).

MIPv6 memperkenalkan konsep-konsep yang menyokong pengkomputeran IPv6 mudah alih iaitu dengan penggunaan *Home Address* (HoA), *Care-of Address* (CoA), *Binding Update* (BU) dan *Home Agent* (HA). Dalam MIPv6 setiap MN sentiasa dikenal pasti oleh HoA tanpa mengira kedudukan terkini dalam rangkaian Internet. Walaupun terletak jauh dari *home link*, MN juga dikaitkan dengan CoA dan HA yang menyediakan maklumat mengenai lokasi terkini MN. Paket IPv6 yang dialamatkan kepada HoA pada MN dihalakan secara telus kepada CoA (Johnson et al. 2004) .



Rajah 2.2 Klasifikasi mobiliti IP

Protokol ini membolehkan nod-nod IPv6 menyimpan maklumat pengikatan alamat HoA dengan CoA, dan kemudian menghantar semua paket yang ditujukan untuk MN secara langsung kepada CoA ini (Microsoft 2003; Mun & Lee 2005; Introduction to IPv6 Architecture 2008).

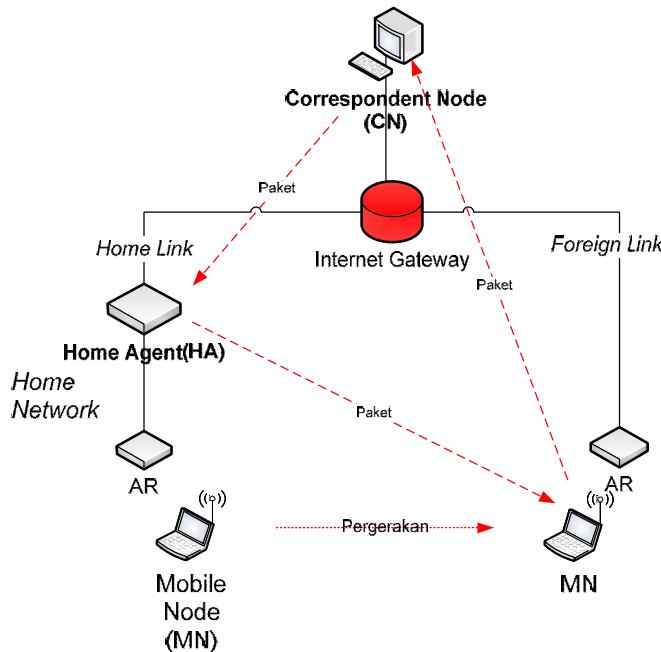
MIPv6 banyak berkongsi ciri-ciri dengan Mobile IPv4 (MIPv4) (Perkins 2002; Ahmadi 2012) tetapi telah disepadukan ke dalam IPv6 yang menawarkan banyak penambahbaikan lain. Jadual 2.1 di bawah menerangkan perbezaan utama antara MIPv6 dan MIPv4.

Jadual 2.1 Perbezaan MIPv4 dan MIPv6

Ciri-Ciri Utama	MIPv4	MIPv6
Penghala khas sebagai "ejen asing"	Ya	Tidak
Sokongan untuk pengoptimuman penghalaan	Sebahagian dalam protokol	Skala global untuk MN dan CN
Menjamin Pengesanan <i>Unreachability Neighbor IPv6</i> pencapaian simetri antara MN dan penghala sedia ada di lokasi semasa	Tidak	Ya
Jumlah overhed <i>bandwidth routing</i>	Bertambah	Berkurang
Pemisahan dari lapisan pautan	Tidak	<i>Menggunakan Neighbor Discovery IPv6</i>
Pengurusan <i>tunnel soft state</i>	Ya	Pengkapsulan IPv6 (dan <i>routing header</i>)
Penemuan HoA dinamik	Tidak	Ya

2.3.1 Istilah Permulaan MIPv6

Seksyen ini membentangkan istilah-istilah yang akan digunakan pada keseluruhan tesis ini seperti dalam Rajah 2.3 yang menerangkan terma-terma dalam topologi rangkaian MIPv6 (Manner & Kojo 2004).



Rajah 2.3 Topologi rangkaian MIPv6

i. Alamat

- Mobility Header:** sejenis *header* rangkaian baru yang digunakan untuk membawa isyarat paket MIPv6 berkaitan. Ia dibawa secara langsung kepada IPv6.
- Home Address (HoA):** alamat tetap IPv6 yang dimiliki untuk *home prefix* MN atau pengecam.
- Care-of Address (CoA):** alamat IPv6 yang dimiliki oleh rangkaian di mana MN berada secara fizikal. CoA berubah sebagaimana MN bergerak; ianya juga adalah sebagai pencari.

ii. Binding

- Binding Update (BU):** Digunakan oleh MN untuk memberitahu CN atau HA perihal *binding* semasa MN. BU dihantar kepada HA kepunyaan MN untuk mendaftar CoA utamanya dan ditandakan sebagai "*home registration*".
- Binding Cache (BC):** adalah pangkalan data (jadual penghalaan) yang mengandungi pemetaan antara HoA dan CoA.

c. **Binding Acknowledgement (BA):** *Binding Acknowledgement* digunakan untuk mengakui penerimaan satu BU. Jika pengakuterimaan telah diminta pada *Binding Update*, BU akan dihantar kepada HA, atau ralat telah berlaku.

