

데이터 전송 서비스를 위한 네트워크 연동

高在洪·李巨相

(한국데이터통신(주) 정보통신연구소 주임연구원, 소장)

■ 차례 ■

1. 서론	나. 주소정보 전달
2. 연동의 기본원리	다. user facility 전달
가. Transmission capability만을 포함하는 연동	라. call progress signal 전달
나. Transmission capability와 Communication capability를 모두 포함하는 연동	4. 네트워크 유틸리티를 위한 신호
다. 서브네트워크 분류	가. 네트워크 식별 유틸리티
3. 호출제어를 위한 신호	나. 기타 유틸리티
가. inter-network 신호	5. 결 론

1 서 론

공중데이터 네트워크이나 LAN이 이용자 입장에서 다른 시스템의 자원을 공유하고 이용자간의 상호통신을 가증하게 해 주기 위한 필요성 때문에 만들어져 확대된 것처럼, 네트워크 간에 연동도 타 네트워크에 존재하는 자원을 공유하고 타네트워크로의 통신영역 확대를 필요로 하는 이용자들의 요구에 의해 출발한다. 이와 더불어 네트워크 서비스 제공자는 네트워크 연동을 통해 자신이 운영하는 네트워크의 이용율을 극대화 시키려는 요구를 갖는다. 그러나 네트워크 역동 문제는 각 네트워크가 갖는 기술적인 특징과 서로 다른 기관에서 관리되기 때문에 발생하는 여러가지 기술적, 제도적, 경제적인 문제들 때문에 쉽게 해결될 수없는 복잡한 양상을 지니고 있다.

제도적이나 경제적인 문제들을 특정 네트워크의 연동시마다 서로 다른 형태의 문제가 제기되기

때문에 일괄적인 해결방법이 제시되거나 어려운 반면 기술적인 문제는 연동기술과 성능차원에서 연동될 두 네트워크에서 사용하는 액세스 프로토콜의 처리, 연동으로 인해 가능한 통신서비스의 범위, 요구하는 성능의 정의 등의 문제를 처리함으로써 가능하다. 이러한 여러가지 기술적인 항목들을 체계적으로 정립하여 일관된 네트워크 연동기술을 정립하는 것은 호환성 있는 상호통신을 위해 매우 중요하다.

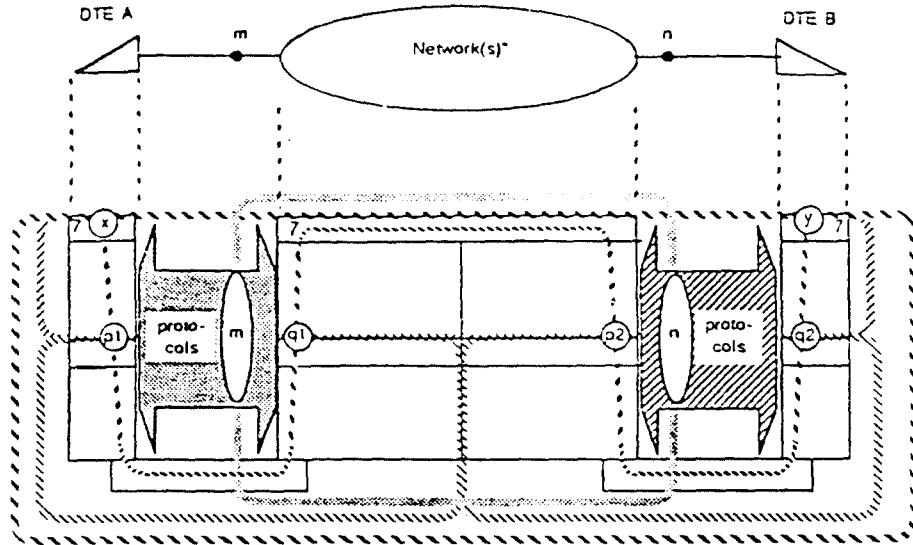
본고는 CCITT X.300 series 권고안을 바탕으로 이용자에게 데이터전송서비스를 제공할 경우 적용될 수 있는 네트워크 연동에 대한 일반적인 모델 및 원리를 제시하고 고려하여야 할 요소들을 고찰하는 데 목적이 있다.

