

Bluetooth-spesifikaatio

Liite IX: Message sequence charts

between Host and Host Controller/Link Manager

Sisällysluettelo

1 Johdanto

2 Services without connection request

2.1 Remote Name Request

2.2 One-Time Inquiry

2.3 Periodic Inquiry

3 ACL connection establishment and detachment

3.1 ACL Connection Request phase

3.2 ACL Connection Setup phase

3.2.1 Pairing

3.2.2 Authentication

3.3 Encryption and Connection Setup Complete

3.4 ACL Disconnection

4 Optional activities after ACL Connection establishment

4.1 Authentication Requested

4.2 Set Connection Encryption

4.3 Change Connection Link Key

4.4 Master Link Key

4.5 Read Remote Supported Features

4.6 Read Clock Offset

4.7 Read Remote Version Information

4.8 QoS Setup

4.9 Switch Role

5 SCO Connection establishment and detachment

5.1 SCO Connection setup

5.1.1 Master activates the SCO Connection setup

5.1.2 Slave activates the SCO Connection setup

5.2 SCO Disconnection

6 Special modes: sniff, hold, park

6.1 Sniff Mode

6.2 Hold Mode

6.3 Park Mode

6.3.1 Enter park mode

6.3.2 Exit Park Mode

7 Buffer management, flow control

8 Loopback Mode

8.1 Local Loopback Mode

8.2 Remote Loopback Mode

SERVICES WITHOUT CONNECTION REQUEST

1. REMOTE NAME REQUEST

- ◆ Käytetään toisen BT-laitteen nimen selvittämiseen ilman erityistä ACL Connection request –pyyntöä

- ◆ **1. TAPAUS:**

Lähetetään **HCI_Remote_Name_Request** (BD_ADDR, Page_Scan_Repetition_Mode, Page_Scan_Mode, Clock_Offset)

- **Isäntä-BT-laite yrittää luoda yhteyden toiseen BT-laitteeseen**
- **hakea nimen**
- **katkaista yhteyden ja**
- **palauttaa nimen isännälleen**

- ◆ **2. TAPAUS:**

Jos ACL-yhteys on jo luotu, toinen Remote Name Request –proseduuri toteutetaan valinnaisena palveluna. Paging ja ACL Detachment –proseduureja ei tarvitse tehdä

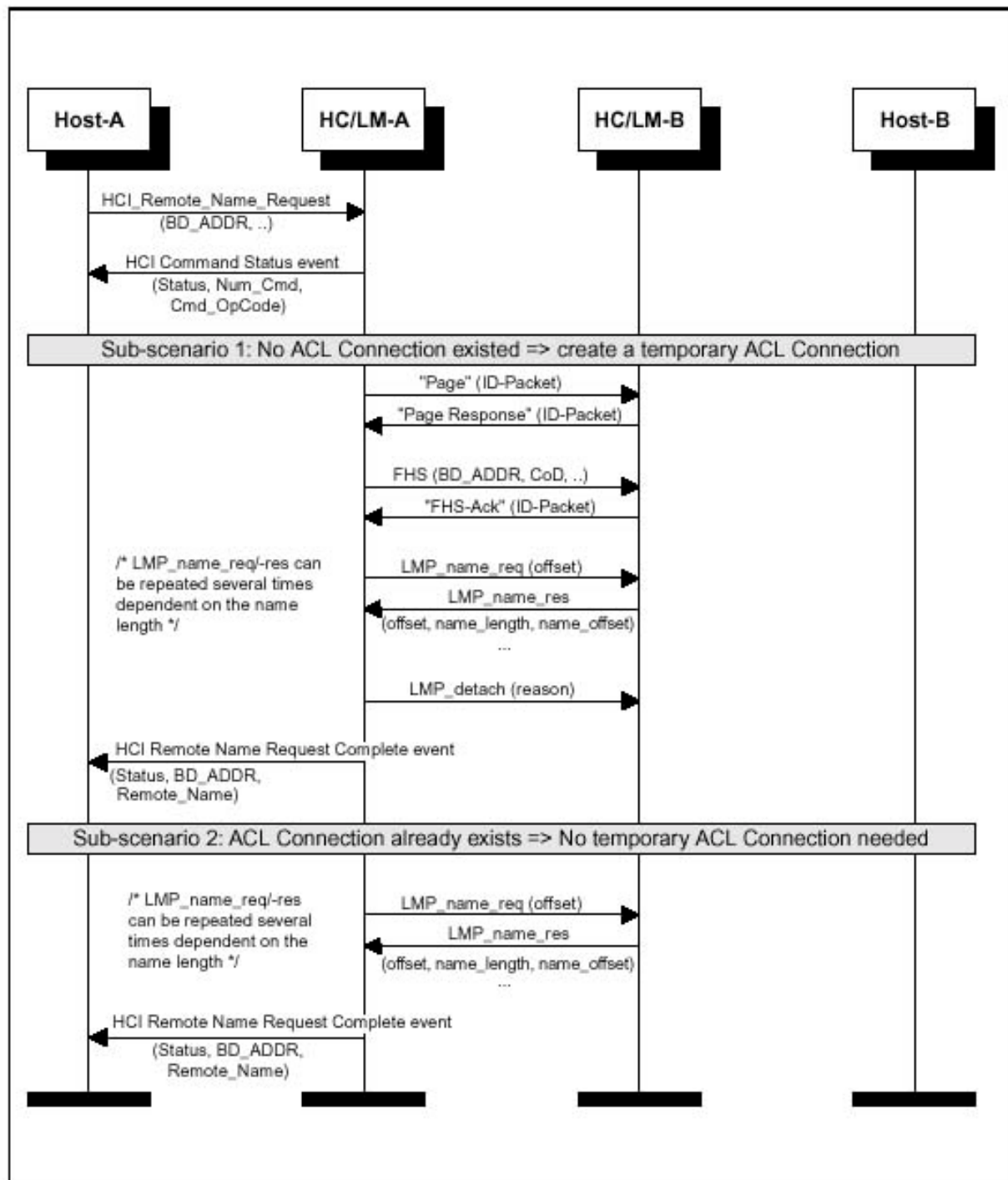


Figure 2.1: Remote Name Request

2. ONE-TIME INQUIRY

- ◆ Käytetään kartoittamaan ja keräämään lähellä olevia BT-laitteita
- ◆ Kun Host Controller saa käskyn HCI_Inquiry (LAP, Inquiry_Length, Num_Responses), se aloittaa Baseband-tasolla kyselyproseduurin
- ◆ Kun kyselyn vastaukset on saapuneet, HC suodattaa ja palauttaa oikeanlaiset tiedot löydetyistä BT-laitteista vastaten yhdellä tai useammalla Inquiry Result event –viestillä isännälleen.
- ◆ Kun kyselyproseduuri on tehty, palautetaan Inquiry Complete event (Status, Num_Responses)
Jos halutaan keskeyttää kysely, isäntä palauttaa HC:lle HCI_Inquiry_Cancel() –käskyn

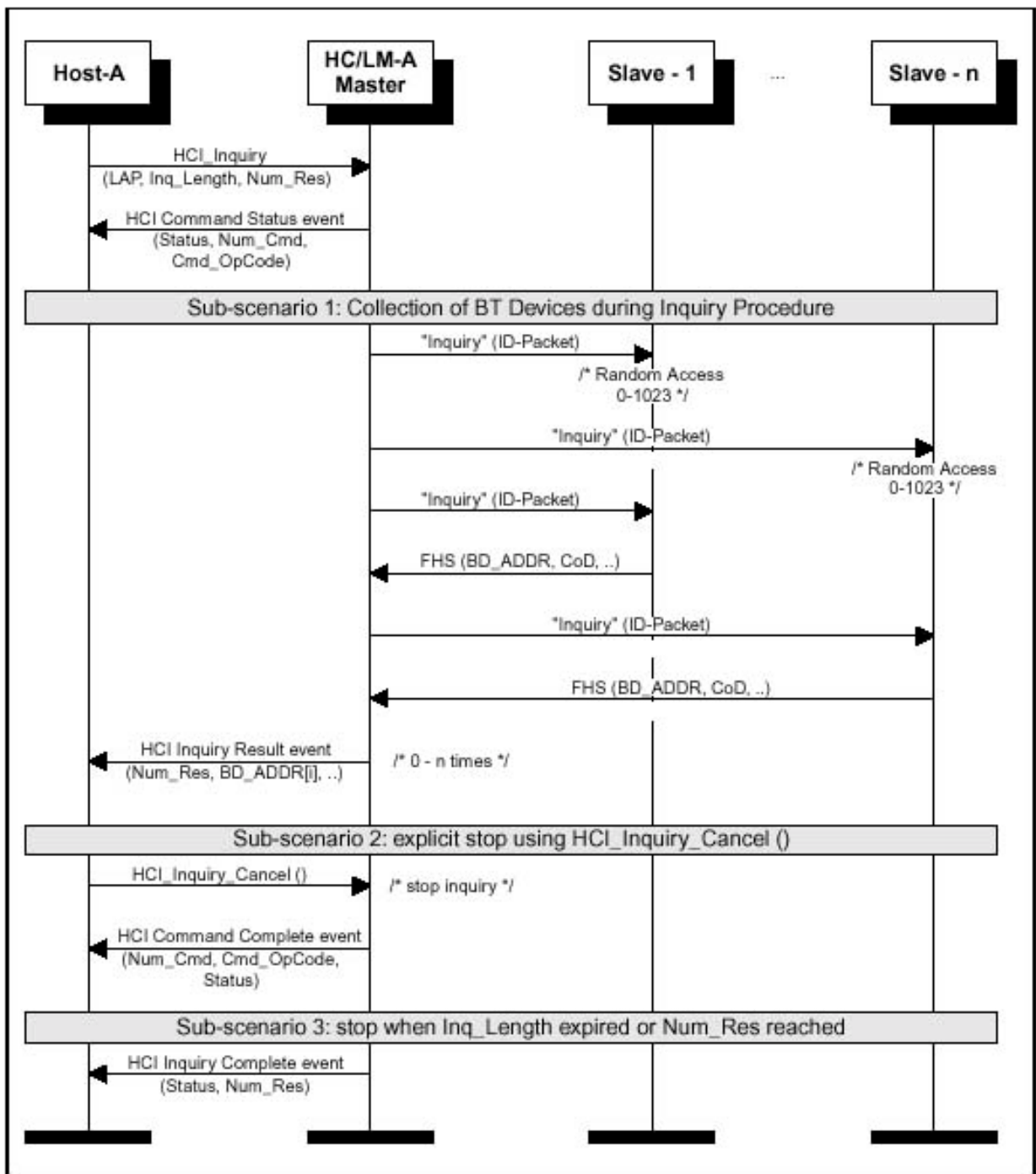


Figure 2.2: One-Time Inquiry

3. PERIODIC INQUIRY

- ◆ Käytetään, kun BT-laitteita pitää kysellä jaksoittain toistuvasti

- ◆ Kun HC vastaanottaa
HCI_Periodic_Inquiry_Mode(Max_Period_Length,
Min_Period_Length, LAP, Inquiry_Length, Num_Responses) –käslyn,
HC aloittaa Periodic Inquiry Mode –moodin tietyillä parametreilla
- ◆ Kyseleminen toimii samalla tavoin kuin yhden kerran suoritettava kysely.
- ◆ Isännälle välitetään kyselysyklissä vain ne löydettyt laitteet, joiden
Filter_Type on sama kuin Inquiry Result events
- ◆ Kysely voidaan lopettaa **HCI_Exit_Periodic_Inquiry_Mode**() –käslyllä.

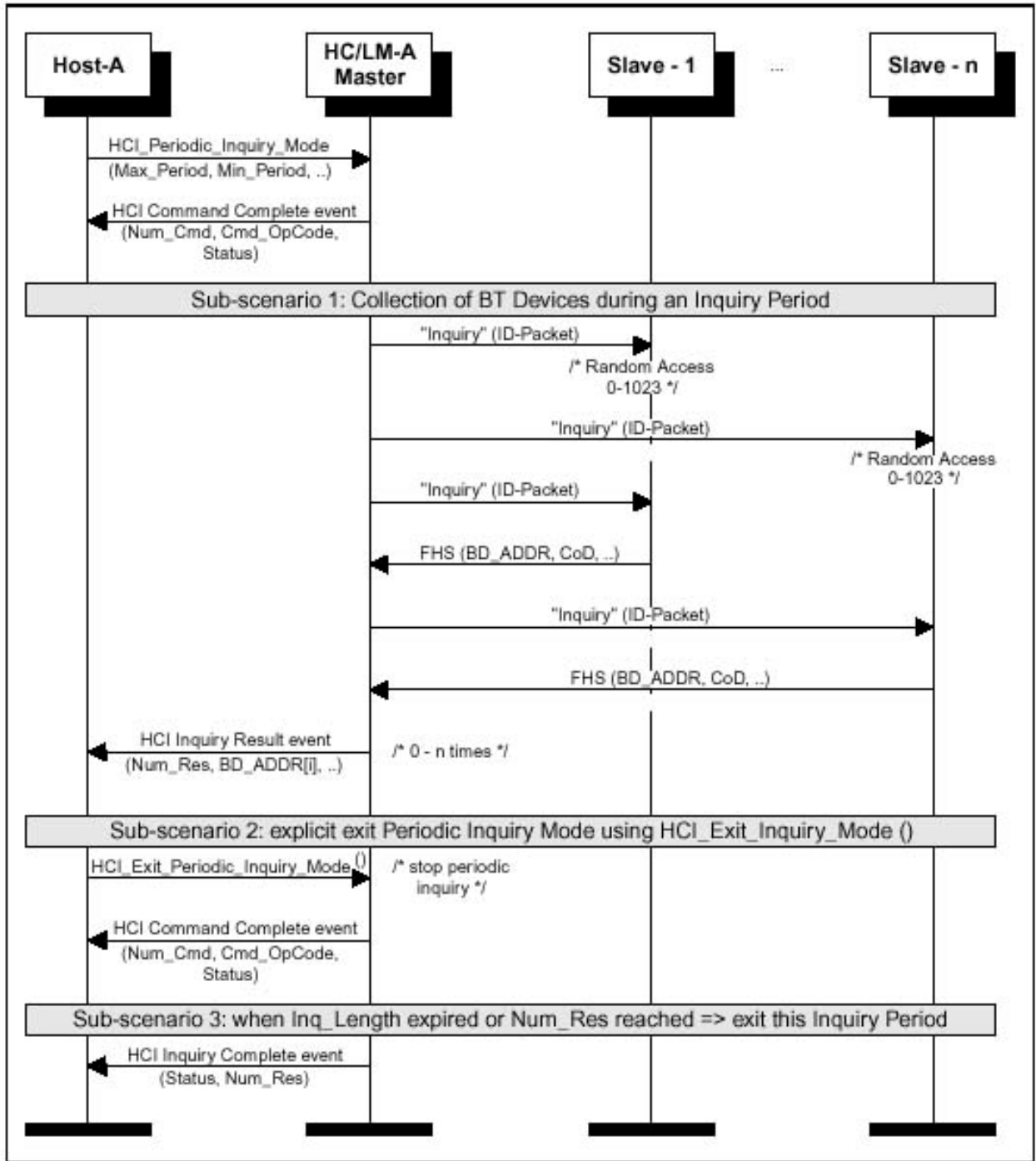


Figure 2.3: Periodic Inquiry

ACL CONNECTION ESTABLISHMENT AND DETACHMENT

- ◆ Pikonetissä olevan isännän ja palvelijan välillä voi olla Synchronous Connection-Oriented (SCO) tai Asynchronous Connection-Less (ACL) linkkejä

