**Delay Tolerant Network**

**Kelompok 7**

* *Nanda Ravenska (**nann8991@yahoo.com**)*
* *Verianti Azhari R (**ririzahri@yahoo.com**)*
* *Amanda Minessa (**amanda.minessa@yahoo.com**)*
* *Hera Rahayu (**hera.acinn@yahoo.com**)*
* *Fitri Apriliani (**fian\_season@yahoo.co.id**)*
* *Sendy Cyntya E (sendy\_cyntya@yahoo.com)*

***Lisensi Dokumen:***

*Copyright © 2003-2007 IlmuKomputer.Com*

*Seluruh dokumen di IlmuKomputer.Com dapat digunakan, dimodifikasi dan disebarkan secara bebas untuk tujuan bukan komersial (nonprofit), dengan syarat tidak menghapus atau merubah atribut penulis dan pernyataan copyright yang disertakan dalam setiap dokumen. Tidak diperbolehkan melakukan penulisan ulang, kecuali mendapatkan ijin terlebih dahulu dari IlmuKomputer.Com.*

Makalah ini menjelaskan tentang aristektur delay tolerant network yang sebelumnya dirancang untuk interplanetary internet, sebuah sistem komunikasi yang menyediakan layanan internet namun dapat diakses sekalipun jaraknya interplanetary. Lebih dalamnya makalah ini menjelaskan tentang segala macam yang berkaitan dengan arsitektur ini misalnya definisi, alas an dibentuknya arsitektur DTN, keamanan DTN dan lain sebagainya.

**Pendahuluan**

Delay didefinisikan sebagai selisih waktu antara saat pengiriman blok (sebuah bit atau sebuah paket data) informasi pada sumber dan saat penerimaan blok informasi tersebut di sisi penerima. Secara umum, delay yang terjadi dalam jaringan telekomunikasi disebabkan oleh delay transmisi dan delay switching. Delay transmisi tergantung pada jarak yang harus ditempuh antara sumber dengan tujuan dan juga tergantung pada jenis media transmisinya, tetapi tidak tergantung pada teknik pengiriman data yang digunakan. Delay transmisi terjadi karena terbatasnya kecepatan sinyal dalam media. Delay switching adalah delay total yang diperlukan sebuah sel untuk melalui perangkat switching, yaitu sejak sel masuk ke inlet switching hingga berada di outlet perangkat switching tersebut. Kecepatannya bergantung pada kecepatan internal switch dan proses-proses penambahan bit informasi yang diperlukan.

Arsitektur DTN (Delay Tolerant Network) mencakup konsep jaringan yang terhubung pada satu waktu dimana aktivitas ini terjadi akibat adanya partisi yang terdiri dari lebih dari satu set protokol yang berbeda atau keluarga protokol. Dasar untuk pembetukan arsitektur ini terletak pada interplanetary internet, yang menitikberatkan permasalahan pada komunikasi dengan jarak yang sangat jauh di lingkungan yang tinggi tingkat delaynya. Pembahasan DTN ini diharapkan nantinya dapat dimanfaatkan di berbagai lingkungan operasional, termasuk untuk pemecahan permasalahan tersebut yaitu adanya disruption (gangguan) dan disconnnetion (pemutusan hubungan) dan permasalahan komunikasi jarak jauh dengan tingkat delay yang tinggi.

Jaringan lain juga dapat menerapkan arsitektur seperti ini antara lain jaringan sensor yang dilengkapi dengan konektivitas intermittent yang terjadwal, jaringan nirkabel terrestrial yang biasanya tidak dapat memaintain konektivitas end to end, jaringan satelit dengan moderate delays dan periodic connectivity dan jaringan akustik bawah air dengan tingkat keterlambatan yang sedang dan gangguan yang diakibatkan oleh faktor lingkungan.

**Isi**

Dalam arsitektur DTN (Delay Tolerant Network), didefinisikan bahwa end-to-end message-oriented overlay disebut sebagai “bundle layer”, dimana bundle layer ini terletak di atas layer transport atau layer lainnya pada suatu jaringan yang terhosted dan dimana di dalamnya terdapat berbagai aplikasi. Perangkat yang mengimplementasikan bundle layer disebut sebagai DTN nodes. Bentuk-bentuk bundle layer tersebut, ada yang dijadikan sebagai tempat penyimpanan yang persisten untuk membantu mengurangi adanya gangguan jaringan. Di dalamnya juga termasuk hop by hop transfer pengiriman yang dapat diandalkan dan optional end-to-end acknowledgement. Di dalamnya juga mencakup adanya sejumlah diagnostic dan management fitur. Untuk interoperabilitas, bundle layer menggunakan skema penamaan yang fleksibel (berdasarkan Uniform Resource Identifiers [RFC3986]) yang mampu mengenkapsulasi skema penamaan dan pengalamatan yang berbeda di dalam keseluruhan sintaks penamaan yang sama.

Bundle layer menyediakan sejumlah fungsionalitas yang mirip dengan gateway layer internet yang dijelaskan di dalam ARPANET/Internet designs. Namun, bundle layer berbeda dengan ARPANET gateways, karena bundle layer ini merupakan layer-agnostic dan lebih terfokus pada virtual message forwarding daripada terfokus pada packet switching. Bagaimanapun juga, secara umum keduanya mendukung interoperabilitas antara underlying protokol yang khusus untuk suatu lingkungan dan protokol-protokol yang khusus untuk lingkungan lainnya, dan juga keduanya mendukung layanan a store-and-forward forwarding (dengan tetap memanfaatkan penyimpanan persistent bundle layer untuk penyimpanannya dan forward functionnya).