2 연동의 기본원리

연동원리 설명에 사용되는 주요 용어에 대한 개념은 그림 1 과 같이 주어진다. 본 절에서는 여러

가지 연동 형태를 capability 개념으로 분류하고, 실제 네트워크의 기능을 일관된 규칙에 의해 간략하

게 표현하여 네트워크연동에 적용시켜 연동의 기본 원리를 설명하도록 한다.



Telecommunication capability

Application service : x,y에서 telecommunication capability에 의해 제공되는 서비스



Communication capability



Transmission capability

Subnetwork service : (p1,q1) 혹은 (p2,q2)에서 transmission capability에 의해 제공되는 서비스



Application-rely Functionality

Application-rely service : m,n에서 application-rely functionality에 의해 제공되는 서비스

그림 1. 용어 및 개념도

가) Transmission capability만을 포함하는 연동
transmission capability란 이용자 단말기가

네트워크를 통해 타 단말기와 통신할 때 transparent한 정보 전송을 수행하는데 필요로 되는 제반기능들을 의미하며, 이러한 능력을 포함하는 연동기

능은 네트워크간이나 네트워크내에 존재할 수 있고 이용자의 데이터의 transparency를 보장한다. 예를 들면, ISDN, PSPDN, CSPDN 등은 이용자가 transparent한 정보전송을 위해 사용하며 이들 네트워크간의 연동은 ISDN-PSPDN 연동시 X.75, CSPDN-PSPDN 연동시 X.32를 사용하여 가능하다.

OSI 계층 개념으로 보면 위의 네트워크들은 그

기능상 계층1-계층3까지를 제공하며, 실제로 transmission capability는 OSI 계층1-계층3까지에서 제공하는 기능에 해당된다. 그림 2는 이러한 능력을 제공하는 네트워크 간의 연동을 일반화시킨 도해이다. 이 연동 개념은 연동기능이 제공하는 signalling 처리 능력에 따라 아래와 같이 분류할 수 있다.

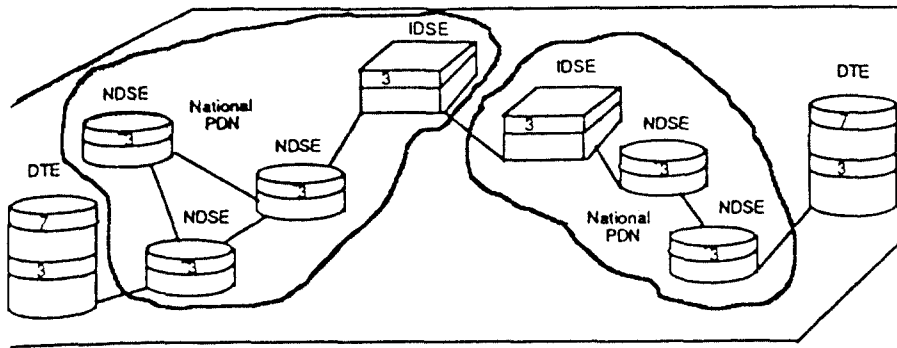


그림 2. transmission capability만을 포함하는 네트워크 연동 예

(1) 호출제어정보 맵핑에 의한 연동

네트워크내나 네트워크사이의 연동기능에 의해 한 서브네트워크의 호출제어정보가 다른 서브네트워크의 호출제어정보로 그대로 변환되어 이용자에게 연동과 관련된 또 다른 액세스 절차를 요구하지 않는 경우의 연동 방법을 말하는 것으로 그림 3과 같이 OSI 프로토콜데이터유니트를 사용하여 일반화시킬 수 있다. 실제로는 X.75를 이용한 ISDN-

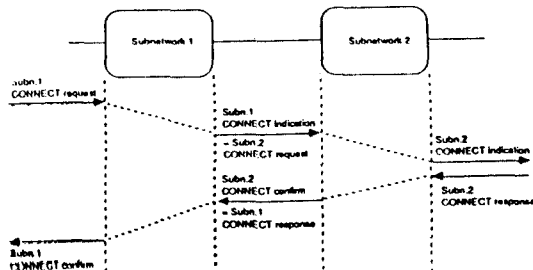


그림 3. 호출제어정보 맵핑에 의한 연동

PSPDN 연동, X.71을 이용한 CSPDN간의 연동을 예로 들 수 있다.