iii. Nod-nod

- a. **Home Agent (HA):** penghala tertentu yang terletak di rangkaian *home*. Ia melantik *Home Address* (HoA) dari *home prefix* kepada MN, dan mengajukan trafik data yang berkaitan dengan MN.
- b. **Mobile Node (MN):** nod yang menyimpan HoA selepas menukar rangkaian yang dihubungkan. Nod yang melaksanakan HMIPv6.
- c. **Correspondent node (CN):** nod yang berkomunikasi dengan MN. Ia boleh melaksanakan MIPv6 jika ia menyokong *Return Routability Procedure*.

iv. Rangkaian

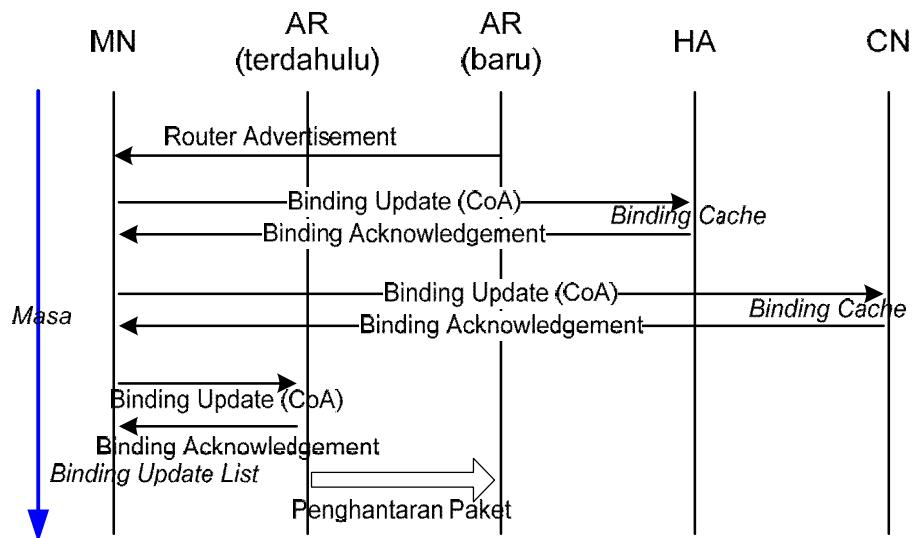
- a. **Home network:** rangkaian di mana HA terletak. *Home prefix* dan seterusnya HoA kepunyaan rangkaian ini.
- b. **Visited network:** di mana MN terletak; CoA milik awalan IPv6 pada rangkaian ini.
- c. **Home Link:** pautan *home prefix subnet* MN yang ditakrifkan.
- d. **Foreign link:** Mana-mana pautan selain daripada pautan asal MN.

2.3.2 Operasi MIPv6

Dalam MIPv6, MN adalah dikenal pasti oleh HoA, tidak kira di mana ia dihubungkan secara terkini. Walaupun jauh dari rangkaian asal, MN mendaftar CoA utamanya dengan penghala pada pautan asal dan meminta penghala ini berfungsi sebagai HA untuk MN. Apabila MN berubah dari satu subnet kepada yang lain atau penghala akses baru, ia perlu memperolehi CoA baru melalui proses *autoconfiguration*. Penyatuan antara HoA dan CoA dipanggil *Binding Update* (BU). Apabila MN mendapat CoA, ia akan memberitahu HA dan CN dengan mesej BU tersebut. HA akan mengekalkan pemetaan antara HoA dan CoA, yang dikenali sebagai *Binding Cache* (BC).

Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3, dalam segi tiga penghalaan, semua paket yang dihantar kepada MN mesti disalurkan terlebih dahulu dengan subnet asal MN, dan kemudian dikemukakan kepada lokasi MN semasa oleh HA. MN boleh berkomunikasi secara langsung dengan CN manakala CN hanya berkomunikasi secara tidak langsung dengan MN melalui HA (Perkins & Johnson 1996). MIPv6 membolehkan MN bergerak dalam topologi Internet dan pada masa yang sama mengekalkan kecapaian dan sambungan berterusan antara MN dan CN (Johnson & Perkins 2003). Untuk melakukan ini, MN akan menghantar BU kepada HA dan semua CN yang sedang berkomunikasi setiap kali ia bergerak. Semua HA dan CN mengekalkan pendaftaran ini dalam rekod BC manakala MN mengekalkan senarai setiap ikatan dengan nod tertentu dalam senarai BU atau *Binding Update List* (BUL). Dalam Rajah 2.4 menunjukkan proses BU antara MN dengan HA dan semua CN.

Walaupun MIPv6 menyokong mobiliti, ia mempunyai masih masalah pada sokongan penyerahan lancar disebabkan oleh kelewatan dan kehilangan paket dengan kadar yang tinggi (Vivaldi et al. 2003). Setiap pergerakan MN kepada penghala akses baru akan memperolehi CoA baru dan perlu memaklumkan BU kepada HA dan CN untuk setiap penyerahan. Kelewatan tersebut tidak dapat dielakkan kerana wujudnya faktor jarak antara MN dan HA di dalam rangkaian global.



Rajah 2.4 Prosedur penyerahan dalam MIPv6