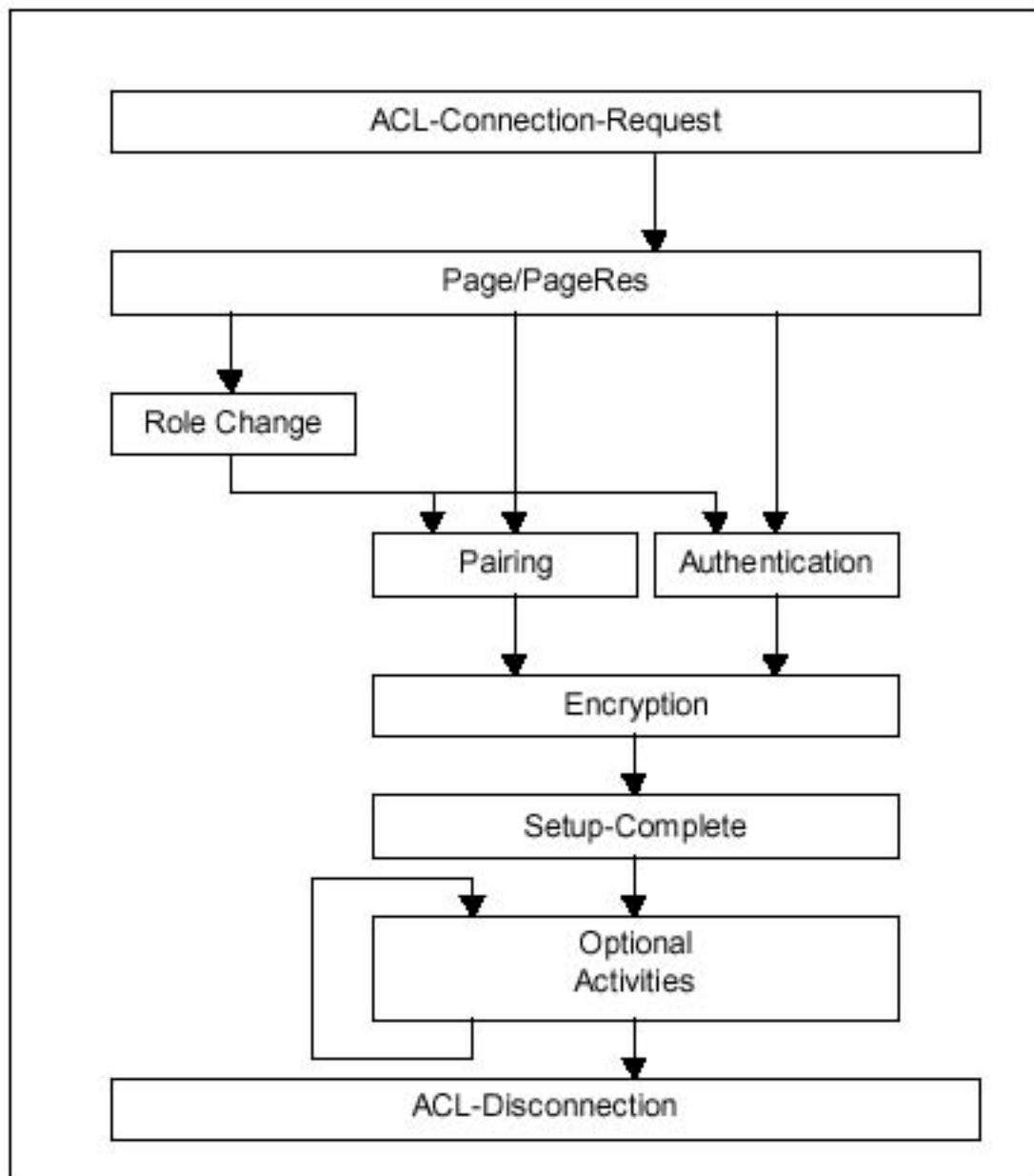


Figure 3.1: Overview of ACL Connection establishment and detachment

1. ACL CONNECTION REQUEST PHASE

- ◆ ACL yhteyden pyyntövaihe alkaa isännän **HCI_Create_Connection** (BD_ADDR, Packet_Type, Page_Scan_Repetition_Mode, Page_Scan_Mode, Clock_Offset, Allow_Role_Switch) –käskeillä ja palvelijan Link Manager-tason hylkäys- tai hyväksymisvastauksella
- ◆ **1. TAPAUS**
Palvelija hylkää yhteydenmuodostuspyynnön **Connection Complete event** (Status, Connection_Handle, BD_ADDR, Link_Type, Encryption_Mode) – tapahtumalla, jossa Status-kentässä on kopioituna palvelijan **HCI_Reject_Connection_Request** (Reason, BD_ADDR) Reason-parametri
- ◆ **2. TAPAUS**
Palvelija hyväksyy yhteydenmuodostuspyynnön **LMP_accepted()**, jolloin isäntä jatkaa yhteydenmuodostamista Pairing-, Authentication- tai Encryption-proseduureilla
- ◆ **3. TAPAUS**
Palvelija hyväksyy yhteydenmuodostuksen roolin vaihtamisen kanssa. Tämä tapaus huomataan, kun palvelija lähettää **LMP_switch_req()**-viestin aloittaakseen roolin vaihdon. Jos isäntä hyväksyy pyynnön, suoritetaan baseband-tason roolinvaihto. Tämän jälkeen yhteydenmuodostusta jatketaan kuten 1. tapauksessa

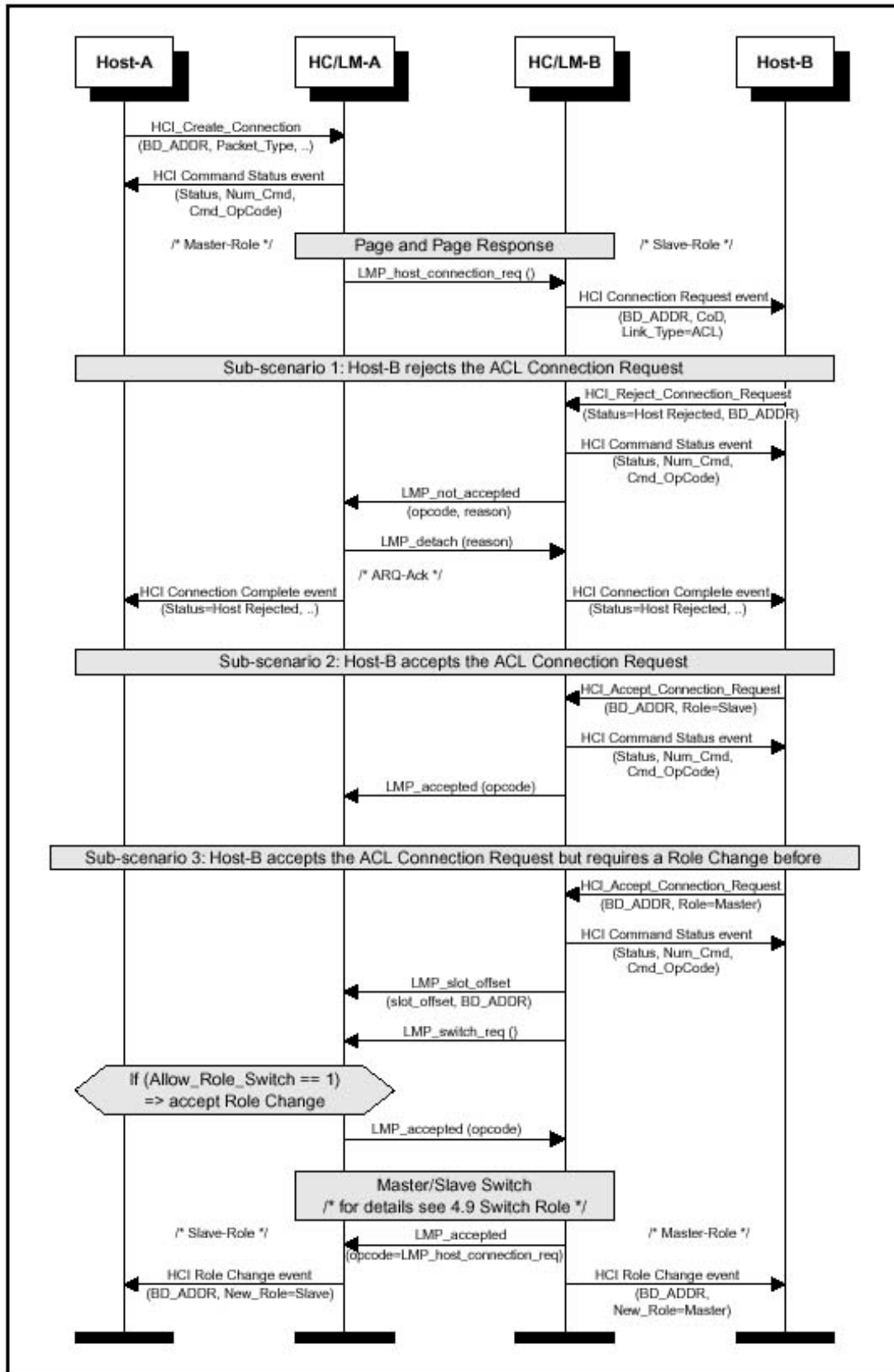


Figure 3.2: ACL Connection Request phase

2. ACL CONNECTION SETUP PHASE

- ◆ Jos yhteydenmuodostuspyyntö on onnistunut hienosti, jatketaan yhteyden alustamisvaiheella, jonka päämääränä on turvallisuusseikat, kuten Pairing, Authentication ja Encryption
- ◆ Yhteyden alustaminen on onnistuneesti suoritettu, kun **LMP_setup_complete()** on vaihdettu ja Connection Complete –tapahtuma lähetetty isäntälaitteelle.
- ◆ **2.1. Pairing**
 - Käytetään, jos tarvitaan autentikointia, mutta toisiinsa kytkeytyvillä BT-laitteilla ei ole yhteistä linkkiavainta (Common Link Key)
 - Operaatio tehdään Link Manager –tasolla käyttäen isännän PIN Inputia
 - Operaation aikana suoritetaan Authentication- ja link key creation –vaiheet

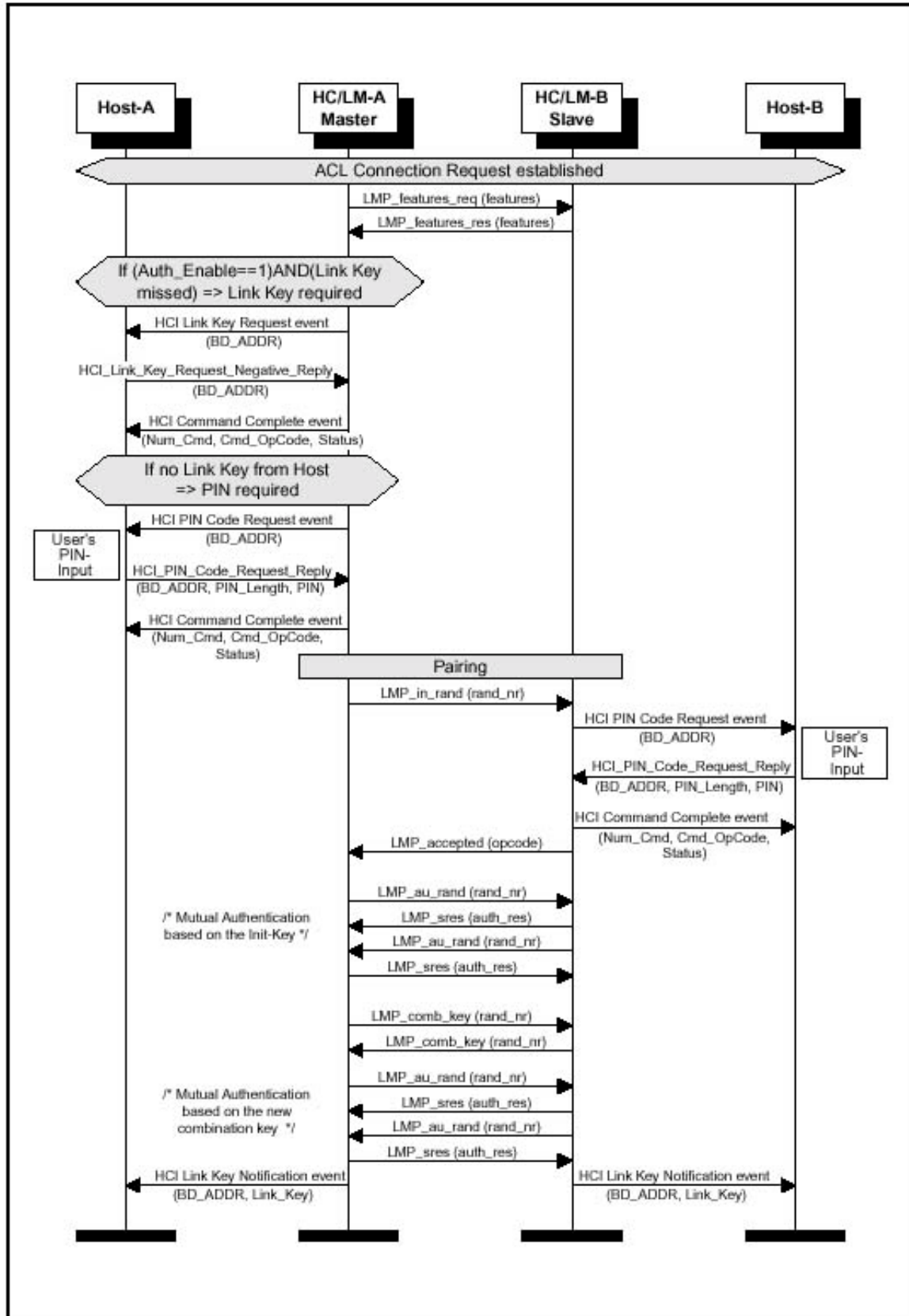


Figure 3.3: ACL Connection setup with pairing

◆ 2.2 Authentication

- Jos yhteinen linkkiavain löytyy molemmilla laitteilla, Pairing-
operaatiota ei tarvitse tehdä.
- Jos parametri Authentication_Enable on päällä, autentikointiproseduuri
pitää suorittaa