(2) 포트엑세스에 의한 연동

한 서브네트워크를 통해 일단 연동기능에 연결을 한 후 다른 서브네트워크에서 사용되는 프로토콜로 다시 최종 end system을 액세스하는 방법으로 이 경우 그림4에서와 같이 서브네트워크 1은 첫번째 연결이 끝나면 transparent한 정보전달기능만을 수행한다. PSTN과 PSPDN을 연동할 경우 PSTN에서 PSPDN으로 호출을 시도하는 경우 주로 이러한 방법이 사용된다.

나) Transmission capability와 Communication capability를 모두 포함하는 연동

transmission capability에 의해 제공되는 기능 이외의 것을 communication capability라고 정의하며 OSI 계층 개념으로 볼 때 상위 4개 계층이 이에 해당된다. 일반적으로 서로 다른 네트워크에

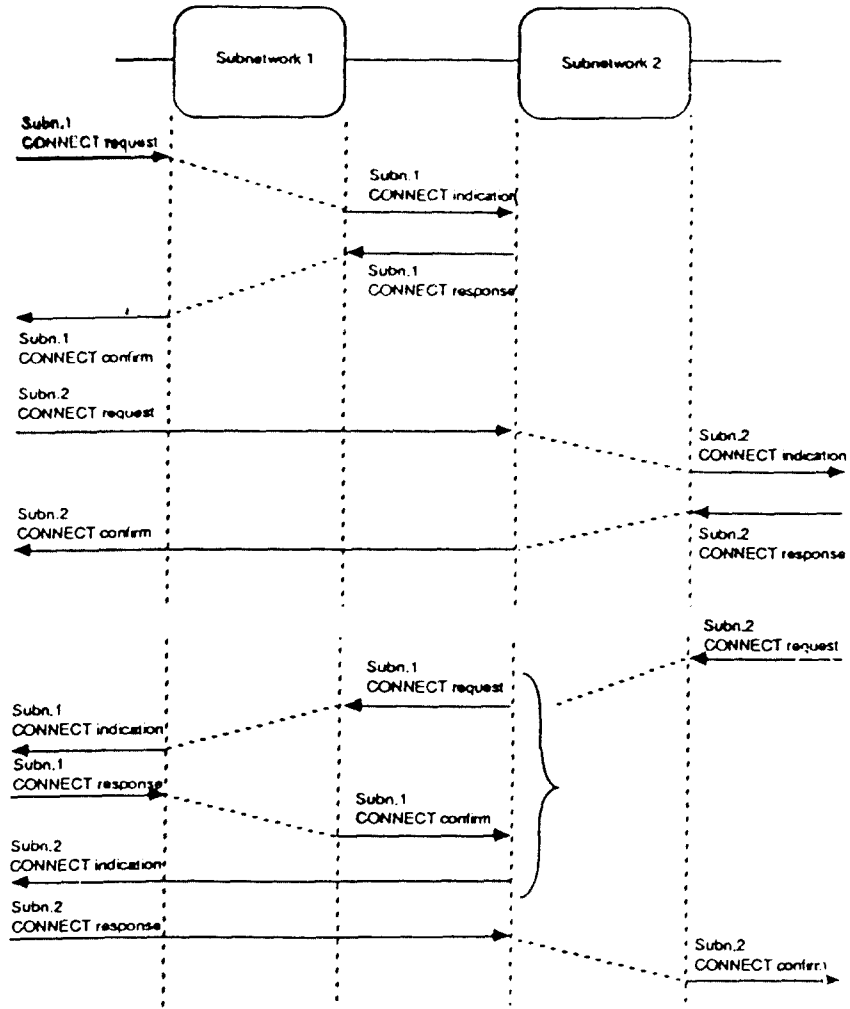


그림 4. 포트엑세스에 의한 연동

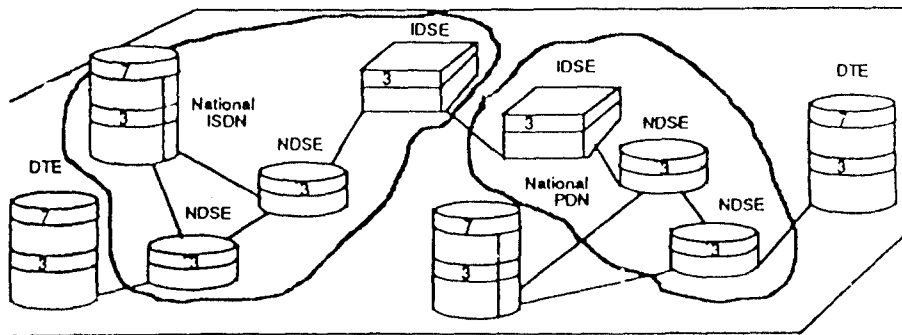


그림 5. transmission capability와 communication capability를 모두 포함하는 네트워크 연동에.

있는 이용자가 서로 다른 응용서비스를 가질 때 네트워크에서 제공되는 연동기능은 이 두가지 능력을 동시에 연동할 수 있어야 한다. 예로써 PSPDN 상에 있는 비동기형 단말기와 PSTN 상에 있는 텔리텍스를 서로 통신 가능하게 하고 이를 두 네트워크 사이에 있는 연동기능으로 해결할 경우 이때의 연동기능은 위의 두가지 능력을 모두 포함할 수 있다. 기타 고려될 수 있는 경우로는 PSTN의 G3 Fax와 PSPDN의 G4 Fax 서비스 연동, 텔렉스네트워크의 텔렉스 단말기와 전화망의 G3 Fax 서비스 연동 등이 있다. 동일 네트워크상의 서로 다른 응용 서비스를 연동시켜 주는 경우도 이 연동능력에 포함되는 것으로 취급한다. 그림 5는 두가지 능력을 함께 제공하는 네트워크 연동을 일반화시킨 것이다. 이 개념은 두가지 능력의 형태에 따라 아래와 같이 분류할 수 있다.

(1) OSI 상위계층에서의 연동