Arsitektur DTN juga menyediakan metode umum untuk interconnecting heterogeneous gateways atau proxies yang menggunakan store and-forward message routing untuk mengatasi berbagai macam gangguan komunikasi. Arsitektur DTN juga menyediakan layanan yang mirip dengan electronic mail (e-mail) tetapi dengan adanya peningkatan penamaan, routing dan kemampuan security. Nodes tidak dapat mendukung secara penuh kapabilitas yang diperlukan oleh arsitektur ini, karena mungkin tidak didukung oleh lapisan aplikasi proxy yang bertindak sebagai DTN.

Dibentuknya sebuah arsitektur Delay Toleran Network (DTN) didasarkan pada beberapa faktor. Garis besarnya adalah protokol internet yang ada sekarang (telah ada sebelumnya), tidak dapat bekerja secara maksimal pada beberapa lingkungan. Karena arsitektur internet memiliki beberapa asumsi, diantaranya :

* Terdapat end to end path antara sumber dan tujuan di dalam durasi sesi komunikasi.
* (untuk sebuah komunikasi yang handal) proses retransimission didasarkan pada ketepatan waktu dan adanya feedback yang stabil dari penerima data dianggap sebagai sebuah cara yang efektif untuk memperbaiki error (kesalahan).
* Kehilangan end-to-end relatif kecil
* Seluruh router dan end stations support terhadap protokol TCP/IP
* Aplikasi-aplikasi tidak perlu kahawatir terhadap performansi komunikasi
* Mekanisme endpoint yang berbasis security cukup untuk mengetahui masalah keamanan yang umumnya terjadi
* Paket switching merupakan hal yang paling penting untuk keperluan interoperabilitas dan performansi
* Pemilihan single route antara pengirim dan penerima cukup untuk mencapai performansi komunikasi penerimaan.

Arsitektur DTN dirancang untuk lebih memperlunak asumsi-asumsi tersebut, berikut adalah asumsi-asumsi yang terdapat pada arsitektur DTN :

* Menggunakan variable-length message (tidak terbatas padaa ukuran paket) sebagai communication abstraction untuk membantu meningkatkan kemampuan jaringan dalam hal membuat penjadwalan yang baik atau pemilihan path apabila dirasa memungkinkan.
* Menggunakan sintaks penamaan yang mendukung berbagai macam penamaan dan pengalamatan untuk meningkatkan interoperabilitas.
* Menggunakan penyimpanan dimana jaringan mendukung store and forward operation pada multiple path dan secara potensial memiliki rentang waktu yang lebih panjang (contohnya untuk mendukung berbagai operasi di dalam lingkungan yang banyak terdapat atau tidak terdapat end to end path) serta tidak terlalu mementingkan end-to-end reliability.
* Menyediakan mekanisme security untuk melindungi insfrastruktur dari penggunaan yang tidak sah dengan cara menghilangkan traffic secepat mungkin.
* Menyediakan coarse-grained classes of service, delivery options, dan cara untuk menyampaikan useful lifetime of data dengan cepat sehingga memungkinkan jaringan untuk mengirimkan data secara lebih baik dalam menerjemahkan kebutuhan aplikasi.

Penggunaan bundle layer tidak hanya didasarkan pada prinsip-prinsip desainnya bundle layer itu sendiri, melainkan juga berdasarkan beberapa prinsip-prinsip desain sejumlah aplikasi, diantaranya :

* Aplikasi harus meminimalkan jumlah pertukaran round-trip.
* Aplikasi harus dapat menangani kejadian restart apabila terjadi kegagalan dan bersamaan dengan itu jaringan transaksi tertunda untuk sementara.
* Aplikasi harus menginformasikan the network of useful life dan kepentingan relatif dari data yang akan disampaikan.

DTN memungkinkan untuk mengirimkan messages of arbitrary length, juga disebut Data Unit atau ADUs, yang tunduk pada batasan implementasi. Urutan permintaan relatif dari ADUs mungkin tidak terlalu diperhatikan. ADUs biasanya dikirim oleh dan dikirim ke aplikasi dalam bentuk unit-unit yang lengkap, walaupun interface sistemnya bertindak berbeda, hal ini tetap diperbolehkan.

ADUs ditransformasikan oleh bundle layer ke dalam satu atau lebih unit protokol data yang disebut “bundles”, yang diteruskan oleh DTN nodes. Bundles memiliki kumpulan data yang terdiri dari 2 atau lebih blok data. Setiap blok berisi data aplikasi maupun informasi lain yang digunakan untuk mengirimkan bundle yang berisi ke tujuannya. Blok biasanya melayani tujuan yang tercantum pada informasi yang terdapat pada header atau payload unit data protokol di arsitektur protokol yang lain. Biasanya yang digunakan adalah istilah “blok” bukan “header” karena blok mungkin tidak muncul di awal bundle yang disebabkan oleh adanya persyaratan pengolahan tertentu (contohnya : Digital signatures).

Bundles dapat difragmentasikan ke dalam beberapa komponen bundle (sering disebut sebagai “fragments” atau “bundles fragments”) selama proses transimi. Fragments merupakan bundle itu sendiri dan lebih terfragmentasi. Dua atau lebih fragments dapat disusun kembali di jaringan mana saja, membentuk bundle yang baru.