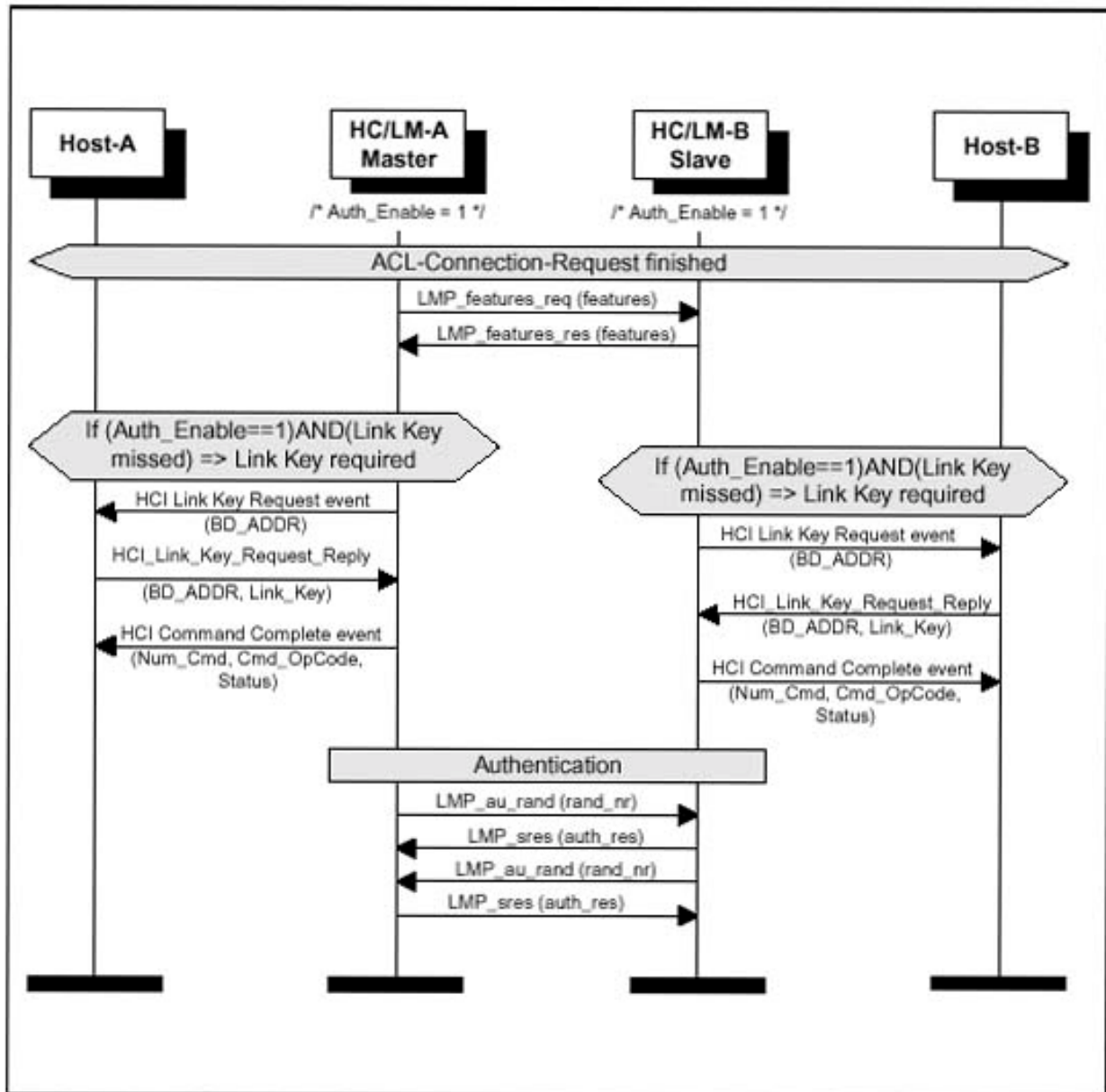


Figure 3.4: ACL Connection setup with authentication

3. ENCRYPTION AND CONNECTION SETUP COMPLETE

- ◆ Kun Pairing ja Authentication –proseduuri on suoritettu, Encryption-proseduuri aloitetaan
- ◆ Encryption-proseduuri vaatii yhteisen linkkiavaimen

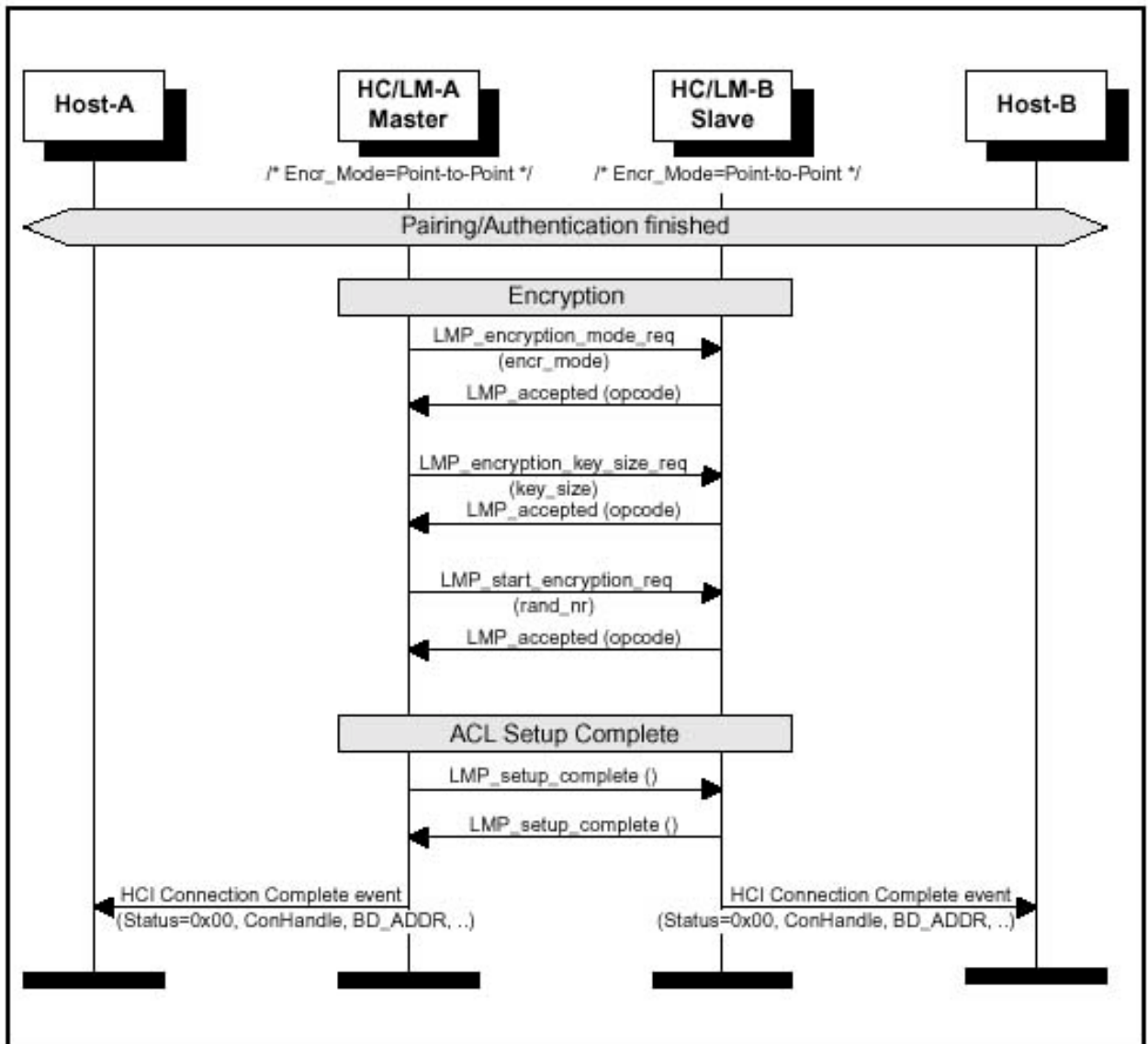


Figure 3.5: Encryption and Setup complete

4. ACL DISCONNECTION

- ◆ Yhteys voidaan katkaista missä vaiheessa tahansa **HCI_Disconnect** (Connection_Handle, Reason)-käskeillä
- ◆ Jos **SCO**-yhteyksiä on samanaikaisesti päällä, ne täytyy katkaista ensin ennenkuin **ACL**-yhteys voidaan katkaista
- ◆ Lopetus-proseduuri on yksipuolinen, joten erityistä vastausta toiselta BT-laitteelta ei tarvita
- ◆ Link Controllerilta tarvitaan kuitenkin ARQ Acknowledgment –viesti, jotta voidaan varmistaa Link Manager on saanut LMP_detach(reason)-viestin

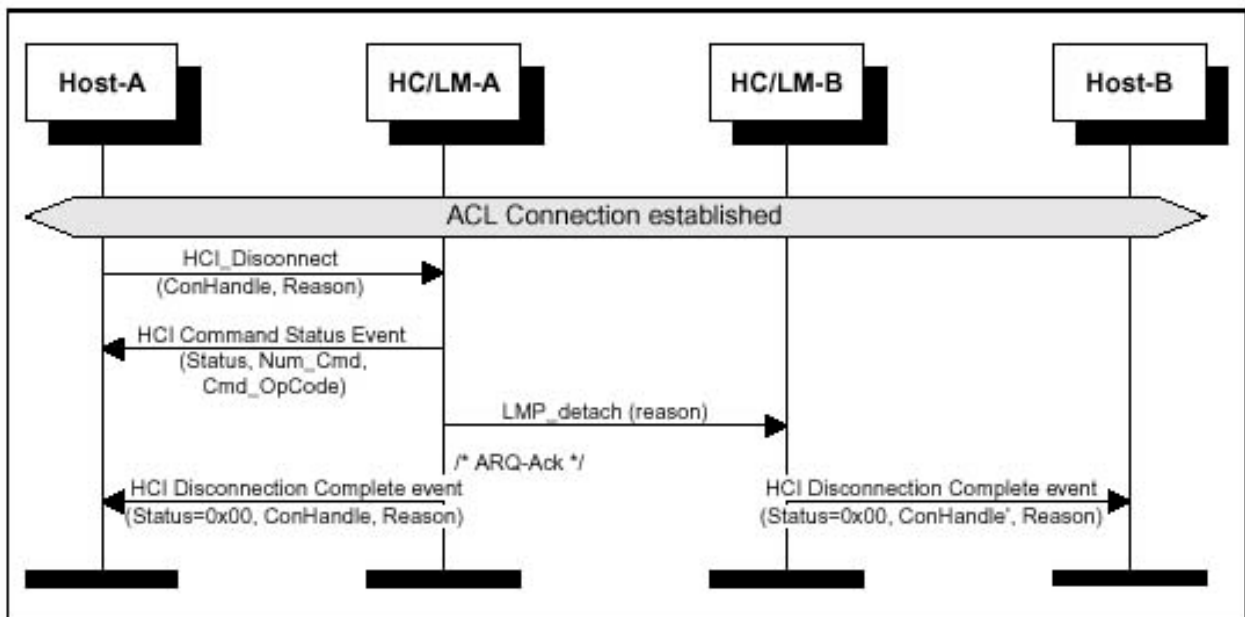


Figure 3.6: ACL Disconnection

OPTIONAL ACTIVITIES AFTER ACL CONNECTION ESTABLISHMENT

1. AUTHENTICATION REQUESTED

- ◆ Autentikoituminen voidaan suorittaa milloin tahansa ACL-yhteyden muodostamisen jälkeen
- ◆ Jos Host Controller / Link Manager hukkaa linkkiavaimen, voidaan se vaatia isännältä samalla tavoin kuin Authentication-proseduurissa
- ◆ Jos Host Controller / Link Managerilla eikä isännällä ole linkkiavainta, PIN Code Request event lähetetään isännälle (Host) ja suoritetaan samanlainen proseduri kuin yhteydenmuodostamisessa Pairing-tapauksessa

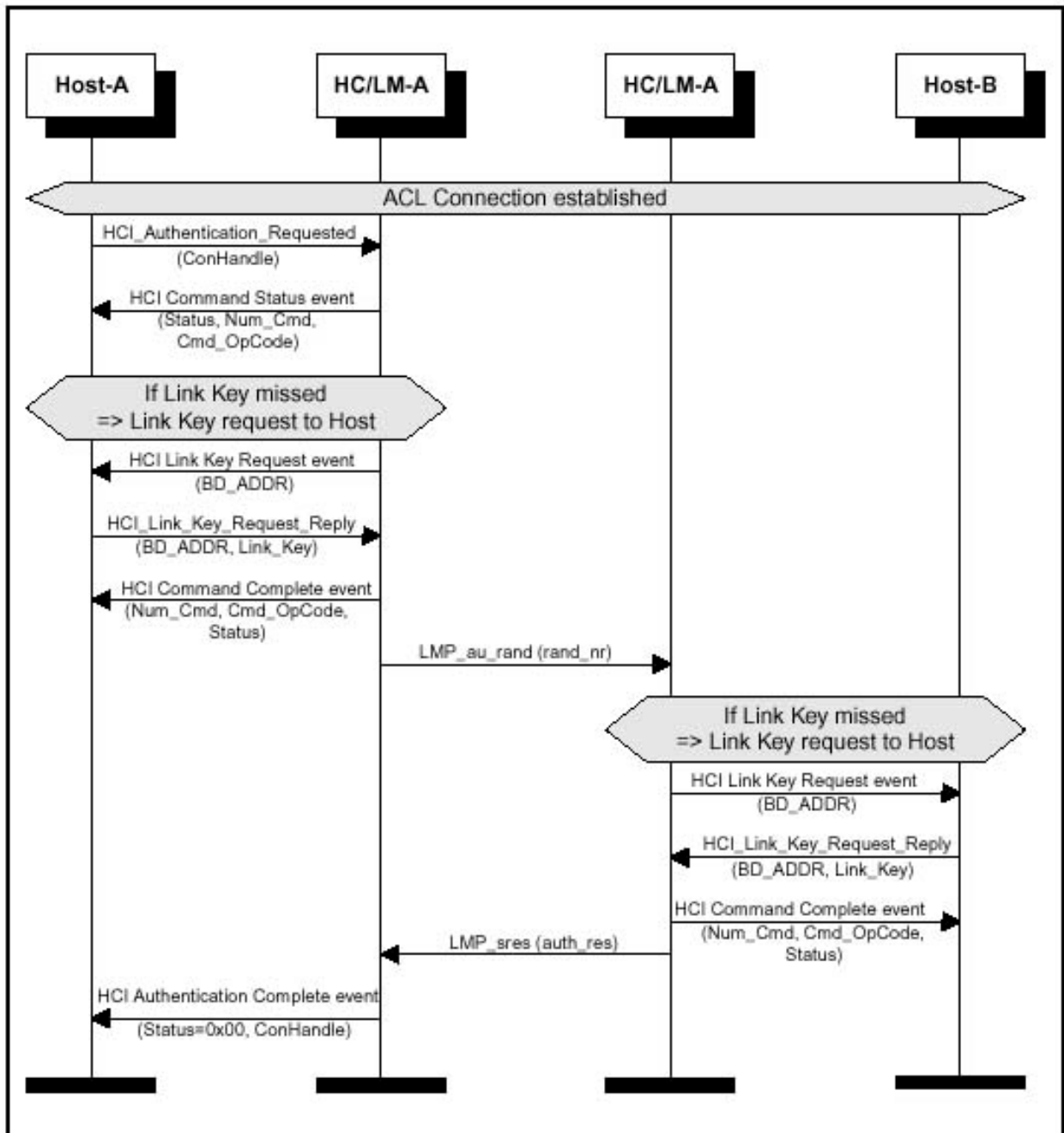


Figure 4.1: Authentication Requested

2. SET CONNECTION ENCRYPTION

- ◆ Käskyllä **HCI_Set_Connection_Encryption** (Connection_Handle, Encryption_Enable) isäntä (Host) voi asettaa yhteyden salaamisen joko päälle tai pois
- ◆ Kumpi tahansa, isäntä tai palvelija, voi käyttää ko. käskyä.
- ◆ Jos palvelija vaatii muutosta, tämä voi lähettää **LMP_encryption_mode_req** (encryption_mode)- viestin, mutta vain isäntä (Master) voi määrittää ominaisuudet (**LMP_encryption_key_size_req** (key_size) ja **LMP_start_encryption_req** (rand_nr))