통신하고자 하는 양 end system이 서로 다른 형태의 OSI 상위 계층을 갖고, 네트워크나 네트워크 사이의 연동기능이 이에 대한 변환기능을 수행할 때의 연동을 말한다. 예로는 상위계층에서 서로 다른 프로토콜을 갖는 케케텍스와 G4 FAX간의 연동을 들 수 있으며, 기본적으로 하위계층의 연동은 양 네트워크가 OSI 서브네트워크라는 가정은 포함한다.

(2) non-OSI adaptor를 통한 호출제어정보맵핑에 의한 연동

양 end system 중 어느 하나 혹은 둘다 OSI 상위계층 프로토콜을 갖지 않는 경우 연동기능은 non-OSI 프로토콜을 변환할 수 있는 기능을 보유해야 한다. PSPDN에 연결되어 있는 텔리텍스 단말기가 PSTN에 연결되어 있는 X.28 단말기와 통신하는 경우 이와같은 연동이 필요하다.

(3) non-OSI adaptor를 통한 포트엑세스에 의한 연동

상위 계층은 non-OSI adaptor로서 연동하고 하위 계층은 포트엑세스에 의해 연동하는 경우가

며 PSTN에 연결되어 있는 X.28 단말기가 PSPDN에 연결되어 있는 다른 단말기와 통신하는 경우를 예로 들 수 있다.

다. 서브네트워크 분류

연동을 보다 용이하게 도식화 하기 위해 서브네트워크를 OSI connection-mode 네트워크서비스를 기준으로 표 1 과 같이 분류한다.

표 1. 서브네트워크 형태

	연결설정상단계	데이터전송단계	연결해지단계
서브네트워크 type I	M	M	M
서브네트워크 type II	M	P	M
서브네트워크 type III	S	P	S
서브네트워크 type IV	M or S	F	M or S

M : 서브네트워크가 OSI 네트워크서비스제공을 위해 필요로 되는 모든 필수요소를 신호능력으로 제공하는 경우

P : 서브네트워크가 물리적인 연결만을 제공하는

S : 서브네트워크가 OSI 네트워크 서비스 제공을 위해 필요로 되는 모든 필수요소의 subst 을 신호능력으로 제공하는 경우

F : 서브네트워크가 OSI 네트워크서비스제공을 위해 필요로 되는 모든 필수요소를 제공하지는 않고 어떤 형태의 packetizing이나 framing을 수행하는 경우

* note : type IV로 분류되는 네트워크는 frame relay나 frame switch 서비스를 제공하는 네트워크(최근에 고려되고 있는 ISDN signalling)을 예로 들 수 있다.