Sumber dan tujuan bundle diidentifikasi oleh (panjang variabel) endpoint identifier (EIDs) yang mengidentifikasikan pengirim dan tujuan akhir bundles, secara masing-masing. Bundles juga mengandung “laporan ke” penggunaan EID ketika operasi-operasi khusus diminta untuk meneruskan diagnostic output ke sebuah arbitrary entity. (contohnya, selain sumber).EID juga memungkinkan merujuk pada satu atau lebih DTN nodes (contohnya, untuk tujuan multicast atau tujuan “report-to”).

Sementara itu, IP networks didasarkan pada "store-and-forward" operation, dimana di dalamnya terdapat asumsi bahwa proses penyimpanan tidak akan bertahan lebih dari satu jumlah waktu, pada urutan antrian ataupun penundaan transimisi (transmission delay). Konsep antrian diterapkan di router dan akan menahan paket di dalam router, sampai dengan sumber daya yang ada mencukupi untuk mengirimkan paket tersebut. Jika tidak terdapat kongesti pada router, maka paket akan segera dikirimkan. Antrian di jaringan dapat dianalogikan dengan sistem pengantrian pembelian karcis film di bioskop, jika tidak ada orang yang sedang mengantri untuk membeli tiket, maka kita dapat langsung ke depan untuk membeli tiket tersebut tanpa harus mengantri, hal ini berarti tidak terjadi kongesti di jaringan. Pada router yang mempunyai FastEthernet LAN dan E1 WAN sangat memungkinkan pada suatu waktu untuk terjadi antrian, hal ini disebabkan karena kecepatan interface FastEthernet LAN dengan E1 WAN tidak sama, sering dikenal dengan istilah speed-match. Speed-match ini bukanlah sesuatu yang mutlak untuk dihindari pada kondisi ini, kita harus melihat frekuensi dan potensi speed-match yang menyebabkan terjadinya kongesti pada router. Namun demikian, pada teknologi switch di data link layer, sedapat mungkin kita memang menghindari adanya speed-match.

Sebaliknya, arsitektur DTN tidak mewajibkan bahwa link jaringan selalu tersedia atau handal, tetapi memberikan pilihan kepada node untuk dapat memilih menyimpan bundel untuk beberapa waktu. Berkenaan dengan hal tersebut, DTN nodes akan menggunakan beberapa bentuk penyimpanan yang persisten untuk hal ini misalnya Disk, memori flash, dll – sehingga bundle yang tersimpan akan tetap bertahan walaupun sistem restart.

Bundle berisi originating timestamp, indikator waktu hidupnya, kelas penanda layanan dan ukuran panjang (length). Informasi ini menyediakan layer routing bundle dengan prioritas ukuran dan persyaratan performansi proses transfer data yang diminta. Ketika terjadi antrian di dalam jaringan (seperti dalam kasus versi DTN “store and forward”), keuntungan yang didapat dengan mengetahui informasi ini adalah dapat membuat keputusan mengenai penjadwalan dan pemilihan jalur yang terbaik. Salah satu cara alternatif stream-based delivery based on packets) justru akan membuat penjadwalan semakin sulit. Walapun paket menyediakan beberapa keuntungan yang sama dengan bundle, adanya agregat yang lebih besar menyediakan cara yang dapat digunakan oleh jaringan untuk melaksanakan penjadwalan dan buffer management untuk unit data yang lebih berguna untuk aplikasi.

Salah satu unsur terpenting dari bundle based of forwarding adalah bundle memiliki tempat untuk menunggu dalam antrian sampai kesempatan untuk berkomunikasi tersedia. Berikut adalah asumsinya :

* Media penyimpanan tersedia dan terdistribusi di seluruh jaringan
* Media penyimpanan tersebut cukup handal dan kuat untuk menyimpan bundle sampai kegiatan forwarding dapat terjadi.
* (secara impilisit) “store and forward model merupakan pilihan yang lebih baik daripada nantinya akan mempengaruhi konektivitas secara terus-menerus atau mempengaruhi alternatif yang lain.

Agar sebuah jaringan dapat secara efektif mensupport arsitektur DTN, asumsi-asumsi di atas harus dipertimbangkan dan harus selalu dipegang. Meskipun demikian, dimasukannya sebuah media penyimpanan jangka panjang sebagai aspek dasar aristektur DTN mendatangkan masalah baru, khususnya yang berkaitan dengan kemampatan manajemen dan denial of service mitigation. Pada dasarnya media penyimpanan node haruslah dianggap seperti sebuah sumber daya yang harus selalu dikelola dan dilindungi.

DTN node merupakan sebuah mesin untuk mengirim dan menerima bundles, juga merupakan sebuah pengimplementasian dari bundle layer. Aplikasi menggunakan dtn node untuk mengirim atau menerima ADUs yang dibawa di dalam bundles (aplikasi juga menggunakan dtn node ketika berperan sebagai tujuan “report to” untuk mendiagnostik informasi yang terkandung di dalam bundles. Nodes bisa juga merupakan anggota dari “DTN Endpoints”. DTN Endpoint bisa juga disebut sebagai kumpulan DTN node. Sebuah bundle dianggap telah berhasil dikirim ke DTN Endpoints ketika beberapa subset minimum dari nodes yang berada di Endpoint telah menerima kumpulan bundle tanpa kesalahan. Subset ini disebut sebagai Endpoint “minimum reception group”. MRG dari Endpoint dapat merujuk ke satu node (unicast), ke satu kumpulan node (anycast), atau ke seluruh kumpulan node (multicast dan broadcast). Single node mungkin saja terdapat di MRG Multiple Endpoints.

