<http://ipnsig.org/wp-content/uploads/2015/09/DTN_Tutorial_v3.2.pdf>

**Delay-and Disruption-Tolerant Networks (DTNs)**

**[0. Concept of DTN]**

|  |
| --- |
| **DTN(Delay- and Disruption-Tolerant Network)은 더 작은 network들로 구성된 큰 network이다.** 인터넷을 포함한 특수 목적 network의 위에 설치된다.   * 다른 네트워크들 간/내부의 **long disruption을 수용**하고, 그들 간의 **프로토콜을 번역**하여 그들 간의 **상호 운용성**을 제공한다. (인터넷과의 차이: bundle protocol을 통해, **전송할 데이터의 custody를 보관한 후 통신이 되면 forwarding**을 할 수 있다.) |

**[1. Today’s Internet Protocal Layers]**

|  |  |
| --- | --- |
| Application Protocol | User Data의 생성 또는 소비 |
| Transport Protocol | **Source에서 User Data를 segment**하고 **Destination에서 reassemble**한다. (**Error Control, Flow Control** 적용)   * 인터넷에서는 **TCP**(Transmission Control Protocol) |
| Network Protocol | 주소가 지정된 User Data Piece에 대해 **중간 node를 거쳐서 Source-to-Destination 라우팅**을 한다.   * 필요하면 fragmentation and reassemble을 한다. * 인터넷에서는 **IP**(Internet Protocol) |
| Link Protocol | **주소가 지정된 User Data Piece를 Link-to-Link transmission**한다.   * **Error control** 사용 * 일반적인 Link Layer Protocol은 **LAN(Local-Area Networks) 이더넷과 PPP(Point-to-Point Protocol) 프로토콜**을 사용한다. |
| Physical Protocol | Link-to-Link 전송 및 bit stream 수신 |

**[2. Why a Delay-and Disruption-Tolerant Network?]**

|  |  |
| --- | --- |
| 많은 인터넷 환경은 다음과 같이 특징된다. | |
| Intermittent Connectivity | Source와 destination 간의 end-to-end path가 없다.  **(network partitioning)** |
| Long or Variable delay | Node 간의 **propagation** delay와 **variable queuing** delay가 크다. |
| Asymmetric Data Rates | **비대칭성**이 크면 conversational protocal이 실패할 수 있다. |
| High Error Rates | **Bit error** |

**[3. DTN Nodes]**

|  |
| --- |
|  |

**[4. Bundle Protocol]**

|  |
| --- |
| **Bundle Protocol:** DTN은 새로운 전송 프로토콜을 통해 **store-and-forward message switching**을 한다.   * Bundle-protocol agent는 노드 간의 **전체 bundle(또는 bundle fragment)을 store and forward**한다. * **단일 bundle protocol은 DTN 전반에 걸쳐 사용**되지만, bundle protocol 아래의 프로토콜은 각 통신 환경에 맞춰 선택된다.   bundle protocol agent는 **전체 bundle을 fragment로 분리**할 수 있다.  (bundle이 fragment되면 **목적지에 있는 bundle protocal agent가 재배열**한다.) |

**[5. Non-conversational Protocol]**

|  |
| --- |
| Conversational Protocol(TCP 등)은 **end-to-end round trip을 많이 하므로 시간이 오래 걸려서 실패**할 수 있다. 따라서 DTN node는 **간단한 session을 이용하여 round trip이 거의 없이 서로 통신**한다. |

**[6. Bundle Service]**

|  |
| --- |
|  |

**[7. Bundle Endpoint]**

|  |
| --- |
| **Bundle Endpoint: 같은 endpoint ID를 통해 자신을 identify**하는 0개 이상의 node들의 집합   * 물리적인 위치가 없으며, **bundle의 source 또는 destination이 될 수 있는 node의 집합**이다.   **Endpoint ID:** Uniform resource identifier(URI) text string으로 **<scheme\_name>:<scheme-specific\_part>** 형식이다. (scheme\_name은 보통 dtn 또는 ipn) |

**[8. Security]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Bundle Security Protocol (BSP)가 데이터의 무결성, 기밀성 등을 보장한다.**  BSP는 다음과 같은 security block을 정의한다.   |  |  | | --- | --- | | Bundle Authentication Block (BAB) | Forwarding SA node와 다음 receiving SA node 간의 **Bundle authenticity와 integrity**를 보장한다. | | Payload Integrity Block (PIB) | Signer를 인증하여 **payload의 integrity**를 보장한다. | | Payload Confidentiality Block (PCB) | **Bundle payload를 암호화**한다. | | Extension Security Block (ESB) | **Non-payload block**에 대한 보안을 제공한다. | |
| **Next page** |