위의 서브네트워크 type에 의해 실제의 네트워크를 분류해 보면 다음과 같다.

CSPDN	PSPDN	ISDN(CS)	ISDN(PS)	PSTN	Mobile Satellite Service
Ⅲ	I	Ⅱ	I	Ⅲ	I

분류된 서브네트워크를 연동하는 경우, 표 2와 같이 연동방법을 일반화시킬 수 있다. 표 2에서와 같이 동일한 형태의 네트워크끼리는 호출제어정보맵핑에 의한 연동이 가능하고 서로 다른 형태의 네트워크간에는 모든 경우가 다 가능하다.

표 2. 네트워크 type에 따른 연동방법

	type I	type II	type III	type IV
type I	CCM	CCM or PA	CCM or PA	CCM or PA
type II	CCM or PA	CCM	CCM or PA	CCM or PA
type III	CCM or PA	CCM or PA	CCM	CCM or PA
type IV	CCM or PA	CCM or PA	CCM or PA	CCM

CCM : 호출제어정보맵핑에 의한 연동

PA : 포트액세스에 의한 연동

[3] 호출제어를 위한 신호

본 절에서는 X.75, X.71, X.31과 같은 inter-network signalling system을 일반화하여 네트워크 연동시 필요로 되는 신호요소를 설명하고 그중에서 주요요소인 주소정보, 이용자 facility, call progress 신호 처리 방법을 살펴본다. 본절의 적용범위는 OSI 네트워크 계층에서의 네트워크 연동으로 제한한다.

가. inter-network 신호

어떤 호출에 대해 데이터와 제어정보를 두 네트워크 사이에 전달하는 모든 신호를 inter-network 신호로 정의하며 기본적으로 inter-network 데이터링크제어신호, inter-network 호출제어신호, inter-network 운영정보신호로 분류한다.

inter-network 데이터링크제어신호는 end system 과 네트워크 사이의 링크에 한하여 의미를 갖기 때문에 보통 네트워크사이에는 설정된 링크를

사용하는 양 end system에게 링크의 상태를 제어할 수 있는 능력을 제공해야 한다. 특히 양 end system이 연결된 데이터링크가 동작중인가의 여부를 인식할 수 있도록 해주어야 한다.

inter-network 호출제어신호는 두 네트워크사이를 연결하는 호출에 대한 데이터와 제어정보를 전달하는 모든 신호를 포함한다. 여기에 포함되는 신호중 주소정보, user facility, call progress signal과 같은 신호는 호출설정에 필수적인 요소이다. 따라서 보통 inter-network signalling system을 다루는 CCITT 권고안은 두 네트워크사이에서 이러한 신호를 전달하는 방법에 대해 설명하고 있다. 또한 이 신호는 특징 호출의 설정단계, 데이터 전송단계, 해지단계로 나누어 고려할 수 있다. 설정단계는 기본적으로 호출자에 의한 호출과 피호출자에 의한 연결응답으로 이루어지는데, 상대방주소, facility 요청, 기타 신호정보가 호출에 관련된 네트워크들에게 호출설정을 위해 제공된다. 데이터 전송단계에서는 기본적인 데이터 전송기능에 부가하여 네트워크마다 서로 다른 형태의 기능을 제공할 수 있는데, 예를 들면 흐름제어, 에러통지, sequencing, expedited data transfer를 들 수 있다. 해지단계에서는 한 end system에서 호출을 해지할 경우 네트워크 즉시 인접네트워크에 호출해지정보를 보내는 해지기능과 더불어 해지원인, 진단코드 정보를 보내야 한다. inter-network 운영정보신호는 네트워크 연동 서비스를 완벽하게 제공하기 위해 필요로 되는 정보를 말하는 것으로 보통 시스템 가용성, 회선 효율, 혼잡제어 정보를 포함한다. 운영정보신호를 교환하므로써 네트워크는 호출의 상태변화에 따라 경로재설정, 데이터 흐름 제어 등 필요한 조치를 취할 수 있다.