Sebuah Endpoint Identifier (EID) adalah sebuah istilah yang dinyatakan dengan menggunakan sintaks umum URIs dan mengidentifikasikan DTN Endpoint. Dengan menggunakan EID, sebuah node dapat menentukan MRG dari DTN Endpoint yang diberi nama oleh EID. Setiap node harus memiliki satu buah EID yang dapat mendefinisikan node tersebut secara unik.

Aplikasi akan mengirimkan ADUs kepada EID dan aplikasi juga yang mengatur pengiriman ADUs ke masing-masing EID. Berdasarkan penggunaan EID, di dalamnya terdapat sebuah ketentuan untuk wildcarding pada beberapa bagian dalam EID, yang sering digunakan dan berguna untuk diagnostic dan tujuan routing.

Permintaan aplikasi untuk menerima ADUs yang ditujukan untuk EID tertentu disebut sebagai proses registrasi, dan secara umum hal ini dimaintain secara persisten oleh DTN node. Sehingga registrasi informasi pada sebuah aplikasi akan tetap ada walaupun sistem operasi restart.

Setiap aplikasi yang mengusahakan mempertahankan tidaklah selalu sukses. Sebagai contoh, aplikasi yang berkehendak untuk mendaftarkan dirinya untuk menerima ADUs dengan menentukan ID Endpoint yang uninterpretable atau unavailable ke node DTN untuk melayani permintaan tersebut. Permintaan tersebut cenderung gagal.

Setiap ID Endpoint secara sintaksis disebut sebagai Uniform Resources Identifier (URI). Sintaks URI telah dirancang sebagai salah satu cara untuk menyatakan penamaaan dan pengalamatan untuk berbagai tujuan sehingga berguna juga untuk penamaan DTN Endpoint.

Dalam terminology URI, setiap URI dimulai dengan sebuah skema penamaan. Skema penamaan adalah sebuah set nama yang secara umum penamaan ini dimaintain oleh IANA. Secara leksikal, skema penamaaan dalam URI merupakan serangkaian karakter yang dibatasi oleh sintaks yang didefinisikan oleh skema tersebut. Bagian URI ini disebut scheme specific part (SPP) dan bagian ini cukup umum.

URI schemes merupakan kunci utama dalam arsitektur DTN dan merupakan pengembangan dari konsep yang telah ada sebelumnya yang disebut “region”, yang erat kaitannya dengan topologi jaringan. Dengan menggunakan URIs, hal fleksibel yang secara signifikan dapat dilihat yaitu dalam pembentukan EIDs. EIDs tidak perlu dengan routing ataupun organisasi topologi. Di sebagian lingkungan, menggunakan EIDs akan mendatangkan keuntungan.

Single EID merujuk pada sebuah endpoint yang mengandung lebih dari satu DTN node. Scheme desaigner bertanggung jawab untuk mendefinisikan bagaimana menginterpretasikan SSP, sehingga dapat ditentukan apakah mengacu kepada unicast, multicast atau cast lain dari kumpulan node. URIs dibangun berdasarkan pada sekumpulan aturan yang terdapat dalam RFC 3986, dengan menggunakan kumpulan karakter US-ASCII.

Binding berarti menginterpretasikan SSP dari EID yang bertujuan untuk membawa asosiasi pesan ke tujuan tertentu. Sebagai contoh, binding memerlukan mapping EID ke next hop EID atau layer yang lebih rendah untuk proses transmisi. “Late binding” berarti binding tujuan bundle ke dalam tujuan yang telah teridentifikasi atau ke sebuah alamat tidaklah selalu terjadi dalam sumber bundle. Karena tujuan EID berpotensi untuk diinterpretasikan ulang di masing-masing hop, proses binding ini biasanya terjadi di sumber, selama proses transit, ataupun bisa saja terjadi di tujuan. Kegiatan ini sama halnya dengan pengalamatan binding pada komunikasi dengan menggunakan internet dimana DNS melihat node destination pada source IP address sebelum data dikirim.

Dalam kondisi jaringan yang sering terputus koneksinya, late binding ini menguntungkan karena waktu transit pesan yang lebih besar dibandingkan dengan waktu validitas binding, akan membuat binding di sumber menjadi invalid. Selain itu, penamaan yang berdasarkan routing dengan menggunakan binding akan mengurangi jumlah pemetaan informasi yang harus melewati jaringan dan juga dapat membatasi ruang lingkup pemataan kebutuhan sinkronisasi ke lingkungan topologi lokal dimana banyak terjadi perubahan di dalamnya.

Ketika mengacu pada ukuran yang lebih besar (lebih dari satu), pengiriman semantik bisa terjadi secara anycast atau multicast. Secara anycast, bundle akan dikirimkan ke satu node diantara banyak node dan untuk multicast, bundle akan dikirimkan ke keseluruhan node yang terdapat di dalamnya, namun tetap berdasarkan pada kelas pelayanan normal DTN dan maksimal waktu kegunaan semantik.

Pada DTN, node bisa saja menerima data yang dikirim lebih cepat dari interval waktu yang ditentukan selama node tersebut sanggup atau bisa menerimanya. Bagi aplikasi, untuk menerima data-data tersebut, data haruslah memiliki waktu potensial yang panjang setelah pengirim mengirimkannya kepada kelompok tertentu. Oleh karena itu, data haruslah disimpan pada jaringan agar dapat mensupport kumpulan semantik yang temporal.

Arsitektur DTN menawarkan ukuran relatif prioritas (low, medium, high) untuk proses pengiriman ADUs. Prioritas ini membedakan traffic berdasarkan kepentingan aplikasi dalam melakukan pengiriman ke ADUs dan dibawa dalam blok-blok bundle yang dihasilkan oleh bundle layer berdasarkan pada informasi yang ditentukan oleh aplikasi.