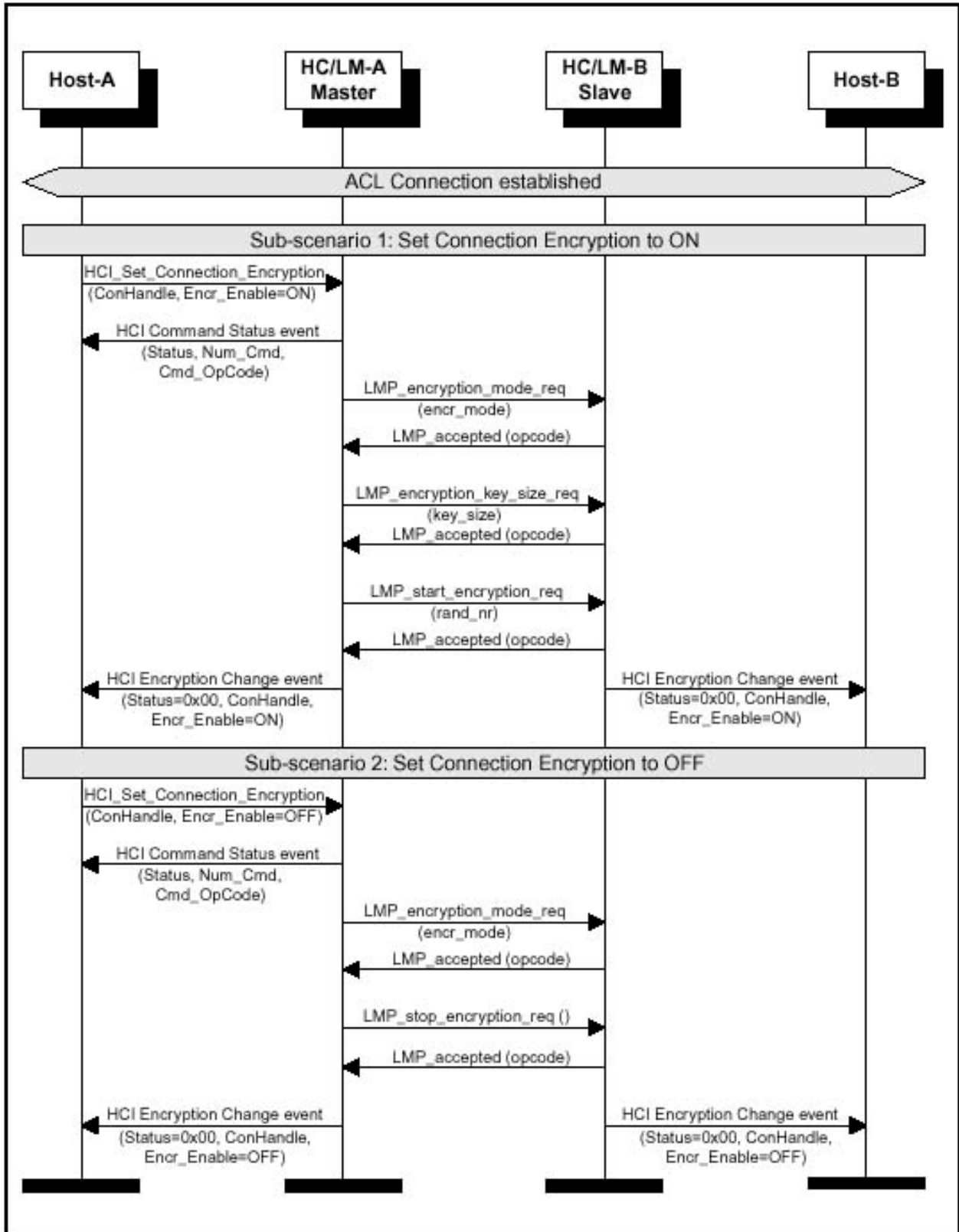


Figure 4.2: Set Connection Encryption

3. CHANGE CONNECTION LINK KEY

- ◆ Kommunikoivien BT-laitteiden yhteisen linkkiavaimen voi isäntä (Host) vaihtaa käskyllä **HCI_Change_Connection_Link_Key** (Connection_Handle)
- ◆ Jos yhteyden salaus oli päällä ja käytettiin väliaikaista linkkiavainta, isäntälaitte (Master) joutuu ensin lopettamaan salauksen ja sitten aloittamaan sen uudestaan

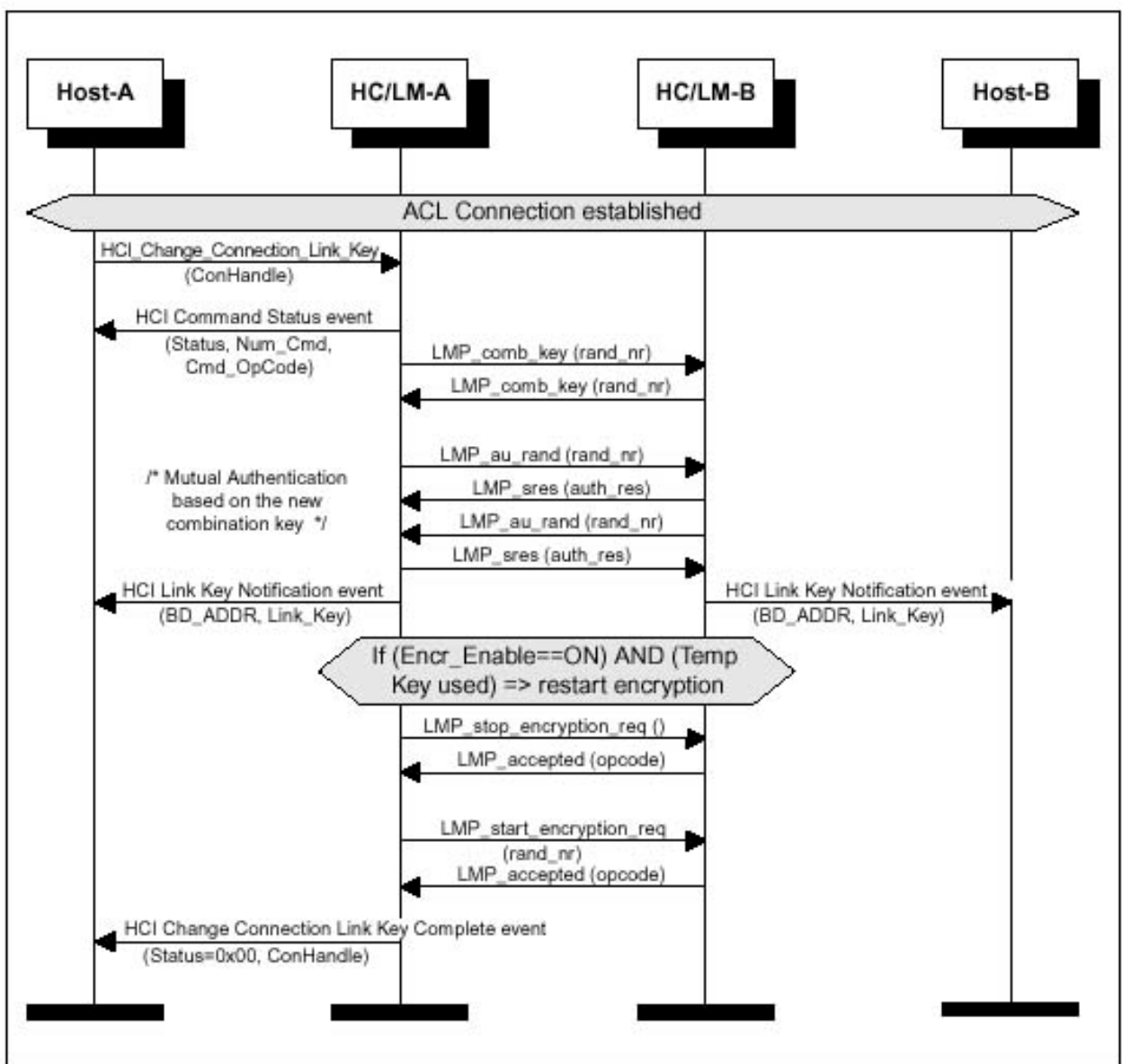


Figure 4.3: Change Connection Link Key

4. MASTER LINK KEY

- ◆ Jos isäntä vaihtaa väliaikaisesta linkkiavaimesta puoli-pysyvään linkkiavaimeen, vaikuttaa vaihdos kaikkiin yhteyksiin
- ◆ Jos yhteyden salaus oli päällä, joutuu isäntä aloittamaan uudelleen salauksen jokaiseen palvelijaan olevaan yhteyteen erikseen

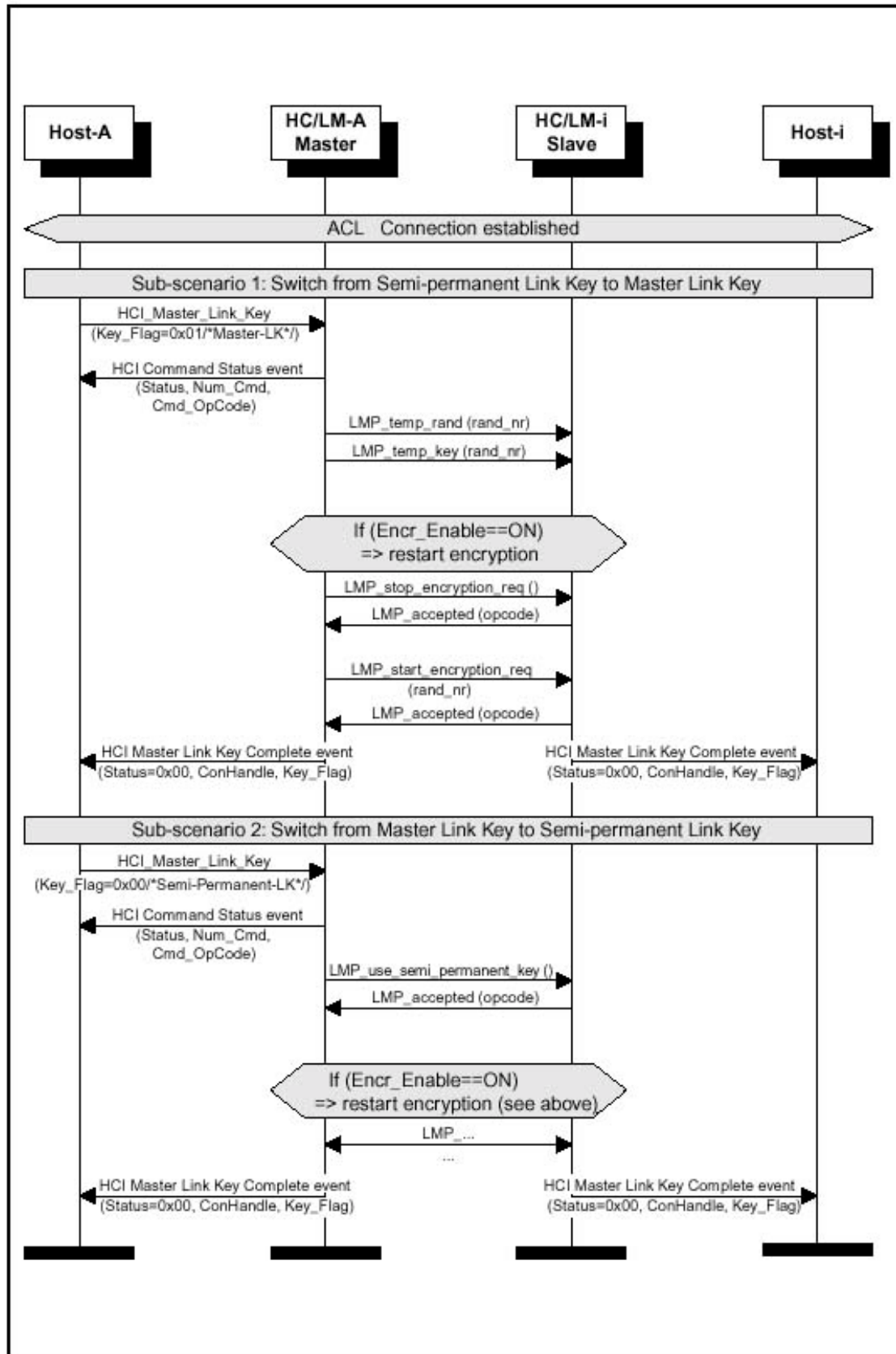


Figure 4.4: Master Link Key

5. READ REMOTE SUPPORTED FEATURES

- ◆ **HCI_Read_Remote_Supported_Features**(Connection_Handle) –
komennolla voidaan lukea toisen BT-laitteen tuetut LMP- (Link Manager Protocol) ominaisuudet, kuten pakettityypit, tuetut moodit, audio coding – moodit
- ◆ Jos LMP-ominaisuudet on kysely jo ACL-yhteydenmuodostamisen yhteydessä, HC/LM saattaa palauttaa kyselyyn vain Read Remote Supported Features Complete event (Status, Connection_Handle, LMP_Features) ilman LMP PDU:iden (Link Manager Protocol/Protocol Data Unit) vaihtoa

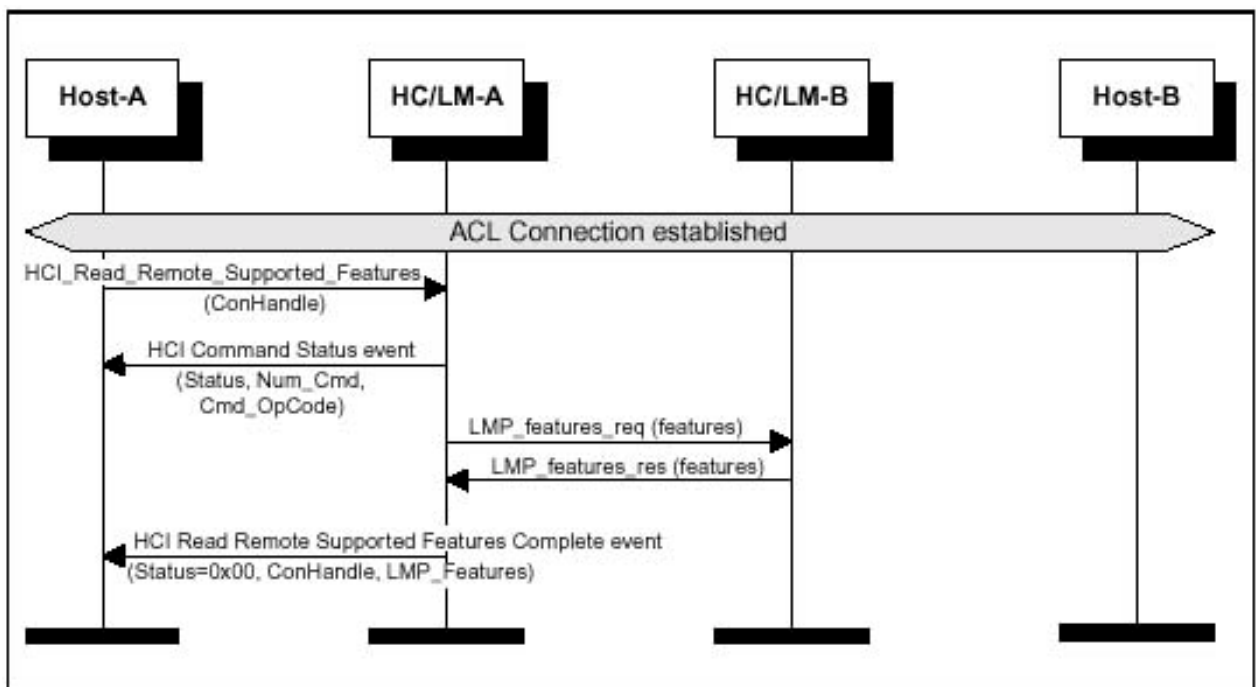


Figure 4.5: Read Remote Supported Features

6. READ CLOCK OFFSET

- ◆ BT-isäntä voi lukea toisen BT-palvelijan kellon vaihesiirtymän käskyllä **HCI_Read_Clock_Offset** (Connection_Handle)
- ◆ Vaihesiirtymää voidaan käyttää hyväksi myöhempien yhteysyritysten Paging-proseduurin nopeuttamisessa