나. 주소정보 전달

일반적으로 네트워크는 일관된 번호계획을 갖는다. PSPDN, CSPDN과 같은 public Data Network (PDN)은 CCITT 권고안 X.121에 번호계획을 정하고 있고, ISDN은 권고안 164에서 정하고 있다. 그림 6은 X.121번호체계와 E.164번호체계를 갖는 네트워크를 연동할 때 적용될

수 있는 주소정보형태이다.

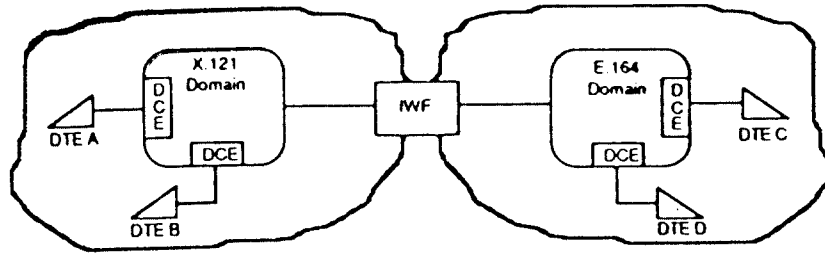


그림 6. X.121 <.....> E.164 연동시 주소정보 전달 형태

Direction	Form of Address	Extent of Validity
A to B	NTN	Network
A to B	P1+NTN	Network
A to B	DNIC+NTN	Inter-network
A to B	P2+DNIC+NTN	Inter-network
A to B	NTN+[NPI/TOA]	Network
A to B	DNIC+NTN+[NPI/TOA]	Inter-network
A to D	SN	Network
A to D	P3+SN	Network
A to D	CC+(NDC)+SN	Inter-network
A to D	P4+CC+(NDC)+SN	Inter-network
A to D	SN+[NPI/TOA]	Network
A to D	CC+(NDC)+SN+[NPI/TOA]	Inter-network
A to C	E1+CC+(NDC)+SN	Inter-network escape to E.164/E.163
A to C	P5+E1+CC+(NDC)+SN	Inter-network escape to E.164/E.163
A to C	CC+(NDC)+SN+[NPI/TOA]	Inter-network
A to A	E2+DNIC+NTN	Inter-network escape to X.121
o		
C to A	P6+E2+DNIC+NTN	Inter-network escape to X.121
C to A	DNC+NTN+[NPI/TOA]	Inter-network

범례 :

NTN : National Terminal No.

P : Prefix

SN : Subscriber No

CC : Country Code

NDC : National Destination

E : Escape Code

일반적으로 PDN과 ISDN을 서로 연동할 경우 Escape code나 TOA / NPI(type of address / network planning identification)를 사용한다.

Escape code의 사용은 현재 CCITT에서 정하고 있는 Time "T"(1996년 12월 31일 13시 59분 UTC) 이전에 사용할 수 있는 단기적인 방안으

로, X.121 번호체계에서 E.164번호체계로 호출하는 경우 연동형태가 디지털 인터페이스인 경우 digit "0", 아날로그 인터페이스인 경우 digit "8"을 사용하게 되어 있다. Time "T" 이후에는 TOA/NPI를 이용할 수 있는데, PSPDN의 경우 주소정보를 포함하는 패킷의 포맷을 수정하여 TOA/NPI 적용을 표시하고 기존의 calling, called address field에 번호체계를 표시하는 정보를 추가한다. 이것으로 번호체계의 상이점으로 인해 발생할 수 있는 문제, 예를 들면 X.121 번호체계가 14digits를 사용하고 E.164 번호체계가 15digits를 사용함으로 인해 E.164번호를 PDN 내에서 전달 불가능한 문제를 해결할 수 있다. 그러나 기존의 교환기와 단말기를 번호체계의 변화에 따라 수정해야 하는 구현의 문제를 지니고 있다.

(1) 호출자 주소 전달

호출자 주소를 제공하는 방법은 네트워크마다 서로 다른데 PSPDN인 경우 일반적으로 가입자가 call request 패킷에 넣어 제공할 수 있고, CSPDN 은 가입자가 calling line identification facility에 가입된 경우 가능하다.