Biasanya traffic terjadi tidak secara interaktif dan sering kalinya adalah satu arah. Umumnya tidak terdapat jaminan waktu pengiriman, terdapat banyak bentuk kelas service, kehandalan dan keamanan.

Dalam delay tolerant network, traffic dapat diklasifikan ke dalam 3 cara yaitu :

1. Expedited packet

Expedited packet selalu ditransmisikan, disusun kembali dan diverifikasi sebelum data dari kelas lain yang berbeda dikirim dari sumber ke tujuan.

1. Normal traffic

Normal traffic dikirim setelah semua expedited packet telah berhasil disusun kembali di tempat tujuan.

1. Bulk traffic

Bulk traffic tidak akan ditangani sebelum seluruh paket dari kelas yang berbeda yang memiliki sumber dan tujuan yang sama berhasil ditransmisikan dan disusun kembali.

 Prioritas kelas bundle hanya dibutuhkan untuk menghubungkan dengan bundle yang lain namun berada dalam sumber yang sama. Hal ini berarti bahwa bundle dengan prioritas tinggi dari suatu sumber bisa saja tidak dikirim lebih cepat daripada bundle yang memiliki prioritas sedang dari sumber yang berbeda.

 Arsitektur DTN mempunyai 2 tipe administrative records, yaitu “status reports” dan “signals”. Record bundles ini menyediakan informasi mengenai pengiriman bundles lain dan digunakan secara bersamaan dengan delivery options.

 Dalam arsitektur ini ditentukan 8 delivery option, diantaranya :

* Custody Transfer Requested, permintaan pengiriman bundles akan dikirimkan dengan kehandalan yang berlebih dengan menggunakan custody transfer requested. Bundles yang dikirim akan ditransmisikan oleh bundle layer dengan menggunakan protokol transfer yang handal (apabila tersedia) dan kehandalan pengiriman bundle ke tujuan dapat melewati satu ataun lebih “custodians” dalam jaringan.
* Source Node Custody Acceptance Required, membutuhkan sumber DTN node untuk menyediakan custody transfer bagi bundles yang dikirim. Apabila custody transfer tidak tersedia di sumber pada saat delivery option ini dibutuhkan, permintaan transmisi akan gagal. Delivery option ini sangat berarti bagi aplikasi yaitu sumber DTN node untuk mengetahui custody dari bundles yang dikirim (misalnya dengan menyimpan mereka pada media penyimpanan yang persistent).
* Report When Bundle Delivered, permintaan single bundle delivery report akan dihasilkan ketika subject ADU dikirimkan ke penerimanya. Permintaan ini juga dikenal dengan “return receipt”
* Report When Bundle Acknowledge by Application, permintaan Acknowledge status report akan dihasilkan apabila subject ADU telah diakui oleh aplikasi penerima. Delivery report ini digunakan dalam kasus ketika aplikasi bertindak sebagai form gateway layer aplikasi dan menunjukan status dari protokol operasi eksternal agar DTN kembali menuju sumber yang memintanya.
* Report When Bundle Received, permintaan bundle reception status report akan dihasilkan ketika setiap bundle yang dikirim telah sampai di DTN node.
* Report When Bundle Custody Accepted, permintaan Custody Acceptance Status Report akan dihasilkan ketika setiap bundle yang dikirim telah diterima dengan menggunakan custody transfer.
* Report When Bundle Forwarded, permintaan Bundle Forwarded Status Report akan dihasilkan ketika setiap bundle yang dikirim mengirimkan DTN node setelah proses forwarding.
* Report When Bundle Deleted, permintaan Bundle Deleted Status Report akan dihasilkan ketika setiap bundle yang dikirim telah dihapus pada DTN node.

Ketika prosedur security telah tersedia, maka 3 tambahan delivery option juga akan tersedia, 3 delivery option tersebut adalah :

* Confidentally Required, lebih membutuhkan subject ADU yang dibuat rahasia dari pihak lain daripada sumber dan anggota lain dari destination EID.
* Authentication Required, membutuhkan seluruh field yang tidak berubah-berubah pada blok bundle dari bundle yang dikirim agar dibuat lebih terverifikasi. Delivery option ini melindungi beberapa field termasuk di dalamnya sumber dan tujuan EID dan data bundle.
* Error Detection Required, membutuhkan modifikasi field yang tidak mudah berubah-ubah dari setiap bundle yang dikirim lebih terdeteksi dengan probabilitas yang lebih tinggi pada setiap tujuan bundle.

Administrative record digunakan untuk melaporkan informasi status atau kondisi error yang berkaitan dengan bundle layer. Administrative record correspond ke pesan yang terdapat pada protokol ICMP di IP. Di ICMP, pesan akan dikembalikan ke sumber. Administrative record dikirim seperti bundle yang dilengkapi dengan set EID ke satu atau lebih EIDs yang terkait dengan DTN node untuk meneruskan administrative record.