- ◆ Jos palvelija lähettää pyynnön, tämän HC/LM palauttaa suoraan Command Status eventin ja Read Clock Offset Complete eventin ilman LMP PDU:iden vaihtoa

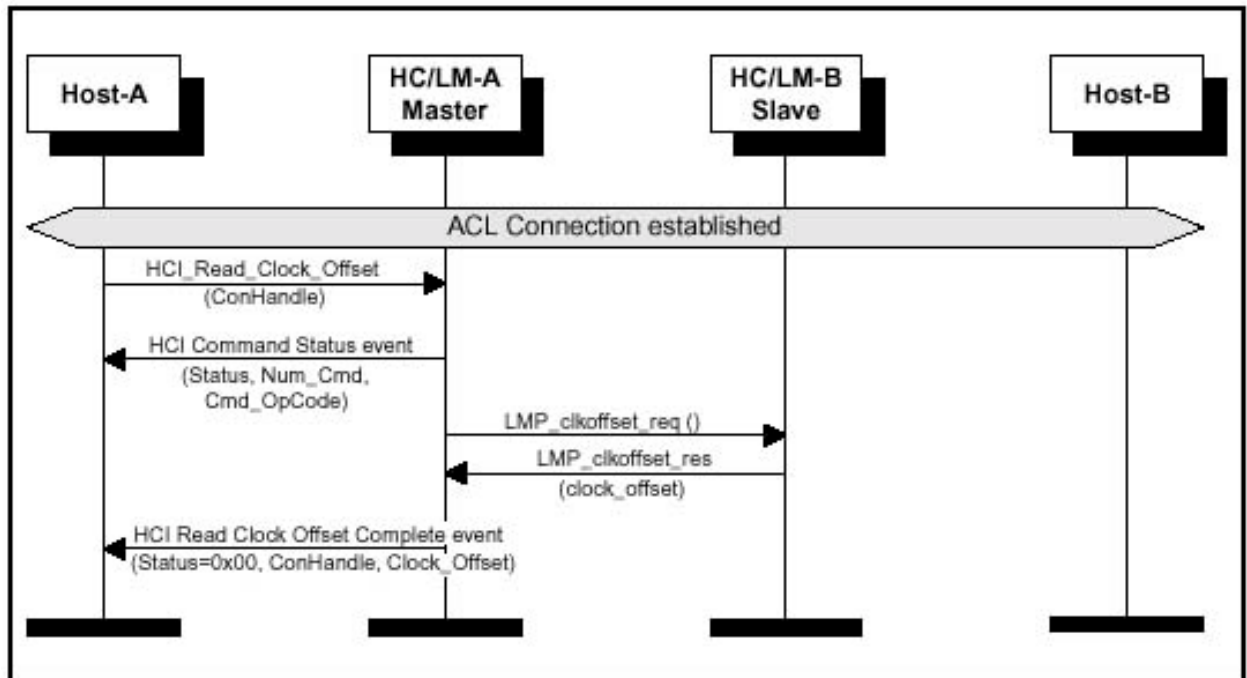


Figure 4.6: Read Clock Offset

7. READ REMOTE VERSION INFORMATION

- ◆ **HCI_Read_Remote_Version_Information** (Connection_Handle) –käskyllä voidaan lukea toisen BT-laitteen versiotietoja, kuten LMP_Version, Manufacturer_Name ja LMP_Subversion

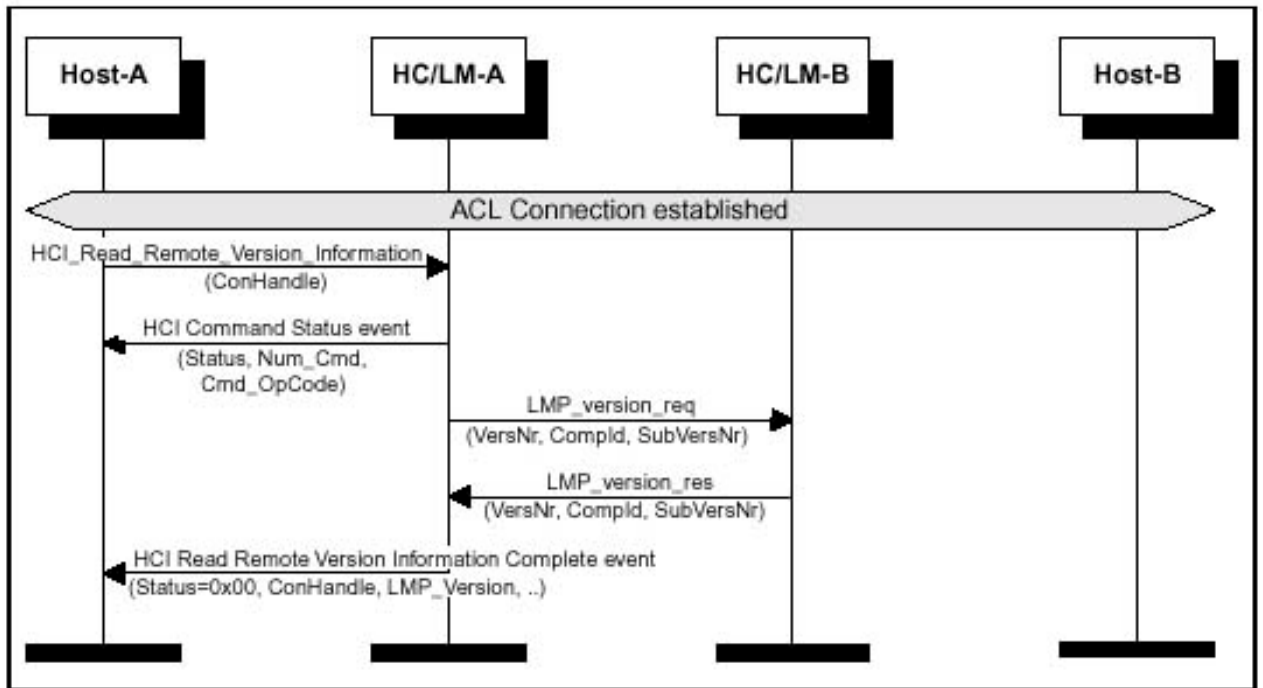


Figure 4.7: Read Remote Version Information

8. QoS SETUP

- ◆ Palvelunlaatua voidaan asettaa käskyllä **HCI_QoS_Setup** (Connection_Handle, Flags, Service_Type, Token_Rate, Peak_Bandwidth, Latency, Delay_Variation)

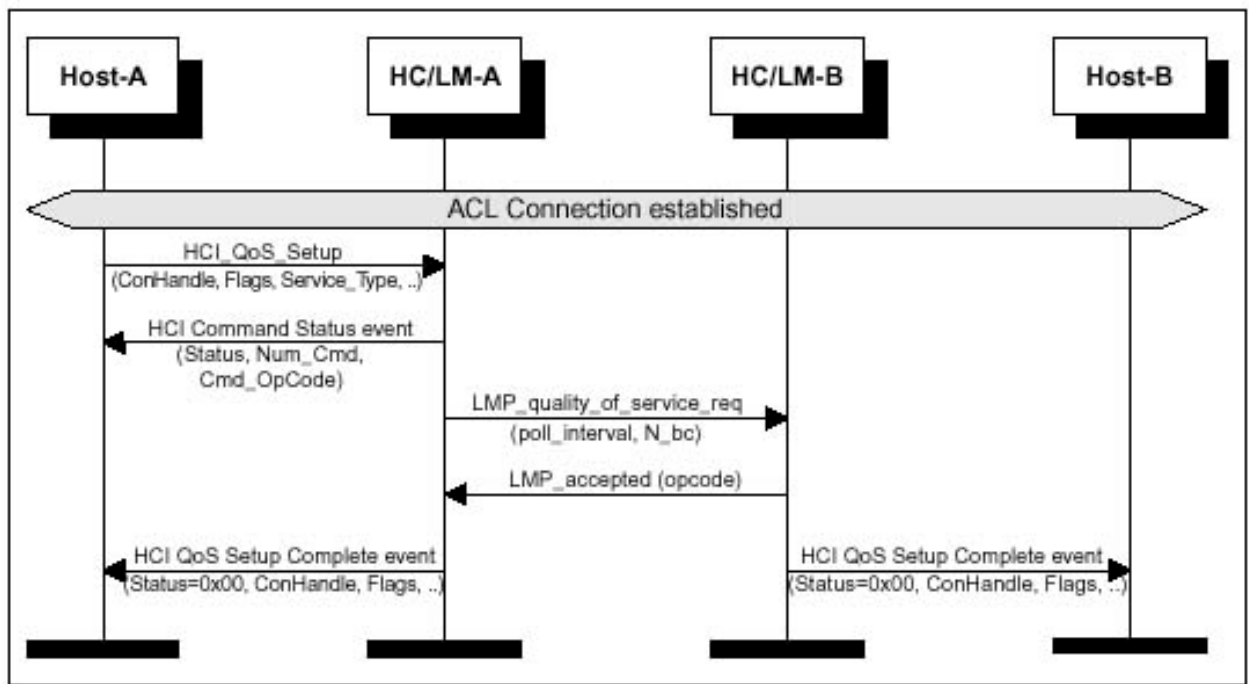


Figure 4.8: QoS Setup

9. SWITCH ROLE

- ◆ Oman ja määritellyn (BD_ADDR) BT-laitteen välisen yhteyden isäntä-palvelija-rooleja voidaan vaihtaa käskyllä **HCI_Switch_Role** (BD_ADDR, Role)
- ◆ Oman laitteen HC/LM tarkistaa, onko vaihto tapahtunut

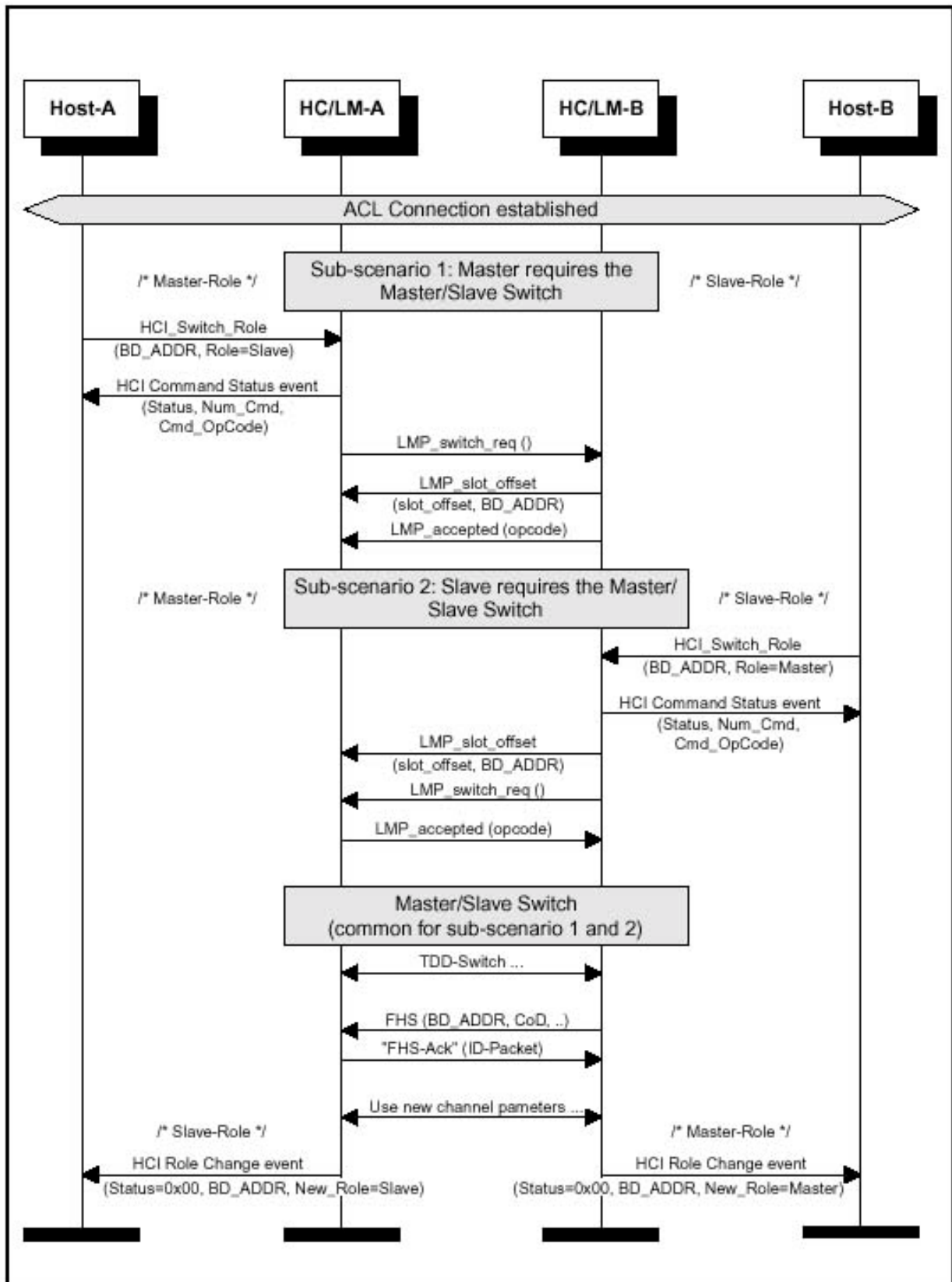


Figure 4.9: Switch Role

SCO CONNECTION ESTABLISHMENT AND DETACHMENT

1. SCO CONNECTION SETUP

- ◆ SCO-yhteys vaatii, että ACL-yhteys on luotu, joten isännän (Host) tehtävänä on ensin luoda ACL-yhteys ja sitten SCO-linkki
- ◆ Palvelijalle tulevat yhteyspyynnöt voidaan hyväksyä automaattisesti käyttämällä **HCI_Set_Event_Filter** (Filter_Type, Filter_Condition_Type, Condition)
- ◆ Jokaiselle BT-laitteelle menevälle SCO-linkille tarvitaan erityinen SCO Connection Handle
- ◆ **Isännän (Master) aktivoima SCO-yhteyden alustaminen**
 - SCO-yhteyden luominen aloitetaan käskyllä **HCI_Add_SCO_Connection** (Connection_Handle, Packet_Type)
 - ACL-yhteyteen liittyvä erityinen Connection_handle täytyy luoda ennen tämän viestin lähettämistä