(2) 피호출자 주소 전달

피호출자 주소는 루팅을 포함하여 호출을 성립시키는 데 필수적이며 서로 다른 네트워크 연동시 호출자 주소를 전달하는 경우와 같이 Escape code 나 TOA/NPI를 사용하게 된다. 피호출자 주소를 호출전체 과정에서 필요로 하는 때는 CSPDN 에서 호출측이 called line identification facility 를 요청한 경우와 피호출측에서 hunt group이나 call redirection facility에 의해 피호출측의 주소 정보를 호출측에 알려줄 필요가 있을 때 생긴다.

(3) Network Address Extention(NAE) / Subaddress 전달

NAE는 X-series 권고안. Subaddress는 I-series 권고안에서 사용되는 용어로서 똑같이 X.121 / E.164 번호체계에서 정하는 주소의 최대길이보다

큰 주소정보를 전달하기 위해 사용되는 메카니즘이다. 일반적으로 이 주소정보는 PDN이나 ISDN에서는 루팅등의 목적으로 사용하지 않으나 전체 호출과 정중 어느 단계에서나 전달 가능하도록 한다. 실제로 NAE / Subaddress는OSI Net work Service Access Point(NSAP) address의 최대길이 40 digits와 호환성을 갖도록 설계되는 것이 바람직하다(X.213이나 ISO8348 AD2 참고), NAE / Subaddress 정보는 기존네트워크의 프로토콜내 주소정보영역에 그대로 살릴 수도 있고, PDN을 위한 기존 주소정보와 NAE / Subaddress가 따로 분리되어 실리도록 할 수도 있다. X.25는 optional user facility에 CCITT-specified DTE facility로서 calling address extension facility와 called address extension facility를 가지고 있다.

다. user facility 전달

PDN이나 ISDN은 일반적으로 이용자에게 제공하는 부가적인 서비스로 user facility를 가지고 있다. 서로 다른 user facility를 사용하는 네트워크간에 연동시 이것을 이용하기 위한 등록방법이나 전달방법은 실제 네트워크 연동시 마다 다르게 선택될 수 있다. user facility의 종류가 다양하고 양이 많기 때문에 본 고에서는 자세한 내용을 생략한다. 자세한 내용은 CCITT 권고안 X.301을 참조.

라. call progress signal 전달

각 네트워크는 서로 다른 형태의 call progress signal을 사용하며 네트워크 연동시 이들 사이의 변환이 고려되어야 한다. CCITT는 공중망에서 사용하는 call progress signal을 권고하고 있는데, ISDN 국간 신호시스템인 CCS#7은 Q.699, ISDN 가입자-네트워크 인터페이스는 Q.931, PDN은 X.96에서 정의하고 있다. 이 신호의 전달방법은 네트워크 연동방법(호출신호매핑, 포트액세스)에 따라 달라질 수 있다. ISDN, PSPDN, CSPDN 각 네트워크간의 call progress signal 변환방법은 아직 구체적으로 정해지지 않았기 때문에 이해를

돕기 위해 한가지 예로 CCITT draft X.340에서 정의하고 있는 PSPDN과 텔렉스망사이의 call

progress signal 변환을 표 3에 표시하였다.

표 3 PSPDN-텔렉스망 call progress signal 변환

PSPDN 해지원인 → 텔렉스서비스신호		텔렉스서비스신호 → PSPDN 해지원인	
DTE originated	DER	DER	DTE originated
Number busy	OCC	OCC	Number busy
Out of order	DER	NA	Access barred
Remote procedural error	DER	NC	Network congestion
Incompatible destination	NC	NP	Not obtainable
Access barred	NA		
Local procedure error	NC		
Network congestion	NC		
Net obtainable	NP		
Any other, not above	NC		

4 네트워크 유틸리티를 위한 신호

네트워크 유틸리티는 네트워크간에 원활한 통신을 위해 주고 받는 정보를 말한다.

예를 들면 PSPDN간의 inter-network signalling system X.75에서는 transit network identification, call identifier, transit delay indication 등의 유틸리티를 정의하고 있다. 네트워크간의 연동시 네트워크유틸리티 전달 원칙을 일관성있게 정하는 작업이 필요하다. 본절에서는 OSI 네트워크 계층

에서 연동하는 경우에 적용될 수 있는 네트워크유틸리티의 종류 및 형태에 대해 살펴본다.