BSRs memiliki details diantaranya :

* Bundle Reception, dikirim ketika bundle tiba di DTN node
* Custody Acceptance, dikirim ketika node telah menerima custody bundle yang dilengkapi dengan Custody Transfer Requsted option set.
* Bundle Forwarded, dikirim ketika bundle yang berisi report, ketika bundle forwarded option tiba pada DTN node telah diforward terlebih dahulu.
* Bundle Deletion, dikirim dari DTN node ketika bundle yang berisikan report, ketika bundle deleted option dibatalkan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan beberapa alasan, seperti expiration.
* Bundle Delivery, dikirim dari node akhir penerima (tujuan) ketika ADU yang telah lengkap yang terdiri bundle yang dikirim yang di dalamnya berisi report, ketika bundle delivered option tekah digunakan oleh aplikasi.
* Acknowledge by application, dikriim dari node penerima nakhir (tujuan) ketika ADU yang telah lengkap terdiri dari bundle yang dikirim berisi Application Acknowledge option telah diproses oleh aplikasi.

Berkaitan dengan status report, custody signal berfungsi untuk menunjukan status dari custody transfer. Custody signal dikirim ke current-custodian EID yang terdapat di dalam bundle yang telah tiba. Custody signal mengindikasikan bahwa custody telah berhasil dikirimkan. Signal ini muncul sebagai indikator Boolean dan mengindikasikan baik kesuksesan ataupun kegagalan upaya custody transfer. Administrative records harus mereferensikan bundle yang telah diterima.

Bundles yang dibawa diantara dua DTN atau lebih harus sesuai dengan standar spesifikasi bundle protocol di BSPEC. Disini kita memberikan gambaran dari sebagian besar field yang dibawa oleh setiap bundle. Protokol ini dirancang dengan sebuah mandatory primary block, sebuah payload block yang opsional (dimana berisi data IDU itu sendiri), dan satu set extension block opsional. Block dapat berjalan dengan cara yang mirip dengan extension header pada IPv6. Field yang dipilih adalahsemua yang ada pada primary block, oleh karena itu berikut adalah yang yang terdapat pada setiap bundle dan fragmennya:

* Creation Timestamp : rangkaian dari waktu pembuatan bundle dan secara monoton meningkat debgan berurutan sehingga pembuatan timestamp dijamin menjadi unik untuk setiap ADU yang berasal dari sumber yang sama. Pembuatan timestamp tersebut didasarkan pada waktu dimana aplikasi merequest ADU untuk dikirim (bukan ketika bundle dikirim ke network). Node-node DTN diasumsikan memiliki waktu standar untuk mampu bersinkronisasi.
* Lifespan (Rentang hidup) : waktu dimana pesan tidak berfungsi lama. Jika sebuah bundle disimpan di jaringan (termasuk sumber node DTN) ketika rentang waktunya tercapai, mak kemungkinan bundle akan dibuang. Usia bundle dinyatakan sebagai sebuah offset yang relatif terhadap waktu pembuatannya.
* Class of Service Flags : menunjukkan pilihan pengiriman dan prioritas kelas untuk bundle. Prioritas kelas mungkin ditentukan dengan salah satu dari jumlah , normal, atau kecepatan.
* Source EID : sumber dari EID (Pengirim pertama).
* Destination EID : tujuan EID (penerimana akhir).
* Report to Endpoint ID (Laporan untuk titik akhir) : EID mengidentifikasi dimana report (kembali-penerimaan, fungsi route-tracing) seharusnya dikirim. Hal ini mungkin atau tidak mungkin mengidentifikasi endpoint yang sama seperti sumber EID.
* Custodian EID : Custodian saat ini dari EID sebuah bundle (jika ada). Payload block mengindikasi informasi mengenai muatan yang terkandung (seperti panjang) dan payload itu sendiri. Selain pada fields, ditemukan juga pada primary dan payload blocks, setiap bundle kemungkinan memiliki fields di block tambahan yang dibawa oleh setiap bundle.

Arsitektur DTN menyediakan kerangka kerja untuk routing dan forwarding pada lapisan untuk unicast, anycast, dan pesan multicast. Karena node dalam jaringan DTN mungkin saling berhubungan menggunakan lebih dari satu jenis teknologi jaringan yang mendasarinya, jaringan DTN yang terbaik dijelaskan menggunakan \* multigraph \* (grafik di mana simpul dapat saling berhubungan dengan lebih dari satu edge). Edge dalam grafik ini adalah, secara umum, variasi waktu sehubungan dengan keterlambatan mereka dan kapasitas serta arah karena kemungkinan satu arah konektivitas. Ketika edge memiliki kapasitas nol, maka dianggap tidak terhubung. Karena edge dalam grafik DTN mungkin memiliki penundaan yang signifikan, maka penting untuk membedakan mana waktu diukur ketika mengungkapkan suatu edge yang berkapasitas atau tertunda.

Kontak biasanya masuk ke dalam salah satu dari beberapa kategori, sebagian besar didasarkan pada prediktabilitas karakteristik kinerja mereka dan apa saja tindakan yang diperlukan untuk membawa mereka ke dalam eksistensi. Berdasarkan datenya, berikut ini merupakan jenis kontak :

* Persistent Contacts

Persistent contacts selalu tersedia (misalnya, tidak ada koneksi-tindakan inisiasi yang dibutuhkan untuk menginstantiasi sebuah persistent contact). Internet yang selalu terkoneksi seperti DSL atau kabel koneksi modem akan mewakili kelas ini.

* On-Demand Contacts

On-Demand Contacts memerlukan beberapa perlakuan dalam rangka untuk instatiasi, namun kemudian berfungsi sebagai kontak yang terus berlangsung sampai dihentikan. Sebuah koneksi dial-up adalah contoh dari kontak on-demand (paling tidak, dari sudut pandang dialer, dapat dilihat sebagai kontak oportunistik, dari sudut pandang dial-up sebagai penyedia layanan.