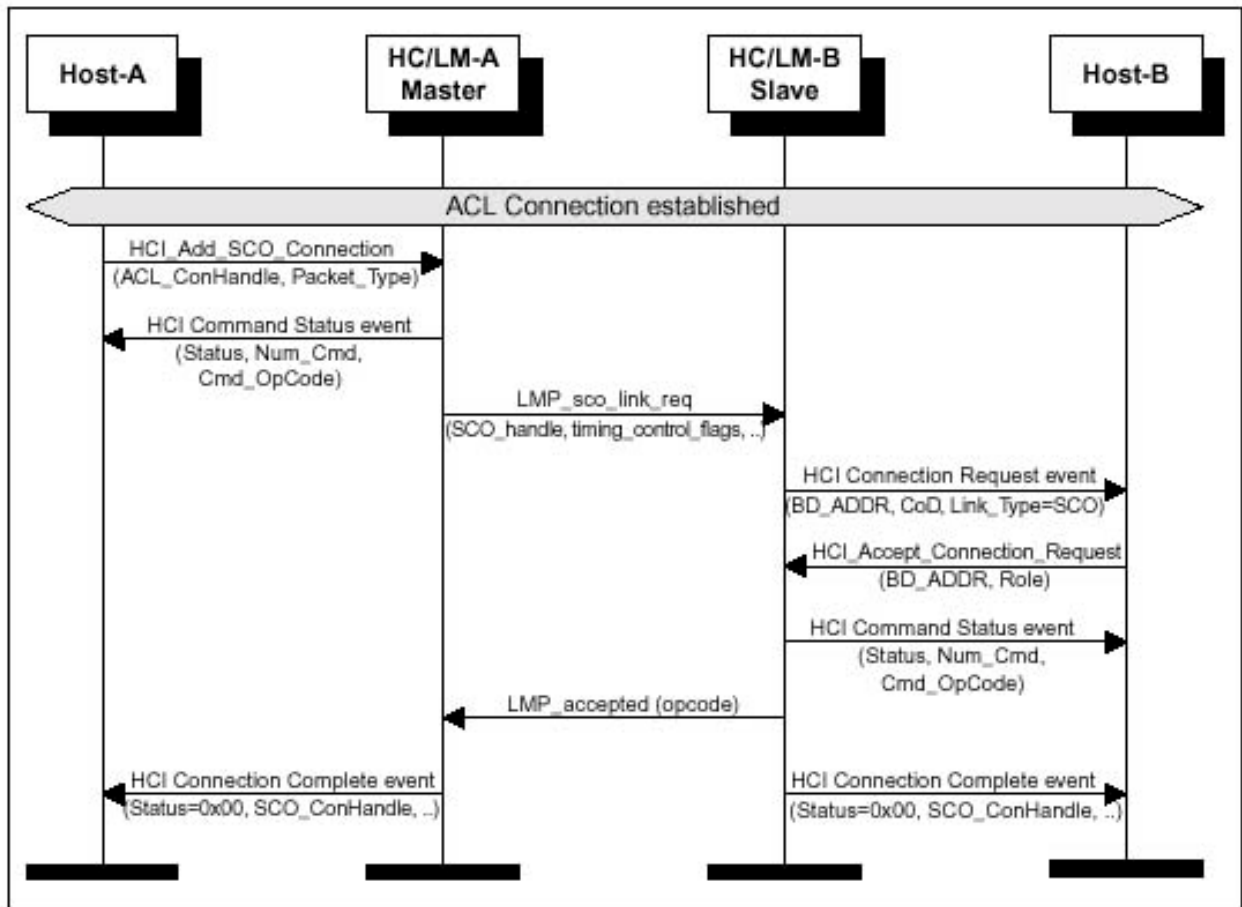


Figure 5.1: SCO Connection setup (activated from master)

◆ **Palvelijan aktivoima SCO-yhteyden alustaminen**

- Yhteyden muodostaminen toimii samalla tavalla palvelijan puolelta
- Tässä Connection_handle kuuluu laitteiden välille muodostetulle ACL-yhteydelle

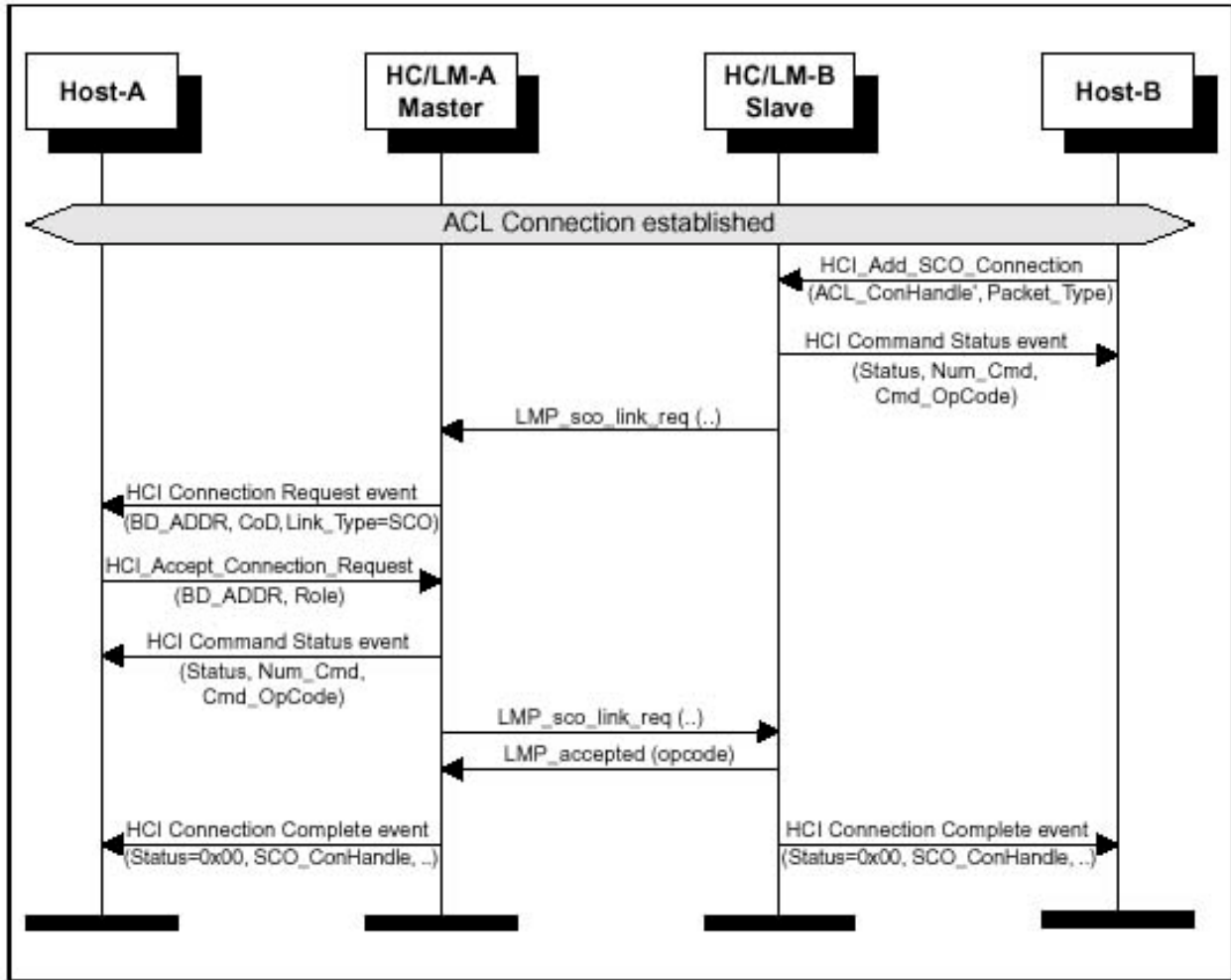


Figure 5.2: SCO Connection setup (activated from slave)

2. SCO DISCONNECTION

- ◆ SCO-yhteyden voi katkaista milloin tahansa
- ◆ Koska isännällä ja palvelijalla voi olla monta SCO-yhteyttä samanaikaisesti, SCO Disconnection poistaa vain tietyllä Connection_Handlella varustetun yhteyden. Muut yhteydet jäävät toimintaan.

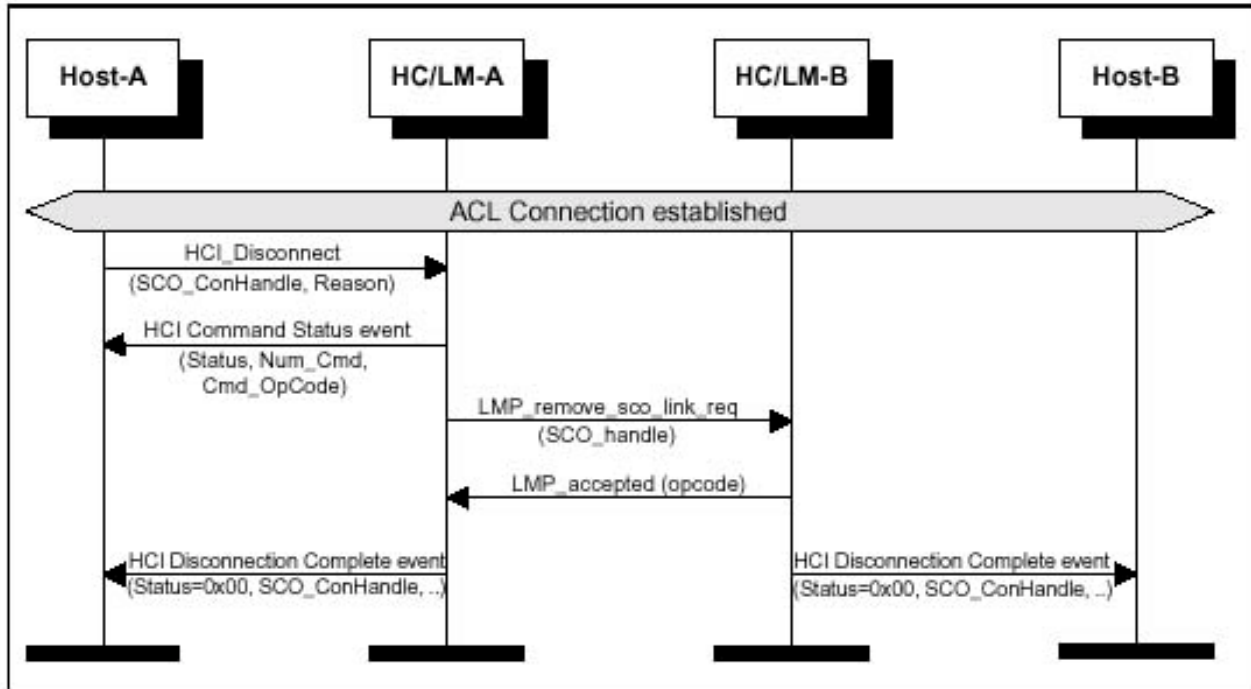


Figure 5.3: SCO Disconnection

SPECIAL MODES: SNIFF, HOLD, PARK

- ◆ Sniff-, Hold- ja Park-moodit vaativat ACL-yhteyden

	Sniff	Hold	Park
Request	Master/Slave	Master/Slave	Master/Slave
Force	Master	Master/Slave	Master
Activation	Master	Master/Slave	Master
Release	Master/Slave	Automatic	Master/Slave

1. SNIFF MODE

- ◆ Sniff-moodia käytetään, kun halutaan palvelijan osallistuvan pikonettiin vain tietyin väliajoin
- ◆ Voidakseen neuvotella, pitää määritellä minimi ja maksimi sniff-väli, jotta HC/LM pystyisi valitsemaan jonkun ajanjakson tältä väliltä
- ◆ **HCI_Sniff_Mode** (Connection_Handle, Sniff_Max_Interval, Sniff_Min_Interval, Sniff_Attempt, Sniff_Timeout)
- ◆ Sniff-moodi on periodinen moodi, joten aktiivi-moodiin pääsemiseksi tarvitaan **HCI_Exit_Sniff_Mode**(Connection_Handle)

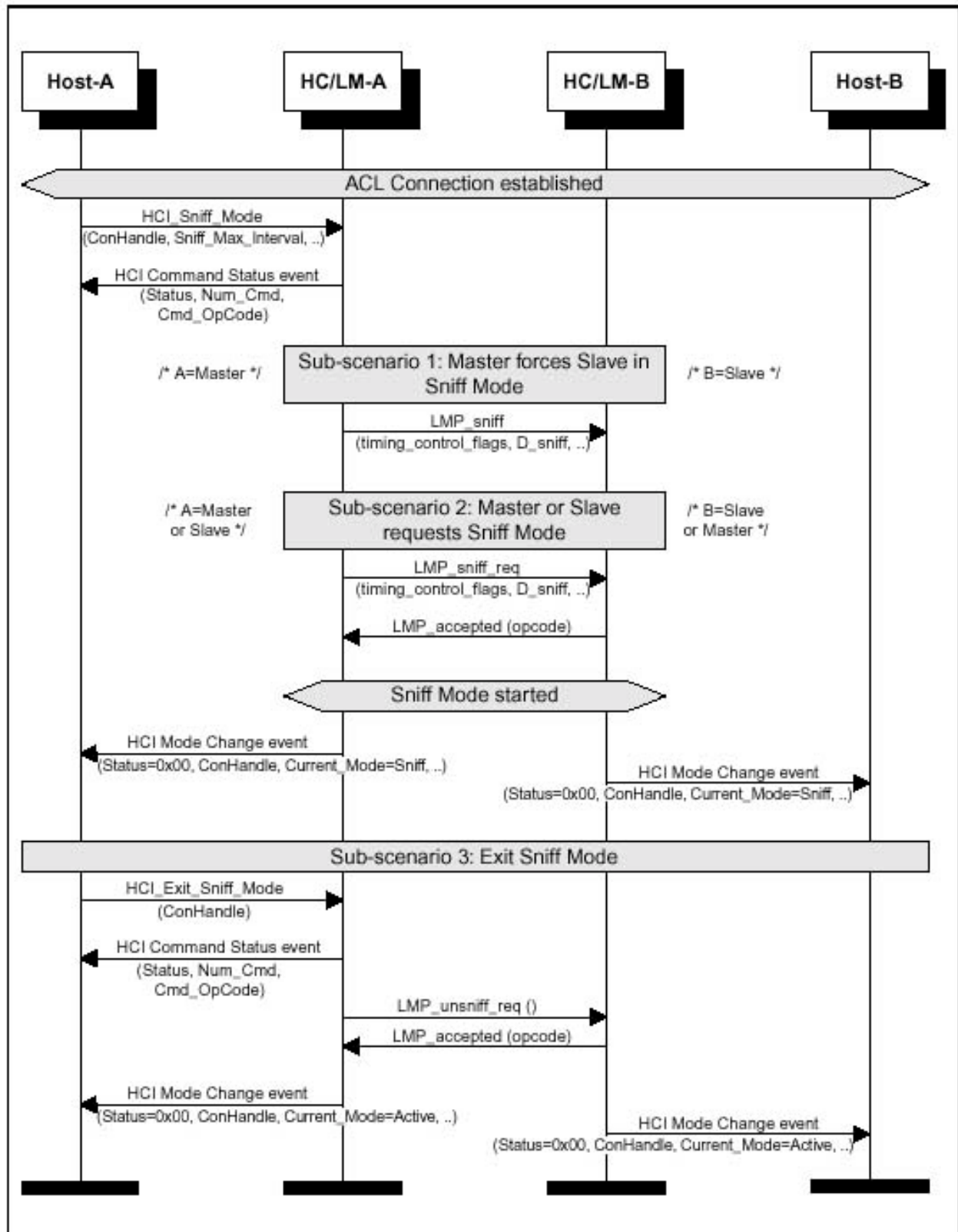


Figure 6.1: Sniff Mode

2. HOLD MODE

- ◆ Käytetään, jos BT-laite ei halua osallistua yhteyteen Hold-moodin ajan
- ◆ **HCI_Hold_Mode**(Connection_Handle, Hold_Max_Length, Hold_Min_Length)
- ◆ Host määrittelee minimi ja maksimi pituuden, jonka välissä HC/LM keskustella
- ◆ Moodiin siirtymisestä tai lopettamisesta tiedotetaan **Mode Change event** (Status, Connection_Handle, Current_Mode, Interval) –eventillä