가. 네트워크 식별 유틸리티

네트워크식별유틸리티는 호출의 경로에 대한 정보를 제공한다. 보통 PDN은 X.121에서 정의하고 있는 4digits의 Data Network Identification Code (DNIC)에 의해 네트워크를 식별한다. 네트워크의 식별은 표 4와 같이 종류별로 구분될 수 있다.

표 4 네트워크식별 종류

	패킷 교환데이터서비스	회선교환데이터서비스
호출네트워크식별	call request 단계에서 제공	피호출네트워크의 요구에 의해 제공
피호출네트워크식별	call confirmation 단계에서 제공	필수적으로 제공
transit 네트워크식별	call request 단계에서 제공	호출네트워크로 transit 네트워크 번호제공
해지네트워크식별	call clearing 단계에서 제공	call clearing 단계에서 제공

나. 기타 유틸리티

네트워크식별 유틸리티이외의 네트워크 유틸리티신호로는 call identifier, tariffs, Network user identification(NUI) 등의 유틸리티가 있다. call identifier는 호출네트워크에 의해 만들어져 유지되며 call request 패킷에 존재하는 유틸리티로 설정된 가상회선을 식별하기 위해 사용한다. Tariffs는 현재 PSPDN, ISDN에는 선택가능한 유틸리티로 되어 있는데, 이것의 목적은 네트워크 운영자가

호출에 관련된 네트워크간에 billing, accountion, tariff 관련기능을 구현할 수 있도록 정보를 전달하는 것이다. NUI는 billing, 보안, 기타 네트워크 운영상의 목적으로 제공하는 정보이며 보통 call request 패킷에 의해 전달된다.

5 결 론

이상에서 데이터전송서비스를 제공하기 위한

네트워크 연동의 일반 원리 및 모델, 고려해야 할 요소들에 대하여 기술하였다. 제시된 개념과 요소들은 데이터전송 서비스를 제공하는 실제 네트워크 연동시 그대로 반영될 수 있고 실제로 CCITT에서 정하는 PSPDN, CSPDN, ISDN(PS), ISDN(CS), 텔렉스테트웍 등 실제 네트워크간의 규정함에 있어서 주요한 기술적인 연구과제로는 현재의 connection-oriented 네트워크 연동으로의 확장과 공중망과 사설망의 연동을 고려하고 있다.

참 고 문 헌

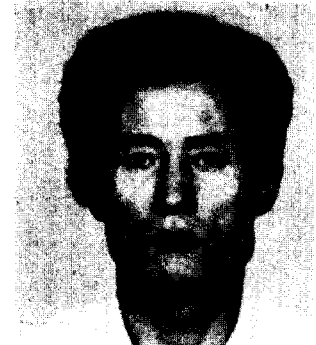
1. CCITT Rec. X.300, General principle for interworking between public networks, and between public networks and networks for the provision of data transmission services, 1988.
2. CCITT Rec. X.301, Description of the general arrangements for call control within a subnetwork and between subnetworks for the provision of data transmission services, 1988.
3. CCITT Rec. X.321, X.322, X.325, X.327, 1988
4. CCITT Rec. X.25, Interface between DTE and DCE for terminals operating in the packet mode and connected to public data networks by dedicated circuit, 1988.
5. CCITT Rec. X.75, Packet-switched signalling system between public networks providing data transmission services, 1988.
6. CCITT Rec. X.121, International numbering plan for public data networks, 1988.
7. William Stanllings, Handbook of computer communications standards, Macmillan publishing Company, 1987.
8. V.G. Cerf and P.T. Kirstein, Issues in Packet-network interconnection, IEEE proceeding, 1978.



高 在 洪

저자약력

- 1959년 11월 17일생
- 1984. 2 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업
- 1984. 1 ~ 현재 : 한국데이터통신(주)정보통신연구소 주임연구원



李 巨 相

저자약력

- 1948년 11월 4일생
- 1972. 2 : 서울대학교 전기공학과 졸업
- 1975. ~ 1978 : 과학기술연구소 연구원
- 1978. ~ 1982 : 금성전기(주)연구소 선임연구원
- 1982. ~ 현재 : 한국데이터통신(주)정보통신연구소 소장