**[8. Security (Cont.)]**

|  |
| --- |
| **Previous Page** |
|  |

**[9. Example]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Solar System Internetwork: Use ‘ipn’ scheme name**  Message **Source: Earth**, **Destination: Mars** (using 2 intermediate nodes)   * 각 노드는 **최소 1개의 singleton endpoint(ID가 node ID와 같음)**의 멤버이다. * Node ID가 **0으로 끝나면** (ipn.81.0 등) **forwarding에 사용되는 administrative ID**이다. * 전송 시작 전과 전송 도중, **모든 network node의 bundle-protocol agent는 시간 정보를 공유**한다. (contact schedule과 bundle Time-to-live의 계산에 필요) | | | | |
| **Step** | **Source** | **Destination** | **Class of service** | **User Data** |
| **1. Bundle creation at source** | **ipn:81.2** | **ipn:65.7** | Custody**\*** transfer  Normal priority  TTL = 36 Hrs | Application-specific data  (not visible to bundle-protocol agents) |
|  | | | |
| **Next page** | | | | |

**\* custody: 보관**

**[9. Example]**

|  |  |
| --- | --- |
| **Previous Page** | |
| **Step** | **Explanation** |
| **2. Transmission by Source** | **Low-Earth-Orbit node:** use **TCP transfer protocol**  Source bundle-protocol agent는 **Earth-forwarding node로 가는 연속된connection이 있는지 결정**한다. |
|  |
| **3. First-Hop Bundle Processing and Forwarding** | Earth Forwarding Node에 있는 Bundle-protocol agent는   1. **TCP를 통해 bundle을 받으면 TCP session을 끝내고 그것을 영구 저장소에 보관**한다. 2. Forwarding table에서 **Mars Forwarding Node ipn:49.0**을 찾는다. 3. **Bundle의 Custody**를 받아서 **bundle header의 정보를 업데이트하고,** **Source Bundle protocol의 응답을 통해 confirm**한다.  * 이 protocol의 agent는 수신한 bundle의 custodial copy를 삭제한다.  1. Next-hop에 접속할 때, 적절한 Long-haul transport protocol을 이용하여 **Mars Forwarding Node의 Bundle-protocol Agent와 접속**한다. 2. **Bundle을 Mars Forwarding Node로 전달**한다. |
|  |
| **4. Second-Hop Bundle Processing and Forwarding** | 3번과 같음 (단, **Mars Forwarding Node -> Destination**) |
|  |
| **Next page** | |

**[9. Example]**

|  |  |
| --- | --- |
| **Previous Page** | |
| **Step** | **Explanation** |
| **5. Bundle Reception by Destination** | Destination Bundle Protocol이 TCP를 통해 bundle을 받으면,   1. **TCP 세션을 종료**하고 **수신한 bundle을 영구 저장소에 보관**한다. 2. 수신한 bundle의 **custody를 받고 Mars forwarding node에 있는 Bundle protocol의 응답을 통해 confirm**한다.  * 이 protocol은 수신한 bundle의 custodial copy를 삭제한다.  1. 그 다음, Destination Bundle Protocol **agent**는 **endpoint ID ipn 65.7의 Destination application을 깨운다.**  * **Control part에 있는 User Data**에 따라 destination application은 **application-protocol 응답을 새로운 bundle에 추가**하고 **Source로 보낼** 수 있다. |
|  |

**[10. 핵심 정리]**

|  |
| --- |
| **DTN과 일반 internet의 차이점:** 일반 internet에서는 Application 아래에 TCP-IP 계층이 있지만 DTN, 즉 **bundle protocol에서는 application 아래에 bundle이 있다**.  **DTN의 필요성:** 우주 공간, 사막, 수중 등 **인터넷 통신이 원활하지 않은 지역**에서 네트워크 통신을 위해 사용된다.  **DTN Protocol에서 bundle의 역할:** 인터넷 통신이 원활하지 않을 때, **전송해야 하는 데이터의 custody를 보관하고 있다가 통신 연결이 되면 전송**한다.  **DTN에서 Endpoint ID:** scheme\_name:A:B   * **Scheme\_name:** dtn 또는 ipn * **A:** 노드의 ID * **B:** application의 번호 (0일 경우 administrative, 0이 아닐 경우 application-specific) |