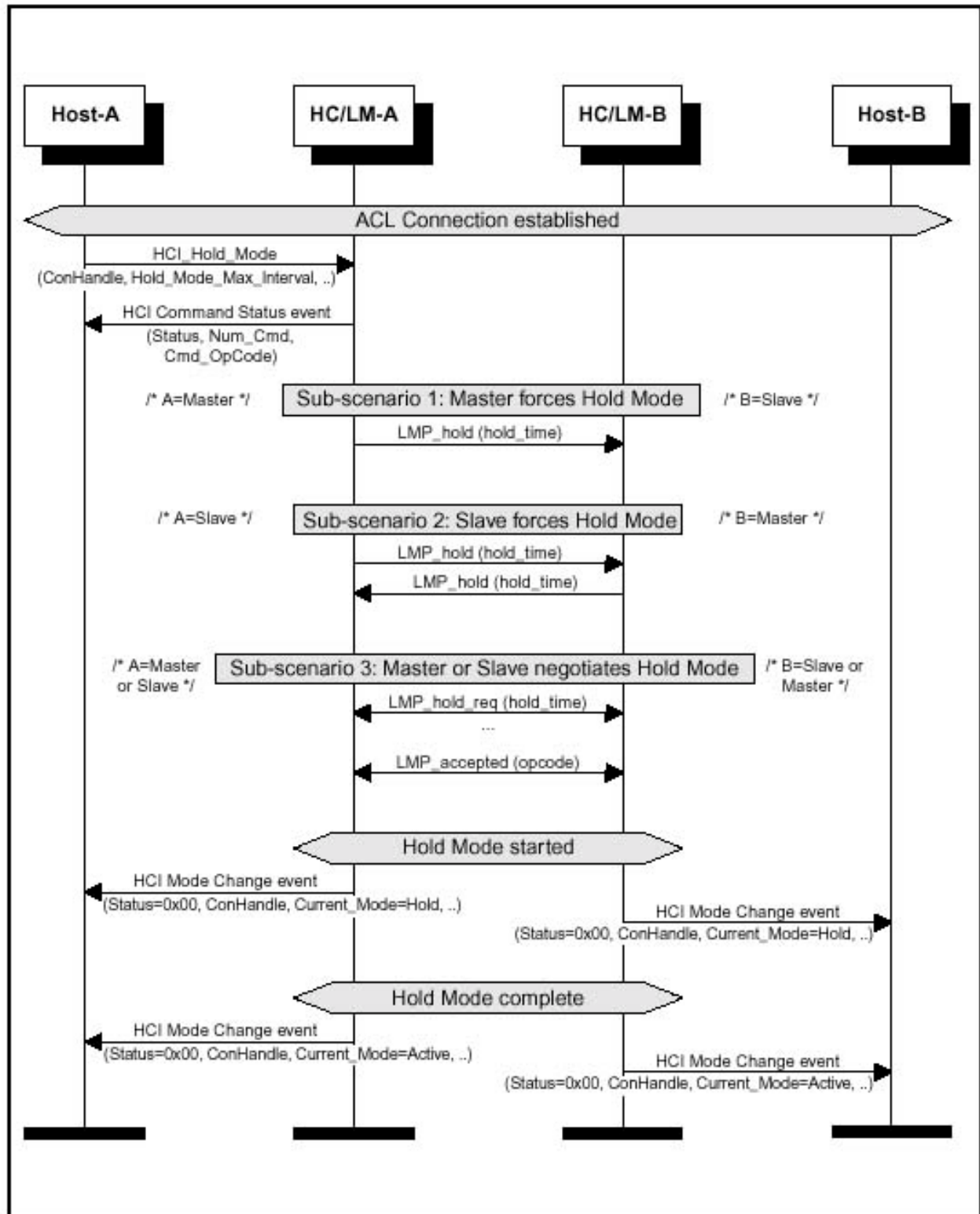


Figure 6.2: Hold Mode

3. PARK MODE

- ◆ Park-moodia käytetään kääntämään slavat toimettomaan tilaan, mutta pysymään silti synkronoituna masteriin beacon- välillä
- ◆ **Park-moodiin meneminen**
 - tapahtuu käskyllä **HCI_Park_Mode** (Connection_Handle, Beacon_Max_Interval, Beacon_Min_Interval)
 - Host määrittelee minimi- ja maksimi Beacon-välin niin, että HC/LM voi asettaa Beacon-intervallinsa BT-slaveille tälle välille
 - Park-moodissa BT-slave luovuttaa AM_ADDR-osoitteensa (Active Member Address) pois

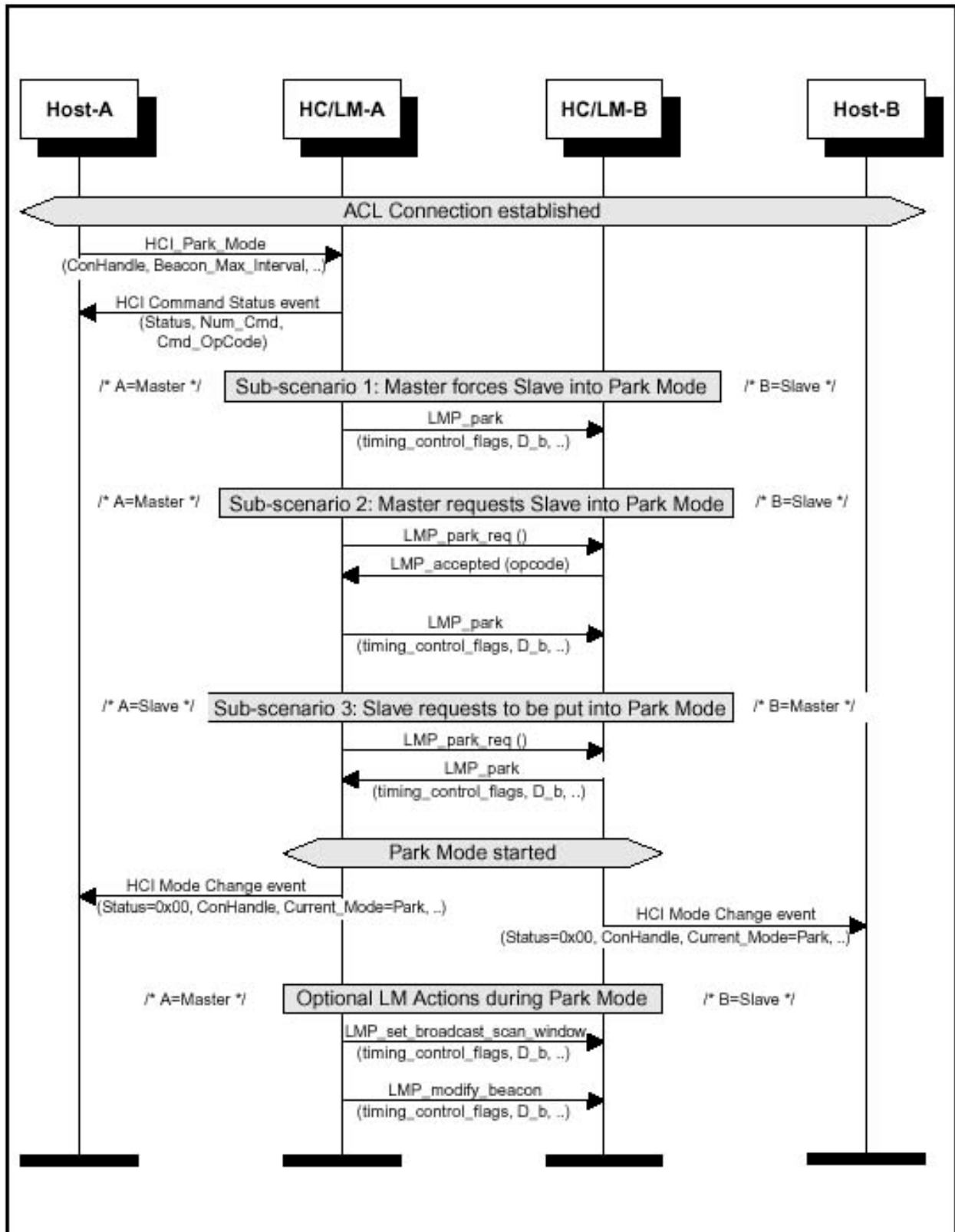


Figure 6.3: Enter Park Mode

◆ PARK-moodista poistuminen

- Park-moodi on periodinen moodi, joten aktiiviseen moodiin palataan käskyllä **HCI_Exit_Park_Mode** (Connection_Handle)
- Parkkeerattu BT-slave voi pyytää palaamista aktiiviseen moodiin lähettämällä **Access_Request_Message**
- Master palauttaa aktiiviseen jommallakummalla käskyllä
 - **LMP_unpark_PM_ADDR_req** (..) (Parked Member Addr.)
 - **LMP_unpark_BD_ADDR_req** (..) (BT Device Addr.)

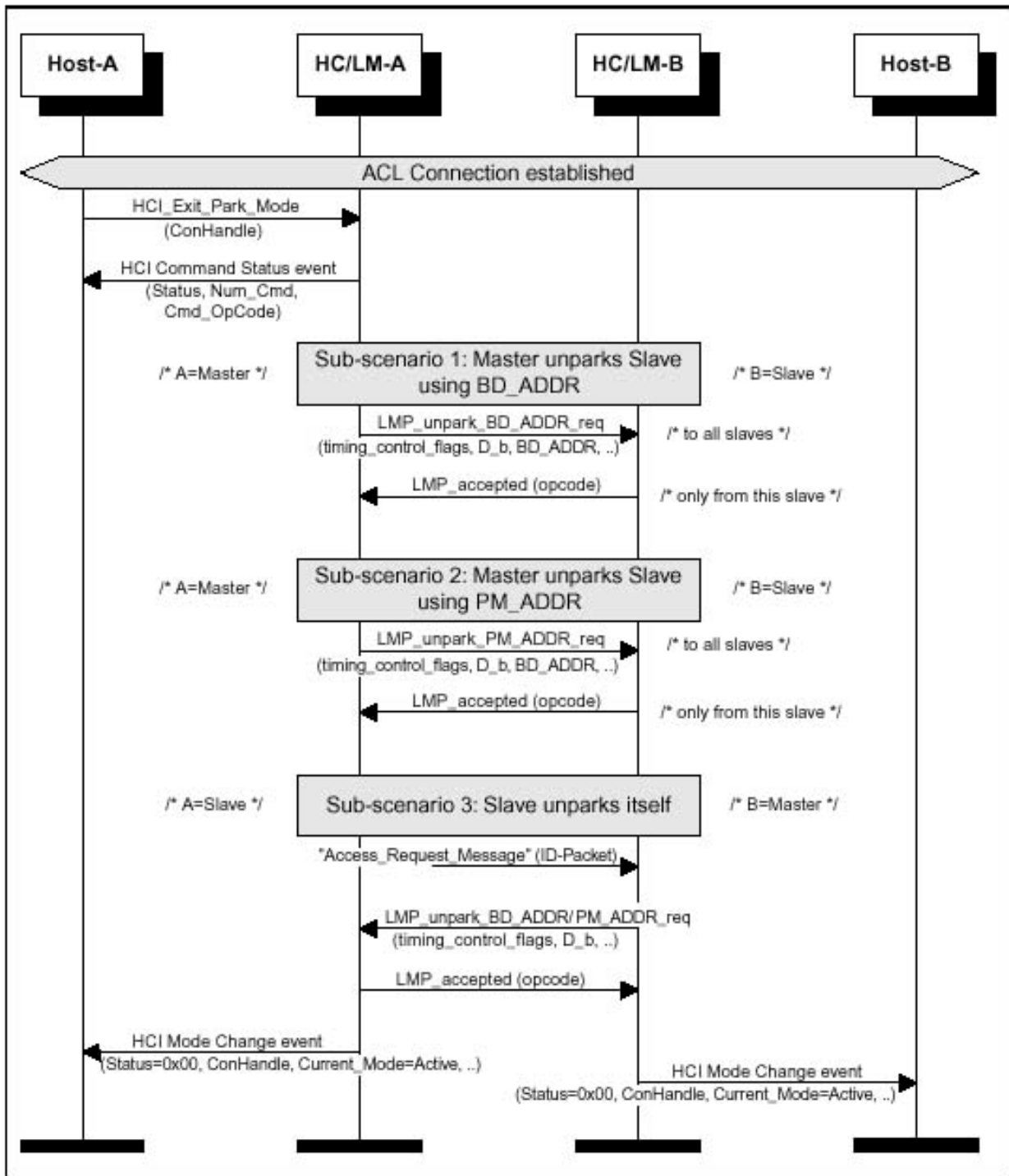


Figure 6.4: Exit Park Mode

BUFFER MANAGEMENT, FLOW CONTROL

2. Buffer Management

- ◆ Host Controller konfiguroi Host Controllerin data bufferit ja Host valvoo niitä
- ◆ Host alustaa bufferit HCI_Read_Buffer_Size-käskyllä, joka määrittelee
 - HCI-datapaketin maksimipituuden
 - maksimi ACL- ja SCO-pakettien määrän, jonka HC voi varastoida bufferiinsa
- ◆ Yhteyden luomisen jälkeen HC ilmoittelee säännöllisesti Hostille lähetettyjen pakettien määrän **Number Of Completed Packets event** (Number_of_Handles, Connection_Handle[I], HC_Num_Of_Completed_Packets[i]):llä