* Intermittent - Scheduled Contacts

Adalah sebuah kontak yang disepakati untuk menjalin kontak di sebuah waktu tertentu, dengan durasi tertentu. Sebuah contoh dari scheduled contact adalah link dengan orbit satelit yang rendah. List dari node pada kontak dengan satelit dapat di konstruksikan dari schedulr satelit dilihat dari waktunya, kapasitas, dan latency. Perhatikan bahwa untuk jaringan dengan penundaan yang substansial gagasan “waktu tertentu” adalah tergantung keterlambatan. Sebagai contoh, scheduled contact tunggal antara Bumi dan Mars tidak akan di  saat yang sama pada setiap lokasi, tetapi akan diimbangi oleh delay propagasi (non-diabaikan).

* Intermittent - Opportunistic Contacts

Kontak oportunistik tidak dijadwalkan, melainkan hadir dengan sendirinya tanpa diduga. Sebagai contoh, sebuah pesawat tidak terjadwal terbang overhead dan beaconing, iklan ketersediaan untuk komunikasi, akan menyajikan kontak oportunistik. Lain halnya dengan jenis kontak oportunistik yang mungkin melalui inframerah atau bluetooth link komunikasi antara personal digital assistant (PDA) dan sebuah toko di terminal bandara. Para oportunis kontak dimulai sebagai PDA dibawa ke dekat toko, berlangsung suatu hal yang ditentukan oleh jumlah waktu (yaitu, sampai link hilang atau dihentikan).

* Intermittent - Predicted Contacts

Kontak Prediksi tidak memiliki jadwal tetap, tetapi lebih kea rah prediksi kontak dan jangka waktu yang didasarkan pada riwayat kontak yang diamati sebelumnya atau beberapa informasi lainnya. Mengingat kepercayaan diri yang cukup besar dalam predicted contact, rute dapat dipilih berdasarkan informasi ini. Hal ini merupakan area penelitian yang aktif, dan beberapa pendekatan telah diusulkan.

Fragmentasi dan reassembly DTN dirancang untuk meningkatkan efisiensi pengiriman bundle dengan memastikan bahwa volume kontak dimanfaatkan sepenuhnya dan dengan menghindari pengiriman ulang sebagian atau forwarding bundles. Ada dua bentuk fragmentasi/reassembly DTN :

* Proactive Fragmentation

Sebuah node DTN bisa membagi blok data aplikasi ke dalam beberapa blok yang lebih kecil dan mengirimkan setiap blok seperti bundle independen. Dalam hal ini tujuan akhirnya adalah bertanggung jawab untuk mengekstraksi blok yang lebih kecil dari bundel yang masuk dan pemasangan kembali mereka ke dalam bundel asli yang lebih besar yaitu ADU. Pendekatan ini disebut fragmentasi proaktif karena digunakan terutama ketika volume kontak yang dikenal (atau diprediksi) dalam advance.

* Reactive Fragmentation

Node DTN berbagi edge pada grafik DTN yang mungkin memfragmentasikan sebuah bundle secara kooperatif ketika bundle hanya terkirim sebahagian. Dalam kasus ini, layer yang menerima bundle memodifikasi bundle yang dating untuk menunjukkan itu adalah fragmentasi, dan mengembalikannya dengan normal. Sebelumnya, hop sender mempelajri bahwa (via konvergensi-layer protocol) hanya sebagian bundle yang telah dikirimkan kepada hop berikutnya, dan mengirim sisanya ketika subsequent contact tersedia (kemungkinan untuk hop selanjutnya berbeda jika routing berubah). Ini disebut fragmentasi reaktif karena proses fragmentasinya terjadi setelah upaya transmisi dilakukan.

Kemampuan fragmentasi reaktif tidak dibutuhkan untuk tersedia di setiap implementasi DTN, seperti yang dibutuhkan pada level tertentu untuk mendukung dari protocol yang tidak mungkin dihadirkan, dan mempresentasikan tantangan yang signifikan dengan kemampuan menangani digital signatures dank ode autentikasi pada message. Ketika tanda pesan hanya sebahagian diterima, kebanyakan kode pesan autentikasi akan gagal. Ketika keamanan DTN muncul dan enable, tanda pesan mungkin dibutuhkan untuk mengubah bundle fragmen yang besar secara proaktif menjadi unit yang lebih kecil yang mungkin lebih konvensional untuk digital signatures.

Walaupun fragmentasi reaktif tidak dihadirkan pada implementasi, kemampuan untuk reassembly fragmen pada tujuan dibutuhkan saat mengorder sebagai pendukung fragmentasi DTN. Sejauh ini, untuk kontak dengan volume yang kecil dibandingkan ukuran tipikal bundle, beberapa pengiriman incremental menggunakan pendekatan untuk mencegaj pengiriman data yang livelock. Fragmentasi reaktif merupakan salah satu pendekatan, tetapi layer protocol lain berpotensi menangani masalah ini dengan baik.

Salah satu tujuan dari DTN adalah menyediakan metode untuk interconnecting application layer gateway dan proxies. Sebagaimana diketahui bahwa aplikasi internet yang btelah ada dapat dibuat untuk mentoleransi delay, local proxies dapat dibangun untuk menambah manfaat dari kemampuan berkomunikasi yang ada sebelumnya yang disediakan oleh DTN. Dalam membuat proxies compatible dengan DTN akan mengurangi beban pada pemilik proxy karena berkaitan dengan pengimplemantasian routing dan reliability management dan mengizinkan aplikasi yang TCP /IP yang telah ada sebelumnya untuk tetap beroperasi tanpa adanya perubahan di dalam DTN.

Ketika DTN digunakan untuk menyediakan form tunnel encapsulation untuk protokol yang lain, DTN juga dapat digunakan dalam pembentukan overlay network yang terdiri dari application layer gateway. Kemampuan Application acknowledgement dirancang untuk sejumlah keadaan. Aplikasi tersebut juga meremote application layer gateway untuk memberikan sinyal keberhasilan atau kegagalan dari protokol operasi non DTN sebagai hasil dari penerimaan DTN ADUs. Tanpa kapabilitas ini, indikator lain harus diimplementasikan oleh aplikasi tersebut dalam cara yang tidak biasa.

Kemungkinan terjadinya kelangkaan sumber daya yang cukup parah pada beberapa delay tolerant network yaitu beberapa bentuk authentication dan kontrol akses terhadap jaringan itu sendiri dibutuhkan di banyak keadaan. Hal ini tidak memungkinkan bagi pengguna yang tidak sah untuk secara mudah membanjiri jaringan dengan traffic, serta memungkinkan terjadi penolakan layanan kepada pengguna yang sah. Di kasus lain, hal ini juga tidak memungkinkan bagi traffic yang tidak sah untuk dapat diforward ke seluruh jaringan yang terhubung. Sehubungan dengan hal tersebu, terdapat beberapa cara yang ditetapkan untuk meningkatkan komponen keamanan pada arsitektur DTN, antara lain :

* Segera melakukan pencegahan terhadap aplikasi yang tidak sah dengan cara segera memiliki data yang mereka bawa yang melalui atau tersimpan di DTN.
* Mencegah aplikasi yang tidak sah dengan cara memperketat control di keseluruhan infrastruktur DTN.
* Mencegah aplikasi –aplikasi yang sah dari aktivitas pengiriman bundle pada tingkat atau class of service yang lemah permissionnya.
* Segera menghilangkan bundles yang rusak atau gagal dimodifikasi pada saat transit.
* Segera mendeteksi dan de-aurhorize entitas.

Banyak sekali protokol control access yang sudah ada saat ini dirancang untuk dapat beroperasi dengan tingkat delay yang rendah, namun apabila terhubung dengan lingkungan sekitar tidak dapat berfungsi dengan baik di DTNs. Namun, pembaharuan control access dan mencabut (“blacklisting”) sangatlah sulit. Selain itu, pendekatan yang membutuhkan akses ke server yang terpusat untuk melengkapi transaksi yang sah tidaklah atraktif. Konsekuensi yang harus diterima akibat kesulitan-kesulitan yang terjadi antara lain terjadinya delay saat berkomunikasi, delay dalam pendeteksian dan merecovery dari system compromise dan terjadinya delay pada saat transaksi akibat tidak baiknya control access atau authentication settings.

Untuk memenuhi kebutuhan pengamanan, arsitektur DTN mengadopsi standar yang dapat mengembangkan keamanan arsitektur yang memanfaatkan mekanisme hop by hop dan end-to-end yang terintegritas dan sah. Tujuan dari penggunaan dua pendekatan ini yaitu memungkinkan DTN untuk dapat menghandle access control bagi forwarding data dan penyimpanan data yang secara terpisah dari layer application data yang terintegrasi.

Sementara itu, mekanisme end-to-end menyediakan keabsahan bagi pengguna, mekanisme hop-by-hop juga merupakan mekanisme resmi bagi DTN nodes sebagai transceivers bundle yang resmi ke sesame bundle lainnya. Berdasarkan hal tersebut, DTN node dapat membuang traffic secara cepat jika authentication atau kontrol aksesnya terdeteksi gagal.

**Penutup**

Delay tolerant network adalah sebuah jaringan yang dirancang untuk dapat beroperasi secara lancar pada jarak yang sangat jauh seperti pada ruang komunikasi ataupun skala antarplanet. Dalam kondisi seperti itu, latensi yang sangat panjang (latensi adalah penundaan, ukuran waktu tunda yang dialami suatu sistem ataupun berapa banyak waktu tunggu yang diperlukan oleh paket data untuk menerima sejumlah informasi dari sejumlah titik yang akan merujuk titik yang lain) biasanya diukur dalam jam atau hari tidak dapat dihindari.

Delay tolerant network juga merupakan model arsitektur yang meningkatkan keamanan infrastruktur jaringan dari akses yang tidak sah. Delay tolerant network nantinya dapat diterapkan pada berbagai lingkungan yang dipenuhi banyak tantangan.

**Referensi**

* <http://www.ietf.org/rfc/rfc4838.txt>
* <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/delay-tolerant-network>
* http://the-estel.blogspot.com/2011\_08\_01\_archive.html

**Biografi Penulis**

Kelompok 7 merupakan sekumpulan mahasiswi Institut Teknologi Telkom Bandung yang sedang menempuh studi di prodi Sistem Informasi. Kelompok 7 ini beranggotakan 6 orang yaitu Fitri Apriliani, Verianti Azhari R, Nanda Ravenska, Amanda Minessa, Sendy Cyntya Elsa, dan Hera Rahayu. Penulis sadar masih banyak kekurangan dalam pembuatan makalah ini, karena penulisan makalah ini juga merupakan proses pembelajaran khususnya bagi penulis sendiri maupun bagi semua. Saat ini penulis aktif di bidang perkuliahan, ikut serta dalam keprofesian, ikut serta dalam kepanitiaan dan masih banyak lagi. Penulis bercita-cita menjadi orang yang sukses dan berhasil dalam bidang pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.