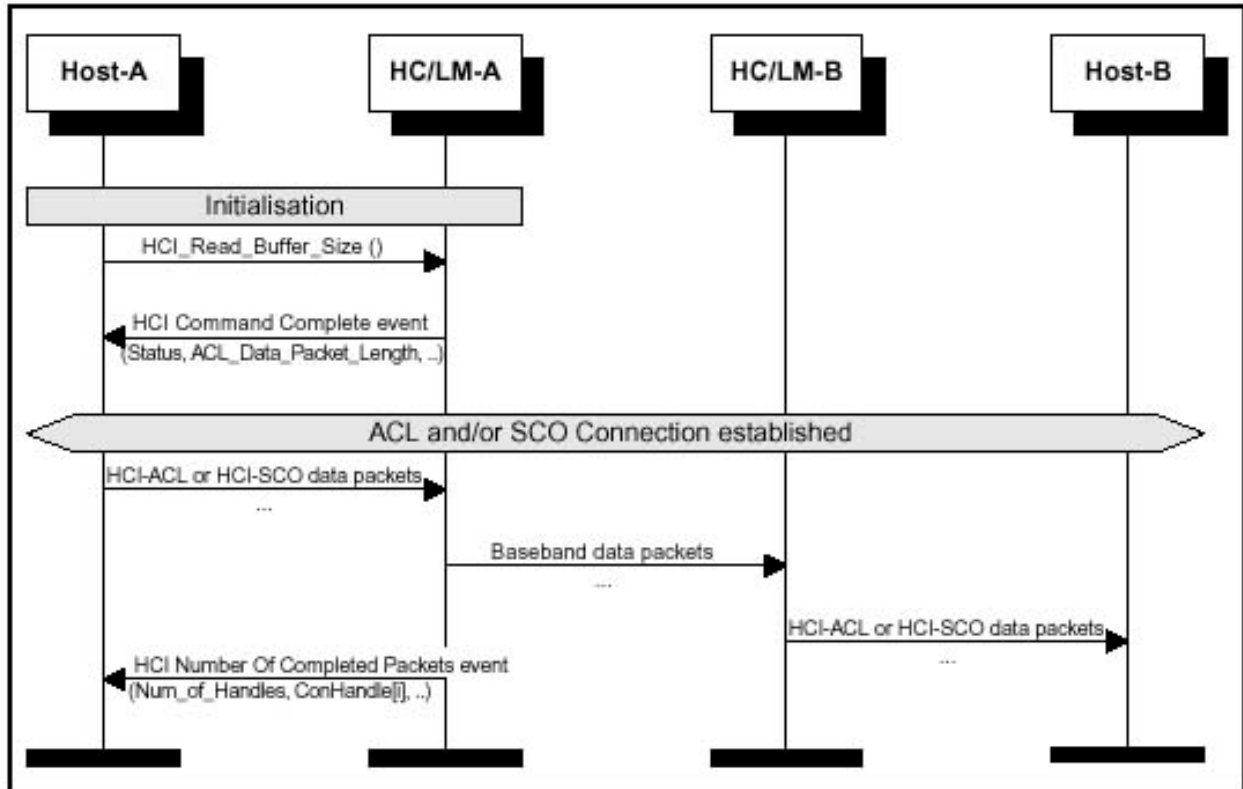


Figure 7.1: Host to HC flow control

2. Flow Control

- ◆ Vuonvalvonta tapahtuu samalla tavoin, mutta päinvastaisilla rooleilla: Host määrittää vuon bufferin koon ja joko se itse tai Host Controller valvoo bufferia
- ◆ **HCI_Set_Host_Controller_To_Host_Flow_Control**
(Flow_Control_Enable)-käskyllä Host asettaa vuonvalvonnan HC:lle

Vuonvalvonnan käskyt:

- **HCI_Host_Buffer_Size**(Host_ACL_Data_Packet_Length, Host_SCO_Data_Packet_Length, Host_Total_Num_ACL_Data_Packets, Host_Total_Num_SCO_Data_Packets)
- **HCI_Host_Number_Of_Completed_Packets** (Number_of_Handles, Connection_Handle[I], Host_Num_Of_Completed_Packets[I])

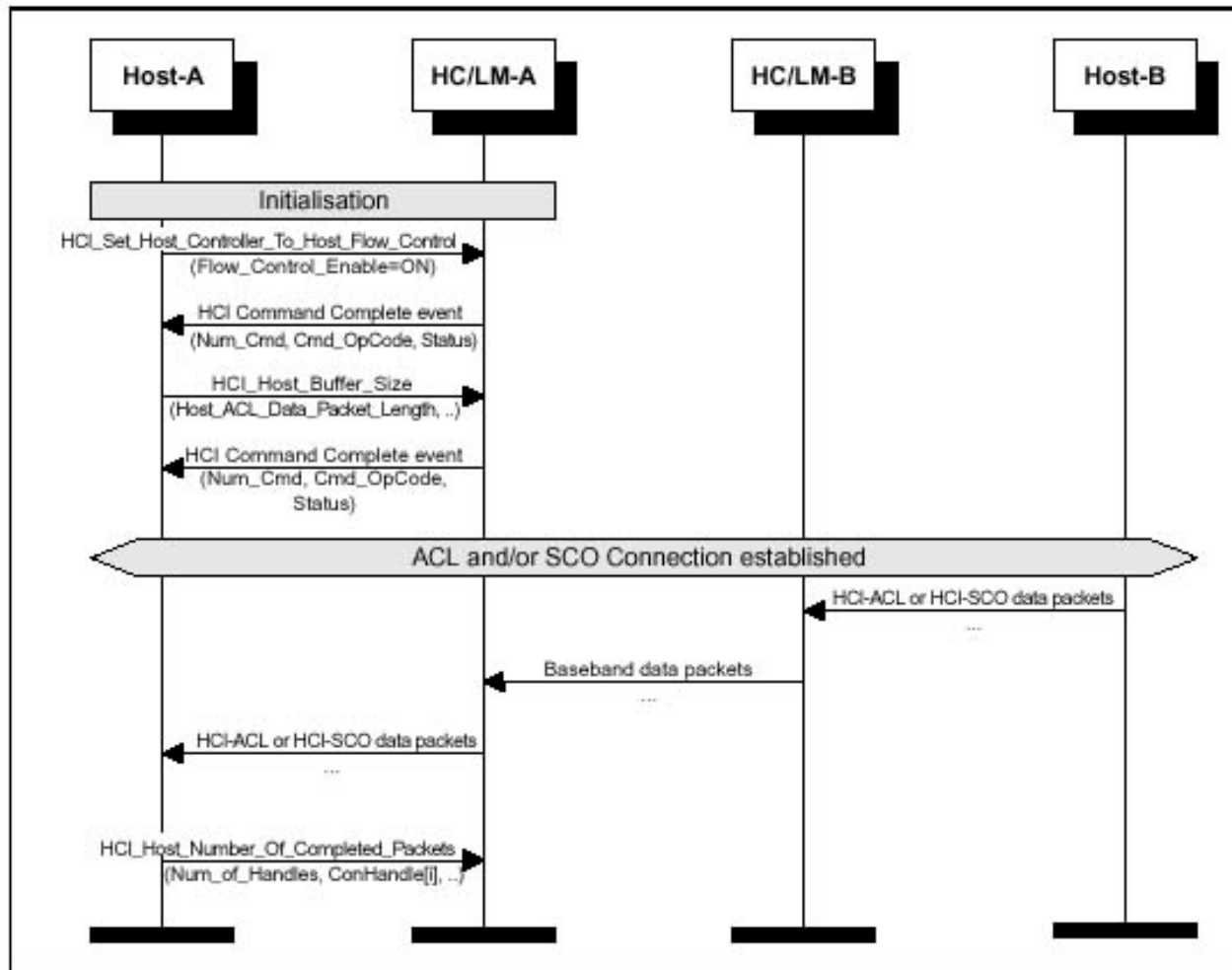


Figure 7.2: HC to Host Flow Control

LOOPBACK MODE

1. LOCAL LOOPBACK MODE

- ◆ Paikallista Loopback-moodia käytetään vastaanotettujen HCI-käskyjen ja Hostilta lähetettyjen HCI ACL- ja SCO- pakettien kauttamiseen
- ◆ HC lähettää 4 Connection Complete eventtiä (yksi ACL-, 3 SCO-yhteyksille) niin, että Host voi käyttää Connection_handleja HCI ACL- ja SCO-pakettien uudelleen lähettämiseen HC:lle
- ◆ Loopback-moodista poistuminen: **HCI_Write_Loopback_Mode** (Loopback_Mode=0x00) tai **HCI_Reset** ()

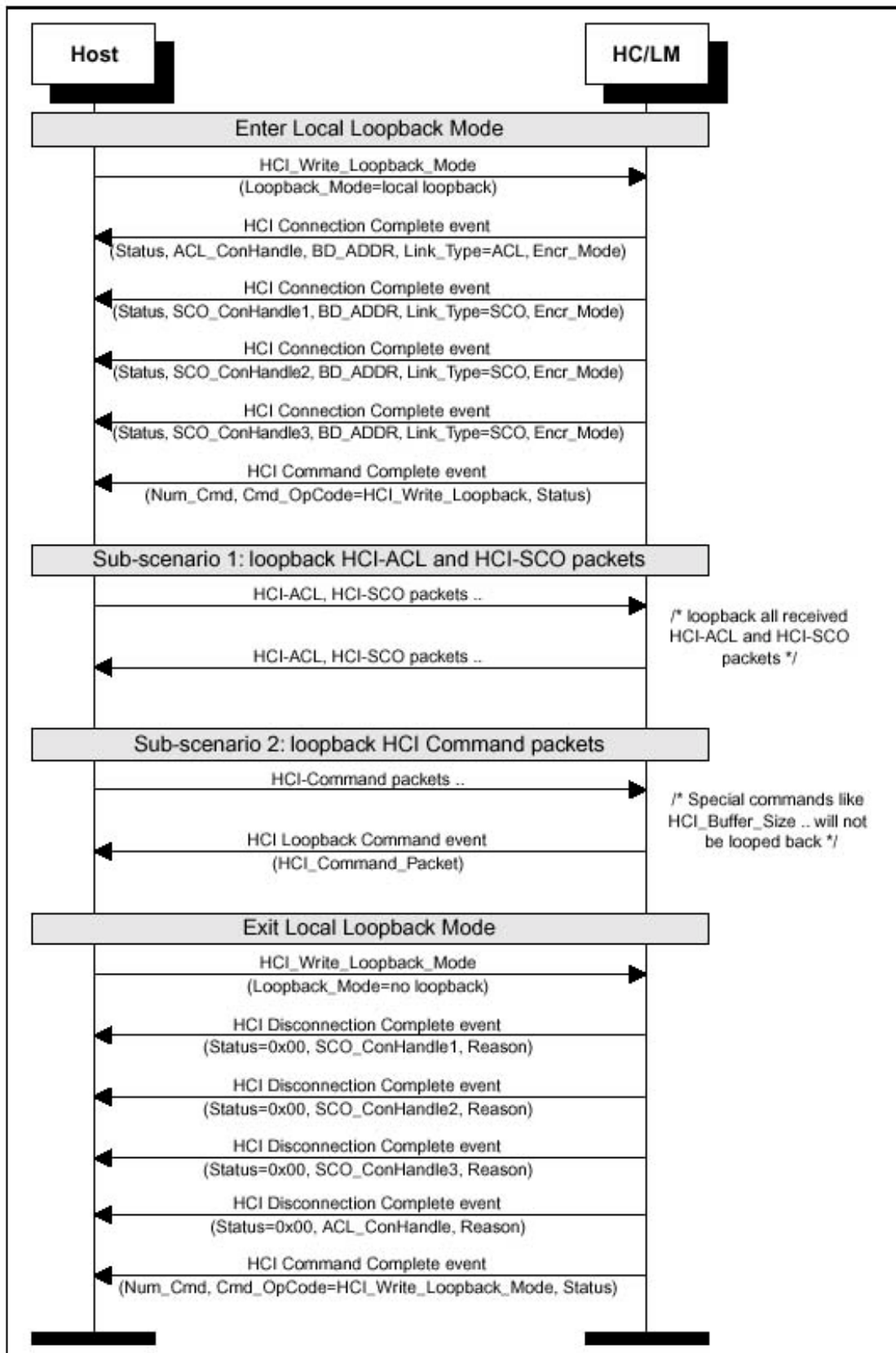


Figure 8.1: Local Loopback Mode

2. REMOTE LOOPBACK MODE

- ◆ Etä-Loopback-moodia käytetään kaiuttamaan takaisin kaikki toisen BT-laitteen vastaanottama Baseband ACL- ja SCO-data
- ◆ Tämän moodin aikana voidaan luoda ACL- ja SCO-yhteyksiä
- ◆ Moodista poistutaan komennolla

HCI_Write_Loopback_Mode(Loopback_Mode=0x00)

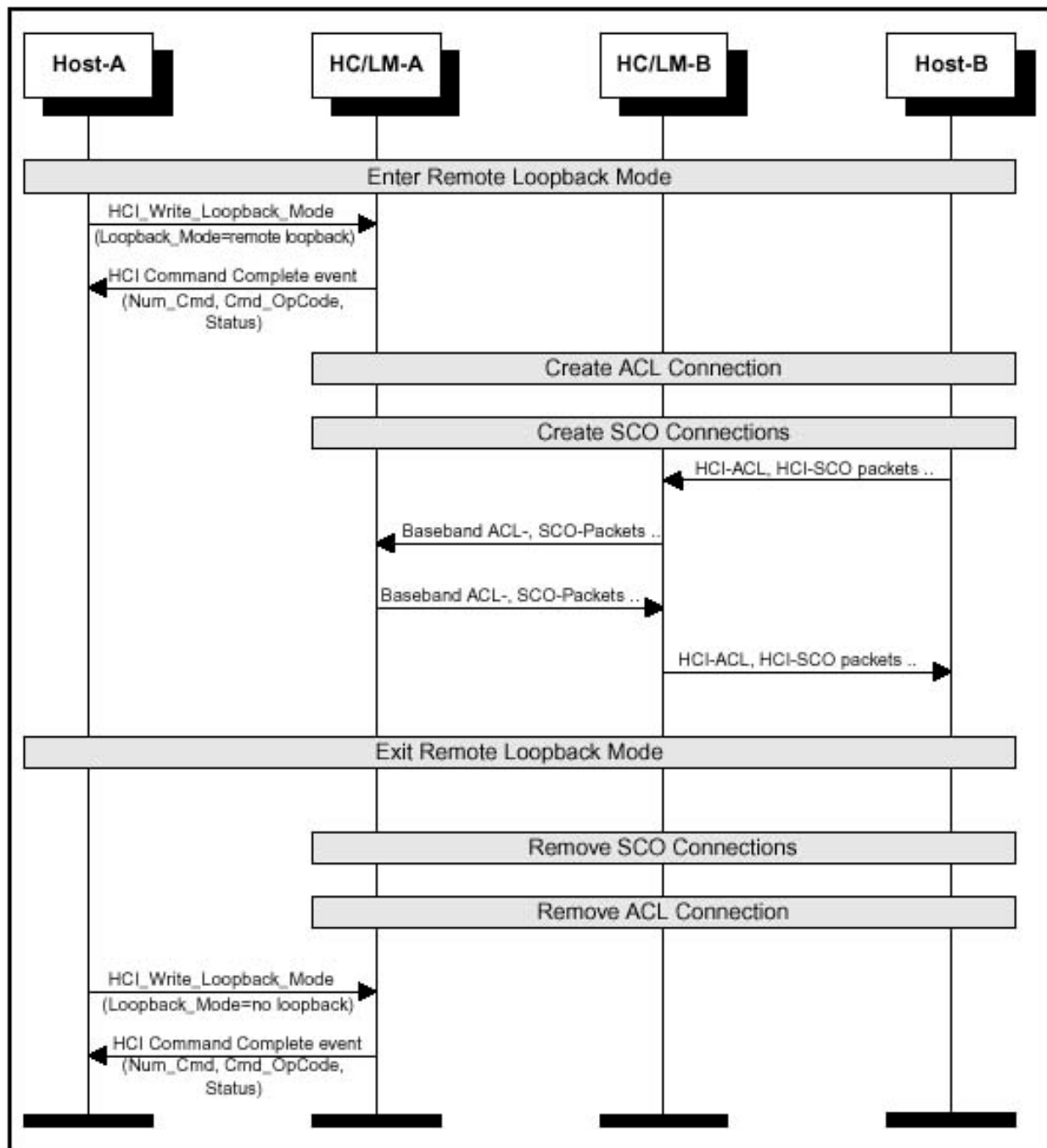


Figure 8.2: Remote Loopback Mode